



**REGIONE SICILIA**  
**COMUNE DI CALATAFIMI SEGESTA**  
**COMUNE DI MONREALE**

**PROGETTO:**

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrovoltaico denominato "PV Gallitello" di Pn pari a 99,026 MW e sistema di accumulo di capacità pari a 45 MWh, da realizzarsi nei Comuni di Calatafimi-Segesta (TP) e Monreale (PA)

## Progetto Definitivo

**PROPONENTE:**

**DREN SOLARE 4 s.r.l.**  
SORESINA (CR)  
VIA PIETRO TRIBOLDI 4 CAP 26015  
PIVA 01771780192



**ELABORATO:**

**Relazione idrologica ed idraulica  
con verifica interferenze reticolo idrografico**

**PROGETTISTI:**

Ing. Riccardo Cangelosi

Ing. Gaetano Scurto

Scala:

Tavola:

**RDI**

**Data:**

21-12-2022

Rev. Data Revisione

00 21-02-2023

Descrizione

emissione



Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
1.1	Inquadramento dell'area di progetto	6
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO DEL SITO.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>CALCOLO IDROLOGICO E IDRAULICO .....</b>	<b>9</b>
3.1	Premessa	9
3.2	Metodo TCEV	9
3.3	Individuazione dei bacini idrografici	14
3.4	Portata di colmo	15
3.5	Scelta dei tempi di ritorno	19
3.6	Tempo di corrivazione	20
3.7	Dimensionamento canali a pelo libero	21
<b>4</b>	<b>VERIFICA INTERFERENZE IDRAULICHE .....</b>	<b>23</b>
4.1	Risoluzione interferenze	23
<b>5</b>	<b>PROGETTO DELLE OPERE IDRAULICHE.....</b>	<b>24</b>
5.1	Cunette di scarico acque piovane	24
5.2	Tombini attraversamento idraulico acque piovane	27
<b>6</b>	<b>INVARIANZA IDRAULICA DELLE OPERE.....</b>	<b>30</b>
6.1	Invarianza idraulica impianti per la connessione	34
6.2	Caratteristiche vasche di laminazione	35
<b>7</b>	<b>INTERVENTI SUGLI IMPLUVI NATURALI ESISTENTI INTERESSATI DAL PROGETTO</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>38</b>



## 1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di illustrare le metodologie di calcolo idraulico utilizzate per la verifica delle interferenze idrauliche e per il dimensionamento di nuovi tombini e delle cunette da realizzare nell'ambito del progetto dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare denominato "PV Calatafimi" nel territorio del comune di Calatafimi - Segesta (TP) e Monreale (PA) (di seguito il "Progetto" o "l'Impianto").

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto agrovoltaiico, con sistema di accumulo da 45 MWh, con una potenza di picco del generatore di 110,62 MWp e potenza nominale di 99,026 MWp. Si prevede l'installazione di n° 1.905 inseguitori solari ad un asse (tracker orizzontali monoassiali a linee indipendenti), di tre tipologie rispettivamente con 112, con 84 e con 56 moduli fotovoltaici. L'impianto, di tipo grid-connected in modalità trifase (collegata direttamente alla rete elettrica nazionale), è costituito da 16 lotti.

L'impianto di generazione fotovoltaica in progetto sarà installato direttamente a terra con struttura in acciaio di tipo RETROFIT ad inseguimento monoassiale e l'energia elettrica da essi prodotta verrà convogliata ai gruppi di conversione (inverters) distribuiti all'interno dell'area di impianto. Gli inverters saranno installati all'interno di Power Station che avranno la funzione di convertire, da continua ad alternata, l'energia proveniente dal campo fotovoltaico e trasformarla da BT a AT a 36 kV. Dagli inverter l'energia prodotta, tramite cavidotti AT a 36 kV, verrà trasportata ad un sistema di accumulo da 45 MWh, per l'accumulo di parte dell'energia elettrica prodotta dal parco agrovoltaiico, e successivamente trasportata alla stazione di trasformazione 36/220 kV (SET). In questa stazione verranno collocati gli apparati di protezione e misura dell'energia prodotta.



La consegna dell'energia elettrica prodotta dall'impianto avverrà conformemente alla Soluzione Tecnica Minima Generale trasmessa da Terna S.p.a. al proponente con nota del 12/04/2023 cod. prat. 202200811. La Soluzione Tecnica Minima Generale elaborata da Terna, prevede che il Progetto venga collegato antenna a 36 kV con una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 220/150/36 kV (sezione a 220 kV da realizzare già in classe di isolamento 380 kV) della RTN, da inserire in entra - esce su entrambe le terne della linea 220 kV RTN "Partanna – Partinico". In sede di discussione in seno al tavolo tecnico con Terna, si è optato per una soluzione che prevede la realizzazione di una nuova sottostazione elettrica satellite a 220/36 kV, sita in c.da Volta di Falce Comune di Monreale, in luogo di una semplice connessione in antenna.

La SE satellite avrà doppio sistema di sbarre e sezioni di utenza, con relativi edifici tecnici adibiti al controllo e alla misura dell'energia prodotta ed immessa in rete. Il collegamento tra la stazione di consegna e lo stallo nella nuova stazione elettrica sarà realizzato con cavidotto interrato in AT a 36 kV.

Nello studio delle interferenze si sono prese in considerazione quelle che si individuano dalla sovrapposizione planimetrica tra le opere previste e il reticolo idrografico realmente presente sui luoghi.

Si è provveduto, nel presente studio, ad integrare i dati sul reticolo idrografico rilevabili dalla cartografia di riferimento con puntuali rilievi in situ volti alla specificazione delle sezioni degli alvei interessati ed alla determinazione dei bacini scolanti.

Si precisa che, per quanto riguarda i cavidotti, in nessun caso si viene a creare un'incidenza reale dell'opera sul deflusso delle acque poiché tali opere sono previste a distanza dall'alveo



naturale presente, o il passaggio avviene al di sotto del letto o al di sopra a quota tale da non interferire con il deflusso.

Le strade di accesso al parco interferiscono in alcuni casi con il reticolo idrografico esistente dei luoghi, in queste circostanze il presente studio individua le sezioni idrauliche dei tombini da realizzare idonee per non alterare il normale deflusso delle acque.

Per la determinazione delle sezioni dei tombini si è fatto riferimento alle “Direttive tecniche per la verifica di compatibilità idraulica di ponti e attraversamenti” (dicembre 2021) emanate ai sensi dell’art. 7 delle norme di attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.). I calcoli di progetto sono stati sviluppati per un tempo di ritorno 200 anni. Conformemente alle disposizioni delle direttive suddette sono state effettuate le verifiche anche a 50, 100 e 300 anni.

Per la determinazione della larghezza d’alveo sono state applicate le Direttive per la determinazione dell’ampiezza dell’alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R.D. 523/1904) e per la determinazione della fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d’uso di cui all’art. 96, lettera f, del R.D. 523/1904 approvate con DSG n. 119/2022. Si è in questo caso utilizzato un tempo di ritorno di 5 anni per la determinazione dell’ampiezza d’alveo in caso di sponde incerte.

È stato inoltre studiato l’impatto della realizzazione dell’opera sui recettori idrici a valle secondo le disposizioni del D.D.G. 102 del 23/06/2021 e relativi allegati (indirizzi applicativi 6834 del 11/10/2019).

Lo studio dimostra che il progetto garantisce la sostanziale invarianza idraulica sui corpi idrici recettori.



---

Il presente studio idraulico è stato sviluppato anche sulla base di quanto stabilito nel Piano di Gestione del rischio Alluvioni del distretto idrografico della Sicilia (PGRA) approvato con D.P.C.M. 7 marzo 2019.

Le opere idrauliche progettate hanno lo scopo di intercettare l'acqua pluviale che scola sulle opere da realizzare e portarla allo scarico nei recettori naturali. In questo modo si otterrà una maggiore stabilità e durabilità delle opere in progetto e dei pendii esistenti permettendone un uso in sicurezza nel tempo.

A protezione idraulica delle opere sono previste delle cunette e fossi di guardia realizzate sul terreno senza rivestimenti in modo tale da minimizzare l'impatto visivo delle stesse. In alcuni casi si è previsto l'uso di tombini interrati per il passaggio dell'acqua nel percorso verso lo scarico.



## 1.1 Inquadramento dell'area di progetto

L'area studiata si trova all'interno del bacino del fiume San Bartolomeo che ha come sbocco finale il mar Tirreno.

In particolare la rete idrografica superficiale interessata è costituita dagli affluenti del fiume Freddo.

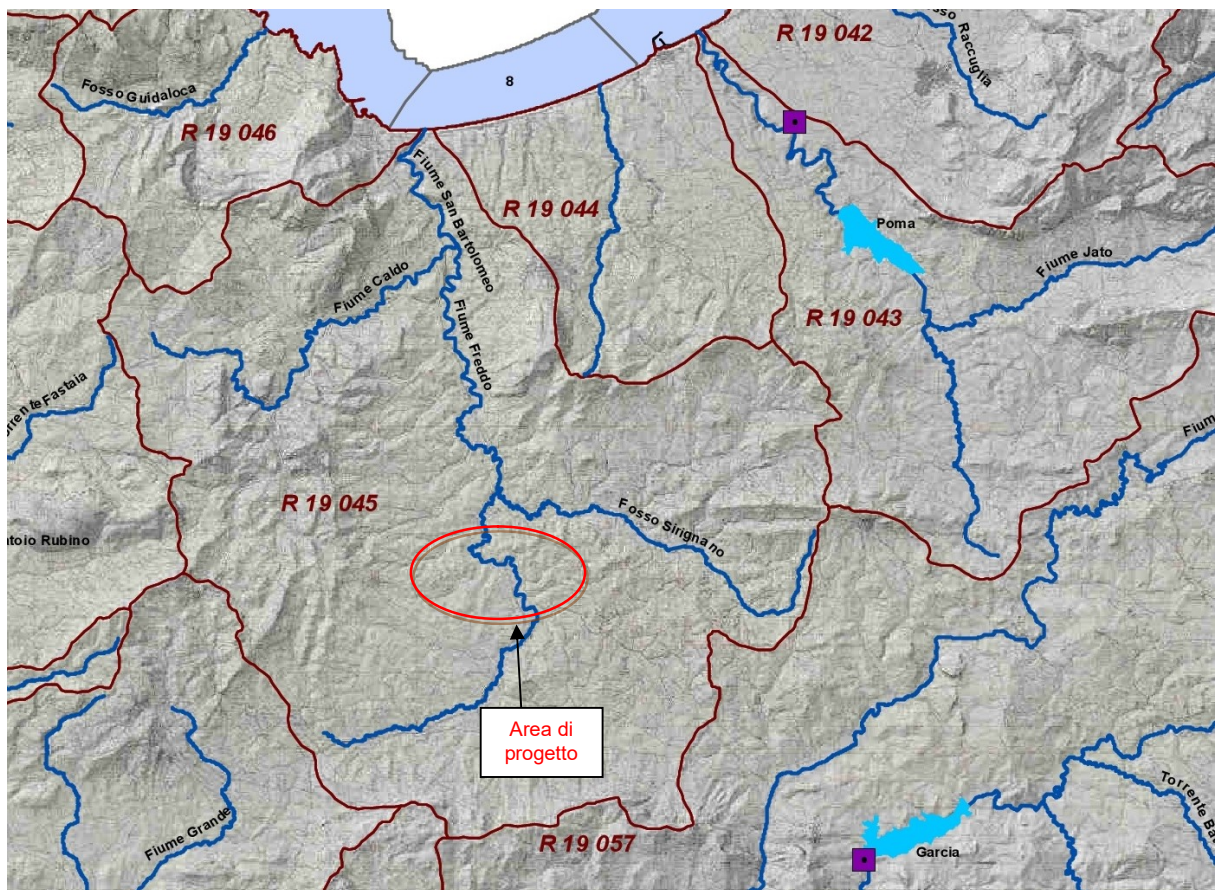


Figura 1.1 Individuazione bacino di appartenenza (stralcio carta dei bacini allegata al Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia)



Nello studio preliminare di localizzazione del progetto si è tenuto in conto delle indicazioni di pericolosità e rischio idrogeologico dettate dal piano per l'assetto Idrogeologico della Regione Sicilia adottato con Decreto 4 Luglio 2000 n. 298/XLI.

Si riporta di seguito uno stralcio della tavola del reticolo idrografico allegato al PGRA dove si evince la posizione dell'impianto e le aree a pericolosità idraulica.

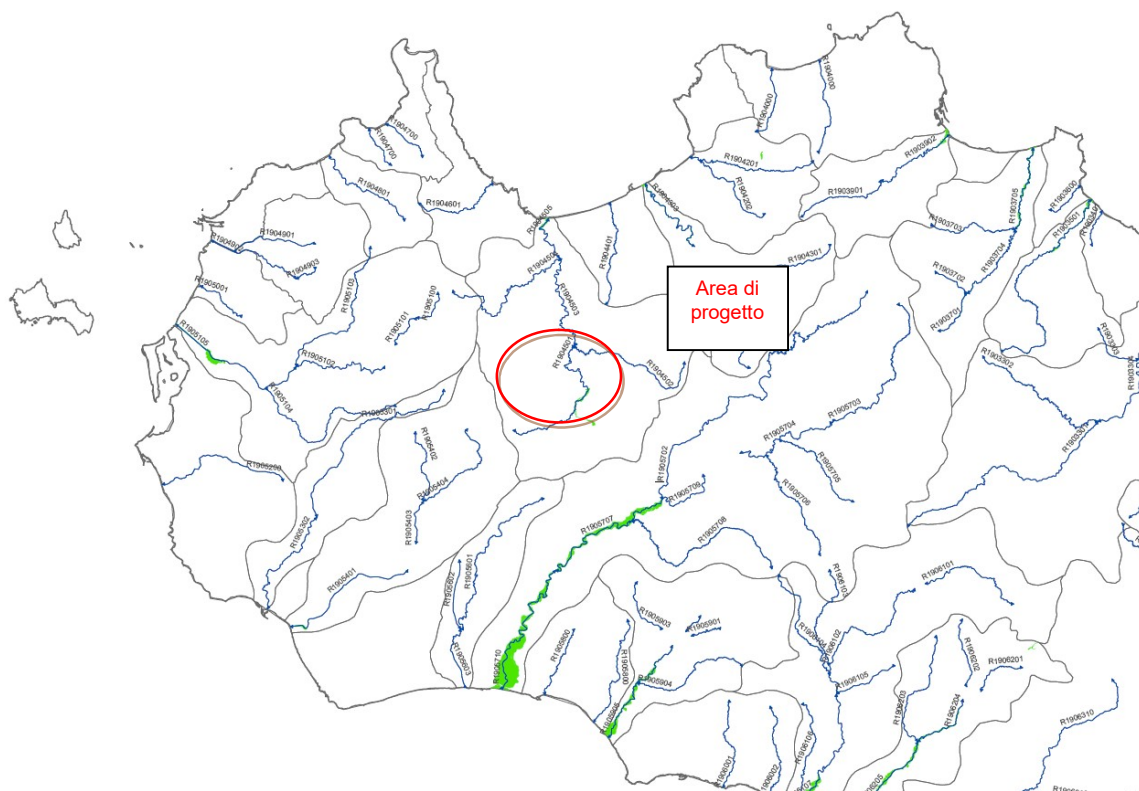


Figura 1.2 Individuazione bacino di appartenenza (stralcio carta del reticolo idrografico allegata al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni)





## 2 INQUADRAMENTO DEL SITO

Il sito del costruendo impianto è ubicato all'interno dei comuni di Calatafimi – Segesta (TP) e Monreale (PA), nella parte occidentale della Sicilia, a est del territorio provinciale di Trapani, e a sudovest del territorio provinciale di Palermo.

L'area in oggetto ricade all'interno della seguente Cartografia Tecnica Regionale:

CTR n. 606110 – MONTE BARONIA

CTR n. 606120 - SIRIGNANO

CTR n. 606150 – STAZIONE DI SALEMI

CTR n. 606160 – COSTA DI RAJA

Dal punto di vista meteo climatico, il sito ricade in un'area a clima tipicamente meso-mediterraneo con inverni miti e piovosi ed estati calde ed asciutte.

Le temperature minime invernali raramente scendono al di sotto di 0°C mentre le temperature estive massime oscillano tra i 28 °C e i 37 °C.

L'area di interesse si estende lungo una sequenza di rilievi aventi un'altitudine media compresa tra i 150 e i 250 m circa s.l.m.

Per un più dettagliato inquadramento geografico dell'area in questione si rimanda alla corografia d'impianto riportata in allegato al progetto.

Per una dettagliata descrizione delle caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche del sito si rimanda alla Relazione Geologica redatta dal Dott. Geol. Gualtiero Bellomo allegata al presente progetto.



### 3 CALCOLO IDROLOGICO E IDRAULICO

#### 3.1 Premessa

Il dimensionamento e la verifica di un sistema di drenaggio si basa sulla valutazione delle portate di pioggia, che possono essere determinate con i seguenti metodi:

- metodo diretto che prevede l'elaborazione statistica delle portate registrate nelle stazioni di misura;
- metodo indiretto che consente la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che si abbattono sul bacino.

Nel caso in esame si utilizzerà il metodo indiretto poiché i dati di registrazione delle portate non sono disponibili.

Dunque occorre studiare la pluviometria dei vari bacini in esame per passare poi al calcolo delle portate.

Si è condotta l'analisi sullo studio pluviometrico applicando il metodo TCEV(Two Component Extreme Value Distribution) così come sviluppato e applicato dallo studio "regional frequency analysis of extreme precipitation in Sicily, italy" di Lo Conti et altri 2007.

#### 3.2 Metodo TCEV

Tale metodo determina altezze di pioggia e intensità seguendo una logica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messo a punto dall'Università di Palermo. Esso si basa su una metodologia



espressa di seguito.

L'osservazione empirica dei campioni dei massimi annuali delle precipitazioni di breve durata ha portato a riconoscere l'esistenza di alcuni valori estremamente più elevati degli altri denominati "outliers".

Infatti la distribuzione di frequenza empirica dei valori della variabile idrologica, riportati in carta probabilistica da Gumbel, mostra un andamento a gomito che testimonia l'esistenza di due distinte distribuzioni: una relativa ai valori più contenuti della variabile e l'altra relativa ai valori più alti.

Una corretta interpretazione statistica di tali valori straordinari è quella di considerarli appartenenti ad una popolazione diversa, legata ad una differente fenomenologia meteorologica, che deve essere riprodotta dalla legge di distribuzione di probabilità.

Per tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici è stata proposta la seguente legge di probabilità, denominata TCEV (Two Component Extreme Value distribution) o legge di distribuzione a doppia componente.

L'equazione della curva di probabilità pluviometrica, secondo questo metodo, si ottiene attraverso la seguente espressione:

$$h_{d,T} = K_T \times \mu_d(d)$$

dove:

- $h_{d,T}$  è l'altezza di pioggia per un dato tempo  $d$  e un dato tempo di ritorno  $T$ ;
- $K_T$  è il fattore di distribuzione di frequenza della probabilità;



- $\mu_d(d)$  è fattore di relazione tra la media teorica ed il tempo di pioggia;

Il metodo probabilistico TCEV, essendo una legge a quattro parametri ed a causa della notevole variabilità della stima dei parametri stessi con la dimensione campionaria, necessita una indagine di tipo regionale.

Si possono individuare tre livelli gerarchici:

1. nel primo la Sicilia si può ritenere una zona pluviometrica omogenea. I valori stimati per le variabili  $\Lambda^*$  e  $\Theta^*$  son rispettivamente pari a 0.71 e 0.24.
2. nel secondo livello si individuano delle aree, dette sottozone pluviometriche omogenee; la Sicilia è stata suddivisa in 6 sottozone che sono sempre le stesse qualunque sia la durata in esame. Nella figura seguente si riportano le aree appartenenti alle zone individuate

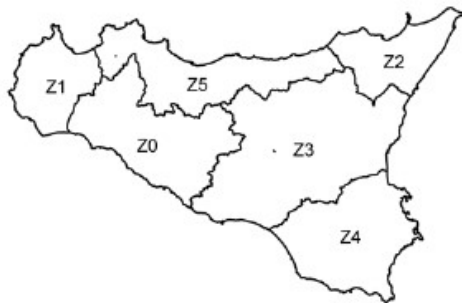


Fig. 3.1 Zonizzazione TCEV Sicilia al secondo livello di regionalizzazione (Lo conti et al 2007)

In questo livello di regionalizzazione il metodo individua il valore di  $K_T$  che viene calcolato con la



seguinte espressione:

$$K_T = a * \ln(T) + b$$

Dove:

a e b sono due fattori dipendenti dalla zonizzazione proposta

T è il tempo di ritorno considerato.

Nella tabella seguente si riportano i valori delle variabili a e b per le zone siciliane.

		Zone				
		Z0-Z5	Z1	Z2	Z3	Z4
a		0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
b		0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tabella 3.1 valori delle variabili a e b nel secondo livello di regionalizzazione del metodo TCEV

Per il territorio siciliano la media teorica  $\mu(d)$  coincide con la media campionaria  $m_c$  per cui nel terzo livello di regionalizzazione è stato individuato un criterio regionale per la stima di  $m_c$ .

Per ciascuna delle 172 stazioni pluviografiche siciliane, che vantano almeno 10 anni di funzionamento, la media  $m_c$  è esprimibile in funzione della durata  $t$  secondo la seguente legge omonima:

$$m_c = a t^n$$

Per ciascuna sezione pluviografica, i valori delle costanti a ed n della formula precedente sono tabellati. Nelle figure seguenti si riportano le carte delle iso-a e iso-n relative al territorio regionale siciliano.

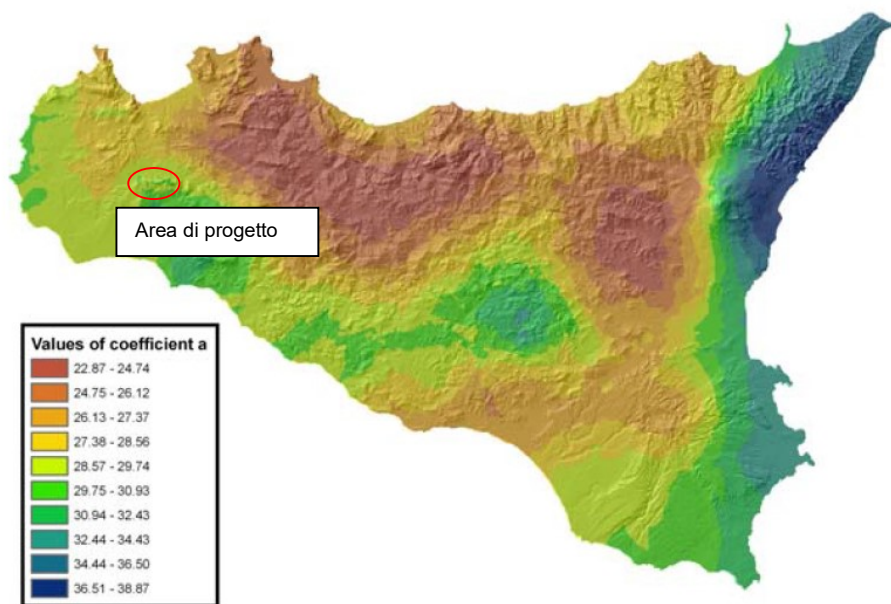


Fig. 3.2 Carta delle Iso-a per il territorio siciliano

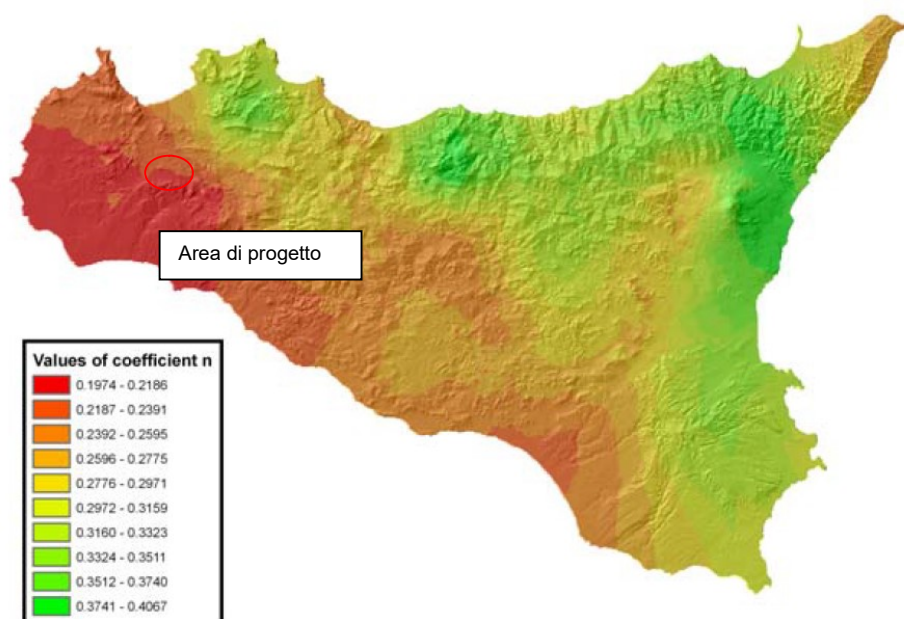


Fig. 3.3 Carta delle Iso-n per il territorio siciliano



Nel caso in esame sono stati utilizzati i dati relativi all'area interessata dal progetto, essi valgono:

$$a=29.155$$

$$n=0.2289$$

In definitiva il metodo consente di determinare le altezze di pioggia e le relative intensità senza ricorrere ad elaborazioni dei dati di pioggia ma basandosi su criteri di regionalizzazione già messi a punto per la Sicilia dall'Università di Palermo.

### 3.3 Individuazione dei bacini idrografici

Relativamente agli interventi in progetto, attraverso lo studio della cartografia di riferimento (Carta Tecnica Regionale - scala 1:10.000) e l'osservazione diretta dei luoghi, supportata da rilievi topografici sono stati individuati i bacini idrografici naturali e sono stati suddivisi così come riportato nella tabella seguente.



Identificativo interferenza	Comune	Foglio	Particella adiacente	Contrada	Denominazione impluvio	Opera interferente	Corso d'acqua proprietà del Demanio	Corso d'acqua proprietà del Demanio DPR 1503/1970	Corso d'acqua pubblica non individuato nelle mappe catastali	Numero d'ordine elenco acque	Localizzazione UTM zone 33N (EPSG: 25833)		Area Bacino (mq)
											X	Y	
I-01	Calatafimi - Segesta	118	114, 115, 112, 24	Finocchiaro	torrente Nadurra	Tombino su alveo naturale	SI	NO	NO		315.199,88	4.189.893,53	1.351.375
I-02	Calatafimi - Segesta	118	42,63	Finocchiaro	torrente Nadurra	Tombino su alveo naturale	SI	NO	NO		315.026,18	4.190.193,10	1.094.870
I-03	Calatafimi - Segesta	118	181, 246	Finocchiaro	torrente Nadurra	Tombino su alveo naturale	SI	NO	NO		314.698,43	4.190.458,85	917.002
I-04	Calatafimi - Segesta	118	177, 181	Finocchiaro	torrente Nadurra	Tombino su SB n.19	SI	NO	NO		314.686,00	4.190.501,49	892.207
I-05	Calatafimi - Segesta	118	180	Finocchiaro	affluente torrente Nadurra	Tombino su alveo naturale	NO	NO	SI		314.765,84	4.190.642,84	251.516
I-06	Calatafimi - Segesta	118	178	Finocchiaro	affluente torrente Nadurra	Tombino su alveo naturale	NO	NO	SI		314.866,58	4.190.679,25	194.622
I-07	Calatafimi - Segesta	118	40, 104, 198	Finocchiaro	affluente torrente Nadurra	Tombino su viabilità di progetto	NO	NO	SI		315.022,85	4.190.488,09	49.626
I-08	Calatafimi - Segesta	118	114, 115	Finocchiaro	affluente torrente Nadurra	Tombino su alveo naturale	NO	NO	SI		315.455,58	4.190.236,60	94.389
I-09	Calatafimi - Segesta	118	193, 194	Finocchiaro	affluente torrente Nadurra	Tombino su alveo naturale	NO	NO	SI		315.116,93	4.190.705,78	13.740
I-10	Calatafimi - Segesta	118	39	Finocchiaro	affluente torrente Nadurra	Tombino su SB n.19	NO	NO	SI		315.109,60	4.190.914,40	14.740
I-11	Calatafimi - Segesta	119	16, 53	Garozzo	Lagani	Tombino su alveo naturale	NO	SI	NO	1780	315.464,31	4.191.375,74	167.717
I-12	Calatafimi - Segesta	119	16, 129	Garozzo	Lagani	Tombino su alveo naturale	NO	SI	NO	1780	315.513,52	4.191.448,82	248.161
I-13	Calatafimi - Segesta	125	3	Pietrarenosa	affluente vallone Naduri	Tombino su strada provinciale n.16	NO	NO	SI		315.940,73	4.190.370,67	25.684
I-14	Calatafimi - Segesta	125	63	Pietrarenosa	affluente vallone Naduri	Tombino su strada provinciale n.16	NO	NO	SI		315.969,95	4.190.540,94	61.424
I-15	Calatafimi - Segesta	119	37	Pietrarenosa	vallone Naduri	Tombino su strada provinciale n.16	SI	NO	NO		316.074,00	4.190.779,04	76.799
I-16	Calatafimi - Segesta	126	72, 73	Pietrarenosa	affluente vallone Naduri	Tombino su alveo naturale	NO	NO	SI		316.873,64	4.190.296,05	141.900
I-17	Calatafimi - Segesta	126	72	Pietrarenosa	affluente vallone Naduri	Tombino su alveo naturale	NO	NO	SI		316.885,12	4.190.418,60	95.644
I-18	Calatafimi - Segesta	126	50, 71, 72	Pietrarenosa	affluente vallone Naduri	Tombino su strada comunale Santa Ninfa - Gibellina	NO	NO	SI		316.838,08	4.190.513,43	30.310
I-19	Calatafimi - Segesta	126	20	Pietrarenosa	affluente fiume Freddo	Tombino su alveo naturale	NO	NO	SI		317.395,56	4.190.373,00	67.047
I-20	Calatafimi - Segesta	121	116, 20, 87	Garozzo	affluente vallone Pietra rinososa - Gallitello	Tombino su strada provinciale n.16	NO	NO	SI		317.345,57	4.191.236,22	410.033
I-21	Calatafimi - Segesta	121	15, 203, 25, 108	Garozzo	Vallone Pietra rinososa - Gallitello	Tombino su strada provinciale n.16	NO	SI	NO	1780	317.633,66	4.191.537,67	8.506.992
I-22	Calatafimi - Segesta	121	1, 5, 8	Garozzo	affluente vallone Pietra rinososa - Gallitello	Tombino su strada provinciale n.16	NO	NO	SI		317.814,11	4.191.670,88	108.528
I-23	Calatafimi - Segesta	121 122	19, 143 45	5, Garozzo	Vallone Pietra rinososa - Gallitello	Tombino su strada provinciale n.12	NO	SI	NO	1780	318.120,09	4.191.315,98	10.030.556
I-24	Calatafimi - Segesta	122	110, 122, 125	Pisamante	affluente vallone Pietra rinososa - Gallitello	Tombino su strada provinciale n.16	NO	NO	SI		318.665,01	4.192.099,18	128.812
I-25	Calatafimi Monreale	114 156	346, 780, 611, 612 409, 481, 113	Latuchella	fiume Freddo	Tombino su SB n.18	SI	NO	NO		320.283,52	4.192.514,17	81.413.440
I-26	Monreale	156	417, 69, 415, 71, 49	Latuchella	affluente fiume Freddo	Tombino su SB n.18	NO	NO	SI		320.385,78	4.192.581,68	1.154.884
I-27	Monreale	155 156	536 34, 338	1, Volta di falce	torrente Carta fausa	Tombino su strada statale n.119	NO	SI	NO	1714	320.999,67	4.193.144,30	41.606.073
I-28	Monreale	155 156	536 338	Volta di falce	affluente vallone Cartafalsa	Tombino su strada statale n.119	NO	NO	SI		320.894,42	4.193.188,80	233.530
I-29	Monreale	156	651, 649, 536	Volta di falce	affluente vallone Cartafalsa	Tombino su strada provinciale n.46	NO	NO	SI		320.976,75	4.193.508,44	76.068

Tab. 3.2 Bacini scolanti e relative aree

### 3.4 Portata di colmo

La valutazione della portata al colmo è stata eseguita attraverso l'applicazione della formula





---

razionale di seguito riportata:

$$Q = \phi * i * S$$

In cui:

- $i$ : intensità di pioggia. E' calcolata secondo i criteri di calcolo della TCEV, riportati precedentemente. La durata della pioggia viene assunta pari al tempo di corrivazione ( $\tau_c$ ), infatti un evento di pioggia di tale durata e dato tempo di ritorno ( $T$ ) produce una piena che è la massima possibile per quel tempo di ritorno.
- $S$ : superficie del bacino drenante.
- $\phi$ : coefficiente di afflusso, che permette di valutare la portata netta che arriva alla sezione di chiusura.

Il coefficiente di afflusso è stato stimato con il metodo proposto dal Soil Conservation Service (USDA) nel 1972 (detto metodo SCS). Questo si basa sulla stima del parametro CN (Curve Number) che è un parametro sintetico che esprime l'attitudine di una porzione di territorio a produrre deflusso diretto (superficiale). Il CN varia da zero a cento. Più alto è il valore maggiore è il deflusso prodotto a parità di precipitazione.

Nello schema seguente si riporta il flusso logico che porta alla pioggia netta defluente a partire dalla precipitazione.

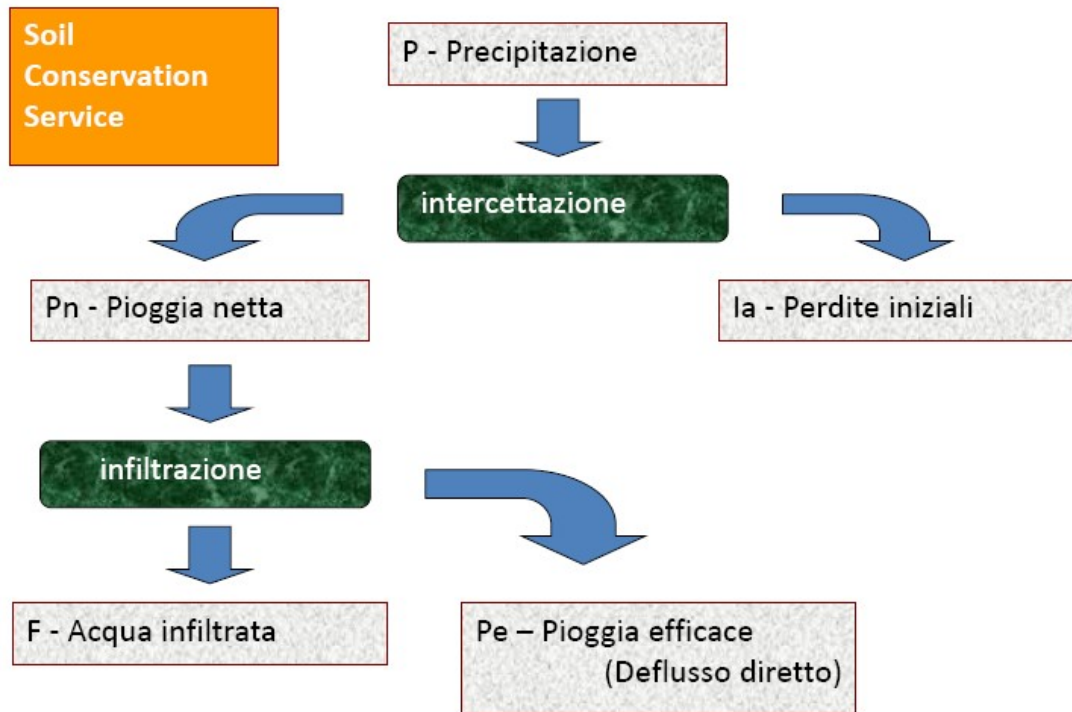


Figura 3.4 Determinazione pioggia netta da precipitazione

La pioggia efficace  $P_e$  è pari a :

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

Dove:

- $P$  è la precipitazione totale;
- $I_a$  sono le perdite iniziali poste pari a  $0,2S$ ;

- $S$  è pari a  $S = S_0 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$

Dove  $CN$  è pari a  $CN(III)$  calcolato come segue:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$



Il valore di CN(II) è stato ricavato dalle seguenti tabelle:

I gruppi idrologici						
A	Bassa capacità di deflusso – suoli con elevata infiltrabilità anche se completamente saturi – sabbie o ghiaie profonde ben drenate – notevole conducibilità idrica					
B	Suoli con moderata infiltrabilità se saturi – discretamente drenati e profondi – tessitura medio-grossolana – conducibilità idrica media					
C	Suoli con bassa infiltrabilità se saturi – uno strato impedisce la percolazione verticale – suoli con tessitura medio-fine e bassa infiltrabilità – conducibilità idrica bassa					
D	Capacità di deflusso elevata – suoli con infiltrabilità ridottissima in condizioni di saturazione – suoli ricchi di argilla rigonfianti – suoli con strato argilloso superficiale – suoli poco profondi su substrato impermeabile – conducibilità idrica estremamente bassa					
Tipo di copertura			Classe del suolo			
Uso del suolo	Trattamento o pratica	Condizione idrologica	A	B	C	D
Maggesi	a solchi diritti	–	77	86	91	94
Colture a solchi	a solchi diritti	cattiva	72	81	88	91
	a solchi diritti	buona	67	78	85	89
	a reggipoggio	cattiva	70	79	84	88
	a reggipoggio	buona	65	75	82	86
	a re. e terrazze	cattiva	66	74	80	82
	a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
Grani piccoli	a solchi diritti	cattiva	65	76	84	88
	a solchi diritti	buona	63	75	83	87
	a reggipoggio	cattiva	63	74	82	85
	a reggipoggio	buona	61	73	81	84
	a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
	a re. e terrazze	buona	59	70	78	81
Legumi seminati folti o prati in rotazione	a solchi diritti	cattiva	66	77	85	89
	a solchi diritti	buona	58	72	81	85
	a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
	a reggipoggio	buona	55	69	78	83
	a re. e terrazze	cattiva	63	73	80	83
	a re. e terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli		cattiva	68	79	86	89
		discreta	49	69	79	84
		buona	39	61	74	80
	a reggipoggio	cattiva	47	67	81	88
	a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
	a reggipoggio	buona	6	35	70	79
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	79
		buona	25	55	70	77
Aziende agricole		–	59	74	82	86
Strade sterrate		–	72	82	87	89
Str. pavimentate		–	74	84	90	92

Tabella 3.3 Valori dei coefficienti CN(II)



Per il calcolo del parametro CN si sono suddivisi i bacini in aree omogenee per colture o usi previsti.

### 3.5 Scelta dei tempi di ritorno

Il tempo di ritorno T associato ad un evento di piena rappresenta l'intervallo temporale entro cui l'evento stesso viene mediamente raggiunto o superato. Si possono prendere in considerazione i seguenti valori:

T = 10 anni            (eventi ricorrenti – con alta frequenza)

T = 50 anni            (eventi ricorrenti – con bassa frequenza)

T = 100 anni            (eventi straordinari)

T = 300 anni            (eventi eccezionalmente straordinari)

Si evidenzia che le verifiche idrauliche saranno svolte con riferimento a T = 5 anni per la valutazione di eventuali insufficienze idrauliche delle opere interessate dal progetto e la loro determinazione dell'ampiezza d'alveo in caso di sponde incerte.

Il progetto dei nuovi tombini e cunette è stato eseguito per valori di tempo di ritorno di 200 anni.

Sono state eseguite le verifiche per tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni dei nuovi tombini.



### 3.6 Tempo di corrivazione

Per la valutazione del tempo di corrivazione è stata utilizzata la formula di Kirpich:

$$\tau_c = 0,01947 * (L^{0,77}/p^{0,385})$$

In cui

- L è la distanza tra il punto idraulicamente più svantaggiato e la sezione di chiusura.
- p è la pendenza del tratto di lunghezza L (come anticipato si sceglie la pendenza maggiore in ciascun tratto).

Infine nel calcolo della portata di progetto Qp si è considerata una porzione di aumento dovuta al trasporto solido delle acque pari al 10 % dei valori precedentemente calcolati.

Di seguito si riportano i valori dei parametri descritti precedentemente, relativamente a ciascun bacino per il calcolo della portata di progetto.



Tabella di calcolo portata di progetto																												
Identificativo	calcolo tempo di corruzione				calcolo intensità di pioggia										calcolo pioggia efficace								calcolo portata di progetto					
	L	Disl	p	rc	t	T	a	b	K <sub>T</sub>	a	n	m <sub>c</sub>	h <sub>T,T</sub>	i	P	Area bassa permeabilità		Area alta permeabilità		CN (II)	CN (III)	S	la	P <sub>e</sub>	S <sub>bac</sub>	Q	T.S.	Q <sub>b</sub>
Interferenza	[m]	[m]	[-]	[minuti]	[h]	[anni]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm]	[%]	CN	[%]	CN			[mm]	[mm]	[mm]	[kmq]	[m³/s]	%	[m³/s]
I-01	2.133,34	128	0,060	21,04	0,35	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	22,15	27,57	78,62	27,57	83%	85,00	17%	50,00	79,05	89,77	28,95	5,79	9,35	1,35138	10,009	10	11,01
I-02	1.750,00	123	0,070	17,00	0,28	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	21,09	26,25	92,68	26,25	75%	85,00	25%	50,00	76,25	88,19	34,02	6,80	7,07	1,09487	7,595	10	8,36
I-03	1.347,88	107	0,079	13,26	0,22	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	19,93	24,80	112,21	24,80	78%	85,00	22%	50,00	77,30	88,79	32,07	6,41	6,70	0,91700	7,722	10	8,49
I-04	1.283,93	107	0,083	12,54	0,21	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	19,68	24,49	117,17	24,49	76%	85,00	24%	50,00	76,60	88,39	33,36	6,67	6,20	0,89221	7,353	11	8,16
I-05	793,61	87	0,110	7,78	0,13	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	17,64	21,95	169,32	21,95	78%	85,00	22%	50,00	77,30	88,79	32,07	6,41	5,07	0,25152	2,732	12	3,06
I-06	674,49	81	0,121	6,63	0,11	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	17,00	21,16	191,62	21,16	76%	85,00	24%	50,00	76,60	88,39	33,36	6,67	4,39	0,19462	2,147	13	2,43
I-07	457,74	75	0,163	4,38	0,07	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	15,46	19,24	263,82	19,24	75%	85,00	25%	50,00	76,25	88,19	34,02	6,80	3,33	0,04963	0,630	14	0,72
I-08	460,61	75	0,162	4,41	0,07	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	15,49	19,27	262,46	19,27	80%	85,00	20%	50,00	78,00	89,18	30,81	6,16	3,92	0,09439	1,398	15	1,61
I-09	242,31	53	0,217	2,40	0,04	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	13,48	16,77	419,14	16,77	75%	85,00	25%	50,00	76,25	88,19	34,02	6,80	2,26	0,01374	0,215	16	0,25
I-10	201,48	33	0,162	2,33	0,04	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	13,39	16,66	428,74	16,66	71%	85,00	29%	50,00	74,85	87,38	36,70	7,34	1,89	0,01474	0,199	17	0,23
I-11	467,52	58	0,124	4,94	0,08	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	15,90	19,79	240,16	19,79	60%	85,00	40%	50,00	71,00	85,06	44,61	8,92	2,13	0,16772	1,203	18	1,42
I-12	554,55	63	0,114	5,83	0,10	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	16,51	20,55	211,41	20,55	75%	85,00	25%	55,00	77,50	88,90	31,71	6,34	4,40	0,24816	3,118	19	3,71
I-13	301,50	42	0,139	3,37	0,06	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	14,57	18,13	322,52	18,13	65%	85,00	35%	50,00	72,75	86,13	40,91	8,18	1,95	0,02568	0,247	20	0,30
I-14	386,16	76	0,196	3,58	0,06	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	14,76	18,37	308,29	18,37	65%	85,00	35%	50,00	72,75	86,13	40,91	8,18	2,03	0,06142	0,582	21	0,70
I-15	528,03	83	0,157	4,96	0,08	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	15,91	19,80	239,51	19,80	63%	85,00	37%	50,00	72,05	85,70	42,37	8,47	2,39	0,07680	0,617	22	0,75
I-16	513,39	49	0,095	5,89	0,10	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	16,55	20,60	209,91	20,60	65%	85,00	35%	50,00	72,75	86,13	40,91	8,18	2,89	0,14190	1,161	23	1,43
I-17	391,38	44	0,112	4,49	0,07	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	15,55	19,35	258,85	19,35	60%	85,00	40%	50,00	71,00	85,06	44,61	8,92	1,98	0,09564	0,702	24	0,87
I-18	280,15	38	0,135	3,23	0,05	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	14,42	17,95	333,72	17,95	80%	85,00	20%	50,00	78,00	89,18	30,81	6,16	3,26	0,03031	0,511	25	0,64
I-19	341,51	43	0,126	3,86	0,06	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	15,02	18,69	290,87	18,69	81%	85,00	19%	50,00	78,35	89,38	30,18	6,04	3,74	0,06705	1,084	26	1,37
I-20	1.010,19	61	0,061	11,79	0,20	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	19,40	24,14	122,86	24,14	82%	85,00	18%	50,00	78,70	89,58	29,56	5,91	6,96	0,41003	4,031	27	5,12
I-21	6.956,06	295	0,042	59,74	1,00	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	28,13	35,00	35,16	35,00	85%	85,00	15%	50,00	79,75	90,16	27,73	5,55	15,17	8,50699	36,013	28	46,10
I-22	785,17	14	0,018	15,55	0,26	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	20,67	25,72	99,24	25,72	78%	85,00	22%	50,00	77,30	88,79	32,07	6,41	7,26	0,10853	0,844	29	1,09
I-23	7.609,37	305	0,040	65,42	1,09	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	28,72	35,74	32,78	35,74	80%	85,00	20%	55,00	79,00	89,74	29,03	5,81	15,20	10,03056	38,831	30	50,48
I-24	581,97	25	0,043	8,79	0,15	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	18,14	22,57	154,10	22,57	85%	85,00	15%	55,00	80,50	90,57	26,46	5,29	6,83	0,12881	1,668	31	2,19
I-25	19.560,21	353	0,018	184,04	3,07	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	36,39	45,29	14,76	45,29	85%	85,00	15%	55,00	80,50	90,57	26,46	5,29	24,07	81,41344	177,482	32	234,28
I-26	2.306,03	133	0,058	22,71	0,38	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	22,54	28,05	74,12	28,05	85%	85,00	15%	55,00	80,50	90,57	26,46	5,29	10,53	1,15488	8,922	33	11,87
I-27	11.437,45	485	0,042	87,62	1,46	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	30,70	38,21	26,17	38,21	85%	85,00	15%	55,00	80,50	90,57	26,46	5,29	18,25	41,60607	144,448	34	193,56
I-28	755,05	51	0,067	9,07	0,15	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	18,27	22,74	150,40	22,74	86%	85,00	14%	55,00	80,80	90,73	25,95	5,19	7,08	0,23353	3,037	35	4,10
I-29	417,73	41	0,097	4,98	0,08	5	0,4695	0,4889	1,24	28,16	0,2289	15,93	19,83	238,65	19,83	78%	85,00	22%	55,00	78,40	89,41	30,09	6,02	4,34	0,07607	1,105	36	1,50

Tabella 3.4 Dati di calcolo verifiche idrauliche

### 3.7 Dimensionamento canali a pelo libero

Il dimensionamento e la verifica dei canali e delle sezioni dei tombini è stato effettuato in condizioni di moto uniforme tramite la seguente formula:

$$Q = \chi \Omega \sqrt{R i_f} \quad (1)$$

essendo:

$\Omega$  : sezione in metri quadrati ;

R : raggio idraulico in metri ;

$i_f$ : pendenza del ramo;



---

$\chi$  : coefficiente di scabrezza, che nella versione di Gauckler-Strickler vale:

$$\chi = K_s R^{1/6} \quad (2)$$

essendo:

- $K_s$ : coefficiente dimensionale di scabrezza;
- R : raggio idraulico in metri;

Combinando la (1) e la (2), si ottiene la ben nota formula di Gauckler-Strickler :

$$Q = K_s R^{2/3} i_f^{1/2} \Omega \quad (3)$$

Con la formula (3) si è costruita la scala delle portate per le sezioni in progetto. Si è scelta per ogni punto di progetto la sezione che permettesse il deflusso della portata di colmo con franco libero di almeno 5 cm o nelle sezioni circolari un grado di riempimento inferiore al 90%.

Nei capitoli seguenti si riportano le tabelle di calcolo dei dimensionamenti e delle verifiche effettuate.



---

4

VERIFICA INTERFERENZE IDRAULICHE

4.1 Risoluzione interferenze

Il progetto prevede per ogni interferenza individuata la modalità di risoluzione della stessa.

I passaggi dei cavi MT di progetto avverranno in subalveo con tecniche no-dig, garantendo una distanza minima tra il letto dell'impluvio e l'estradosso del cavo di 2.00 m, oppure sulle spalle dei ponti esistenti non interferendo con la sezione idraulica di scolo. Quando la sezione del ponte lo consente il cavo sarà passato sulla carreggiata stradale avendo cura di mantenersi a profondità superiore a 1 m dal piano viabile.

Sono state eseguite le verifiche idrauliche per la valutazione di eventuali insufficienze idrauliche delle opere interessate dal progetto e la loro determinazione dell'ampiezza d'alveo in caso di sponde incerte.

Le opere esistenti non presentano particolari criticità idrauliche per le verifiche effettuate.





### 5.1 Cunette di scarico acque piovane

L'acqua pluviale scolante sulle strade e piazzole in progetto sarà raccolta e convogliata allo scarico tramite cunette in terra poste strategicamente all'interno delle aree servite.

Inoltre saranno realizzati dei fossi di guardia a monte delle opere che raccolgono l'eventuale acqua scolante di monte prima che queste possano intercettare le opere in progetto.

In generale le acque raccolte saranno avviate all'impluvio naturale più vicino senza quindi alterare il percorso di scolo.

Il calcolo è stato condotto in modo tale da individuare il massimo bacino servito da ognuna delle tipologie di cunette in progetto. La scelta delle cunette in planimetria è stata effettuata sulla base dei bacini massimi servibili da ogni cunetta.

Le cunette in progetto avranno dimensione variabile in funzione del bacino scolante servito, le sezioni saranno a forma trapezia con fondo largo da 40 a 60 cm, altezza da 50 a 70 cm e pendenza delle scarpate 1:2.5.

Nei calcoli seguenti sono calcolate le portate delle sezioni in progetto e il relativo grado di riempimento per le sezioni tipo C1, con fondo di larghezza di 40 cm ed altezza di 50 cm, e tipo C3 con fondo di larghezza di 60 cm e altezza di 70 cm. La sezione C2 avrà le dimensioni del fondo di 40 cm ed altezza di 50 cm però sarà parzialmente riempita in pietrame per diminuire l'effetto di escavazione in presenza di pendenza elevata.

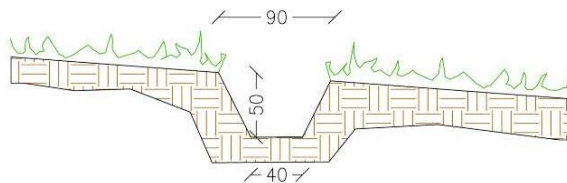


Figura 5.1 cunetta tipo C1

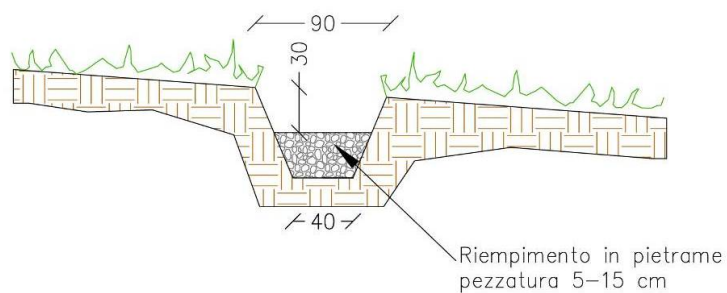


Figura 5.2 cunetta tipo C2

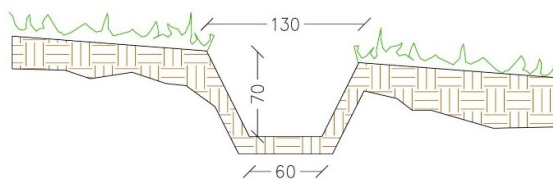


Figura 5.3 cunetta tipo C3

I calcoli sono stati eseguiti per una pendenza del 2 % del 5% e del 10% per le cunette C1 e C3.

Per la cunetta C2 si è considerata una pendenza del 20 %.

Si riporta di seguito la tabella di dimensionamento idraulico.



Calcolo portate cunette in progetto																			
Tipologia cunetta	Area Bacino Ha	Tipo sezione	Materiale	Base-De m	Altezza - Di m	Scarpa H/I	Scabrezza $m^{1/3}\cdot s^{-1}$	Pendenza fondo	H m	Lt m	A mq	P' m	P m	R m	K	V m/s	Qmax mc/s	Qp $[m^3/s]$	verifica
Cunetta C1	3,00	Trapezia	terreno	0,40	0,50	2,00	50	2,0%	0,50	0,90	0,325	1,12	1,52	0,21	38,67	2,53	0,82	0,84	Verifica
Cunetta C1	4,00	Trapezia	terreno	0,40	0,50	2,00	50	5,0%	0,50	0,90	0,325	1,12	1,52	0,21	38,67	4,00	1,30	1,29	Verifica
Cunetta C1	7,00	Trapezia	terreno	0,40	0,50	2,00	50	10,0%	0,50	0,90	0,325	1,12	1,52	0,21	38,67	5,66	1,84	1,74	Verifica
Cunetta C2	2,50	Trapezia	terreno	0,60	0,30	2,00	35	20,0%	0,30	0,90	0,225	1,12	1,27	0,18	26,23	4,94	1,11	1,05	Verifica
Cunetta C3	7,50	Trapezia	terreno	0,60	0,70	2,00	50	2,0%	0,70	1,30	0,665	1,12	2,17	0,31	41,07	3,22	2,14	2,14	Verifica
Cunetta C3	14,00	Trapezia	terreno	0,60	0,70	2,00	50	5,0%	0,70	1,30	0,665	1,12	2,17	0,31	41,07	5,09	3,38	3,35	Verifica
Cunetta C3	40,00	Trapezia	terreno	0,60	0,70	2,00	50	10,0%	0,70	1,30	0,665	1,12	2,17	0,31	41,07	7,20	4,79	4,58	Verifica

Tabella 5.1 Calcolo di progetto cunette



## 5.2 Tombini attraversamento idraulico acque piovane

Nella realizzazione di strade interne al parco si è prevista in progetto la posa di tubazioni idonee per dare continuità allo scolo delle acque.

Le tubazioni per l'attraversamento intubato delle opere delle acque pluviali sono progettate in base alla massima portata scolante per ogni relativo bacino. Il progetto è stato condotto per tempo di ritorno di 200 anni.

Le tubazioni utilizzate saranno del tipo a sezione circolare in PEAD Corrugato e avranno una pendenza minima del 2.00 %. Il calcolo è stato condotto per tubazioni di diametro (Dn) di 630 mm (Tipo T-01), DN 800 mm (T-02) e DN 1000 mm (T-03).

I suddetti tombini saranno impiegati per i seguenti bacini serviti:

- Tipo T-01 bacini fino a 7.000 mq;
- Tipo T-02 bacini fino a 15.000 mq;
- Tipo T-02 bacini fino a 40.000 mq;

Le verifiche sono riportate nella tabella seguente.

Tabella di calcolo portata di progetto																												
Identificativo	calcolo tempo di corrivazione				calcolo intensità di pioggia										calcolo pioggia efficace										calcolo portata di progetto			
	L	Disl	p	tc	t	T	a	b	K <sub>r</sub>	a	n	m <sub>c</sub>	N <sub>r,t</sub>	i	P	Area bassa permeabilità		Area alta permeabilità		CN (II)	CN(III)	S	la	P <sub>e</sub>	S <sub>bac</sub>	Q	T.S.	Q <sub>p</sub>
Interferenza	[m]	[m]	[°]	[minuti]	[h]	[anni]		[mm]	[°]	[°]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm]	[%]	CN	[%]	CN			[mm]	[mm]	[mm]	[kmq]	[m <sup>3</sup> /s]	%	[m <sup>3</sup> /s]	
T-01	100,00	10	0,100	1,64	0,03	200	0,4695	0,4889	2,98	28,16	0,2289	12,35	36,75	1346,14	36,75	50%	81,00	50%	50,00	65,50	81,53	57,53	11,51	7,70	0,00700	0,548	11	0,61
T-02	200,00	20	0,100	2,79	0,05	200	0,4695	0,4889	2,98	29,16	0,2289	14,45	43,01	923,66	43,01	50%	82,00	50%	50,00	66,00	81,87	56,26	11,25	11,45	0,01500	1,025	12	1,15
T-03	500,00	40	0,080	6,16	0,10	200	0,4695	0,4889	2,98	30,16	0,2289	17,91	53,31	518,93	53,31	50%	83,00	50%	50,00	66,50	82,20	55,02	11,00	18,39	0,04000	1,989	13	2,25

Verifica idraulica delle sezioni dei tombini																				
Identificativo	Opera interferente	Tipo sezione	Materiale	Base-De	Altezza - Di	Scarpa	Scabrezza	Pendenza	H	Lt	A	P'	P	R	K	V	Qmax	Q <sub>p</sub>	Riempimento	verifica
interferenza				m	m	H/l	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>		m	m	mq		m	m		m/s	mc/s	[m <sup>3</sup> /s]		
T-01	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	0,63	0,54		80	2,0%	0,51	1,44	0,221		0,15	3,24	0,71	0,61	0,85	0,85	Verifica	
T-02	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	0,80	0,68		80	2,0%	0,64	1,82	0,354		0,19	3,79	1,34	1,15	0,85	0,85	Verifica	
T-03	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	1,00	0,85		80	2,0%	0,81	2,29	0,558		0,24	4,41	2,46	2,25	0,91	0,91	Verifica	

Tabella 5.2 Calcolo di progetto tombini



Al fine della determinazione degli effetti della realizzazione dell'opera sul deflusso delle acque piovane sui luoghi si è provveduto al calcolo delle sezioni investigate per i tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni.

Nelle tabelle seguenti si evidenzia che i gradi di riempimenti nelle varie condizioni di verifica sono sempre tali da garantire un deflusso a pelo libero senza nessun pericolo di esondazione nelle aree limitrofe.

Verifica idraulica delle sezioni dei tombini																				
Identificativo	Opera interferente	Tipo sezione	Materiale	Base-De	Altezza - Di	Scarpa	Scabrezza	Pendenza	H	Lt	A	P'	P	R	K	V	Qmax	Q <sub>z</sub>	Riempimento	verifica
interferenza				m	m	H/l	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>		m	m	mq		m	m		m/s	mc/s	[m <sup>3</sup> /s]		
T-01	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	0,63	0,54		80	2,0%	0,51	1,44	0,221			0,15		3,24	0,71	0,30	0,42	Verifica
T-02	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	0,80	0,68		80	2,0%	0,64	1,82	0,354			0,19		3,79	1,34	0,64	0,48	Verifica
T-03	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	1,00	0,85		80	2,0%	0,81	2,29	0,558			0,24		4,41	2,46	1,37	0,56	Verifica

Tabella 5.3 calcoli idraulici per tombino con tempo di ritorno di 50 anni

Verifica idraulica delle sezioni dei tombini																				
Identificativo	Opera interferente	Tipo sezione	Materiale	Base-De	Altezza - Di	Scarpa	Scabrezza	Pendenza	H	Lt	A	P'	P	R	K	V	Qmax	Q <sub>z</sub>	Riempimento	verifica
interferenza				m	m	H/l	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>		m	m	mq		m	m		m/s	mc/s	[m <sup>3</sup> /s]		
T-01	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	0,63	0,54		80	2,0%	0,51	1,44	0,221			0,15		3,24	0,71	0,44	0,61	Verifica
T-02	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	0,80	0,68		80	2,0%	0,64	1,82	0,354			0,19		3,79	1,34	0,88	0,65	Verifica
T-03	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	1,00	0,85		80	2,0%	0,81	2,29	0,558			0,24		4,41	2,46	1,80	0,73	Verifica

Tabella 5.4 calcoli idraulici per tombino con tempo di ritorno di 100 anni

Verifica idraulica delle sezioni dei tombini																				
Identificativo	Opera interferente	Tipo sezione	Materiale	Base-De	Altezza - Di	Scarpa	Scabrezza	Pendenza	H	Lt	A	P'	P	R	K	V	Qmax	Q <sub>z</sub>	Riempimento	verifica
interferenza				m	m	H/l	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>		m	m	mq		m	m		m/s	mc/s	[m <sup>3</sup> /s]		
T-01	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	0,63	0,54		80	2,0%	0,51	1,44	0,221			0,15		3,24	0,71	0,66	0,92	Verifica
T-02	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	0,80	0,68		80	2,0%	0,64	1,82	0,354			0,19		3,79	1,34	1,23	0,91	Verifica
T-03	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	1,00	0,85		80	2,0%	0,81	2,29	0,558			0,24		4,41	2,46	2,39	0,97	Verifica

Tabella 5.5 calcoli idraulici per tombino con tempo di ritorno di 300 anni

Al fine di evitare pericoli di erosione in entrata e in uscita dai tombini, ma anche in tutti i casi in cui l'immissione d'acqua nel corpo idrico esistente crei il rischio di scalzamenti e modifiche morfologiche localizzate, si prevede di inserire dei gabbioni in pietrami (materassi tipo RENO o simili) che seguano la geometria esistente ma che aumentino la resistenza allo scalzamento. La lunghezza dei tratti interessati sarà variabile in funzione del tipo di interazione che si potrà





## 6 INVARIANZA IDRAULICA DELLE OPERE

Il progetto è stato sviluppato con particolare attenzione tendente ad ottenere un risultato di sostanziale invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere progettate.

Saranno realizzate delle strade di accesso alle Power station necessarie alla gestione manutenzione degli impianti. Tali strade seguiranno, il più possibile, il tracciato delle strade esistenti, inoltre seguono le pendenze naturali dei luoghi e saranno realizzate con materiali di cava (misto granulometrico e Tout-venant) che hanno permeabilità sempre maggiore dei suoli in situ. Le acque scolanti sulle aree di impianto continueranno a seguire i percorsi di deflusso naturali.

Nelle aree adiacenti le strade in progetto sono previste le cunette che avvieranno le acque raccolte dalla pavimentazione stradale e quelle provenienti dai terreni circostanti, che naturalmente vi scolano, all'impluvio naturale più vicino. Tutte le cunette previste avranno pendenza di fondo parallela alla pendenza del terreno preesistente in modo tale da avviare le acque allo scarico nello stesso impluvio ove scorrono nelle condizioni attuali. Le cunette saranno realizzate con fondo e sponde in terra per non alterare le condizioni di deflusso naturale. Non sono previste opere che modificheranno i bacini naturali di scolo delle acque.

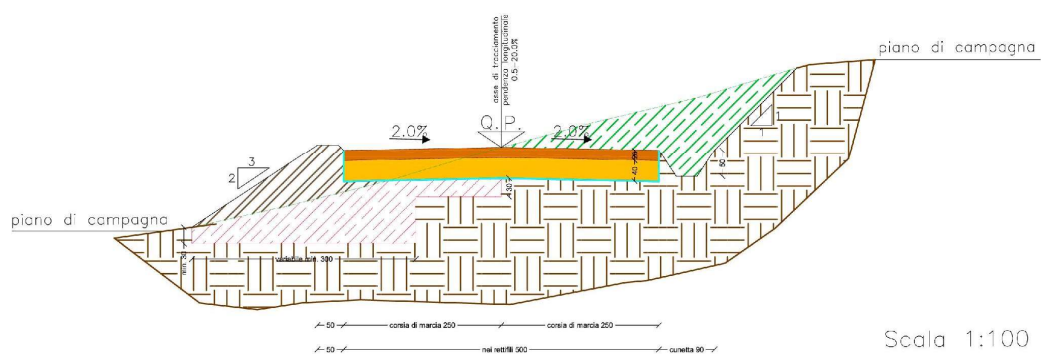
Al fine di garantire una durata delle caratteristiche di permeabilità delle strade il progetto prevede la posa di uno strato di geotessuto drenante di separazione tra i materiali della pavimentazione stradale e il materiale presente in situ di sottofondo. Tale geotessuto riveste la funzione di separare gli strati nuovi da quelli esistenti in siti in modo tale da evitare l'intasamento



dei vuoti, e di creare un ulteriore strato drenante che faciliti l'infiltrazione nel terreno dell'acqua raccolta dagli strati sovrastanti.

La figura di seguito riporta le gli strati di progetto per le strade di progetto.

### SEZIONE TIPO STRADALE A MEZZA COSTA












-  **Terreno naturale**
-  **Sottofondo con materiale da cava**
-  **Sterro**
-  **Rilevato con materiale proveniente dagli scavi**
-  **Gabbionate**
-  **Misto granulometrico**
-  **Strato di fondazione stradale Tout-venant**
-  **Pavimentazione stradale esistente**
-  **Geotessile tessuto**

Fig. 6.1 Particolare tipo sezione stradale





Per garantire l'invarianza idraulica del progetto, tutte le acque provenienti dalle aree pannellate saranno avviate alle vasche di laminazione che avranno il compito di immagazzinare temporaneamente tali acque e rilasciarle nei corpi recettori con portate massime prestabilite.

Si è calcolato il volume di laminazione con l'ipotesi semplificata di cui al par. A.4 degli indirizzi applicativi prot. 6834 del 11/10/2019.

La formula utilizzata è:

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

Dove:

- $V_{\max}$  il volume di invaso necessario per non superare la portata limite allo scarico (in  $m^3$ ),
- $S$  superficie (in  $m^2$ ) scolante a monte della vasca/invaso di laminazione,
- $\phi$  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  $m^3/s$ ) corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall'intervento.

Il calcolo è stato eseguito per ogni lotto.

Nelle tavole di planimetrie di dettaglio allegate al presente progetto sono individuate tutte le vasche di laminazione previste.





## 6.1 Invarianza idraulica impianti per la connessione

Per quanto riguarda gli impianti per la connessione si evidenzia che l'area impermeabilizzata sarà una porzione esigua dell'area totale occupata dall'impianto che quindi avrà un'incidenza minima sulle portate di deflusso dei corsi d'acqua posti a valle.

L'area della stazione produttore sarà in parte pavimentata con asfalto.

Si sono effettuate le verifiche allo stato attuale ed in condizioni di progetto delle opere per la connessione.

Si è valutata, con uno studio idrologico e idraulico, la portata scaricata dalle aree che saranno occupate dalla stazione produttore. Per lo studio dell'area della stazione di consegna Terna si rimanda all'apposito progetto redatto nell'ambito del tavolo tecnico instaurato.

Tali portate sono state calcolate per i seguenti tempi di ritorno:

- 30 anni
- 50 anni
- 100 anni
- 300 anni

Sono stati applicati i coefficienti CN secondo la tipologia di terreno presente tenendo conto che l'attuale è un terreno a bassa permeabilità, come si evince dallo studio geologico. Inoltre nello stato di progetto i coefficienti tengono conto che nelle stazioni saranno presenti aree asfaltate (impermeabili), e aree delle apparecchiature con pavimentazione in materiali granulari (brecce o



pietrisco) altamente permeabili.

Dall'analisi dei risultati riportati nella tabella seguente si evidenzia che per l'area della stazione produttore massima in condizioni di progetto superano le portate massime nelle condizioni attuali.

Per ottemperare alla condizione dell'invarianza idraulica richiesta si è quindi deciso di prevedere alla realizzazione di due vasche di laminazione.

Per la scelta dei volumi delle vasche di laminazione si è fatto riferimento alla condizione A.1 del paragrafo A "criteri da seguire per la valutazione dell'invarianza idraulica di un progetto" allegati al DDG n. 102 del 23/06/2021, cioè imponendo un volume minimo di 500 mc per ettaro di superficie impermeabile servita.

L'area della stazione produttori impermeabilizzata è pari a 405 mq..

- La vasca di laminazione prevista è pari a 20,25 mc.

## 6.2 Caratteristiche vasche di laminazione

Le vasche di laminazione all'interno del parco saranno realizzate mediante vasche in terra scavate nel terreno. Per l'area della stazione produttore sarà utilizzata una vasca prefabbricata in cls interrata. In fase esecutiva saranno stabiliti i particolari delle caratteristiche delle vasche di laminazione in progetto, saranno comunque rispettate le seguenti indicazioni.

Il tempo di svuotamento sarà compatibile con la capacità di trasporto del corpo idrico ricettore e, possibilmente, non sarà superiore alle 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso



quanto prima possibile.

Si prevederà un manufatto idraulico ispezionabile per la regolazione e restituzione della portata di acque meteoriche ammessa al recapito. Tale manufatto dovrà consentire di verificare lo scarico e permettere la misura delle portate scaricate e delle tubazioni di collegamento con il ricettore.

Lo scarico potrà avvenire a gravità o tramite pompe di sollevamento.

Per gli scarichi a gravità, il diametro del tubo di collegamento tra la vasca di laminazione e il pozzetto di ispezione sarà calcolato verificando che in condizioni di invaso massimo la portata scaricata non sia maggiore della portata massima ammissibile, ossia nel rispetto dell'invarianza idraulica. Poiché tale diametro può risultare ridotto, il pericolo di occlusione sarà tenuto presente prevedendo anche un troppo pieno di emergenza e prevedendo le opportune azioni e frequenze delle manutenzioni.

Gli scarichi a gravità saranno equipaggiati con dispositivi atti ad impedire che gli eventuali stati di piena o sovraccarico del ricettore possano determinare rigurgiti nella rete di drenaggio e nelle strutture di infiltrazione e laminazione.

La progettazione dei manufatti di scarico garantirà: 1) che lo scarico non produca erosioni nel ricettore finale (corpo idrico o suolo); 2) la stabilità delle sponde del corpo idrico ricettore; 3) il rispetto dei limiti di qualità delle acque del ricettore.

## 7 INTERVENTI SUGLI IMPLUVI NATURALI ESISTENTI INTERESSATI DAL PROGETTO

Al fine di uniformarsi alle indicazioni riportate nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni della



Regione Siciliana si procederà alla manutenzione dei corsi d'acqua interferenti con le opere in progetto.

In particolare si procederà in fase di realizzazione ed in fase di gestione dell'impianto ai seguenti interventi:

- nei punti di efflusso delle portate dai manufatti di progetto sulla rete idrografica esistente saranno installati appositi materassi in pietrame (tipo Reno) per eliminare l'effetto di erosione dovuto all'efflusso.

- rimozione dei rifiuti solidi e taglio di alberature in alveo, intesi come eliminazione dalle sponde e dagli alvei dei corsi d'acqua dei materiali di rifiuto provenienti dalle varie attività umane e collocazione a discarica autorizzata; rimozione dalle sponde e dagli alvei attivi delle alberature che sono causa di ostacolo al regolare deflusso delle piene ricorrenti, con periodo di ritorno orientativamente cinquantennale, sulla base di misurazioni e/o valutazioni di carattere idraulico e idrologico, tenuto conto dell'influenza delle alberature sul regolare deflusso delle acque, nonché delle alberature pregiudizievoli per la difesa e conservazione delle sponde, salvaguardando, ove possibile, la conservazione dei consorzi vegetali che colonizzano in modo permanente gli habitat riparii e le zone di deposito alluvionale adiacenti;

- rinaturazione delle sponde, intesa come protezione al piede delle sponde dissestate od in frana con strutture flessibili spontaneamente rinaturabili; restauro dell'ecosistema ripariale, compresa l'eventuale piantumazione di essenze autoctone.

- ripristino della sezione di deflusso inteso come eliminazione, nelle tratte critiche per il deflusso delle portate idriche, dei materiali litoidi, trasportati e accumulati in punti isolati



dell'alveo, pregiudizievoli al regolare deflusso delle acque. La sistemazione degli stessi di norma deve avvenire nell'ambito dello stesso alveo. Solo in casi eccezionali o di manifesto sovralluvionamento può essere prevista l'asportazione dell'alveo del materiale estratto, nel rispetto delle vigenti normative;

- sistemazione e protezione spondale;
- interventi di riduzione dei detrattori ambientali, intesi come rinaturazione delle protezioni spondali con tecnologie di ingegneria ambientale, allo scopo di favorire il riformarsi della stratificazione vegetazionale;
- ripristino della funzionalità di tratti tombati, tombini stradali, ponticelli ecc., inteso come ripristino del regolare deflusso sotto le luci dei ponti, con rimozione del materiale di sedime e vano accumulato nei sottopassi stradali, nei tombini, nei sifoni, sulle pile od in altre opere d'arte;

## 7 CONCLUSIONI

Si è provveduto con il presente studio alla individuazione di tutte le possibili interferenze tra le opere in progetto e la rete idrografica esistente sui luoghi. Sono stati effettuati puntuali rilievi degli impluvi esistenti e si è condotto il calcolo di stima delle portate massime defluenti per tempi di ritorno di 5 anni per la determinazione della larghezza d'alveo. Il progetto prevede la modalità di risoluzione di tutte le interferenze individuate

Si è proceduto alla verifica idraulica degli impluvi in corrispondenza di tutti i punti di interferenza individuati.



---

Sono stati progettati i tombini e le cunette previsti in progetto con adeguati franchi di sicurezza.

Vista la sostanziale assenza di modifiche geomorfologiche dei siti, la mancanza di modifica delle aree dei bacini scolanti, l'inalterata permeabilità si può concludere che il progetto garantisce un risultato di invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere. Si è previsto la realizzazione di vasche di laminazione per garantire l'effetto di invarianza idraulica.

In merito agli elementi analizzati, come già precedentemente esposto, non si ravvede la possibilità del manifestarsi di condizioni di pericolosità idraulica, indotte dalle opere in progetto, con effetti diretti sia sui manufatti e sulle aree interessate dalle opere sia sui corpi recettori posti a valle del progetto.