

Alba Wind Srl

Parco Eolico Alba Wind sito nel Comune di Piana degli Albanesi (PA) e di Monreale (PA)

Relazione idrologica

Settembre 2022



Committente:

Alba Wind Srl

Alba Wind Srl

Via Sardegna, 40

00187 Roma

P.IVA/C.F. 16277231003

Titolo del Progetto:

**Parco Eolico Alba Wind sito nel Comune di Piana degli Albanesi
(PA) e di Monreale (PA)**

Documento:

Relazione idrologica

N° Documento:

IT-VesALB-BFP-GEO-TR-004

Progettista:



Via Degli Arredatori, 8
70026 Modugno (BA) - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Tecnico

ing. Danilo POMPONIO

Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO

ing. Giulia CARELLA

ing. Tommaso MANCINI

ing. Margherita DEBERNARDIS

ing. Fabio MASTROSERIO

ing. Martino LAPENNA

ing. Nunzia ZECCHILLO

ing. Miriam MATARRESE

ing. Roberta ALBANESE

ing. Mariano MARSEGLIA

ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI

ing. Dionisio STAFFIERI

Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	13/09/2022	Emissione	Matarrese	Miglionico	Pomponio

Sommario

1. PREMESSA	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE	4
3.1 Caratteristiche generali del campo eolico	4
4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	6
5. STUDIO IDROLOGICO	11
5.1 Analisi morfologica	11
5.2 Analisi pluviometrica	12
5.3 Modello afflussi-deflussi	17
6. CONCLUSIONI	19

1. PREMESSA

La presente relazione descrive le opere previste nel progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica proposto dalla società **Alba Wind S.r.l.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 8 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 57,6 MW, da realizzarsi nella Provincia di Palermo, nei territori comunali di Piana degli Albanesi e Monreale, in cui insistono gli aerogeneratori e le relative opere di connessione alla RTN.

In base alla soluzione di connessione, l'impianto eolico sarà collegato in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica (SE) in doppia sbarra a 220/36 kV della RTN, da collegare in entra - esce sulla linea a 220 kV della RTN "Partinico - Ciminna".

Il progetto si pone come obiettivo la realizzazione di un parco eolico per la produzione di energia elettrica da immettere nella rete di trasmissione nazionale (RTN) in alta tensione. In questo scenario il parco eolico consentirà di raggiungere obiettivi più complessi fra i quali si annoverano:

- la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, priva di alcuna emissione diretta o derivata nell'ambiente;
- la valorizzazione di un'area marginale rispetto alle altre fonti di sviluppo regionale con destinazione prevalente a scopo agricolo e con bassa densità antropica;
- la diffusione di know-how in materia di produzione di energia elettrica da fonte eolica, a valenza fortemente sinergica per aree con problemi occupazionali e di sviluppo.

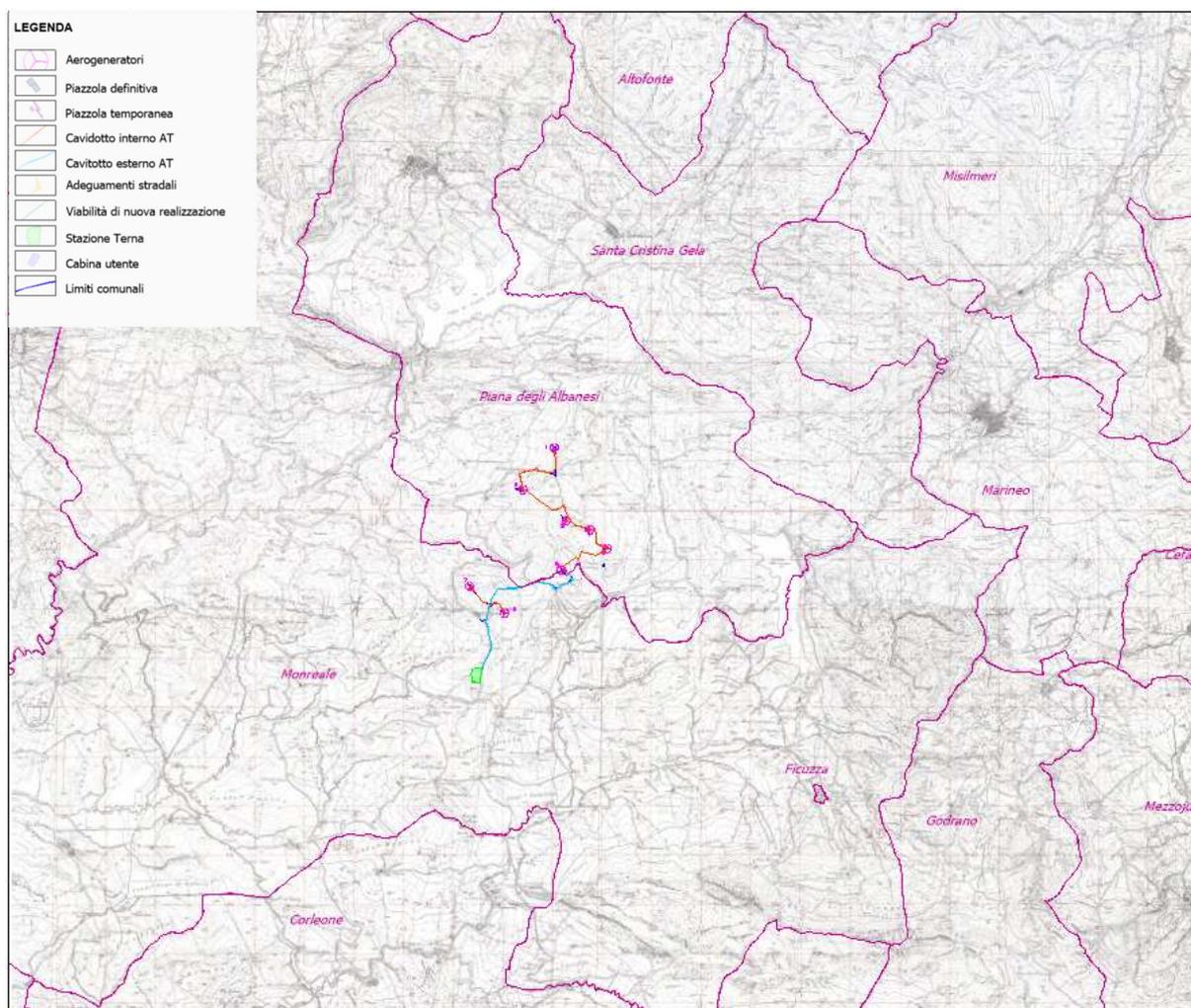


Figura 1: Inquadramento geografico

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) costituisce, ai sensi dell'art. 67 del D. Lgs. 152/2006, uno stralcio tematico e funzionale del Piano di Bacino Distrettuale, previsto dall'art. 65 dello stesso decreto. Il P.A.I. definisce lo scenario di riferimento a scala regionale delle situazioni di pericolosità geomorfologica, idraulica e di erosione costiera, ed è strumento conoscitivo, normativo e tecnico-amministrativo di supporto per le politiche di conservazione, difesa e valorizzazione del territorio, ai fini della mitigazione del rischio idrogeologico e della tutela della salute pubblica e dell'ambiente, nonché della salvaguardia degli insediamenti e delle infrastrutture.

L'ambito territoriale di riferimento del P.A.I. è il Distretto Idrografico della Sicilia, previsto dall'art. 51, comma 5, della legge n. 221 del 28 dicembre 2015. Attualmente, il Distretto è suddiviso in n. 102 bacini idrografici e aree territoriali, per il P.A.I. continentale, e in n. 21 unità fisiografiche per il P.A.I. delle coste siciliane.

Tale strumento di pianificazione settoriale tende ad ottimizzare la compatibilità tra la domanda di uso del suolo e la naturale evoluzione geomorfologica del territorio, nel quadro di una politica di governo rispettosa delle condizioni ambientali. Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- la *funzione conoscitiva*, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- la *funzione normativa e prescrittiva*, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo;
- la *funzione programmatica*, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio.

Gli obiettivi del P.A.I., per quanto riguarda l'assetto idraulico, relative alle nuove attività sono:

- a) migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
- b) garantire il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo;
- c) salvaguardare ed eventualmente ampliare le aree di naturale espansione delle piene, al fine di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica del corso d'acqua in relazione alla capacità d'invaso e laminazione delle piene delle aree predette;
- d) non costituire in nessun caso un fattore di aumento del rischio idraulico, né localmente né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;
- e) non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;
- f) non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
- g) garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque o un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;
- h) limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque, anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;
- i) impiegare ove possibile tecniche a basso impatto ambientale;
- j) salvaguardare la risorsa acqua in funzione del minimo deflusso vitale o della potenzialità della falda.

Il P.A.I. definisce e disciplina le aree così denominate: Aree a pericolosità geomorfologica, Aree

a rischio geomorfologico, Aree a pericolosità idraulica, Aree a rischio idraulico.

Nelle nuove Norme d'Attuazione (anno 2021) il Piano disciplina le aree come segue:

- **Assetto geomorfologico**
 - art. 21. Aree a pericolosità molto elevata (P4) ed elevata (P3)
 - art. 22. Aree a pericolosità media (P2)
 - art. 23. Aree a pericolosità moderata (P1) e bassa (P0)
 - art. 24. Tipologie dei siti di attenzione
- **Assetto idraulico**
 - art. 26. Aree a pericolosità molto elevata (P4) ed elevata (P3);
 - art. 27. Aree a pericolosità media (P2) e moderata (P1).

Nel quadro di riferimento programmatico della SIA sono stati analizzati i piani e i programmi nell'area vasta prodotti da vari Enti Pubblici, a scala regionale, provinciale e comunale, al fine di correlare il progetto oggetto di studio con la pianificazione territoriale esistente.

In particolare, sono stati analizzati i seguenti strumenti di piano:

- Strumenti urbanistici Generali;
- Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR);
- Analisi Aree E Siti Non Idonei e compatibilità Linee Guida (DM2010) e D.P. 10/10/2017;
- Aree protette Natura 2000, SIC e ZPS e Rete Ecologica Siciliana;
- Piano di Assetto Idrogeologico Sicilia (PAI);
- Piano Tutela Delle Acque (PTA);
- Vincolo Idrogeologico.

3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

3.1 Caratteristiche generali del campo eolico

L'impianto eolico per la produzione di energia elettrica avrà le seguenti caratteristiche generali:

- n° 8 aerogeneratori della potenza massima di circa 7,2 MW ciascuno ed avente generatore di tipo asincrono, tipo EnVentus V162-7.2 MW, con diametro del rotore pari a 162 m, altezza mozzo pari a 119 m, per un'altezza massima al tip (punta della pala) pari a 200 m, comprensivi al loro interno di cabine elettriche di trasformazione AT/BT;
- cabina utente, ubicata nei pressi del punto di connessione presso la stazione TERNA da realizzare. Raccoglie le linee AT di interconnessione del parco eolico, consentendo poi la trasmissione dell'intera potenza del parco eolico al punto di consegna mediante un raccordo in cavo interrato (36 kV);

- rete elettrica interrata a 36 kV per l'interconnessione tra gli aerogeneratori e la cabina utente e tra quest'ultima e la stazione Terna;
- rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare;
- impianti di messa a terra.

L'area di progetto, intesa come quella occupata dagli 8 aerogeneratori di progetto con annessi piazzole, i cavidotti AT di connessione tra gli aerogeneratori e quello di connessione alla cabina utente e alla stazione Terna, interessa il territorio comunale di Piana degli Albanesi (AG), censito al NCT ai fogli di mappa nn. 19, 20, 22, 23, ed il territorio comunale di Monreale (AG), censito al NCT ai fogli 128 e 129.

Di seguito, si riporta la tabella riepilogativa in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore le relative coordinate (WGS84 – UTM zone 33S) e le particelle catastali, con riferimento al catasto dei terreni dei Comuni di Piana degli Albanesi e Monreale.

WTG	COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84		COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84		DATI CATASTALI		
	LATITUDINE	LONGITUDINE	EST (X)	NORD (Y)	Comune	foglio	p.lle
1	37°56'42.99	13°18'55.05	351972	4201082	Piana degli Albanesi	19	69, 76
2	37°56'15.11	13°18'30.05	351346	4200233	Piana degli Albanesi	22	78
3	37°55'54.96	13°19'6.06	352214	4199596	Piana degli Albanesi	23	65
4	37°55'49.52	13°19'26.11	352701	4199420	Piana degli Albanesi	23	100, 195
5	37°55'37.54	13°19'40.25	353039	4199044	Piana degli Albanesi	23	103, 104
6	37°55'22.59	13°19'3.11	352124	4198601	Piana degli Albanesi	22	132, 185
						23	74
					Monreale	129	89
7	37°55'10.57	13°17'47.58	350274	4198263	Monreale	128	39, 41, 87, 89
8	37°54'53.70	13°18'16.43	350968	4197730	Monreale	128	465, 506

4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'area interessata dall'impianto eolico ricade all'interno dei bacini idrografici del "Fiume Belice", censito dal P.A.I. al numero 057.

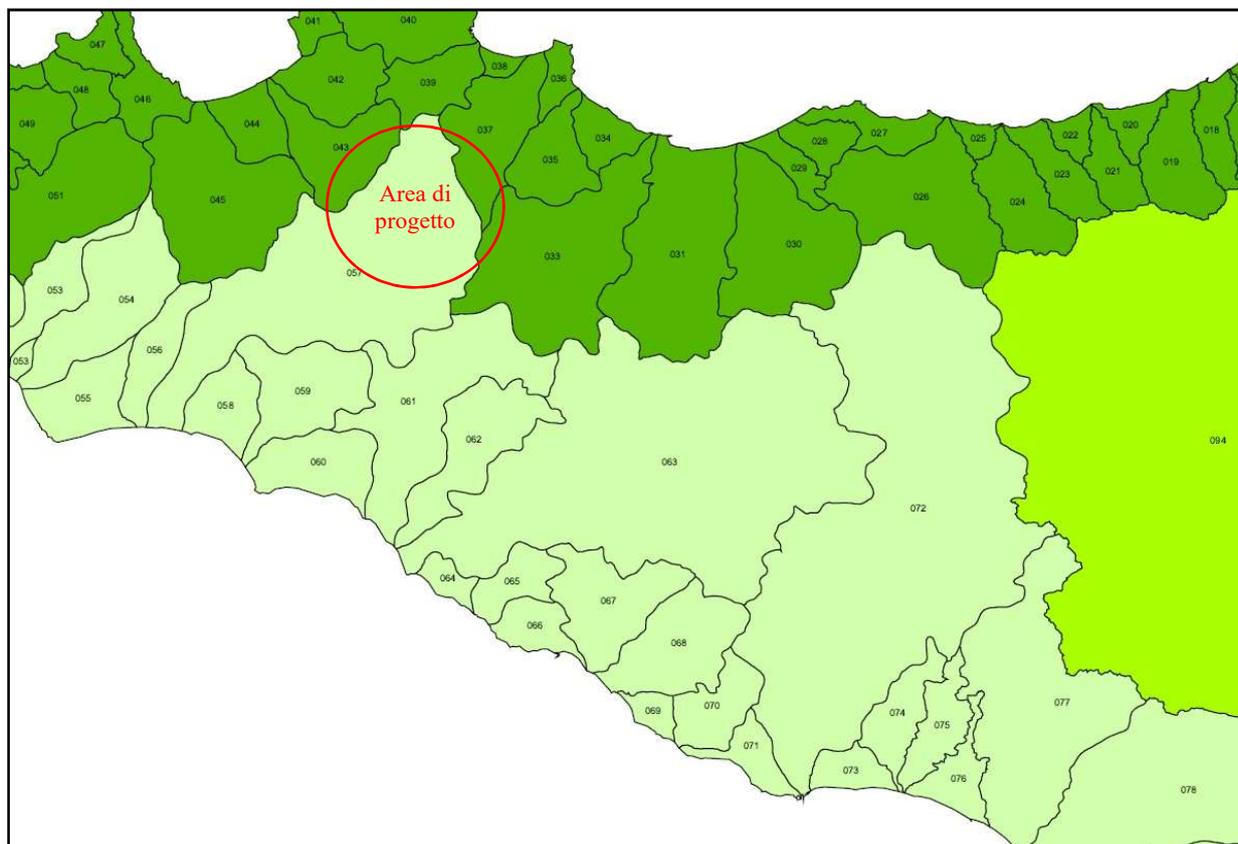


Figura 2: Stralcio dei Bacini idrografici della Regione Sicilia

Il Fiume Belice presenta un ampio bacino idrografico che si sviluppa dai Monti di Palermo a Nord alle spiagge del Mediterraneo a SW. L'assetto geomorfologico presenta pertanto caratteri variabili, da quelli tipici dell'entroterra isolano a quelli delle fasce costiere meridionali e sud-occidentali.

Il bacino del Fiume Belice si sviluppa lungo una direttrice NE-SW dalle aree a sud dei Monti di Palermo fino alla costa meridionale della Sicilia, tra Punta Granitola e Capo S. Marco. Esso confina, nella zona settentrionale, con i bacini del F. Jato e del F. Oreto; ad occidente lo spartiacque è comune con il bacino del Fiumefreddo e a SW con quello del F. Modione. Dal lato orientale, da nord a sud confina con i bacini del F. San Leonardo, F. Verdura, F. Carboj e con alcuni bacini minori. Presenta un bacino idrografico complessivo di circa 955,5 kmq.

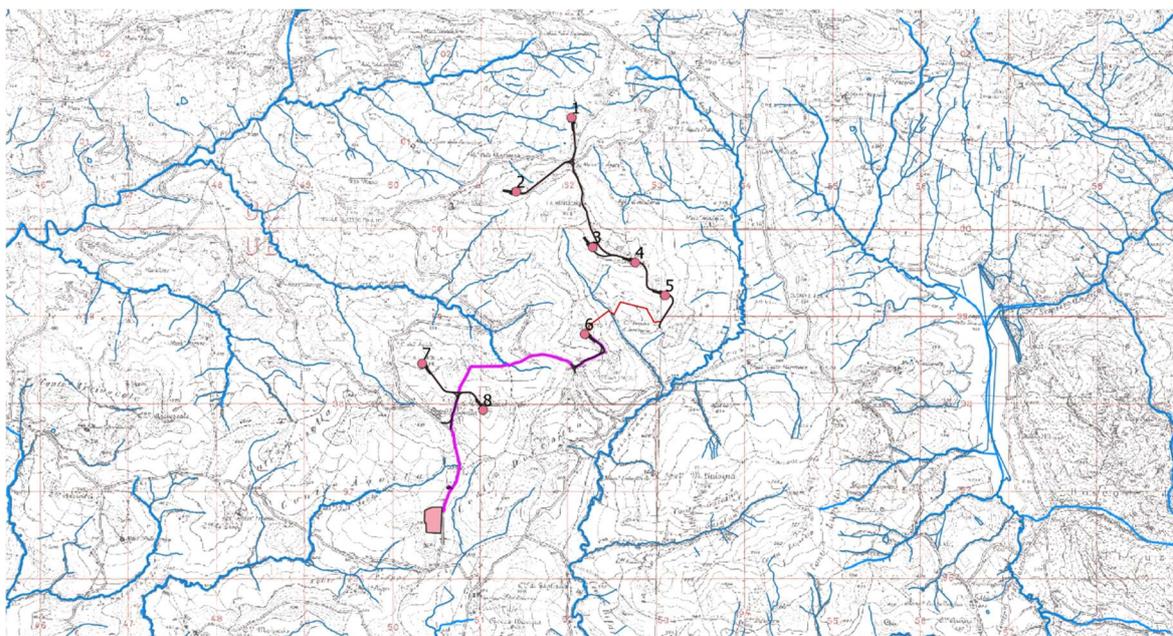


Figura 3: Reticoli idrografici su IGM 25.000

Per definire il microclima dell'area territoriale dei bacini idrografici del Fiume Belice, sono stati considerati gli elementi climatici *temperatura e piovosità* registrati presso le stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche situate all'interno dell'area in esame o limitrofe ad essa. Le stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche presenti nel bacino del Fiume Belice, secondo i dati presenti nel P.A.I. del bacino di appartenenza, sono le seguenti:

STAZIONE	LOCALITA'	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Lat.	Long.
Diga Arancio	Diga Arancio	Pluviometro	190	4.166.991	327.930
Montevago	Montevago	Pluviometro	460	4.176.394	320.777
Partanna	Partanna	Termo-pluviometro	407	4.176.557	313.430
Castelvetrano	Castelvetrano	Termo-pluviometro	190	4.173.062	304.528
Gibellina	Gibellina	Pluviometro	410	4.183.792	320.937
Roccamena	Roccamena	Pluviometro	480	4.189.005	337.194
Corleone	Corleone	Termo-Pluviometro	594	4.186.905	350.362
Ficuzza	Ficuzza	Termo-Pluviometro	681	4.194.198	356.380
Piana degli Albanesi	Piana degli Albanesi	Pluviometro	740	4.205.426	349.235
Piana dei Greci	Piana dei Greci	Pluviometro	616	4.203.576	349.201
San Giuseppe Jato	San Giuseppe Jato	Termo-Pluviometro	450	4.203.743	340.416

Figura 4: Elenco delle stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche del bacino del F. Belice

La stazione pluviometrica in prossimità dell'impianto eolico in esame è la *Stazione di Piana degli Albanesi (PA)*, come si può notare dall'immagine seguente.

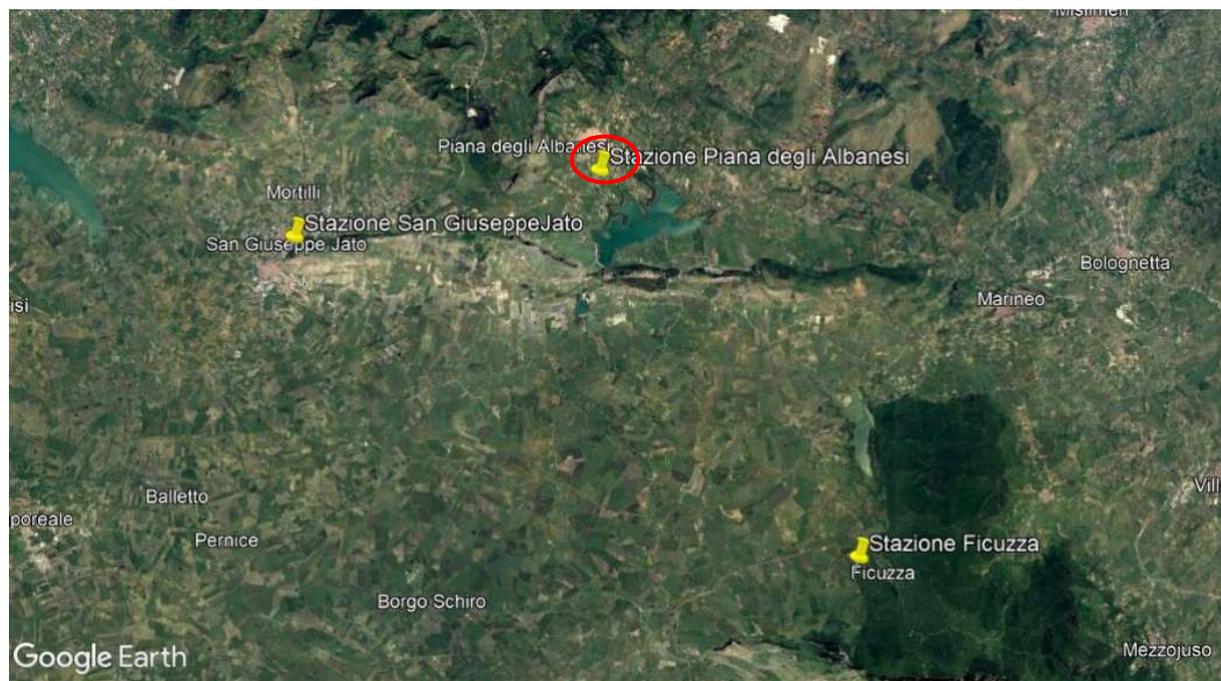


Figura 5: Ubicazione delle stazioni pluviometriche con indicazione dell'impianto

Di seguito si riporta, per l'ultimo trimestre dell'anno corrente 2022, le informazioni registrate mese per mese dei valori dell'altezza di pioggia e dei giorni piovosi.

Data	Direzione vento 2m media oraria (°)	Precipitazioni totali orarie (mm)	Pressione atmosferica istantanea ridotta (hPa)	Radiazione solare totale oraria (MJ/mq)	Temperatura aria media oraria (°C)	Umidità relativa media oraria (R)	Velocità vento 2m massima oraria (m/s)	Velocità vento 2m media oraria (m/s)
04/09/2022 00:00	191	0	1018	0	24,7	28	7,5	4,3
04/09/2022 01:00	195	0	1018,2	0	24,3	26	7,1	4,3
04/09/2022 02:00	197	0	1019,3	0	24,5	26	8	4,7
04/09/2022 03:00	183	0	1019,3	0	24,6	30	8,1	4,6
04/09/2022 04:00	185	0	1019,9	0	23,7	44	8,5	4,7
04/09/2022 05:00	188	0	1019,5	0	23,2	96	6,2	3,2
04/09/2022 06:00	199	0	1018,6	0,2	24,4	65	5,3	2,2
04/09/2022 07:00	276	0	1018,3	1	27	29	4,1	1,4
04/09/2022 08:00	306	0	1018,8	1,6	28,3	28	5,3	2
04/09/2022 09:00	325	0	1018,9	2,2	30,1	24	3,6	1,2
04/09/2022 10:00	307	0	1019,2	2,7	30,7	21	6,2	2,3
04/09/2022 11:00	286	0	1018,8	3	31,1	19	8,6	2,9
04/09/2022 12:00	260	0	1018,3	3	30,9	19	7,8	3,7
04/09/2022 13:00	289	0	1018,6	2,8	31,4	19	8,8	3,7
04/09/2022 14:00	286	0	1018,3	2,4	30,7	19	7,3	3,1
04/09/2022 15:00	277	0	1019,6	2	30	19	6,9	3,5
04/09/2022 16:00	283	0	1019,4	0,9	28,5	22	6,3	2,5
04/09/2022 17:00	329	0	1019,3	0,5	28,2	25	2,8	0,8
04/09/2022 18:00	236	0	1020,4	0	25	41	2,6	0,8
04/09/2022 19:00	182	0	1021,2	0	22,9	50	2,6	1,3
04/09/2022 20:00	174	0	1021,2	0	23,9	43	3,6	1,5
04/09/2022 21:00	179	0	1021,4	0	23	39	3,3	2
04/09/2022 22:00	185	0	1021,7	0	22,8	38	3,3	2,1
04/09/2022 23:00	178	0	1021,8	0	22,1	39	2,5	1,5
05/09/2022 00:00	184	0	1022,2	0	21,1	46	2,3	1,4

Figura 6: Dati misurati dalla stazione meteo della Stazione di Piana degli Albanesi

Secondo le perimetrazioni del P.A.I., gli aerogeneratori di progetto, con le relative piazzole e opere di rete, risultano tutti esterni alle aree a pericolosità idraulica P4, P3, P2 e P1.

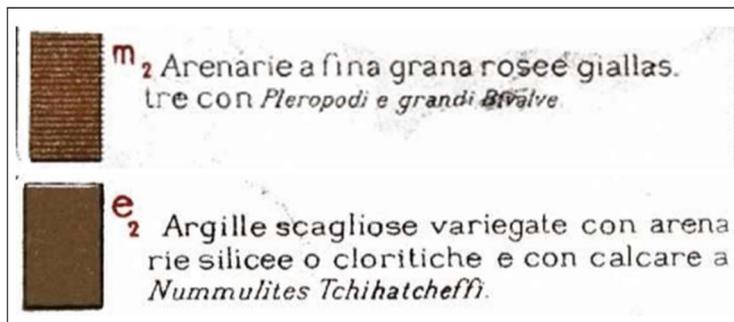


Figura 8: Inquadramento geologico

5. STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico ha la finalità di definire le portate generate da un bacino idrografico in conseguenza ad eventi meteorici con prefissato tempo di ritorno. Nello specifico, il P.A.I. della Regione Sicilia ha individuato i tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni, per la definizione degli scenari rispettivamente di alta, media e bassa pericolosità idraulica.

Lo studio idrologico si compone delle seguenti fasi:

1. analisi morfologica per la determinazione delle caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici;
2. analisi pluviometrica per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno;
3. trasformazione afflussi - deflussi per il calcolo della portata al colmo di piena.

5.1 Analisi morfologica

L'analisi morfologica consiste nella delimitazione dei bacini idrografici affluenti e nella determinazione delle caratteristiche morfometriche degli stessi. I bacini sono determinati sulla base del modello digitale del terreno (Digital Elevation Model – DEM), mediante procedure automatiche in ambiente GIS. È stato utilizzato il DTM 2x2 m disponibile sul WebGis.

Per poter stimare gli afflussi meteorici e valutare le portate di piena, sono stati calcolati i contributi dei vari sottobacini idrografici. L'analisi idrologica è, quindi, rivolta ai diversi bacini di studio:

Bacini	Area (Kmq)	Lasta (Km)	Hmax (m.s.l.m)	Hmin (m.s.l.m)	Hmean (m.s.l.m)	Dislivello (m)	imedia bacino (%)	iasta (%)	iasta (m/m)
Bacino 1	0.79	1.40	728.86	547.86	617.29	181.00	21.68	12.93	0.13
Bacino 2	1.02	1.60	864.34	645.53	747.29	218.81	29.00	13.68	0.14
Bacino 3	0.08	0.45	627.47	558.35	595.54	69.12	16.56	15.36	0.15

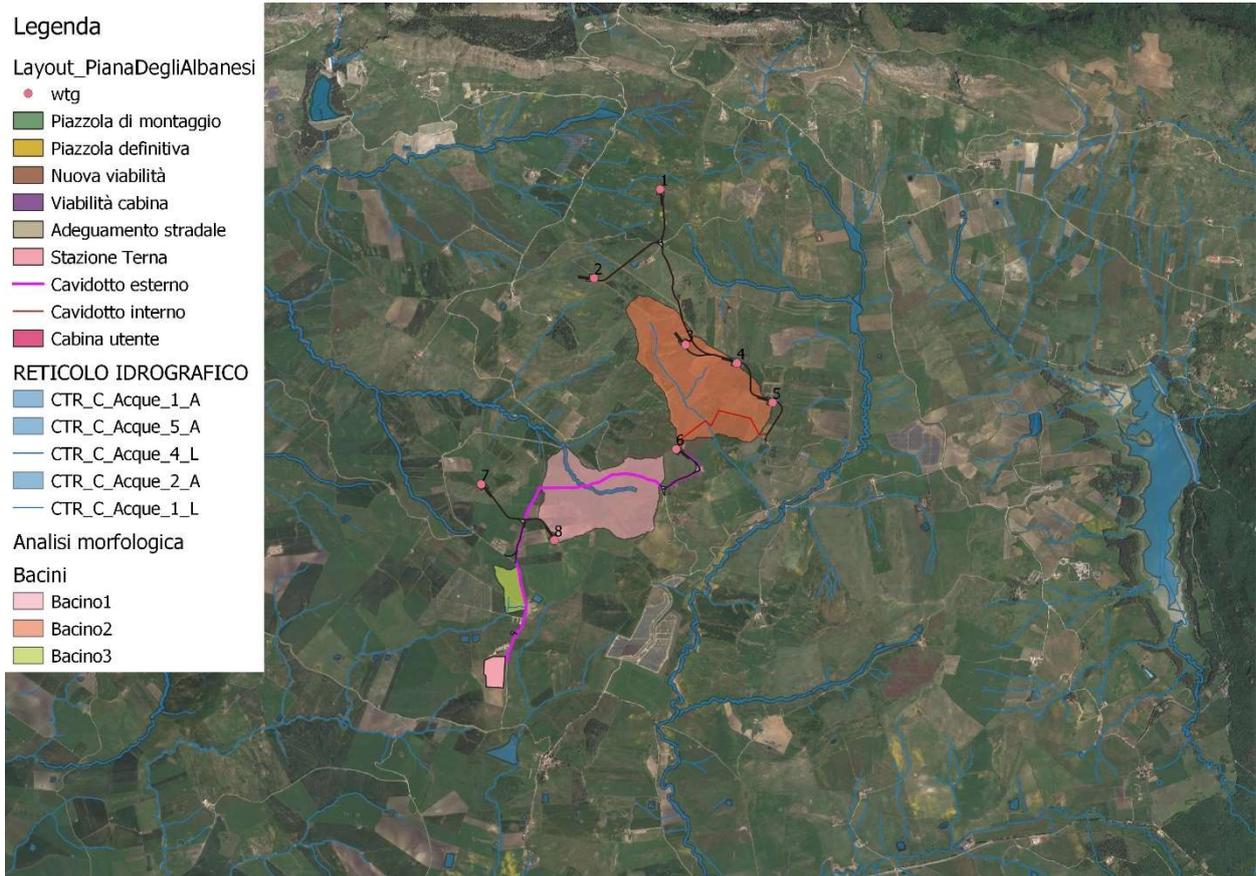


Figura 9: Inquadramento bacini idrografici con layout di progetto

5.2 Analisi pluviometrica

L'analisi pluviometrica consiste nella determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (C.P.P.) per diversi tempi di ritorno, curve che esprimono la relazione tra le altezze di precipitazione e la durata dell'evento meteorico ed è del tipo: $h = a \cdot t^n$.

La pioggia è all'origine del processo di formazione delle portate di piena nei bacini idrografici relativi all'area in esame. I fenomeni meteorologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi da non potere essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali e al contorno note. Pertanto, sotto il profilo pratico, lo studio delle piogge si limita ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche.

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

Nel *primo livello di regionalizzazione* si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico G_t delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata t sia costante per la regione Sicilia. La Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri $\Theta^*=2.24$ e $\Lambda^*=0.71$ sono costanti ed indipendenti dalla durata t .

Il *secondo livello di regionalizzazione* riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica.

Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee: Z0 –Z5, Z1, Z2, Z3, Z4. A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro λ_1 (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base), che risulta indipendente dalla durata. Le sottozone Z0 e Z5 possono anche essere "unite" e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro λ_1 .

In ogni sottozona, il fattore di crescita K_T in funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia e del tempo di ritorno T , assume la seguente espressione: $K_T = a * \ln(T) + b$

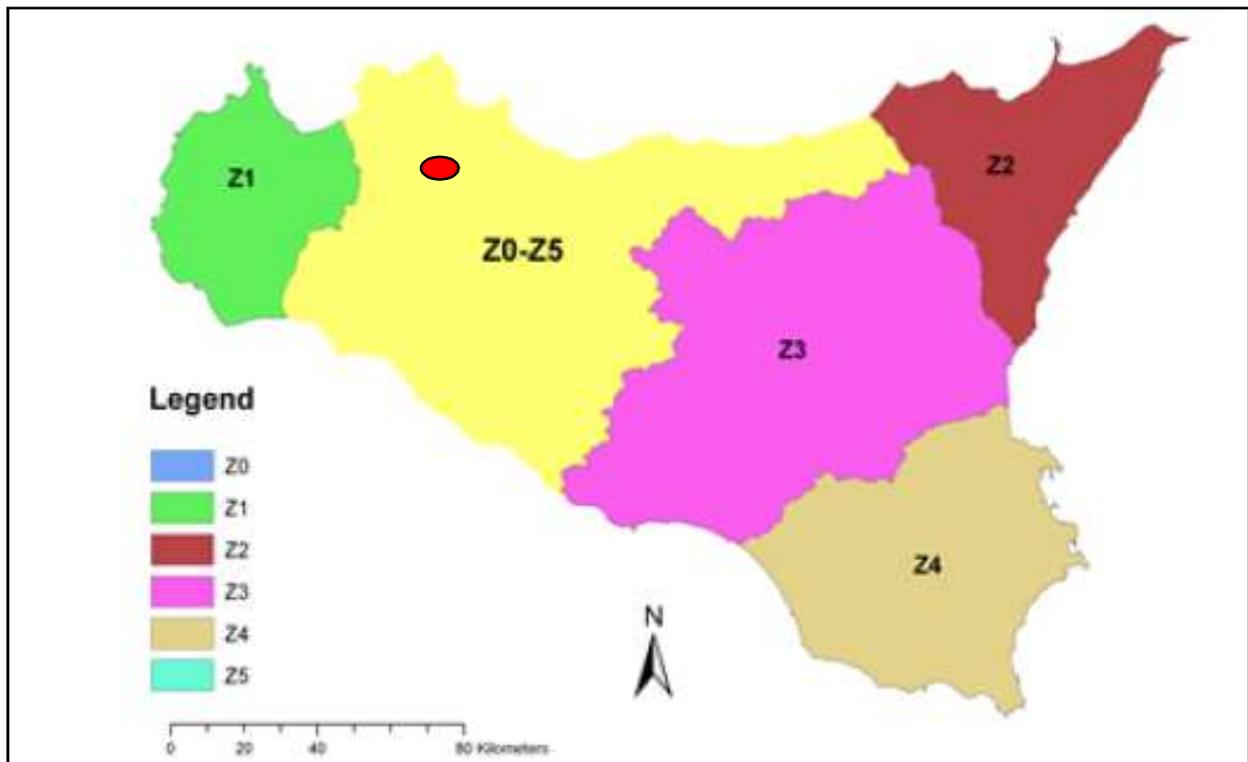


Figura 10: Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia con la zona di impianto (cerchio in rosso)

<i>Sottozona</i> <i>Parametro</i>	<i>Z₀-Z₅</i>	<i>Z₁</i>	<i>Z₂</i>	<i>Z₃</i>	<i>Z₄</i>
<i>a</i>	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
<i>b</i>	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Figura 11: Valori dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita

Nel caso in esame, i bacini idrografici del presente studio ricadono nella zona omogenea Z0-Z5; il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione K_T è pari a:

$$K_T = 0.4485 \cdot \ln(T) + 0.5117.$$

a	b	T	KT
0.4485	0.5117	50	2.27
0.4485	0.5117	100	2.58
0.4485	0.5117	300	3.07

Al terzo livello di regionalizzazione, è possibile ricavare l'espressione della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) per i diversi tempi di ritorno: $h(t, T) = K_T * h$; in cui $h(t, T)$ è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno, K_T è il fattore di crescita e h è la media teorica.

Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica h risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata t : $h = a \cdot t^n$.

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 . Nelle seguenti figure è possibile vedere la variazione dei coefficienti a ed n per la regione Sicilia (*Lo Conti et al, 2007*).

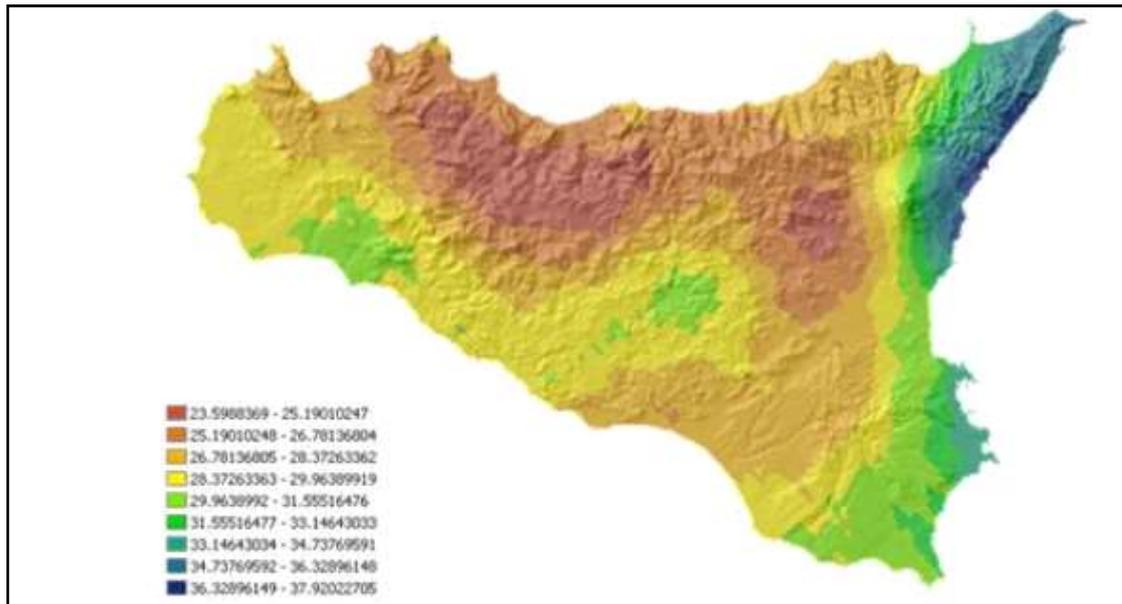


Figura 12: Valori del coefficiente a

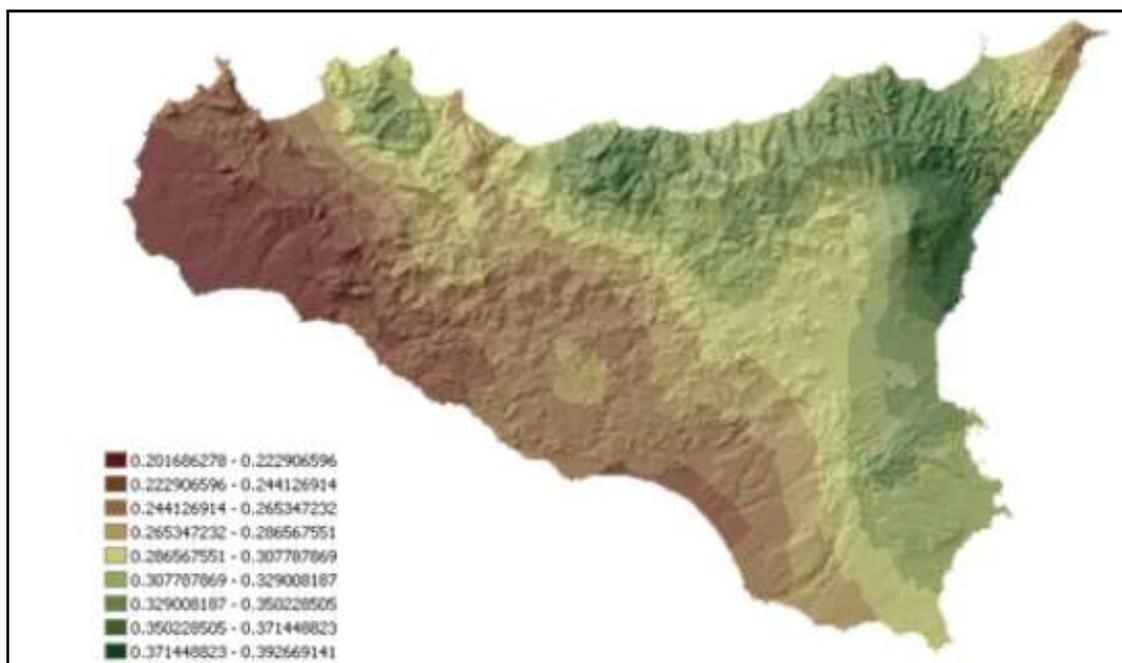


Figura 13: Valori del coefficiente n

La stazione pluviometrica di riferimento è la stazione meteo di **Piana degli Albanesi (PA)**, i cui valori di a e n sono rispettivamente pari a $a=21.70$ e $n=0.4126$.

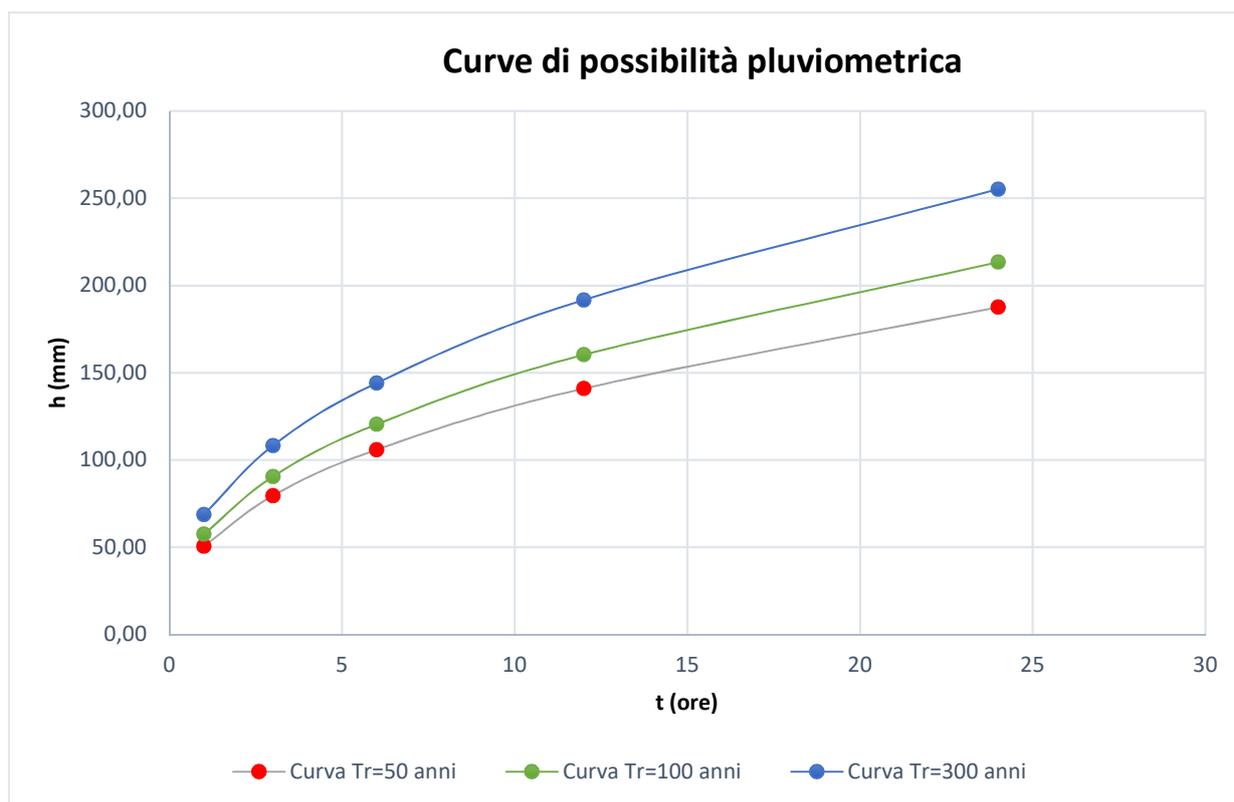
64	Castelvetrano	Modione	24,7	0,2596
65	Piana degli Albanesi	Belice	21,7	0,4126
66	Casa Dingoli	Belice	25,7	0,4020
67	S. Cristina Gela	Belice	24,5	0,3835
68	Piana dei Greci M.	Belice	22,4	0,3940
69	Piana dei Greci P.	Belice	24,4	0,4398

L'espressione analitica della C.P.P. è la seguente: **$h(t) = 21.70 * t^{0.4126}$** .

A questo punto è possibile calcolare il valore dell'altezza di pioggia in funzione della durata di pioggia e per i diversi tempi di ritorno.

t (ore)	a	n	h (mm)	KT 50	h50 (mm)	KT 100	h100 (mm)	KT 300	h300 (mm)
1	21.70	0.4126	21.70	2.33	50.56	2.65	57.51	3.17	68.79
3	21.70	0.4126	34.14	2.33	79.56	2.65	90.48	3.17	108.24
6	21.70	0.4126	45.45	2.33	105.90	2.65	120.44	3.17	144.07
12	21.70	0.4126	60.50	2.33	140.96	2.65	160.32	3.17	191.77
24	21.70	0.4126	80.53	2.33	187.63	2.65	213.39	3.17	255.27

Tr (anni)	50	100	300
t (ore)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1	50.56	57.51	68.79
3	79.56	90.48	108.24
6	105.90	120.44	144.07
12	140.96	160.32	191.77
24	187.63	213.39	255.27



La principale caratteristica delle misure di precipitazione è quella di essere *puntuali*, cioè di riferirsi al punto in cui è posizionato lo strumento.

La quantità di precipitazione che affluisce in un fissato intervallo di tempo in una data *area* deve essere valutata, in linea di principio, a partire dalle misure puntuali effettuate dalle stazioni di misura ricadenti nell'area o in essa limitrofe.

Tuttavia, data la vicinanza della stazione considerata ai bacini scolanti e le ridotte dimensioni di tali bacini ($S < 20 \text{ km}^2$), non si individuano le superfici di influenza e non verrà effettuato il ragguglio spaziale delle precipitazioni.

5.3 Modello afflussi-deflussi

Le portate di progetto sono state calcolate attraverso *metodi indiretti*, che consentono la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che cadono sui diversi bacini.

Secondo le N.T.A. del P.A.I., nel caso di bacini idrografici di limitata estensione (fino a 20 km^2) si può ricorrere per la determinazione della portata di massima piena al *Metodo Razionale*.

La *formula razionale* consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno T mediante la seguente relazione:

$$Q_T = \frac{\varphi \cdot i_T \cdot S}{3,6}$$

dove:

- Q_T è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T ed è espressa in m^3/s ;
- φ è il coefficiente di deflusso adimensionale;
- i_T è l'intensità critica della precipitazione, di assegnato tempo di ritorno, corrispondente al tempo di corrivazione, espressa in mm/h ;
- S è la superficie del bacino espressa in km^2 ;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

Dopo avere ricostruito le curve di possibilità pluviometrica è necessario individuare *l'intensità critica di precipitazione*, cioè l'intensità di quella pioggia, supposta anche uniformemente distribuita sul bacino, che determina la portata massima nell'idrogramma di piena di tempo di ritorno T . La pioggia critica è quella di durata pari al *tempo di corrivazione o concentrazione* t_c , definito come segue:

- il tempo di corrivazione di un bacino è il tempo necessario alla goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino;
- il tempo di corrivazione è quel tempo che eguagliato alla durata della precipitazione determina il raggiungimento del valore più elevato di portata nella sezione di chiusura del bacino, mettendo in crisi la rete idrografica.

Esso può essere calcolato tramite diverse formule, tra cui quelle utilizzate sono:

- Pugliesi: $6 * Lasta^{2/3} * (Q_{max} - Q_{min})^{-1/3}$
- Pezzoli: $0.055 * L / i_a^{0.5}$
- Kirpich: $0.000325 * (L * 1000)^{0.77} * i_b^{-0.385}$
- Ventura: $0.1272 * (A / i_a)^{0.5}$

dove:

A (km^2) = area del bacino idrografico

L (km) = lunghezza dell'asta principale

Q_{max} (m) = quota massima del bacino idrografico

Q_{min} (m) = quota minima del bacino idrografico

Q_{med} (m) = quota media del bacino idrografico

i_a (m/m) = pendenza media dell'asta principale

i_b (m/m) = pendenza media del bacino idrografico

Bacini	Puglisi	Pezzoli	Kirpich	Ventura	media	t_c (ore)
Bacino 1	1.33	0.21	0.15	0.31	0.503	0.50
Bacino 2	1.36	0.24	0.15	0.35	0.525	0.55
Bacino 3	0.86	0.06	0.07	0.09	0.271	0.30

A questo punto è possibile calcolare le intensità critica di precipitazione i_T :

Bacini	$t=t_c$ (ore)	h_{50} (mm)	i_{50} (mm/h)	h_{100} (mm)	i_{100} (mm/h)	h_{300} (mm)	i_{300} (mm/h)
Bacino 1	0.50	41.59	83.19	47.31	94.61	56.59	113.18
Bacino 2	0.55	42.62	77.48	48.47	88.13	57.98	105.42
Bacino 3	0.30	36.52	121.73	41.53	138.44	49.68	165.61

La stima del valore di ϕ , coefficiente di deflusso, relativamente a ciascuna superficie omogenea (tipo di suolo, tessitura, caratteristiche locali di permeabilità) è stata condotta facendo riferimento ai valori tabellati da Benini (*Sistemazioni idraulico-forestali, 1990*).

Nello specifico, si sono utilizzati i seguenti valori del coefficiente di afflusso:

- $\phi=0.35/0.40$ per terreni agricoli con colture permanenti;
- $\phi=0.35/0.40$ per terreni agricoli seminativi
- $\phi=0.30$ per terreni boscati e ambienti semi naturali con vegetazioni arbustive e erbacee.

Nel caso in esame, è stato utilizzato un valore pari a 0.4 corrispondente a una classe di uso del suolo classificati come seminativi con tratti destinati a vigneti.

Bacini	S (km ²)	ϕ	i_{50} (mm/h)	Q_{50} (mc/s)	i_{100} (mm/h)	Q_{100} (mc/s)	i_{300} (mm/h)	Q_{300} (mc/s)
Bacino 1	0.79	0.35	83.19	6.39	94.61	7.27	113.18	8.69
Bacino 2	1.02	0.35	77.48	7.68	88.13	8.74	105.42	10.45
Bacino 3	0.08	0.35	121.73	0.95	138.44	1.08	165.61	1.29

Si hanno le seguenti portate al colmo di piena per tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni:

Bacini	Q_{50} (mc/s)	Q_{100} (mc/s)	Q_{300} (mc/s)
Bacino 1	6.39	7.27	8.69
Bacino 2	7.68	8.74	10.45
Bacino 3	0.95	1.08	1.29

6. CONCLUSIONI

Sulla base dello studio idrologico svolto, che ha portato alla definizione delle portate di piena transistanti nei corsi d'acqua per tempi di ritorno assegnati, è stato condotto lo studio idraulico consistente nella modellazione idraulica bidimensionale dei corpi idrici che interferiscono con l'impianto eolico, svolta in condizioni di moto non stazionario per tempo di ritorno di 100 anni, per la quale si rimanda alla "Relazione Idraulica" allegata al progetto definitivo.