

Regione
Sicilia



Comune di
Sambuca di Sicilia



Comune di
Contessa Entellina



Comune di
Santa Margherita di Belice



Committente:



Eni Plenitude Technical Services S.r.l.

Via Dismano, 1280

47522 Cesena (FC) - Italy

Tel. centralino + 39 0547 317199

eniplenitude.com

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "SAMBUCA"

Elaborato:

Relazione Idrologica ed Idraulica

PROGETTO	DISCIPLINA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	SCALA
W-SAM	P	ID	RE	01	-

NOME FILE:

W-SAM-P-ID-RE-01_Relazione Idrologica ed Idraulica

Progettazione:



Ing. Saverio Pagliuso

Ing. Mario Francesco Perri

Ing. Giorgio Salatino

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	SETTEMBRE 2023	PRIMA EMISSIONE	GEMSA	GEMSA	ENI PLENITUDE

Sommario

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
3	INQUADRAMENTO DELL'AREA	5
4	ANALISI VINCOLISTICA IDRAULICA	7
5	PROGETTO DELLE OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA	13
5.1	FOSSI DI GUARDIA	15
5.2	TOMBINI CIRCOLARI	16
6	STUDIO IDROLOGICO	18
6.1	IMPOSTAZIONE METODOLOGICA	18
6.2	ANALISI PLUVIOMETRICA	19
6.3	ANALISI GEOMORFOLOGICA	20
6.4	METODOLOGIA VA.PI SICILIA	21
7	ANALISI IDRAULICA	28
7.1	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	29
7.2	CALCOLO DELLA C.P.P.	29
7.3	PIOGGE BREVI	30
7.4	STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE OPERAM E POST OPERAM	30
7.5	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	31
8	CONCLUSIONI	32

1 Premessa

La presente relazione descrive gli interventi per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche dalle aree interessate dalla realizzazione del Parco Eolico "Sambuca" in progetto situato nei territori dei Comuni di Sambuca di Sicilia (AG), Santa Margherita di Belice (AG) e Contessa Entellina (PA).

Il progetto di costruzione del Parco eolico prevede la realizzazione di n. 20 aerogeneratori e potenza complessiva del parco pari a 90,00 MW.

Il Parco eolico in progetto viene proposto dalla società Eni Plenitude Technical Services S.r.l., con sede a Cesena (FC) in Via Dismano, 1280, società interessata alla promozione, realizzazione e sfruttamento di impianti per la produzione di energia elettrica da fonte eolica mediante aerogeneratori.

All'interno del presente elaborato vengono analizzate le caratteristiche idrologiche del territorio interessato in relazione agli interventi e successivamente, in fase esecutiva, attraverso un'analisi probabilistica delle precipitazioni, saranno dimensionate le opere idrauliche previste in progetto.

Le scelte progettuali sono state condotte in modo da favorire il recapito delle acque meteoriche convogliate dai fossi di guardia presso gli impluvi ed i solchi di erosione naturali, per fare in modo che esse siano parte integrante della rete di raccolta delle acque meteoriche ricadenti nelle aree di progetto e connesse alla rete di bacini idrografici esistenti.

La relazione in oggetto, oltre il presente capitolo, è composta da ulteriori n°6 capitoli, di cui di seguito si riporta un breve riepilogo:

- *Capitolo 1 – Inquadramento Normativo:* vengono riportate le Norme a cui si è fatto riferimento per le scelte progettuali in esame.
- *Capitolo 2 – Inquadramento dell'area:* vengono riportate le informazioni necessarie per l'individuazione cartografica del sito.
- *Capitolo 3 - Analisi vincolistica idraulica:* vengono riportate in relazione al P.A.I.- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico la collocazione del sito rispetto alle aree di attenzione rispetto al pericolo di inondazione.
- *Capitolo 4 – Analisi idrologica:* analisi dei dati esistenti per la stima della curva di probabilità pluviometrica di progetto.

- *Capitolo 5 – Progetto delle opere di regimazione idraulica:* illustra i criteri e le linee guida utilizzate per gli interventi in progetto e descrive le opere idrauliche previste.
- *Capitolo 6 – Analisi Idraulica:* illustra con che criteri si conduce l'Analisi Idraulica Ante e Post Operam, analizzando quindi il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione invarianza idraulica, valutazione delle variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione delle variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

2 Inquadramento normativo

La presente relazione è redatta in accordo al **D.D.G. n°102 del 23.06.2021**, emanato dal Dipartimento Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia.

Tale disposto, nel quadro delle "*Linee guida per gli standard di qualità urbana ed ambientale e per il sistema delle dotazioni territoriali*" previste dall'art. 51 della legge regionale 13 agosto 2020, n°19, costituisce il riferimento tecnico e normativo per l'applicazione del "*principio di invarianza idrologica e idraulica*". Di seguito si riportano alcune definizioni, che attingono al citato decreto:

- *Invarianza idraulica*, principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione. Tecnicamente l'invarianza idraulica si ottiene, prevalentemente, con la laminazione (accumulo temporaneo) delle portate/volumi di piena.
- *Invarianza idrologica*, principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione. Tecnicamente l'invarianza idrologica si ottiene, prevalentemente, mediante sistemi di infiltrazione nel terreno.

Il D.D.G. n°102 del 26.06.2021 definisce "*superficie permeabile*" la "*parte di superficie fondiaria priva di costruzioni sia fuori terra che interrate e di*

pavimentazione, mantenuta in condizioni naturali o sistemata a verde o comunque con soluzioni filtranti alternative, destinata principalmente a migliorare la qualità dell'intervento e del contesto urbano, in grado di assorbire direttamente, in tutto o in parte, le acque meteoriche".

A tal fine, considera "superfici permeabili anche quelle artificialmente trasformate che assorbono, in tutto o in parte, le acque meteoriche senza necessità che esse vengano convogliate altrove mediante sistemi di drenaggio e canalizzazione. Tra di esse vi sono: le superfici non pavimentate (finite a prato, orto o comunque coltivate, in terra, terra battuta, ghiaia); superfici finite con pavimentazioni (masselli o blocchetti di calcestruzzo su fondo sabbioso sovrastante il terreno naturale, non cementate con posa degli elementi con fuga permeabile, oltre a quelle che impiegano materiali idonei a garantire il passaggio dell'acqua quali ad es. autobloccanti forati per il drenaggio)".

La norma considera altresì "superfici permeabili le superfici aventi le caratteristiche di cui alla lettera a) realizzate a copertura di costruzioni interrato con terreno di riporto contiguo al terreno naturale o a sistemazioni artificiali, di spessore non inferiore a metri lineari 0,50 rispetto al piano di copertura della costruzione".

La norma definisce invece "superfici impermeabili quelle artificialmente trasformate, coperte da costruzioni anche interrato o altri manufatti impermeabili (tettoie, serre, ecc.) e le superfici scoperte ma aventi caratteristiche diverse da quanto indicato al comma 1, per le quali vanno comunque previsti e realizzati opportuni sistemi di smaltimento o convogliamento delle acque meteoriche che evitino azioni di dilavamento e ruscellamento".

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 (P.G.R.A.)**, ai sensi **dell'art. 7 del D.lgs. 49/2010** nell'ambito delle attività di pianificazione di cui agli **artt. 65,66,67 e 68 del D.lgs. 152/2006**. Il fine ultimo del piano è quello di ridurre gli effetti delle alluvioni sulla salute umana, territorio, beni ecc. (Art. 1 Comma 1 Direttiva 2007/60/CE).

Gli altri documenti utilizzati per la redazione della presente sono:

- Progetto VAPI Sicilia – Valutazione delle Piene in Sicilia;

- Autorità di Bacino della Sicilia – Piano di Bacino – Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Norme Tecniche di Attuazione – Relazione Generale;
- Autorità di Bacino della Sicilia – Piano di Bacino – Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Norme Tecniche di Attuazione;
- Autorità di Bacino della Sicilia – Piano di Bacino – Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Allegati Cartografici;
- Autorità di Bacino della Sicilia – Piano di Bacino – Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Bacino Idrografico del.

3 Inquadramento dell'area

Il parco eolico in progetto ricade nell'area dei territori dei Comuni di Contessa Entellina (PA), Sambuca di Sicilia (AG), Santa Margherita di Belice (AG), per l'agro degli Aerogeneratori, mentre la Stazione di utenza verrà realizzata nel Comune di Menfi (AG). L'area interessata dall'impianto si sviluppa tra il bacino del Fiume Belice e il Fiume Carboj, nel versante meridionale della Sicilia e precisamente in una porzione territoriale sud-occidentale dell'isola.

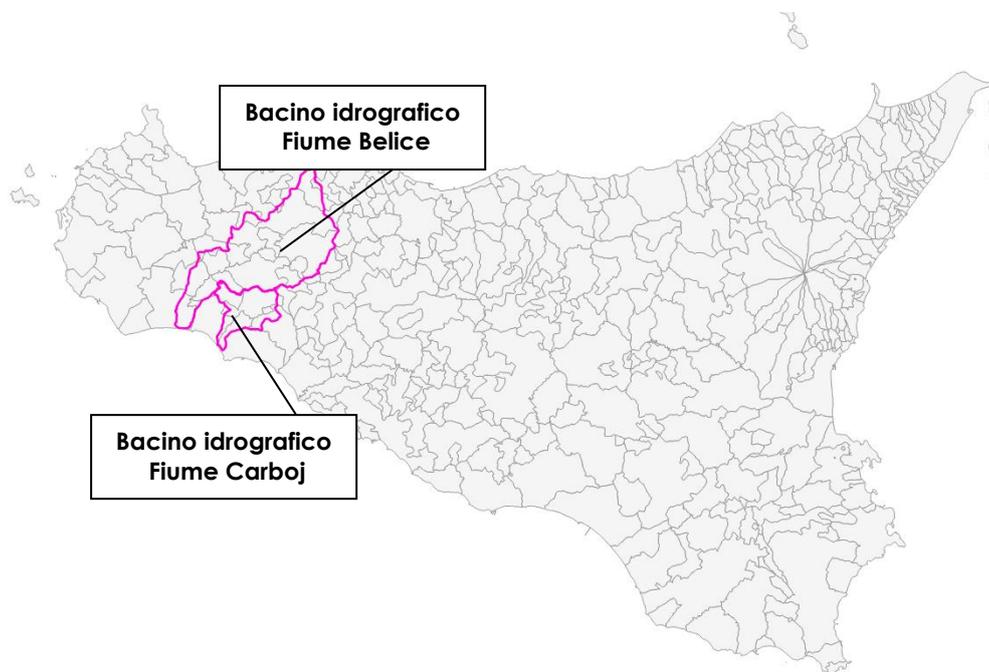


Figura 1-Inquadramento del bacino idrografico dei Fiumi Belice e Carboj nel contesto della Regione Siciliana

Il territorio di intervento è sostanzialmente caratterizzato dal generale aspetto pianeggiante, con brevi incisioni torrentizie che quasi tutto l'anno sono in regime di magra. Ciò dipende principalmente dalle condizioni climatiche, caratterizzate da brevi periodi piovosi e da lunghi periodi di siccità che determinano nell'area una generale caratterizzazione stagionale dei deflussi superficiali. Occorre comunque ricordare che la densità di un reticolo idrografico è condizionata dalla natura dei terreni affioranti, risultando tanto più elevata quanto meno permeabili sono questi ultimi e quindi maggiormente diffuso è il ruscellamento superficiale. Nel caso in esame, data la natura dei terreni affioranti e per le caratteristiche climatiche della zona, risulta complessivamente assai poco sviluppato; esso inoltre denota una modesta capacità filtrante dei terreni affioranti e quindi una discreta capacità di smaltimento delle acque di ruscellamento.

È stata preliminarmente effettuata una sovrapposizione su interfaccia GIS fra le opere previste per la realizzazione del parco eolico in progetto ed il reticolo idrografico disponibile fra la cartografia ufficiale della Regione Sicilia.

La sovrapposizione evidenzia come il Parco eolico in progetto e le sue opere connesse intersecano solo in alcuni brevi tratti il reticolo idrografico.



Figura 2-Reticolo idrografico dei Bacini del Fiume Belice e Carboj

4 Analisi vincolistica idraulica

Il sito di progetto rientra nell'Area Territoriale tra Bacini i fiumi Belice e Carboj (058), definiti dalla D.G.R. n.349 del 13 ottobre 2010. Sulla base della cartografia redatta per il P.A.I. – Piano per l'Assetto Idrogeologico¹. Il Piano è stato aggiornato con alcune modifiche con il decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 06/05/2021, che ha approvato le "modifiche alla Relazione generale – Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana – Redatta nel 2004 e Tabella Elementi a Rischio". Tale Decreto è stato successivamente pubblicato sulla G.U.R.S. n° 22 del 21/05/2021. In particolare, viene modificato il Capitolo 11 della precedente Relazione Generale riguardante le Norme Tecniche di Attuazione del PAI.

Il rischio idrogeologico è una grandezza che mette in relazione la pericolosità, intesa come caratteristica di un territorio che lo rende vulnerabile a fenomeni di dissesto (frane, alluvioni, ecc.) e la presenza sul territorio di beni in termine di vite umane e insediamenti urbani, industriali, infrastrutture, beni storici, artistici, ambientali, ecc. Esso è correlato a:

- *Pericolosità (P)*, ovvero la probabilità di accadimento dell'evento calamitoso entro un definito arco temporale, con determinate caratteristiche di magnitudo (intensità);
- *Vulnerabilità (V)*, espressa in una scala variabile da zero (nessun danno) a uno (distruzione totale), intesa come grado di perdita atteso, per un certo elemento, in funzione dell'intensità dell'evento calamitoso considerato;
- *Valore esposto (E)* o esposizione dell'elemento a rischio, espresso dal numero di presenze umane e/o dal valore delle risorse naturali ed economiche che sono esposte ad un determinato pericolo. In termini analitici, il rischio idrogeologico può essere espresso attraverso una matrice funzione dei tre fattori suddetti, ovvero: $R = R (P, V, E)$.

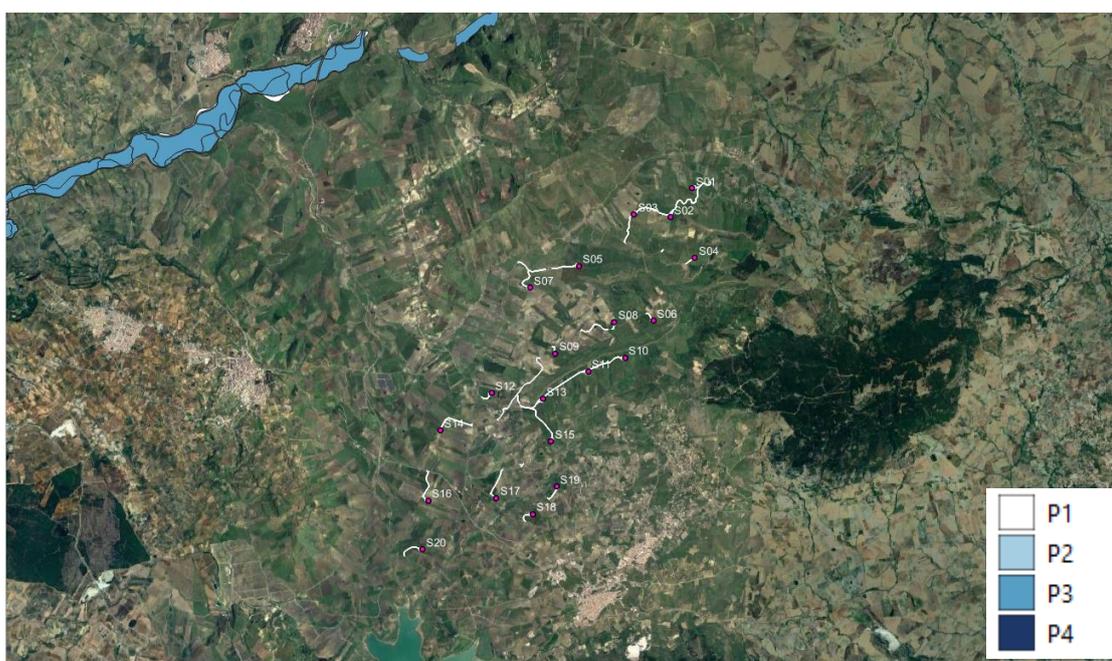
Con riferimento al DPCM del 29/09/1998, è possibile definire quattro classi di rischio, secondo la classificazione riportata nella Tabella 1

¹ Il P.A.I. è uno strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate, e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa del rischio idrogeologico.

Tabella 1- Classificazione del rischio (PAI Sicilia)

<i>Moderato R1</i>	per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;
<i>Medio R2</i>	per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
<i>Elevato R3</i>	per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
<i>Molto elevato R4</i>	per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale e la distruzione di attività socioeconomiche.

Di seguito viene riportata la sovrapposizione dell'area interessata dal parco eolico con il tematismo PAI – Pericolosità Idraulica e Rischio idraulico.



*Figura 3- Inquadramento dell'area interessata dal parco su tematismo PAI - Pericolosità Idraulica
(Fonte P.A.I. – Regione Siciliana)*

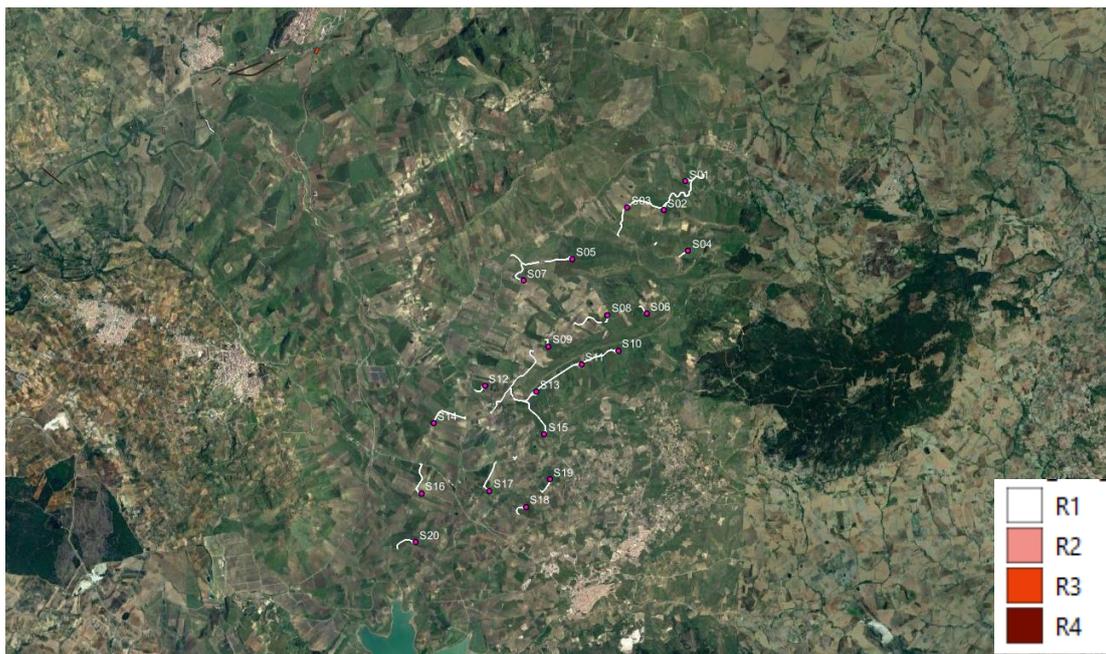


Figura 4- Inquadramento dell'area interessata dal parco su tematismo PAI- Rischio Idraulico (Fonte P.A.I. – Regione Siciliana)

Come si evince dalla Figura 3 e dalla Figura 4 le torri non ricadono in siti soggetti a pericolosità o rischio idraulico cartografati dal P.A.I.

Facendo lo stesso con il tematismo PAI - Pericolosità geomorfologica e Rischio geomorfologico

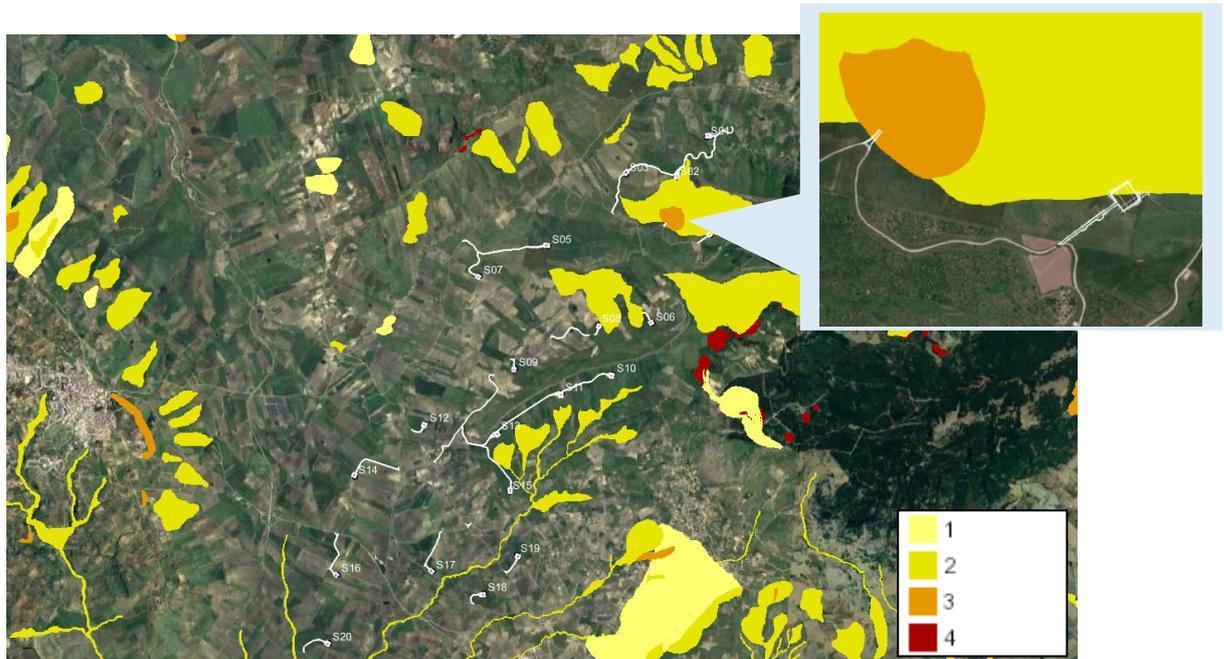


Figura 5- Inquadramento dell'area interessata dal parco su tematismo PAI- Pericolosità Geomorfológica (Fonte P.A.I. – Regione Siciliana)



Figura 6 - Inquadramento dell'area interessata dal parco su tematismo PAI- Rischio Geomorfológica (Fonte P.A.I. – Regione Siciliana)

Come si evince dalla Figura 5 e dalla Figura 6 l'area interessata dal parco ricade in alcuni punti in siti soggetti a pericolosità geomorfologica P2 e P3 ma senza livello di rischio cartografati dal PAI.

L'art. 7 della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (*Floods Directive – FD*) stabilisce che, sulla base delle mappe redatte ai sensi dell'art. 6, gli Stati Membri (*Member States – MS*) predispongano Piani di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) coordinati a livello di distretto idrografico (*River Basin District – RBD*) o unità di gestione (*Unit of Management – UoM*), per le zone individuate ai sensi dell'art. 5, paragrafo 1 ovvero le aree a potenziale rischio significativo di alluvione (*APSFR*).

Gli esiti della Valutazione Preliminare e della redazione delle mappe consentono di disporre di un quadro conoscitivo aggiornato delle caratteristiche di pericolosità e di rischio del territorio. Sulla base di tali elementi informativi occorre definire obiettivi "appropriati" e le misure attraverso le quali tali obiettivi possono essere conseguiti. Gli obiettivi devono essere adeguati alla finalità di riduzione delle potenziali conseguenze negative degli eventi alluvionali sugli elementi esposti, coordinati a livello di bacino idrografico e devono tener conto delle caratteristiche del bacino stesso.

A seguito della procedura di adozione da parte della Conferenza Istituzionale permanente con delibera n. 05 del 22/12/2021 è stato approvato il 1° aggiornamento del PGRA (2021-2027) – 2° ciclo di gestione. Rispetto al I ciclo di gestione, gli elementi integrativi da considerare negli aggiornamenti del piano di gestione sono quelli elencati nella parte B) dell'allegato alla FD:

1. informazioni su eventuali modifiche e aggiornamenti apportati dopo la pubblicazione della versione precedente del PGRA, inclusa una sintesi delle revisioni effettuate;
2. la valutazione dei progressi realizzati per raggiungere gli obiettivi di cui all'art. 7 della FD;
3. una descrizione motivata delle eventuali misure previste nella precedente versione del PGRA che erano state programmate e non sono state poste in essere;
4. una descrizione di eventuali misure aggiuntive adottate rispetto a quelle previste nella precedente versione del PGRA.

Inoltre, l'articolo 14 della Direttiva Alluvioni prevede che i PGRA tengano conto del probabile impatto dei cambiamenti climatici sul verificarsi di alluvioni.

Al link Piano di Gestione del rischio di alluvione - II° Ciclo (2021-2027) | Regione Siciliana, la Regione Sicilia mette a disposizione:

- Le mappe in formato PDF elaborate nell'ambito del PGRA;
- Gli shape file associati alle mappe indicate nel punto precedente;
- La relazione metodologica relativa al PGRA II ciclo di pianificazione.

Tale strumento di Pianificazione, redatto in conformità con il PAI, perimetra ed analizza le aree individuate nel PAI come a rischio e/o pericolosità idraulica in funzione del tempo di ritorno associato ai fenomeni di piena classificandoli in:

- Scarsa probabilità o scenari di eventi estremi: $T_r > 200$ anni;
- Media probabilità di alluvioni: T_r tra 100 e 200 anni;
- Elevata probabilità di alluvioni: T_r tra 20 e 50 anni.

Di seguito viene riportata la sovrapposizione delle aree interessate dal progetto con i siti perimetrati dal PRGA.



Figura 7-Inquadramento delle opere del Parco su Rischio Alluvione del PGRA II Ciclo (Fonte Piano di Gestione del Rischio di Alluvione – II°ciclo (2021-2027) - Regione Siciliana)

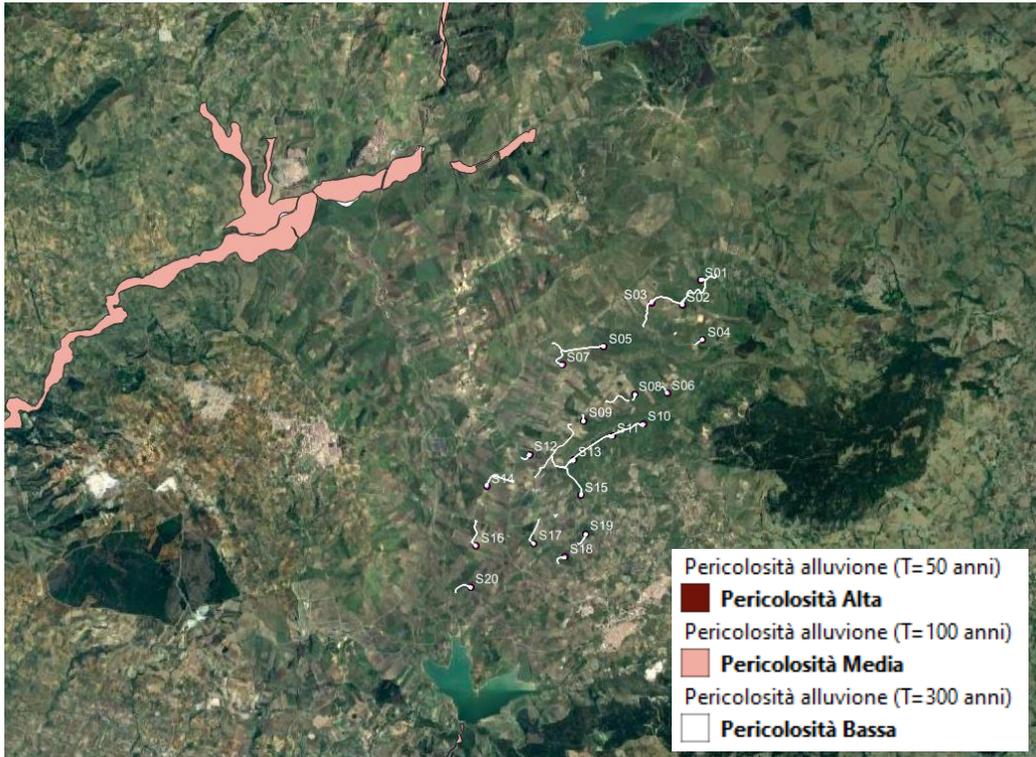


Figura 8 - Inquadramento delle opere del Parco sulla Pericolosità di Alluvione del PGRA II Ciclo (Fonte Piano di Gestione del Rischio di Alluvione – II° ciclo (2021-2027) - Regione Siciliana)

Come rappresentato nelle Figura 7 e nella Figura 8 le opere del parco non interferiscono con siti perimetrati dal PGRA.

5 Progetto delle opere di regimazione idraulica

La durabilità delle opere civili dal punto di vista strutturale è garantita da un corretto deflusso delle acque meteoriche, nonché il rispetto del principio dell'invarianza idraulica, e pertanto, delle condizioni di equilibrio idrogeologico preesistenti. Ciò, nell'ottica di minimizzare l'impatto che avrebbe la realizzazione del parco sul carattere idraulico del territorio in cui avrà sede.

Gli interventi da realizzarsi nell'area in esame sono stati sviluppati secondo due differenti linee di obiettivi:

- i. mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrogeologico" preesistenti (ante realizzazione del parco);
- ii. regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità del parco, attraverso la realizzazione di un adeguato sistema di canali in

terra, aventi sezione trasversale di tipo trapezoidale con modeste dimensioni, costituenti canali di invito per le acque di deflusso superficiale, volte a proteggere le opere civili presenti nell'area.

Il tracciato delle opere di regimazione è stato definito a partire dalla progettazione del layout dell'impianto, individuando le vie preferenziali di deflusso, gli impluvi (ed i solchi di erosione) interferenti con le opere in progetto nonché le caratteristiche plano-altimetriche delle diverse aree di impianto.

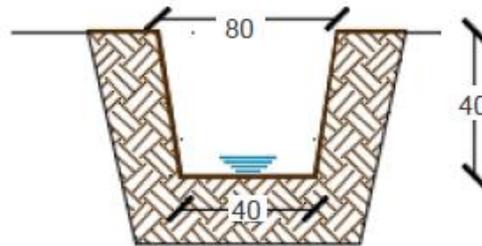
Il sistema di drenaggio delle viabilità è costituito da un insieme di fossi di guardia in terra e tombini idraulici circolari che, captate le acque le convogliano nel reticolo idrografico esistente.

Più in particolare la presenza dei fossi nei tratti in rilevato mitiga i fenomeni erosivi che possono innescarsi per ruscellamento ai piedi della scarpata; nei tratti in trincea la presenza del fosso rende possibile la captazione delle acque prima che queste possano giungere sulla sede stradale e comprometterne l'esercizio

Il parco eolico in progetto prevede la realizzazione di 20 aerogeneratori e della viabilità necessaria per la costruzione degli stessi e per la futura manutenzione e dismissione. L'orografia delle aree di intervento sia degli aerogeneratori che della viabilità è per lo più con pendenze dolci che consentono il naturale deflusso delle acque verso recapiti già esistenti su strade provinciali o comunali, oppure per alcuni tratti di viabilità si è pensato di realizzare tubazioni interrato che terminano poi verso corsi d'acqua esistenti. Si è pensato a tubazioni interrato al fine di non deturpare la naturalezza e di minimizzare la quantità di opere idrauliche da realizzare e per ridurre il più possibile l'interferenza con lo stato di fatto dei luoghi.

Ai lati di ciascuna piazzola per la posa della torre, nonché lungo le strade di accesso, vengono realizzati dei fossi di guardia stradali laterali a protezione dei tracciati per canalizzare le acque provenienti dalle porzioni di terreno a monte del tracciato e per raccogliere le acque ricadenti all'interno della piazzola e delle strade di accesso.

I fossi di guardia stradali in progetto verranno realizzati mediante scavo a sezione obbligata sul terreno esistente realizzando una sagoma trapezoidale con altezza pari a 40 cm, base inferiore di 40 cm e base superiore di 80 cm.



Tali fossi di guardia stradali anche mediante la posa di opportuni tombini prefabbricati in cls e pozzetti prefabbricati in cls scaricheranno la portata in una rete idraulica secondaria.

La rete idraulica secondaria è composta sia da fossi di guarda che raccolgono le portate stradali sia da fossi realizzati per proteggere dall'erosione dovuta al consistente scorrimento delle acque superficiali i fronti di scavo e rilevato nonché la viabilità realizzati per consentire la costruzione del parco in progetto.

I fossi appartenenti alla rete idraulica secondaria scaricheranno a loro volte le portate all'interno di fossi naturali esistenti, alcuni censiti all'interno del reticolo idrografico.

5.1 Fossi di guardia

I fossi di guardia in progetto sono stati individuati ai lati delle sezioni stradali della viabilità a servizio delle piazzole di montaggio delle torri sia per la realizzazione della rete di raccolta secondaria delle acque meteoriche fino al loro scarico all'interno dei fossi di scolo naturali.

Ciascun fosso viene dimensionato in base alla portata di progetto, stimata in considerazione del bacino dove il fosso insiste e dell'aliquota di portata del bacino in esso transitante nonché da eventuali scarichi derivanti da altri fossi di guardia e/o tombini.

Il dimensionamento di tali fossi tiene anche conto della scabrezza delle pareti e del fondo, della pendenza e dell'effettivo tirante durante le massime portate.

La verifica idraulica viene condotta nell'ipotesi di moto uniforme, implementando le formule prima illustrate su foglio di calcolo elettronico.

La formula pratica utilizzata per il dimensionamento è la nota espressione di Gaukler-Strickler:

$$Q = K * A * R^{\frac{2}{3}} * i^{0.5}$$

Dove:

K è il coefficiente di Strickler che tiene conto della scabrezza, assunto pari a 40 per i fossi in terra e quelli rivestiti in geocomposito [$m^{1/3}/s$];

A è l'area della sezione idraulica [m^2];

i è la pendenza del canale;

R è il raggio idraulico [m];

I canali trapezoidali vengono realizzati mediante con uno scavo a sezione obbligata sul terreno esistente, la sezione di alcuni fossi viene rivestita in geocomposito per limitare fenomeni erosivi dovuti a forti pendenze e/o elevate portate.

La verifica del corretto funzionamento idraulico dei canali stata eseguita nelle ipotesi di portata massima di progetto verificato che il grado di riempimento medio della sezione non superi il 75% e che la velocità non sia superiore a 8,00 m/s per le differenti sezioni.

5.2 Tombini circolari

Al fine di garantire le diverse connessioni fra i fossi di guardia in progetto all'interno del parco è stata prevista l'installazione di diversi tombini circolari prefabbricati in cls posati ad un'adeguata profondità.

Ogni tombino si dirama da un pozzetto prefabbricato in cls e scarica la propria portata in un ulteriore pozzetto prefabbricato garantendo così una continuità idraulica e ridistribuendo le portate secondo le caratteristiche orografiche e le pendenze delle aree in progetto.

Il progetto prevede la posa di tombini idraulici per consentire il deflusso delle acque meteoriche, raccolte a monte, al di sotto della sede stradale. Tali tombini sono formati con una tubazione circolare in Calcestruzzo Vibrocompresso,

con un adeguato Rck per resistere ai carichi stradali ivi gravanti, inoltre hanno diametri nominali dell'ordine minimo di 800 mm fino ad un massimo di 2000 mm.

Il dimensionamento dei tombini circolari è stato effettuato in funzione di due verifiche:

- 1) Alla sezione di imbocco mediante la seguente legge di portata:

$$Q = CA\sqrt{2gD}$$

con la quale è possibile definire un deflusso a superficie libera all'interno dell'elemento circolare e dove compare il coefficiente C, che tiene conto del tipo di sagomatura all'imbocco. In fase di progettazione si può utilizzare un coefficiente C pari a 0.57-0.60, vista la possibilità di poter definire una tipologia di raccordo (canale – tombino) ottimale.

Viene imposta una pendenza longitudinale del tombino variabile fra l'1% ed il 2% al fine di permettere un deflusso delle acque tale da poter ottenere un riempimento della sezione inferiore al 75%, in condizioni del colmo di piena. Nel caso di sezione circolare, la portata massima si ha per un'altezza pari ad $h=0.94 D$; per valori di altezze maggiori, la portata diminuisce gradualmente e raggiunge il valore di $Q = 0.93 Q_{max}$ quando la sezione è piena (fig.2).

Per assicurare il funzionamento a superficie libera occorre prevedere, in sede di calcolo, un opportuno franco tra il pelo libero e la sommità della sezione. Solitamente, esso, per le opere stradali viene assunto pari al 20 ÷ 30 % dell'altezza della sezione.

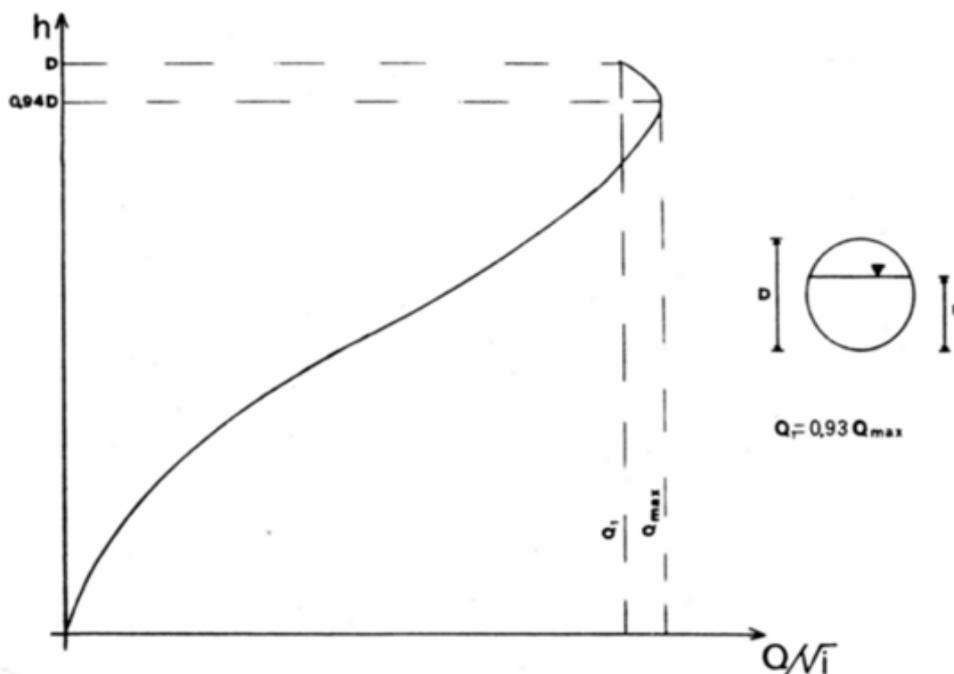


Figura 2 – Scala della portata per sezione circolare.

- 2) Lungo lo sviluppo longitudinale del manufatto, mediante la formula di moto uniforme di Gaukler-Strickler per sezione circolare.

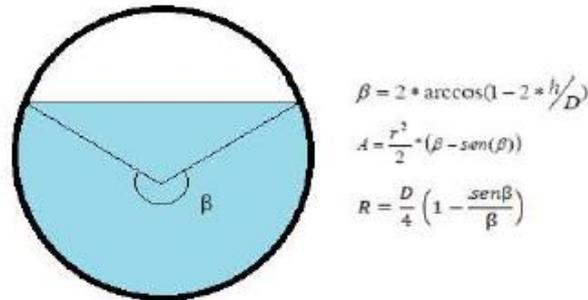


Figura 3-Scala di deflusso circolare

6 Studio Idrologico

6.1 Impostazione metodologica

Il criterio per affrontare lo studio idrologico dell'area in esame è stato scelto in conformità con le N.T.A. del PAI dell'Autorità di Bacino della Sicilia, che attribuiscono ad eventi con tempo di ritorno di 50, 100 e 300 anni la verifica per il requisito della "sicurezza idraulica".

Lo studio è stato condotto secondo le seguenti fasi:

- reperimento della cartografia di base I.G.M. in scala 1:25.000, e del modello digitale del terreno (DEM) della Regione Sicilia;
- individuazione del bacino idrografico;
- definizione delle caratteristiche fisiografiche del bacino (superficie, altitudine media, minima e massima, lunghezza massima e pendenza media dei versanti);
- analisi della piovosità sulla base delle curve di possibilità pluviometrica relative alle zone omogenee di pioggia in cui i bacini, definite negli studi "VAPI-Sicilia" attraverso le procedure di regionalizzazione dei dati osservati

delle precipitazioni intense, ed indicate come metodologia di riferimento nel PAI;

- determinazione delle grandezze idrauliche con tempo di ritorno di 300 anni.

6.2 Analisi pluviometrica

In linea con quanto stabilito in merito agli indirizzi forniti dal D.P.C.M 29.09.1998, si è deciso di effettuare la determinazione della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) dei bacini in studio, con riferimento agli eventi di pioggia di breve durata, attraverso la metodologia propria del progetto VAPI. Sicilia, progetto all'interno del quale ricade anche l'area di studio.

Il Progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali e delle piogge intense secondo criteri omogenei.

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

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel.

La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica). La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

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

La maggior parte dei metodi che l'idrologia propone per ricostruire eventi di piena sono metodi indiretti, ossia metodi che stimano l'idrogramma di piena utilizzando un modello di trasformazione piogge-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia.

Nel caso in esame, infatti, non sono disponibili dati di registrazione delle portate; né, tantomeno, potrebbero essere utilizzati, dal momento che l'obiettivo dell'analisi non è studiare il comportamento idrologico/idraulico dei corsi d'acqua presenti nel territorio, ma approfondire le tematiche idrologiche per il dimensionamento di tutte le opere idrauliche del parco eolico "Sambuca".

Il dimensionamento delle opere idrauliche da progettare verrà effettuata a valle della analisi idrologica della zona oggetto di intervento che consentirà di definire i valori di portata di progetto attraverso la definizione della curva di possibilità pluviometrica nonché della definizione dei bacini idrografici afferenti. A tal proposito si rimanda al progetto esecutivo tale studio e dimensionamento delle opere.

L'analisi idrologica terrà conto, pertanto, delle caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici individuati nonché dei tempi di ritorno scelti e della metodologia utilizzata nel corso dello studio.

Ai fini dell'analisi pluviometrica per la stima delle precipitazioni di assegnato tempo di ritorno si è fatto riferimento alla metodologica VA.PI. Sicilia, relativa a qualsiasi sezione del reticolo drenaggio dei corsi d'acqua della Sicilia. Questa sintesi è stata articolata con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, Valutazione delle Piene in Sicilia [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993].

6.3 Analisi geomorfologica

Lo studio geomorfologico è stato affrontato, con l'ausilio della carta I.G.M. in scala 1:25000 e delle Ortofoto, i dati a disposizione sono stati elaborati tramite l'applicazione di software GIS. Al fine di assicurare la necessaria rappresentatività allo studio, il criterio inizialmente stabilito per estrapolare la significatività delle modellazioni idrologiche ed idrauliche con specifico riguardo alla zona di cui trattasi, è stato quello di indagare, ad una scala di dettaglio spinto, su un'area molto più ampia di quella strettamente interessata dagli interventi. Come già evidenziato in

precedenza, tutta l'area in esame si vede interessata da una certa rete drenante che consente l'allontanamento ed il collettamento delle acque meteoriche.

6.4 Metodologia VA.PI Sicilia

Per la ricostruzione della pioggia di progetto si ricorre alla curva di probabilità pluviometrica. Essa fornisce, per fissati tempo di ritorno T e durata t , l'altezza di pioggia, h , caduta su un bacino. Tale curva può essere determinata attraverso la scelta della legge di distribuzione di probabilità che meglio si adatta a una serie storica di dati pluviometrici (ad esempio la legge di Gumbel per le altezze di pioggia massime annuali), oppure (nei casi in cui si abbiano scarsi dati storici di precipitazione) attraverso il metodo di regionalizzazione proposto dal progetto VAPI, basato sul modello TCEV. Nel presente studio, per la determinazione delle altezze di pioggia massime si utilizzerà il metodo TCEV.

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

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

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica).

La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto. Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica si farà

pertanto riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI Sicilia (Ferro e Cannarozzo, 1993) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

I° 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 .

II° 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 tre sottozone A, B e C come rappresentato nella figura seguente:



Figura 9 – Suddivisione del territorio regionale in sottozone pluviometriche omogenee

A ciascuna zona è stato attribuito, per una prefissata durata, un valore costante del parametro Λ_1

Sottozona A $\Lambda_1 = 14.55 \cdot t^{0.2419}$

Sottozona B $\Lambda_1 = 12.40 \cdot t^{0.1802}$

Sottozona C $\Lambda_1 = 11.96 \cdot t^{0.0960}$

In ciascuna sottozona il parametro risulta anche 'esso dipendente dalla durata:

Sottozona A $\alpha = 3.5208 \cdot t^{0.1034}$

Sottozona B $\alpha = 3.3536 \cdot t^{0.0945}$

Sottozona C $\alpha = 3.3081 \cdot t^{0.0765}$

Pertanto, al h'_t risulta in ciascuna sottozona identicamente distribuita secondo la:

$$P(h'_t) = \exp \left[-\lambda_1 \left(\exp \left(\frac{\mu}{\theta_1} \right) \right)^{-h'_t} - \Lambda_1 \lambda_1 \frac{1}{\theta^* \left(\exp \left(\frac{\mu}{\theta^* \theta_1} \right) \right)^{-h'_t}} \right] \quad (1)$$

con parametri stimati in accordo alle formulazioni delle diverse sottozone.

In ciascuna sottozona, per valori del tempo di ritorno $Tr \geq 10$ anni, la funzione inversa della $P(h'_t)$ assume la seguente espressione:

$$h'_{t,Tr} = b_0 + b_1 \cdot \log(Tr) \quad (2)$$

Essendo $h'_{t,Tr}$ i valori di h'_t di assegnato tempo di ritorno Tr e in cui i coefficienti b_0 e b_1 sono dipendenti dalla durata secondo le seguenti relazioni:

Sottozona A $b_0(t) = 0.5391 - 0.001635 \cdot t$
 $b_1(t) = 0.0002121 \cdot t^2 + 0.00117 \cdot t + 0.9966$ (3a)

Sottozona B $b_0(t) = 0.5135 - 0.002264 \cdot t$
 $b_1(t) = 0.0001980 \cdot t^2 + 0.00329 \cdot t + 1.0508$ (3b)

$$\begin{aligned} \text{Sottozona C} \quad b_0(t) &= 0.5015 - 0.003516 \cdot t \\ b_1(t) &= 0.0003720 \cdot t^2 + 0.00102 \cdot t + 1.0101 \end{aligned} \quad (3c)$$

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si ottiene moltiplicando la precedente relazione (2) con i coefficienti determinati per ciascuna sottozona mediante le (3), per la legge di variazione della media della legge TCEV con la durata, ovvero:

$$h_{t,Tr} = h'_{t,Tr} \cdot \mu(t) \quad (4)$$

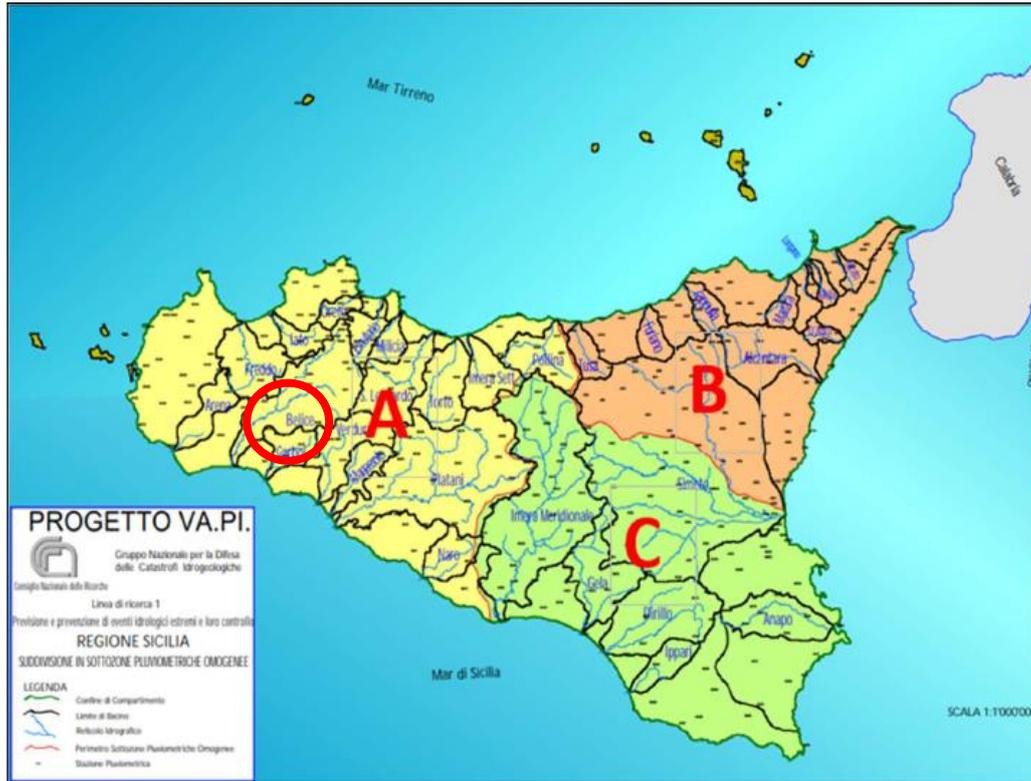
in cui $h_{t,Tr}$ è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e prefissato tempo di ritorno Tr .

III° livello di regionalizzazione

Prevede, infine, di individuare un criterio regionale per la stima di μ nei siti privi di stazioni di misura o con un numero modesto di anni di osservazione, così da rendere applicabile la (4) in qualsiasi punto della regione.

Confrontando le medie teoriche μ con le medie campionarie m_c si è riscontrato che, per ciascuna durata, i parametri statistici λ_1 e ϑ_1 possono ritenersi, con buona approssimazione, coincidenti e per ciascuna stazione è stato riconosciuto il seguente legame di potenza:

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



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). Nella Figura 10 e nella Figura 11 è possibile vedere la variazione dei coefficienti a ed n per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

Tale risultato consente di definire le curve di probabilità pluviometrica C.P.P. mediante i soli valori dei due parametri a ed n , piuttosto che ricorrendo ai cinque valori della media corrispondenti alle durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, con i soli due parametri a ed n . Tali parametri sono riportati per ciascuna stazione pluviografica [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993]. 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 , non essendo stato rilevato né un legame interno tra le due costanti in parola, né una variabilità in funzione dell'altitudine media.

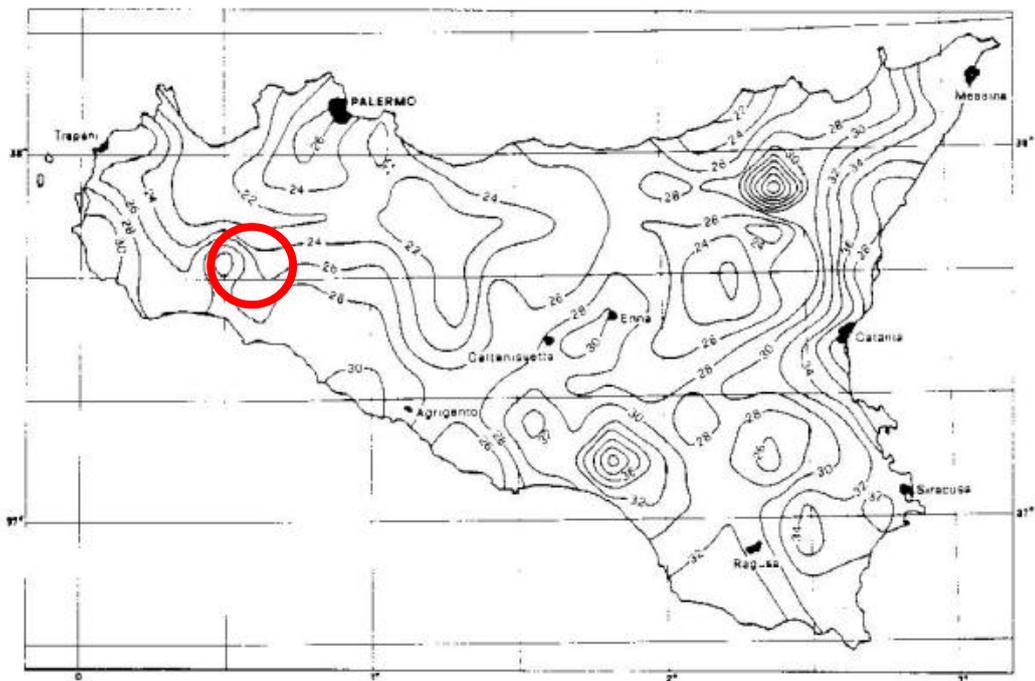


Figura 10- Carta delle iso-a $\cdot 10^2$ per il territorio siciliano (Cannarozzo, D'Asaro, Ferro)

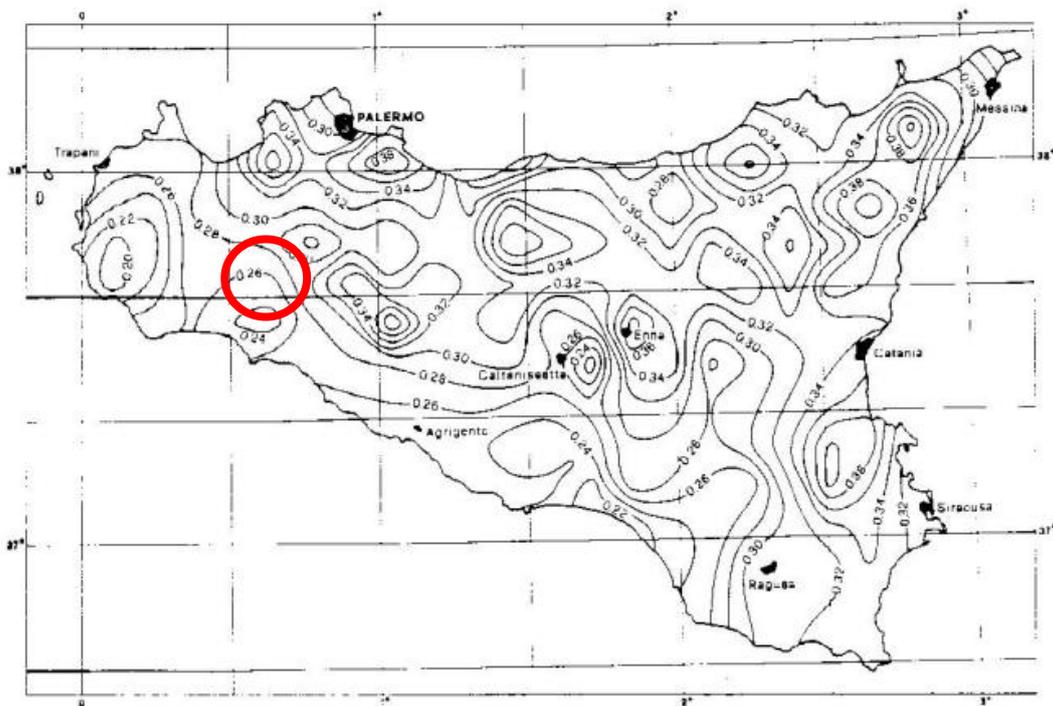


Figura 11- Carta delle iso-n per il territorio siciliano (Cannarozzo, D'Asaro, Ferro)

Nella tabella I di "Un modello regionale per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica del territorio siciliano" (M. Cannarozzo, F. D'Asaro e V. Ferro) sono

riportati i valori dei parametri a ed n delle stazioni pluviometriche siciliane. Se non tabellati, questi parametri sono stati ricavati dalle carte di Figura 10 e 11.

codice	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
56	La Chinea	Birgi	27,8	0,2079
57	S. Giorgio	Birgi	20,2	0,2469
58	Borgo Fazio	Birgi	23,6	0,2145
59	Birgi Nuovo	Birgi	29,1	0,2398
60	Ciaulo	Mazaro	33,4	0,1463
61	Marsala	Mazaro	30,4	0,2325
62	Mazzara del Vallo	tra Mazaro e Arena	29,5	0,2421
63	Partanna	Modione	26,7	0,2927
64	Castelvetrano	Modione	24,7	0,2596
65	Piana degli Albanesi	Belice	21,7	0,4126
66	Casa Dingoli	Belice	25,7	0,4020
67	S. Cristina Gela	Belice	24,5	0,3835
68	Piana dei Greci M.	Belice	22,4	0,3940
69	Piana dei Greci P.	Belice	24,4	0,4398
70	Tagliavia	Belice	23,8	0,1873
71	Corleone	Belice	20,8	0,2980
72	Roccamena	Belice	19,6	0,2938
73	Gibellina	Belice	21,8	0,2584
74	Montevago	Belice	34,6	0,2441
75	S. Margherita Belice	Belice	25,5	0,2296
76	Sciacca	tra Carboi e Verdura	28,3	0,2694
77	Caltabellotta	tra Carboi e Verdura	30,4	0,2777
78	Arancio	Carboi	26,4	0,2115

Figura 12-Valori dei parametri a ed n delle stazioni pluviometriche siciliane riportati nella tabella I di "Un modello regionale per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica del territorio siciliano"(M. Cannarozzo, F.D'Asaro e V.Ferro)

I calcoli delle curve di possibilità pluviometriche saranno effettuati considerando i valori di a ed n relativi alla stazione pluviometrica della Diga Arancio con tempi di ritorno di 10,20,50,100,200 anni, per la sottozona omogenea A della Regione Sicilia.

7 Analisi idraulica

Al fine di comprendere le modifiche che il carattere idraulico del territorio potrebbe subire a seguito degli interventi di realizzazione del parco eolico, si determinano i coefficienti di deflusso Ante e Post Operam delle aree di interesse dell'intervento. Questi, verranno poi utilizzati per il calcolo delle portate al colmo di deflusso superficiale dei bacini e sottobacini idrografici costituenti l'area di impianto complessiva.

A vantaggio di sicurezza, i calcoli verranno effettuati in riferimento a un evento pluviometrico con associato tempo di ritorno TR pari a 50 anni, superiore alla vita nominale media di un impianto a energia rinnovabile, il quale è circa 30 anni.

Lo scopo del presente capitolo è quello di verificare che gli interventi di trasformazione territoriale, per tramite della realizzazione di opportune misure di compensazione opportunamente dimensionate, non alterino la risposta idraulica del bacino oggetto dell'intervento.

Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate, o comunque interessate da un progetto ove sia prevista una modifica alla permeabilità del suolo, nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione o alle opere di che trattasi.

La definizione dei parametri dei bacini è avvenuta mediante l'uso del software QGIS, a partire dal modello del terreno DTM con maglia 2 m (MTD_2013), prodotto dalla Regione Sicilia, ponendo la sezione di chiusura a valle dell'ultima confluenza delle superfici scolanti del parco eolico.

La pendenza longitudinale delle aste è stata definita previa individuazione della quota massima, della quota minima e della lunghezza del corso d'acqua. Nota la differenza di quota, è stata applicata la seguente formula:

$$i_m = \frac{\Delta z}{L_{asta}} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L_{asta}}$$

Utilizzando invece la formula di Taylor -Schwartz, suddividendo i corpi idrici in una serie di tratti di lunghezza L_j con pendenza i_j praticamente uniforme.

$$i_m = \frac{L^2}{\left(\sum_i \frac{L_j}{\sqrt{i_j}}\right)^2}$$

L'andamento altimetrico è stato definito anche previo tracciamento della curva ipsografica, dalla quale stimare la quota media e l'altezza media del bacino:

$$H = \sum_i \frac{(y_i \cdot \Delta S_i)}{S_{tot}}$$

H: quota media del sottobacino [m s.l.m.];

y_i : quota media tra due curve di livella [m s.l.m.];

ΔS_i : superficie tra due curve di livello [Kmq];

S_{tot} : superficie totale sottobacino [kmq].

7.1 Calcolo del tempo di corrivazione

Per procedere al calcolo della portata di piena ad assegnato tempo di ritorno è necessario valutare il tempo di corrivazione, inteso come il tempo impiegato da una goccia di acqua, caduta nel punto più sfavorito per raggiungere la sezione di chiusura. Il tempo di corrivazione del bacino è stato determinato utilizzando la formula di Giandotti:

$$\tau_c = \frac{4S^{0,5} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_{med}}}$$

Dove:

- S è la superficie del bacino espressa in kmq;
- L la lunghezza dell'asta fluviale principale;
- h_{med} l'altezza media del bacino, espressa in m, riferita alla sezione di chiusura;

7.2 Calcolo della c.p.p.

L'espressione della curva di possibilità pluviometrica delle piogge di breve durata (1-3-6-12-24 ore) secondo il metodo TCEV, benché matematicamente definita assume una forma complessa diversa dalla forma canonica

$$h = a t^n$$

Al fine di riportare la CPP in forma canonica, si sono calcolati, per assegnato tempo di ritorno, i valori delle altezze di pioggia probabili al variare della durata t .

7.3 Piogge brevi

È necessario inoltre osservare che poiché gli eventi di pioggia brevi e quelli lunghi seguono differenti dinamiche meteorologiche, dai campioni di altezze h_t aventi durate $1 \div 2 \text{ ore} \leq t \leq 24$ non può essere tratta alcuna informazione inerente agli eventi brevi.

La curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non può essere pertanto estrapolata 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 relativamente poco dipendente dalla località e 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, in cui il coefficiente s è stato opportunamente calibrato da Ferro e Bagarello ("Rainfall depth-duration relationship for South Italy", 1996).

$$h_{t,T} = h_{60,T} * \left(\frac{t}{60}\right)^{0,385}$$

7.4 Stima delle portate di progetto ante operam e post operam

La stima delle portate ad assegnato tempo di ritorno è stata effettuata mediante la formula razionale, il cui approccio si basa sull'utilizzo della curva di possibilità pluviometrica e sull'ipotesi che a parità di tempo di ritorno, la portata al colmo maggiore è prodotta dall'evento la cui durata è identica al tempo di corrivazione.

Il metodo razionale, detto anche cinematico, fornisce la portata di piena tramite l'espressione:

$$Q = \frac{\phi i_c A}{3.6}$$

nella quale:

- ϕ è il coefficiente di afflusso, indicante il rapporto tra i deflussi e gli afflussi;
- i_c è l'intensità di pioggia di un evento avente durata $d = t_c$ [mm/ora]
- A è la superficie del bacino (o area scolante) [km²]
- Q è la portata al colmo di piena che defluisce alla sezione di chiusura in corrispondenza di un evento di durata t_c e tempo di ritorno T [m³/s].

7.5 Coefficiente di deflusso

L'infiltrazione costituisce il fenomeno di maggiore rilevanza per la determinazione del bilancio tra pioggia sul bacino e pioggia efficace ai fini del deflusso nei bacini scolanti. Nell'applicare un modello afflussi-deflussi risulta pertanto necessario quantificare le perdite per infiltrazione allo scopo di potere valutare la pioggia netta, ovvero quella che dà effettivamente luogo al deflusso.

Il *coefficiente di deflusso (o di riduzione)* ϕ consente di determinare le precipitazioni efficaci, che contribuiscono effettivamente alla formazione del deflusso in corrispondenza della sezione di chiusura. Si ipotizza che la restante parte dia luogo a perdite (rappresentate essenzialmente dai termini legati ad infiltrazione, evapotraspirazione,...), o che giunga "in ritardo" alla sezione di chiusura, non contribuendo così al picco di portata.

Il coefficiente di deflusso varia tra 0 e 1. Coefficiente uguale a zero corrispondono superfici per le quali è nulla la quantità di acqua rilasciata nei corsi d'acqua; coefficiente uguale a 1 corrispondono invece superfici che rilasciano verso il corso d'acqua il 100 % dell'acqua captata. Nello specifico, in riferimento alle aree di progetto, ad esclusione e limitatamente dei tratti viari asfaltati (valore del coefficiente di deflusso potrà essere uguale a 1) si possono considerare le zone in studio costituite essenzialmente da aree agricole con assenza, anche nell'intorno significativo, di aree pavimentate e/o impermeabili. Il valore del coefficiente di deflusso adottato per le aree in studio, in relazione alle valutazioni che ci troviamo su aree agricole, con litologia di substrato costituita da vulcaniti, depositi alluvionali, con limitati lembi di aree in zona a permeabilità bassa per la natura marnosa del substrato di riferimento, e con assenza di superfici impermeabili può essere considerato pari a $\phi = 0,6$ (aree permeabili – ante operam)

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso relativi alle piazzole (pavimentazioni drenanti e semipermeabili) si assume per queste aree un coefficiente pari a

$$\phi_{piazzole} = 0.85.$$

Il coefficiente di deflusso da utilizzare nel calcolo della portata *post operam* è pari a 0,6 ed è stato calcolato tenendo conto delle piazzole secondo la formula di media pesata:

$$\varphi = \frac{(A_{bacino} - A_{piazzole} * \varphi_{bacino} + A_{piazzole} * \varphi_{piazzole})}{A_{tot}}$$

8 Conclusioni

Nelle aree in cui eventualmente la realizzazione dell'impianto, rispetto alle condizioni Ante Operam causa un aumento della portata di deflusso superficiale nel Post Operam, tale da superare il limite tollerabile prescritto dalla DDG 102/2021, si rende necessaria la realizzazione di opere di regimazione idraulica. Nell'ottica di mantenimento delle condizioni naturali di impluvio e di mantenimento dell'idraulica del territorio, come precedentemente accennato si costituiranno dei canali di invito per le acque di deflusso superficiale, consentendogli il raggiungimento degli impluvi e o canali presenti nell'area, fino al raggiungimento a valle di corpi idrici recettori.