

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO
PER LA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA
DENOMINATO "Risicone"
DELLA POTENZA DI 37,54 MWp
SITUATO NEL COMUNE DI VIZZINI (CT)**

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Idrogeologica e idraulica

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello Prog.	Codice	Tipo doc.	N° elaborato	Nome file	TIPO ELAB.	SCALA
PD	REL_02	PDF		REL_02	R	

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	21/12/2023	Prima emissione VIA	Ing. Cavallaro C.A.	EGP S.R.L.	Re nera Energy Italy

PROGETTAZIONE



RICHIEDENTE

SWE IT 06 S.r.l.
Piazza Borromeo, 14
20123 - Milano (MI)
C.F. / P. IVA 12498700967



Soggetta all'attività di direzione e al coordinamento da parte di Energie Zukunft Schweiz AG (CH)

Indice

Indice	1
1 Premessa	2
2 Inquadramento cartografico	2
3 Dati pluviometrici	3
3.1 Modello TCEV Sicilia	4
3.2 Calcolo della c.p.p.	7
3.3 Piogge brevi	9
3.4 Superfici di influenza	10
4 Modelli afflussi deflussi	18
4.1 Individuazione della pioggia critica	19
4.2 Il coefficiente di afflusso	19
4.3 Il calcolo della portata	20
5 Dimensionamento opere idrauliche	21
6 Dimensionamento vasca di laminazione	25
7 Interferenze tra cavidotto e rete idrologica	27
8 Conclusioni	29

1 Premessa

La presente relazione descrive lo studio idrologico ed idraulico per il dimensionamento delle opere d'arte necessarie per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche dalle superfici interne all'impianto fotovoltaico da realizzare in località **C/da Risicone** del comune di **Vizzini (CT)**,

su un'area a destinazione agricola. Vengono illustrati sia i criteri utilizzati che i risultati del dimensionamento delle principali opere previste in questa fase di progetto definitivo. Il sistema dei canali di scolo delle acque previsti in progetto rispetta l'equilibrio idrogeologico preesistente, attraverso l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrogeologica. Le scelte progettuali sono state condotte in modo tale da avere opere ad "impatto zero" sull'esistente reticolo idrografico, recapitando le acque superficiali convogliate dai fossi disperdenti.

L'obiettivo che si vuole raggiungere è quello di intercettare e allontanare tempestivamente le acque di scorrimento superficiale all'interno del parco fotovoltaico, al fine di garantire la vita utile delle opere civili, riducendo le operazioni di manutenzione al minimo indispensabile.

2 Inquadramento cartografico

L'impianto fotovoltaico oggetto di realizzazione come anzidetto ricade in territorio di **Vizzini (CT)**

e da un punto di vista cartografico, le opere ricadono all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

- Foglio I.G.M. in scala 1:25.000, di cui alla seguente codifica F.273, SEZ. I S.E. "Francofonte" della carta d'Italia edita dall'I.G.M.";
- Carta tecnica regionale CTR, scala 1:10.000, foglio n° 645020-645030;
- Foglio di mappa catastale del Comune di **Vizzini (CT)** foglio 44 p.IIe

1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,31,32,33,34,35,36,37,41,42,43,44,45,46,47,48,54,56,57,58,59,60,61,62,66,67,68,69,70,71,72,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,96,97,100,101,117,118,119,120,121,131,132,133,140;

Di seguito le coordinate assolute nel sistema WGS 84/UTM zone 33 N dell'impianto fotovoltaico:

COORDINATE ASSOLUTE		
DESCRIZIONE	E	N
Parco fotovoltaico	485532	4115528

Tabella 1 - Tabella con le coordinate assolute

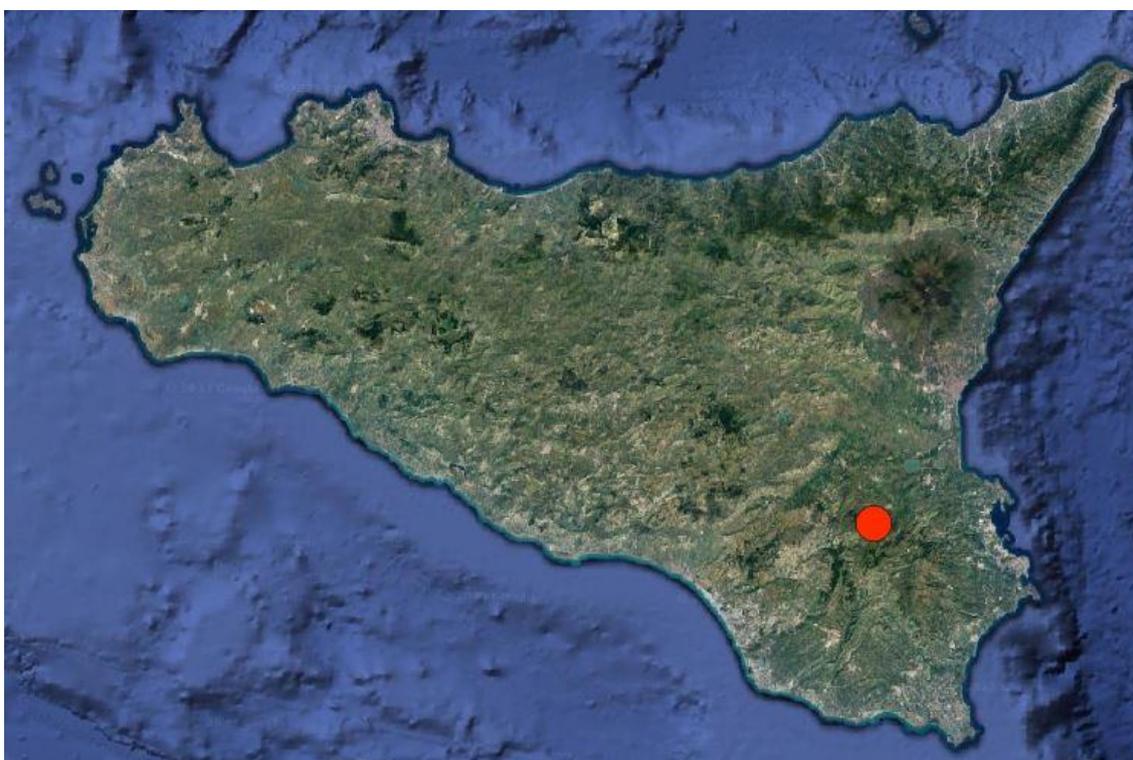


Fig. 1- Inquadramento area oggetto d'intervento

3 Dati pluviometrici

Le portate di piena del bacino idrografico oggetto di studio sono unicamente ricavate dalle piogge insistenti sullo stesso, ma essendo i fenomeni metereologici dei sistemi complessi da non poter essere studiati con un processo deterministico, lo studio delle piogge avviene con dei sistemi probabilistici partendo dalle osservazioni pluviometriche. Nel caso in esame, la risposta idrologica del bacino è condizionata da brevi tempi di corrivazione e quindi da piogge di breve durata ma di grande intensità.

Quasi tutti i metodi di calcolo utilizzati per ricostruire eventi di piena sono indiretti, ossia metodi che stimano l'evento di piena utilizzando un modello di trasformazione piogge-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia.

In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno.

3.1 Modello TCEV Sicilia

Tra i vari sistemi di calcolo per la determinazione degli eventi di piena un metodo di sicuro affidamento è rappresentato dal modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution), il quale permette di determinare le altezze di pioggia h e le relative intensità i , secondo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI. La regionalizzazione delle piogge ha l'obiettivo di superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica a livello locale (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per l'elaborazione statistica), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni. Con il modello TCEV riguarda una distribuzione probabilistica che si adatta meglio della legge di Gumbel a interpretare le serie storiche dei massimi annuali.

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. La procedura gerarchica di regionalizzazione dei dati di pioggia si articola su tre livelli successivi.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico G_t delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata t sia costante per la

regione Sicilia. La Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri $\Theta = 2,24$ e $\Lambda = 0,71$ sono costanti ed indipendenti dalla durata t .

Il secondo livello di regionalizzazione riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee: Z0 – Z5, Z1, Z2, Z3, Z4 (fig. 1).

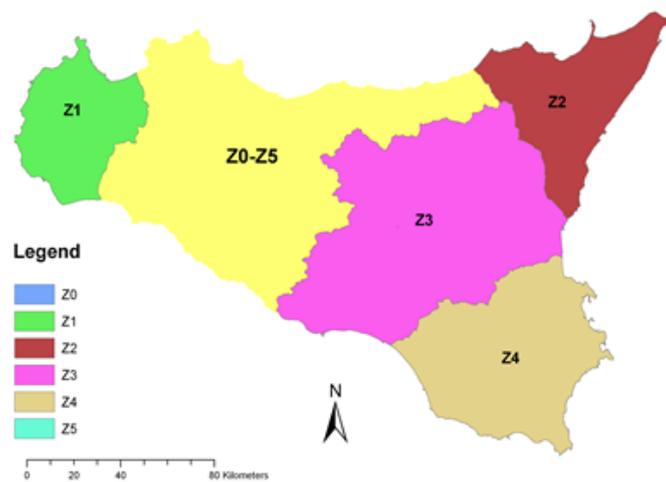


Fig. 2- Sottozone pluviometriche omogenee per la Regione Sicilia

A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro $\Lambda 1$ (tabella 4.1), che risulta indipendente dalla durata. Bisogna evidenziare che le sottozone Z0 e Z5 sono considerate come un'unica sottozona per via del fatto che hanno valori identici di $\Lambda 1$.

Sottozona	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Parametro						
$\Lambda 1$	24,429	19,580	17,669	14,517	15,397	24,402

Tabella 2 - Tabella sottozone pluviometriche omogenee

In ogni sottozona la variabile adimensionale $h^*t, T = ht / \mu$ (valore dell'altezza di pioggia di fissata durata t e tempo di ritorno T rapportata alla media μ della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$h'_{t,T} = KT = a * \ln(T) + b$$

Dove a e b sono dei coefficienti tarati in funzione della particolare sottozona mentre KT è definito fattore di crescita e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei coefficienti a e b) e del tempo di ritorno T dell'evento meteorico.

Sottozona	Z0 - Z5	Z1	Z2	Z3	Z4
Parametro					
a	0,4485	0,4695	0,4799	0,5011	0,4946
b	0,5117	0,4889	0,4776	0,4545	0,4616

Tabella 3 – Tabella coefficienti a e b sottozone pluviometriche

Il terzo livello di regionalizzazione, infine, prevede la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze - prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico) - relative al sito di misura. Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t,T} = KT * \mu(t)$$

dove $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno T.

Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica μ risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata t:

$$\mu(t) = a * t^n$$

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti a ed n sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti a ed n possono essere stimati sulla base della carta delle iso-a e delle iso-n (Cannarozzo et al, 1995). Nelle fig. (4.2) e (4.3) è possibile vedere la variazione dei coefficienti a ed n per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

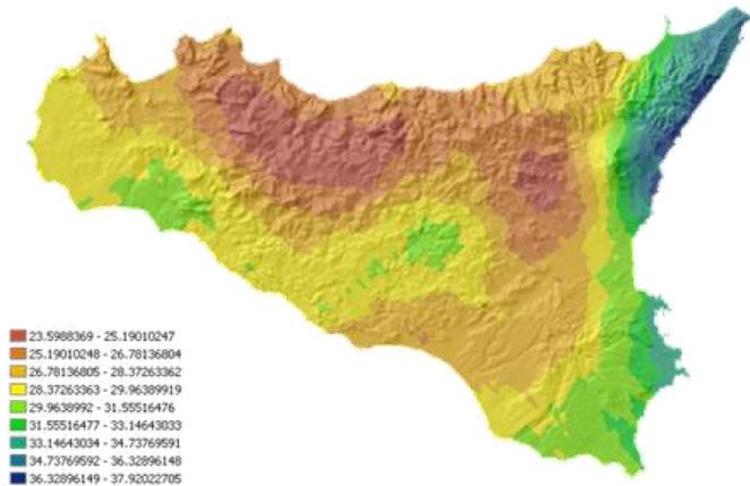


Figura 4.2: Valori dei coefficienti a per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

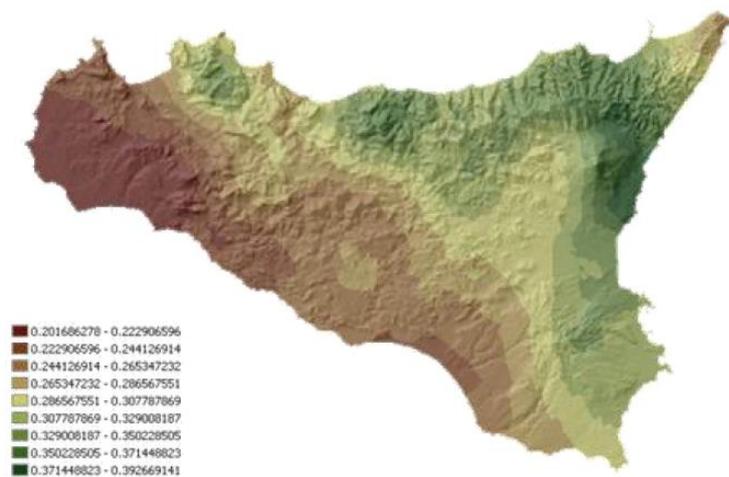


Figura 4.3: Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007).

Sono stati calcolati quindi, per il tempo di ritorno di interesse $T = 30$ anni i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata e la legge di probabilità pluviometrica.

3.2 Calcolo della c.p.p.

Il bacino oggetto del presente studio si trova nella sottozona pluviometrica omogenea Z4: il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appropriati valori dei coefficienti a e b (in base ai valori della tabella 4.2):

$$KT = 0.4946 \cdot \ln(T) + 0.4616$$

Fissato il tempo di ritorno della sollecitazione meteorica di progetto - pari a 30 anni - ed individuata la stazione pluviometrica di Vizzini (CT) è quindi possibile calcolare le altezze di pioggia di data frequenza di accadimento e di fissata durata.

Per essa, come per le restanti stazioni pluviometriche siciliane, i valori di a ed n risultano tabellati. Per tale stazione sono individuati i valori riportati nella tabella sottostante. È quindi possibile individuare la curva di probabilità pluviometrica per il sito in esame, corrispondente ad un tempo di ritorno

T=30 anni.

Parametri a ed n Stazione di Vizzini		
	a=	21
	n=	0.2983

Tabella 4 – Tabella coefficienti a e n curva di probabilità pluviometrica

t(ore)	h(mm)
1	45.02
3	62.48
6	76.83
12	94.48
24	116.18

Tabella 5 – Tabella t-h curva probabilità pluviometrica

L'espressione analitica della legge di probabilità pluviometrica è la seguente:

$$h(t) = 45,02 * t^{0,2983}$$

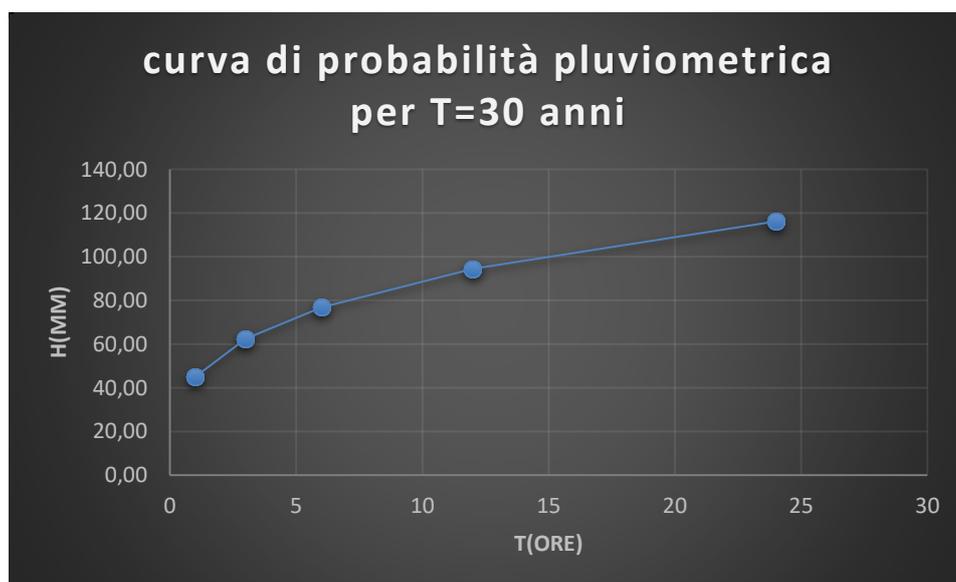


Grafico 1 – Curva probabilità pluviometrica per T=30 anni

3.3 Piogge brevi

La curva di probabilità pluviometrica, riferita alle piogge di durata compresa tra 1 e 24 ore, non si può ottenere per valori della durata t inferiore ad un'ora. È stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno T è dipendente solo dalla durata t espressa in minuti.

Il legame funzionale, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso nella forma seguente, utilizzando la formula di Ferreri-Ferro, ("Rainfall depth-duration relationship for South Italy", 1996).

$$h_{t,T} = h_{60,T} \left(\frac{t}{60} \right)^{0.385}$$

Piogge brevi	
t(min)	h(mm)
5	17.30
10	22.59
15	26.40
20	29.49
25	32.14
30	34.48
35	36.58
40	38.51
45	40.30
50	41.97
55	43.54
60	45.02

Tabella 6 – Piogge brevi

3.4 Superfici di influenza

La principale caratteristica delle misure di precipitazione è di essere puntuali, cioè di riferirsi al punto in cui è posizionato lo strumento. La quantità di precipitazione che affluisce in un fissato intervallo di tempo in una data area deve essere valutata, in linea di principio, a partire dalle misure puntuali effettuate dalle stazioni di misura ricadenti nell'area o in essa limitrofe.

Per la determinazione della portata al colmo del bacino idrografico è necessario conoscere le caratteristiche fisiche del bacino interessato, pertanto è stato necessario tracciare il bacino di interesse, così da ricavare le caratteristiche planimetriche e altimetriche dello stesso, sono stati individuati complessivamente 3 bacini idrografici, ottenendo:

Caratteristiche Bacino idrografico id 1	
Area (Km ²)	2.51
Perimetro (Km)	10.97
Quota minima (m)	298.65
Quota media (m)	438.54
Quota massima (m)	639.62
Lunghezza asta principale (m)	3553
Pendenza media asta principale (%)	9.40
dislivello Δh asta principale (m)	337.44

Caratteristiche Bacino idrografico id 2	
Area (Km ²)	0.97
Perimetro (Km)	6.29
Quota minima (m)	492.15
Quota media (m)	573.19
Quota massima (m)	667.91
Lunghezza asta principale (m)	2013
Pendenza media asta principale (%)	7.30
dislivello Δh asta principale (m)	148.13

Caratteristiche Bacino idrografico id 3	
Area (Km ²)	3.60
Perimetro (Km)	16.92
Quota minima (m)	344.74

Quota media (m)	604.33
Quota massima (m)	744.94
Lunghezza asta principale (m)	6028
Pendenza media asta principale (%)	6.30
dislivello Δh asta principale (m)	381.94

Tabella 7 – Caratteristiche del bacini idrografici

Nelle immagini successive sono rappresentati in rosso i bacini idrografici individuati per il presente studio idrologico. In azzurro è indicata l'asta principale, in verde è indicata invece l'area in cui verrà realizzato l'impianto fotovoltaico.

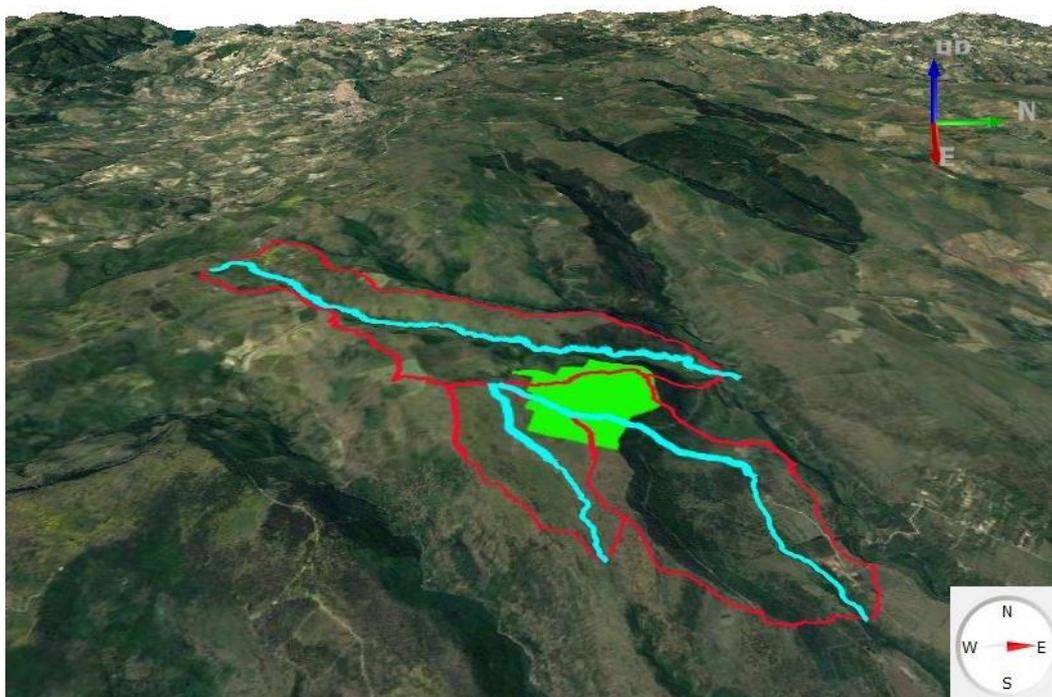


FIG. 3- BACINO IDROGRAFICO IN 3D CON AREA OGGETTO D'INTERVENTO (MAPPA GOOGLE SATELLITE)

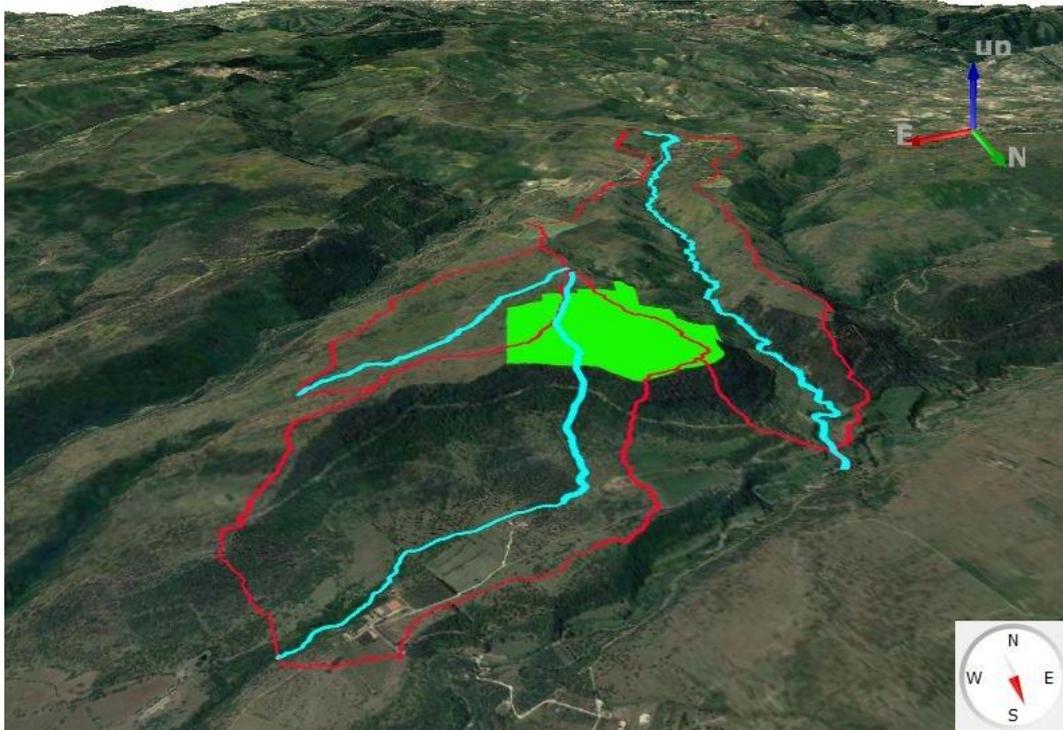


FIG. 4- BACINO IDROGRAFICO IN 3D CON AREA OGGETTO D'INTERVENTO (MAPPA GOOGLE SATELLITE)

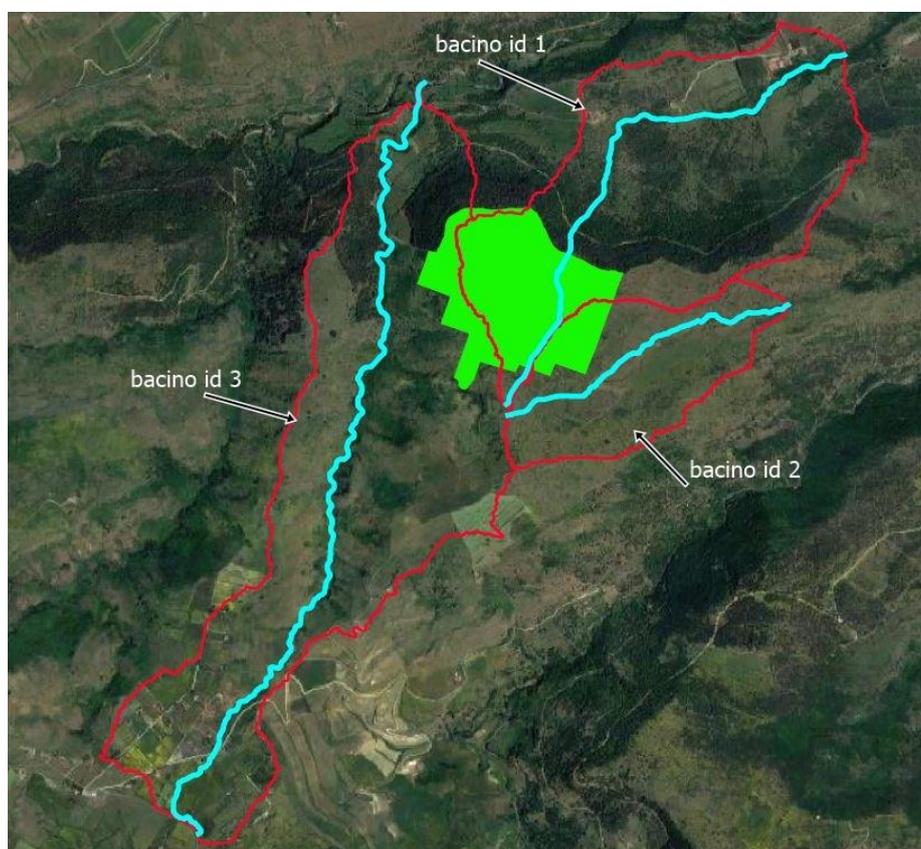
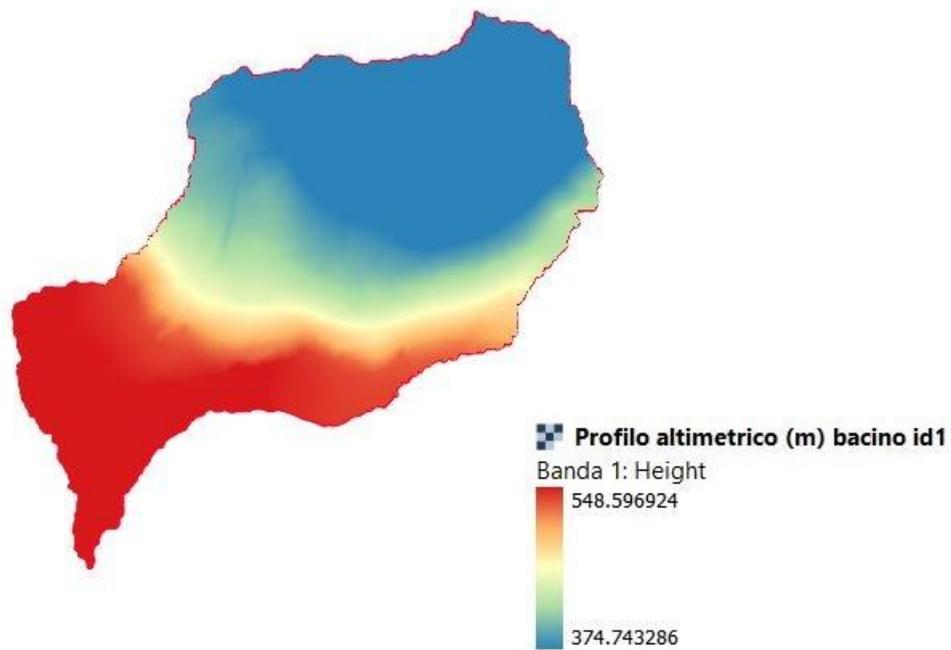
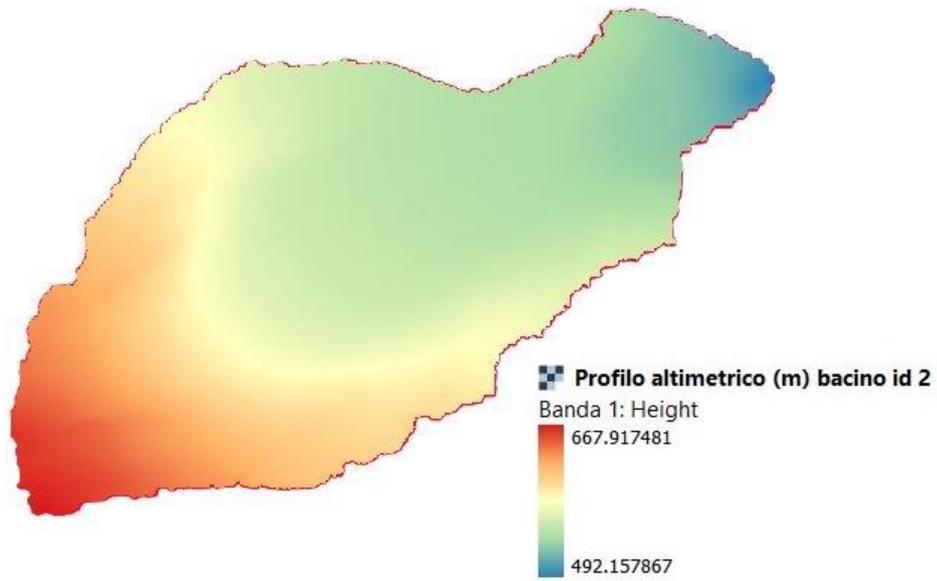


FIG. 5- BACINI IDROGRAFICI PLANIMETRIA (MAPPA GOOGLE SATELLITE)





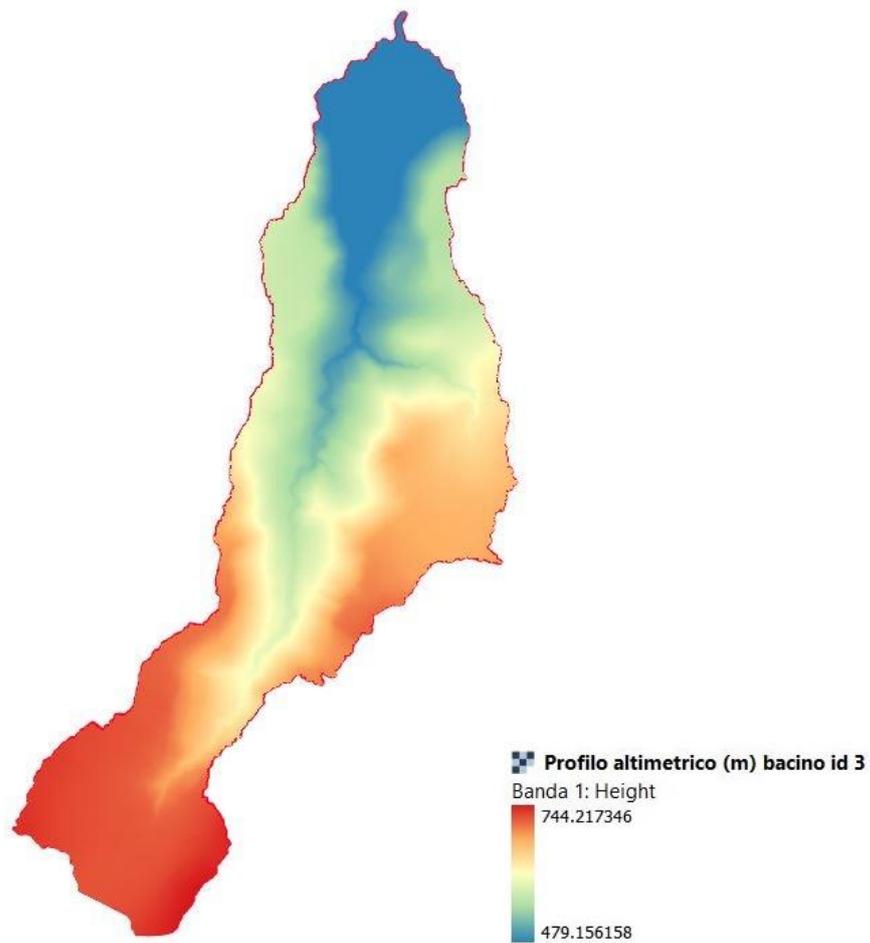
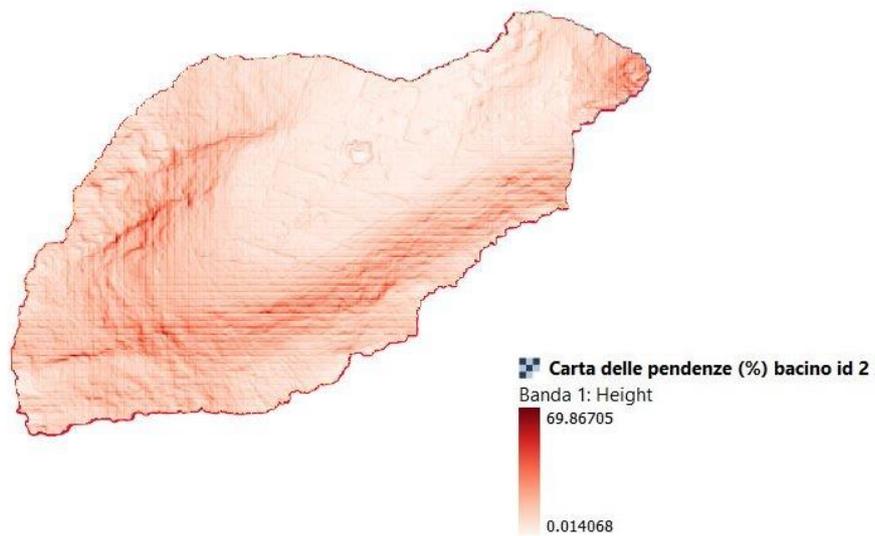
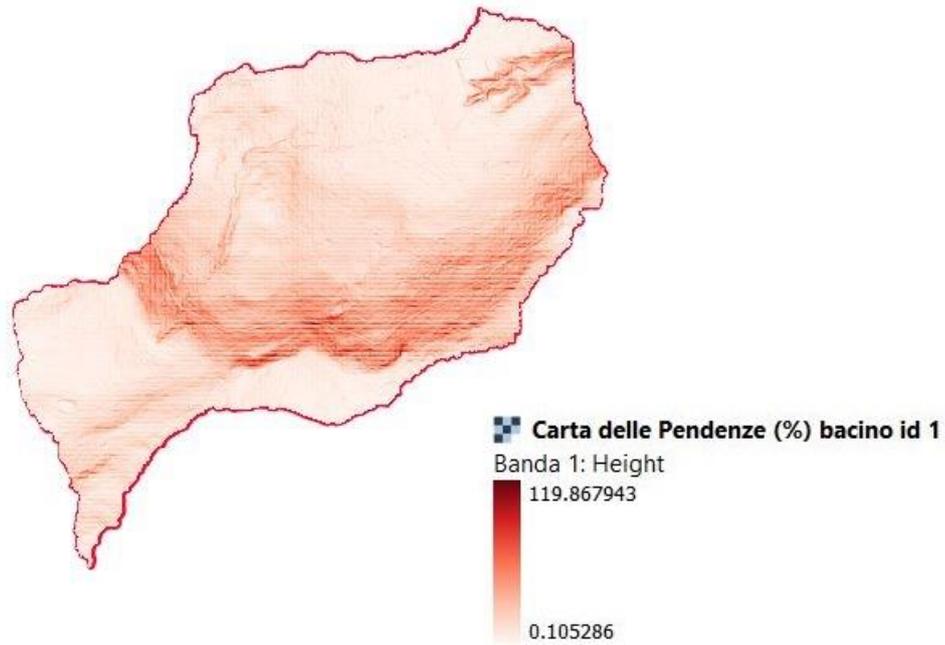


FIG. 6- PROFILO ALTIMETRICO BACINO ID 1,2,3, VALORI IN METRI



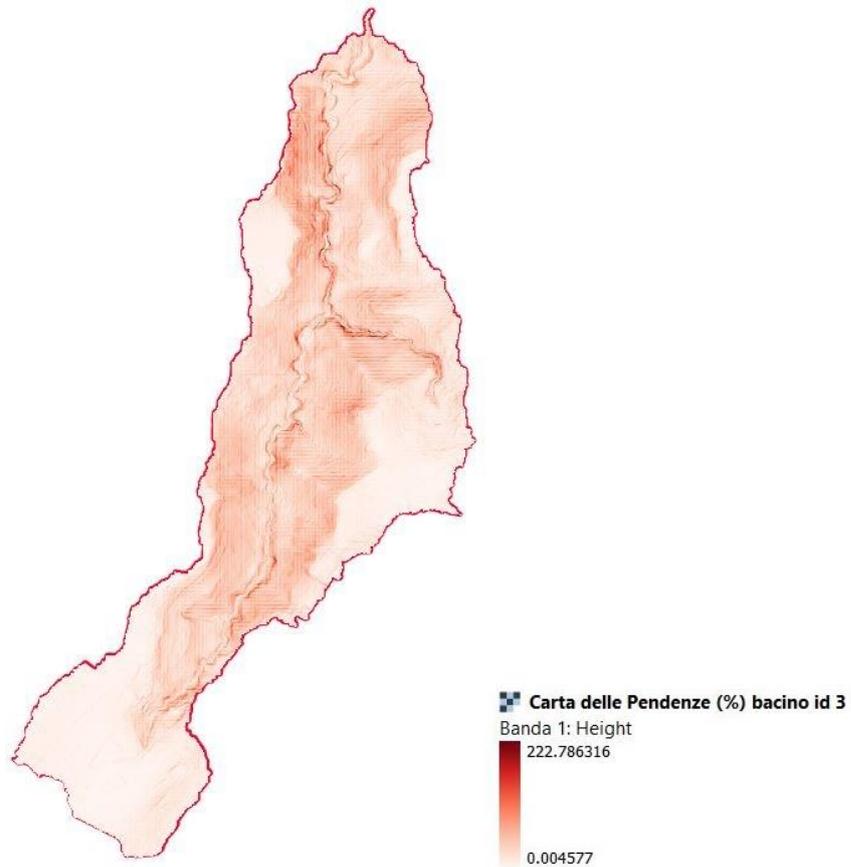
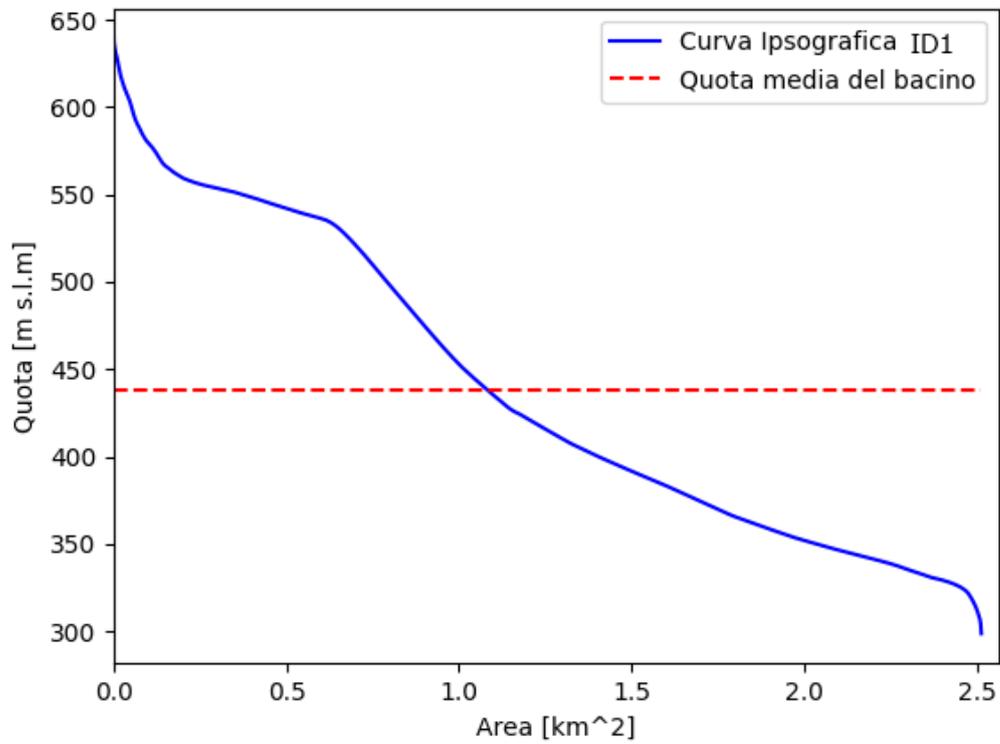
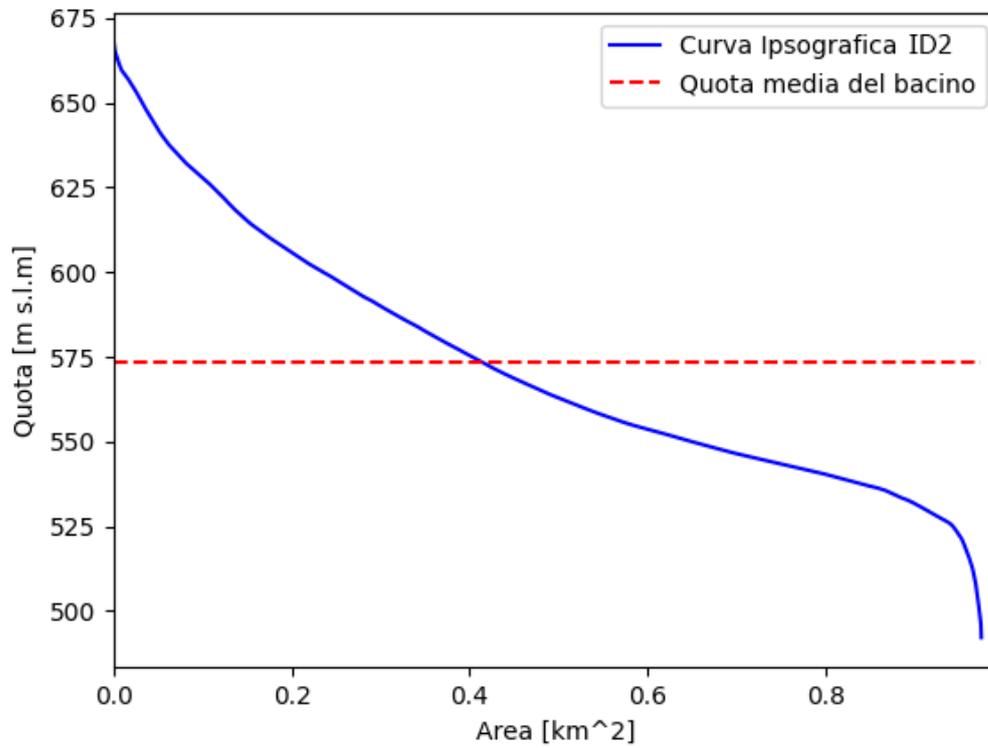


FIG. 7- CARTA DELLE PENDENZE BACINO ID 1,2,3





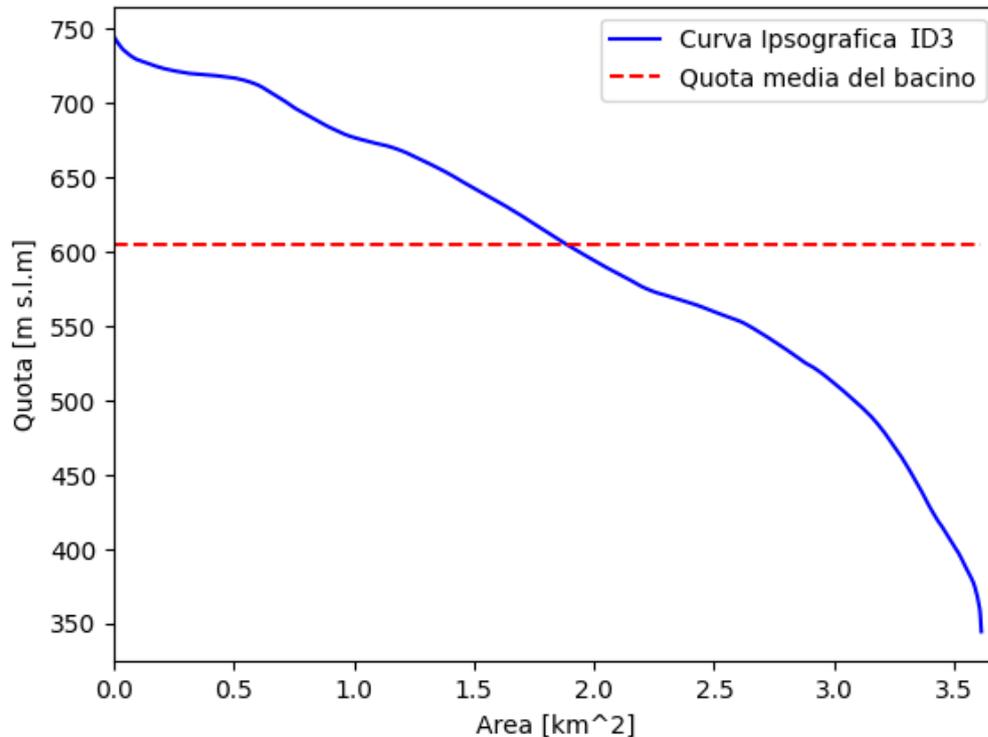


FIG. 8- CURVA IPSOGRAFICA DEL BACINO ID 1.2.3

4 Modelli afflussi deflussi

Le portate di progetto sono state calcolate attraverso metodi indiretti, che consentono la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che si abbattano sui diversi bacini. Nello specifico, si è valutata la portata di piena con la formula razionale che permette di valutare la portata di piena in un determinato tempo di ritorno T mediante la seguente formula:

$$QT = (\varphi * iT * S) / 3,60.$$

dove:

- QT è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T ed è espressa in m³/s;
- φ è il coefficiente di afflusso, adimensionale;

- i_T è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempo di corrivazione) in mm/h;
- S è la superficie del bacino espressa in km²;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura;

4.1 Individuazione della pioggia critica

Dopo avere ricostruito le relazioni intensità-durata-frequenza (IDF, espresse dalla c.p.p.) è necessario individuare l'intensità critica della precipitazione, cioè quella pioggia di intensità costante, supposta anche uniformemente distribuita sul bacino, che determina la portata massima nell'idrogramma di piena di tempo di ritorno T .

La pioggia critica è quella di intensità pari al tempo di corrivazione che altro non è che il tempo impiegato dalla goccia d'acqua che si trova nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino, definito anche come quel tempo che, una volta eguagliato dalla durata della precipitazione (precipitazione critica, ovvero che mette in crisi la rete idrografica), determina il raggiungimento del valore più elevato di portata nella sezione di chiusura del bacino.

Esso può essere calcolato tramite diverse formule; nel caso in esame, e cioè per piccoli bacini (aventi estensione inferiore a 10 km²), il tempo di corrivazione è calcolato attraverso la formula di Kirpich:

$$t_c = 0,066 * (L^{0,77} / i^{0,385})$$

dove t_c è espresso in ore, L lunghezza dell'asta principale espressa in metri ed i è la pendenza media del percorso (m/m). Il valore ottenuto è indicato nella tabella 8.

4.2 Il coefficiente di afflusso

L'infiltrazione nel terreno costituisce il fenomeno di maggiore rilevanza per la stesura del bilancio tra pioggia caduta sul bacino oggetto di studio e la pioggia che realmente defluisce sul bacino stesso. Al fine quindi si applicare un modello afflussi-deflussi risulta pertanto fondamentale quantificare le perdite per infiltrazione allo scopo di potere valutare la pioggia netta, ovvero quella che dà effettivamente luogo al deflusso.

Nel presente studio, è stato utilizzato il metodo del coefficiente di afflusso ϕ , che rappresenta il rapporto tra il volume di deflusso e il volume totale di pioggia caduto sull'area sottesa ad una data sezione, e il suo uso comporta considerare le perdite proporzionali all'intensità media di pioggia.

La stima di detto coefficiente ϕ , relativamente a ciascuna superficie omogena di suolo preso in esame (tipo di suolo, tessitura, caratteristiche locali di permeabilità) è stata fatta sulla scorta dei valori tabellati da Benini (Sistemazioni idraulico-forestali, 1990) riportati sotto; il valore assunto è riportato in tabella 8.

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivazioni	Pascoli	Boschi
Molto permeabile (sabbioso o ghiaioso)	0.20	0.15	0.10
Mediamente permeabile (Terreni di medio impasto, Terreni senza strati di argilla)	0.40	0.35	0.30
Poco Permeabili (Suoli argillosi, con strati di argilla in prossimità della superficie, suoli poco profondi su substrato roccioso impermeabile)	0.50	0.45	0.40

Tipo di suolo				
Copertura del bacino	Pendenza dei versanti	Terreni Leggeri	Terreni di medio impasto	Terreni compatti
Boschi	> 10%	0.13	0.18	0.25
	< 10%	0.16	0.21	0.36
Pascoli	> 10%	0.16	0.36	0.56
	< 10%	0.22	0.42	0.62
Colture agrarie	> 10%	0.40	0.60	0.70
	< 10%	0.52	0.72	0.82

FIG. 9- COEFFICIENTI DI AFFLUSSO, BENINI (SISTEMAZIONI IDRAULICO-FORESTALI, 1990)

4.3 Il calcolo della portata

Per i bacini idrografici oggetto di studio è stato calcolato il valore della portata Q per il tempo di ritorno di interesse pari a 30 anni.

Nello specifico, le grandezze caratteristiche poste a base dei calcoli, insieme alle rispettive unità di misura sono:

- Superficie del bacino drenante S (sia in m^2 che in km^2);
- Lunghezza dell'asta principale L (in m);

- Quota massima dell'asta principale, H max (m);
- Quota minima dell'asta principale, H min (m);
- Dislivello geodetico tra gli estremi dell'asta, Δh (m);
- Pendenza media del percorso i (%);
- Durata dell'evento pluviometrico critico, pari al tempo di corrivazione t_c (in minuti);
- Coefficiente di afflusso φ ;
- Valore dell'intensità critica i_c (mm/h);
- Portata al colmo della piena, Q, (in m³/s);

La tabella che segue riguarda il calcolo della portata causata da un evento pluviometrico critico di fissato tempo di ritorno T.

ID Bacino	Superficie		Lunghezza asta principale [m]	Δh [m]	Pendenza media del percorso [%]	Tempo di corrivazione [min]	Coefficiente di afflusso φ -	Intensità critica [mm/h]	Portata critica Q_T [m ³ /s]
	[m ²]	[km ²]							
1	2.510.000	2.51	3553	337.44	9.4	26.12	0.20	80.69	11.25

ID Bacino	Superficie		Lunghezza asta principale [m]	Δh [m]	Pendenza media del percorso [%]	Tempo di corrivazione [min]	Coefficiente di afflusso φ -	Intensità critica [mm/h]	Portata critica Q_T [m ³ /s]
	[m ²]	[km ²]							
2	970.000	0.97	2013	148.13	7.3	18.59	0.20	102.44	5.52

ID Bacino	Superficie		Lunghezza asta principale [m]	Δh [m]	Pendenza media del percorso [%]	Tempo di corrivazione [min]	Coefficiente di afflusso φ -	Intensità critica [mm/h]	Portata critica Q_T [m ³ /s]
	[m ²]	[km ²]							
3	3.600.000	3.6	6028	381.94	6.3	45.78	0.20	54.43	10.89

Tabella 8 – Risultati Portata critica

5 Dimensionamento opere idrauliche

Il dimensionamento delle opere idrauliche viene articolato in due fasi:

- una prima fase di pre-dimensionamento nella quale viene assegnata, a ciascuna tipologia di opera idraulica una sezione “tipo”, in funzione dell’orografia, della pendenza, delle necessità tecniche e della estensione delle superfici scolanti sottese alla sezione di scarico;
- una seconda fase di verifica della capacità idraulica di detti canali, prevedendo un franco minimo di 5 cm per ragioni di sicurezza.

Le opere di regimentazione idrauliche previste in progetto sono di due tipi, una da realizzare lungo un unico asse di scolo e consiste in tre tipi di fosso in terra avente la seguente forma e dimensioni:

Fosso in terra “Tipo 1” avente le seguenti caratteristiche geometriche:

Sezione Trapezia

Larghezza base [m] 2,00 (I)

Larghezza in superficie [m] 4,80 (L)

Altezza tirante idrico [m] 1,70 (H)

Altezza canale [m] 2,10 (H')

Franco [m] 0,40 (F)

Fosso in terra “Tipo 2” avente le seguenti caratteristiche geometriche:

Sezione Trapezia

Larghezza base [m] 2,00 (I)

Larghezza in superficie [m] 4,14 (L)

Altezza tirante idrico [m] 1,20 (H)

Altezza canale [m] 1,60 (H')

Franco [m] 0,40 (F)

Fosso in terra “Tipo 3” avente le seguenti caratteristiche geometriche:

Sezione Trapezia

Larghezza base [m] 2,00 (I)

Larghezza in superficie [m] 4,67 (L)

Altezza tirante idrico [m] 1,60 (H)

Altezza canale [m] 2,00 (H')

Franco [m] 0,40 (F)

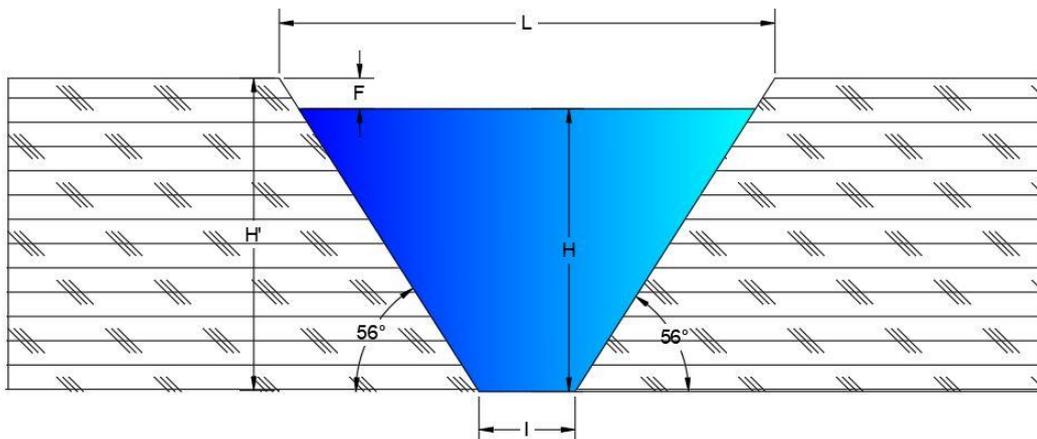


FIG. 10- SEZIONE TRAPEZIA

La verifica della capacità idraulica delle opere è stata effettuata in condizioni di moto uniforme, utilizzando la formula di Chezy:

$$Q = \chi * A * \sqrt{R * i}$$

dove:

- Q è la portata che defluisce nel fosso di guardia (m³/s);
- χ è il coefficiente di scabrezza;
- A è l'area della sezione bagnata (in m²);
- R è il raggio idraulico (in m), dato dal rapporto tra la sezione idrica ed il perimetro bagnato P;
- i è la pendenza del canale.

Per il valore del coefficiente χ , si è scelto di usare la formula di Gauckler-Strickler:

$$\chi = k_s * R^{1/6}$$

in cui k_s è l'indice di scabrezza di Gauckler-Strickler, (in m^{1/3}·s⁻¹); da cui segue che la formula di calcolo di portata assume la seguente forma:

$$Q = k_s * A * i^{1/2} * R^{2/3}$$

Il valore dell'indice di scabrezza è stato desunto da Chow W.T. (Applied hydrology, 1988).

Di seguito, si riporta una tabella di riepilogo con i seguenti elementi:

Tipologia del fosso di guardia adottato;

- Tirante idrico h (m), sezione idrica A (m²), contorno bagnato P (m), raggio idraulico R(m) con riferimento alla portata di progetto;
- Pendenza i dell'opera idraulica (%)
- Portata di progetto per ciascuna opera in m³/s;
- Velocità con cui defluisce la portata di progetto (m/s);
- Grado di riempimento del fosso di guardia, dato dal rapporto tra il tirante idrico di progetto e l'altezza della sezione;
- Franco (espresso in m) dato dalla differenza tra l'altezza della sezione ed il tirante corrispondente alla portata di progetto;

Tipologia del canale	Pendenza	Portata di progetto Qp	Coefficiente di scabrezza	Area bagnata	Perimetro bagnato	Raggio idraulico	Portata in condizione di moto uniforme	Velocità	Grado di riempimento	Franco di sicurezza
								Velocità		
Tipo 1	[%]	[m ³ /s]	[m ^{1/3} ·s ⁻¹]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[%]	[m]
	4	15.36	56	5.35	6.10	0.88	15.36	2.87	68	0.40

Tipologia del canale	Pendenza	Portata di progetto Qp	Coefficiente di scabrezza	Area bagnata	Perimetro bagnato	Raggio idraulico	Portata in condizione di moto uniforme	Velocità Velocità	Grado di riempimento	Franco di sicurezza
Tipo 2	[%]	[m ³ /s]	[m ^{1/3} *s ⁻¹]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[%]	[m]
	4	5.97	56	3.37	4.90	0.69	5.97	1.77	60	0.40

Tipologia del canale	Pendenza	Portata di progetto Qp	Coefficiente di scabrezza	Area bagnata	Perimetro bagnato	Raggio idraulico	Portata in condizione di moto uniforme	Velocità Velocità	Grado di riempimento	Franco di sicurezza
Tipo 3	[%]	[m ³ /s]	[m ^{1/3} *s ⁻¹]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[%]	[m]
	4	13.01	56	4.93	5.86	0.84	13.01	2.64	67	0.40

TABELLA 9 – RISULTATI PORTATA DI PROGETTO

Portata di progetto Qp id 1	Portata critica Q _T id 1	Esisto verifica
[m ³ /s]	[m ³ /s]	Qp>Qt
15.36	11.25	verificato

Portata di progetto Qp id 2	Portata critica Q _T id 2	Esisto verifica
[m ³ /s]	[m ³ /s]	Qp>Qt
5.97	5.52	verificato

Portata di progetto Qp id 3	Portata critica Q _T id 3	Esisto verifica
[m ³ /s]	[m ³ /s]	Qp>Qt
13.01	10.89	verificato

TABELLA 10– RISULTATI VERIFICA IDRAULICA

6 Dimensionamento vasca di laminazione

Nelle zone di espansione o trasformazione o, comunque, nelle zone soggette a

intervento urbanistico con superficie minore o uguale a 10.000 m² si applicano i requisiti minimi per la realizzazione di sistemi di raccolta, infiltrazione e/o laminazione 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 destinate a verde e non compattate. Poiché nel caso in esame l'area d'intervento è maggiore di 10000 m², si è provveduto a calcolare il volume di invaso per la laminazione delle acque meteoriche in via semplificata per aree impermeabilizzate a basso coefficiente di deflusso medio ponderale ($\varphi < 50\%$) adottando il metodo semplificato delle piogge secondo cui il volume di laminazione è espresso dalla seguente relazione

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

Dove

S superficie scolante a monte della vasca/invaso di laminazione in ha;

φ coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area drenante;

a ed n parametri delle curve di possibilità pluviometrica;

Q_{imp} portata limite ammessa allo scarico (in m³/s) 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*ha qualora lo scarico avvenga all'interno di aree a pericolosità P3 e P4 del P.A.I.

Qimp	φ medio ponderale	S (area oggetto d'intervento)
0.21	0.43	72.44

TABELLA 11– RISULTATI PORTATA DI SCARICO E COEFFICIENTE MEDIO PONDERALE

Da cui

$$V_{max} = 5385m^3$$

che corrisponde ad un volume specifico pari a

$$V_{\text{spec}} = 170 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Il volume dei fossi è stato aumentato rispetto al volume minimo calcolato ed è pari a 6618 m³.

Il volume viene disperso tramite opportuno scarico verso impluvi naturali rispettando il limite di portata di scarico imposta.

A partire dal valore di portata nota e imponendo un valore di velocità pari a 1,5 m/s si ottiene il diametro della tubazione da utilizzare per scaricare il volume laminato.

Dimensionamento scarico portata per coefficiente udometrico imposto Tubazione in PE		
Q=	0.21	m ³ /s
V=	1.5	m/s
A=	140000	mm ²
D=	422	mm

TABELLA 12– RISULTATI DIMENSIONAMENTO TUBAZIONE DI SCARICO

Il diametro commerciale scelto è pari a 400 mm.

Il tempo di svuotamento è stimato pari a:

$$t_{\text{svuotamento}} = 2,36 \text{ ore} < 48 \text{ h VERIFICATO}$$

7 Interferenze tra cavidotto e rete idrologica

Di seguito viene riportato il tracciato del cavidotto in alta tensione che si sviluppa tra la cabina di raccolta all'interno dell'area del campo fotovoltaico e la SE di Vizzini. All'interno del tracciato sono presenti dei punti in cui il cavidotto incrocia dei corsi d'acqua individuabili sulla carta CTR, come mostrato nella figura 11.



FIG. 11- INTERFERENZE TRA CAVIDOTTO E RETE IDROLOGICA

In corrispondenza di questi corsi d'acqua si utilizzerà la tecnologia con una profondità rispetto all'alveo del corso d'acqua di 1 metro. Nella figura 12 viene presentata un'immagine esemplificativa del passaggio del cavidotto con tecnologia no Dig. Nei tratti di interferenza, la linea elettrica attraverserà perpendicolarmente il corso d'acqua passando sottoterra attraverso un sistema di trivellazione orizzontale teleguidata tecnologia T.O.C. Tale metodo, consente senza eseguire scavi, di avere un controllo attivo della traiettoria e di creare un foro con una profondità rispetto all'alveo del corso d'acqua di 1 metro e che inizierà almeno 10m e risalirà a quota di progetto della tubazione ad oltre 10m dall'asse del corso d'acqua.

L'attraversamento viene eseguito tramite la tecnologia denominata "Trivellazione Orizzontale Controllata" (abbreviato in T.O.C.) che in gergo può essere anche indicato con il nome in lingua inglese "Horizontal Directional Drilling" (abbreviato in H.D.D.). Uno schema esemplificativo sul funzionamento di tale tecnologia di attraversamento viene, a titolo di esempio, riportato a seguire.

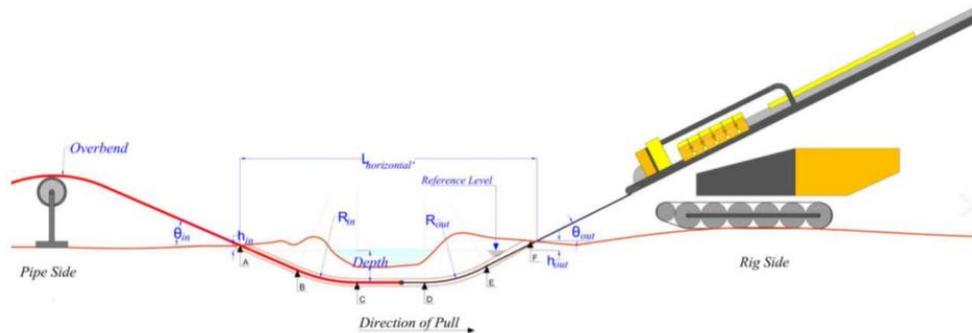


FIG. 12- ESEMPIO IMPOSTAZIONE T.O.C

Come si vede dalla figura di cui sopra è necessario disporre la macchina di trivellazione nella direzione verso cui si intende iniziare la trivellazione impostando diversi parametri principali che avrà il percorso di attraversamento quali le profondità di passaggio al di sotto delle interferenze, i raggi di curvatura in ingresso e uscita e gli angoli risultanti da questi ultimi.

8 Conclusioni

Come si vede dalla tabella 9, i fossi sono in condizione di smaltire l'acqua della portata di piena massima in caso di una eventuale evento di pioggia particolare.

Inoltre, al fine di prendere delle precauzioni sullo scorrimento di acque da ruscellamento, si prevederanno dei micro-fossi di guardia che precauzionalmente consentiranno di fare defluire le ridotte acque ruscellanti senza comportare un trasporto solido significativo annullando l'erosione di suolo per trasporto.

Detti micro-fossi per loro natura e geometria (pochi decimetri o centimetri di larghezza e profondità) verranno distribuiti nell'area e non sarà strettamente necessario collegarli tra di loro o realizzarli in cemento o in lamiera ma si consiglia di realizzarli tramite degli scavi e riporti opportunamente compattati e costipati.

Il volume verrà scaricato verso impluvi naturali tramite opportuna tubazione, nel rispetto dell'invarianza idraulica.