

Akra Wind Srl

Parco Eolico Akra Wind sito nel Comune di Canicattì (AG)

Relazione idrologica

Luglio 2022



Committente:

Akra Wind Srl

Akra Wind Srl

Via Sardegna, 40

00187 Roma

P.IVA/C.F. 16277251001

Titolo del Progetto:

Parco Eolico Akra Wind sito nel Comune di Canicattì (AG)

Documento:

Relazione idrologica

N° Documento:

IT-VesAKR-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	30/07/2022	Emissione	Matarrese	Miglionico	Pomponio

Sommario

1. PREMESSA.....	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE	4
4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	6
5. STUDIO IDROLOGICO	13
1.1 Analisi morfologica	13
1.2 Analisi pluviometrica.....	14
1.3 Modello afflussi-deflussi	19
6. CONCLUSIONI.....	23

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 **Akra 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 9 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 64,8 MW, da realizzarsi nel territorio comunale di Canicattì (AG) e delle relative opere di connessione alla RTN mediante la realizzazione di una Sottostazione Elettrica di trasformazione MT/AT che si collegherà con cavidotto AT alla Stazione Elettrica Terna nel Comune di Favara (AG).

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.

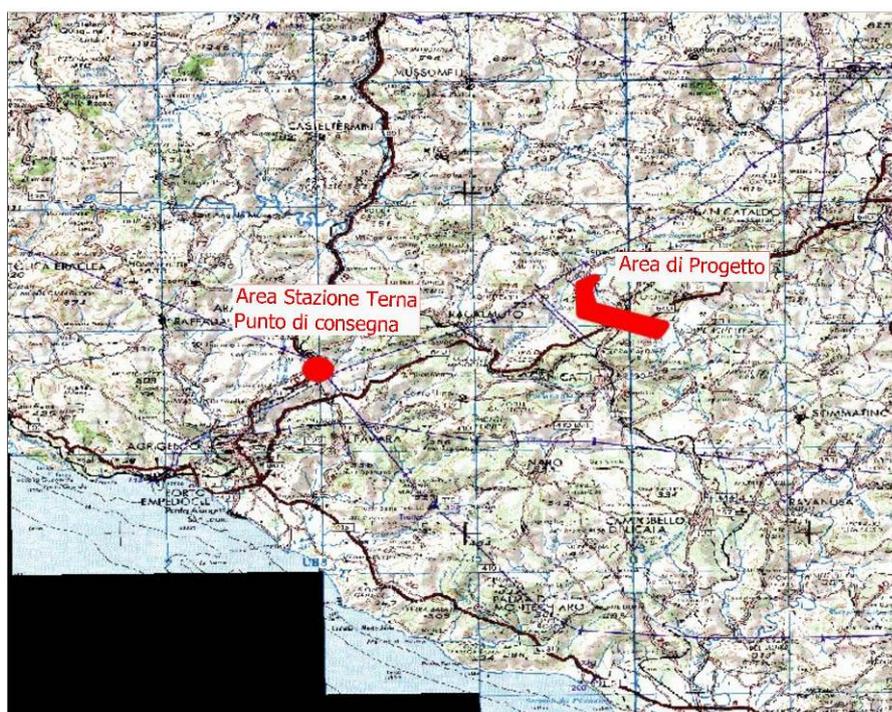


Figura 1- Inquadramento geografico

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

Il layout dell'impianto eolico (con l'ubicazione degli aerogeneratori, il percorso dei cavidotti e delle opere accessorie per il collegamento alla rete elettrica nazionale) come riportato nelle tavole grafiche allegate, è stato progettato sulla base dei seguenti criteri:

- Analisi vincolistica: si è accuratamente evitato di posizionare gli aerogeneratori o le opere connesse in corrispondenza di aree vincolate.
- Distanza dagli edifici abitati o abitabili: al fine di minimizzare gli ipotetici disturbi causati dalle emissioni sonore dell'impianto in progetto, si è deciso di mantenere un buffer di almeno 300 metri da tutti gli edifici abitati o abitabili, che come norma progettuale si ritiene ampiamente sufficiente a garantire il rispetto dei limiti di legge in materia di inquinamento acustico (v. paragrafo dedicato);
- Minimizzazione dell'apertura di nuove strade: il layout è stato progettato in modo da ridurre al minimo indispensabile la realizzazione di nuove strade, anche ottica di non eccedere nei frazionamenti dei terreni e loro proprietà.

L'impianto oggetto di studio si basa sul principio secondo il quale l'energia del vento viene captata dalle macchine eoliche che la trasformano in energia meccanica e quindi in energia elettrica per mezzo di un generatore: nel caso specifico il sistema di conversione viene denominato aerogeneratore.

La bassa densità energetica prodotta dal singolo aerogeneratore per unità di superficie comporta la necessità di progettare l'installazione di più aerogeneratori nella stessa area.

L'impianto sarà costituito dai seguenti sistemi:

- di produzione, trasformazione e trasmissione dell'energia elettrica;
- di misura, controllo e monitoraggio della centrale;
- di sicurezza e controllo.

L'impianto di produzione sarà costituito da 9 aerogeneratori, ognuno della potenza di 7,2 MW ciascuno per una potenza complessiva nominale di 64,80 MW.

Gli aerogeneratori saranno ubicati in agro di Canicattì (AG), ad una distanza minima dal centro abitato di circa 4 km, secondo una distribuzione che ha tenuto conto dei seguenti fattori:

- condizioni geomorfologiche del sito;
- direzione principale del vento;
- vincoli ambientali e paesaggistici;
- distanze di sicurezza da infrastrutture e fabbricati;
- pianificazione territoriale ed urbanistica in vigore;

il tutto come meglio illustrato nello studio di impatto ambientale e relativi allegati.

I terreni sui quali si installerà il parco eolico, interessa una superficie molto vasta, ma la quantità di suolo effettivamente occupato sarà significativamente inferiore e limitato alle aree di piazzole dove verranno installati gli aerogeneratori, le opere di rete (cavidotti e sottostazione) e la viabilità di servizio all'impianto, come constatabile sugli elaborati planimetrici allegati al progetto.

L'area di progetto, intesa come quella occupata dai 9 aerogeneratori di progetto con annesso piazzole, i cavidotti MT di connessione e la Sottostazione Elettrica di trasformazione AT/MT interessa il territorio comunale di Canicattì (AG), censito al NCT ai fogli di mappa nn. 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 23, 26 e 29.

Il cavidotto AT di connessione tra la sottostazione utente e la Stazione Elettrica Terna di Favara si estende per circa 22 km, sviluppandosi per lo più in banchina alla viabilità esistente e attraversando oltre che il territorio del comune di Canicattì, anche i comuni di Racalmuto (fogli di mappa nn. 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 58, e 60), Grotte (fogli di mappa nn. 18, 19 e 20), Comitini (fogli di mappa nn. 19 e 20) e Favara (fogli di mappa nn. 3, 4 e 7).

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

Tabella dati geografici e catastali degli Aerogeneratori:

WTG	COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84		COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84		DATI CATASTALI		
	LATITUDINE	LONGITUDINE	EST (X)	NORD (Y)	Comune	foglio	p.lle
1	37° 23' 34.11"	13° 53' 25.53"	401783	4139027	Canicattì	29	194
2	37° 24' 2.07"	13° 53' 44.68"	402264	4139883	Canicattì	26	22
3	37° 23' 47.49"	13° 53' 36.56"	402059	4139436	Canicattì	26	64, 67
4	37° 24' 51.21"	13° 50' 40.05"	397743	4141452	Canicattì	2	82
5	37° 24' 28.57"	13° 50' 7.33"	396930	4140764	Canicattì	1	62
7	37° 26' 5.29"	13° 50' 43.39"	397853	4143734	Canicattì	2	201, 202
8	37° 25' 49.45"	13° 50' 4.27"	396885	4143257	Canicattì	2	297
9	37° 25' 29.09"	13° 50' 23.92"	397361	4142624	Canicattì	2	320
10	37° 25' 47.96"	13° 50' 28.42"	397478	4143204	Canicattì	2	116
SSE	37° 24' 22.10"	13° 50' 12.84"	397063	4140563	Canicattì	1	446

Gli aerogeneratori saranno ad asse orizzontale, costituiti da un sistema tripala, con generatore di tipo asincrono. Il tipo di aerogeneratore da utilizzare verrà scelto in fase di progettazione esecutiva dell'impianto; le dimensioni previste per l'aerogeneratore tipo e che potrebbe essere sostituito da uno ad esso analogo:

- diametro del rotore pari 162 m,

- altezza mozzo pari a 119 m,
- altezza massima al tip (punta della pala) pari a 200 m.

4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'area interessata dall'impianto eolico ricade all'interno dei bacini idrografici del "Fiume Platani" e del "Fiume Imera Meridionale", mentre le opere di connessione ricadono parzialmente all'interno del bacino idrografico del "Fiume San Leone", censiti dal P.A.I. rispettivamente ai numeri 063, 072 e 067.

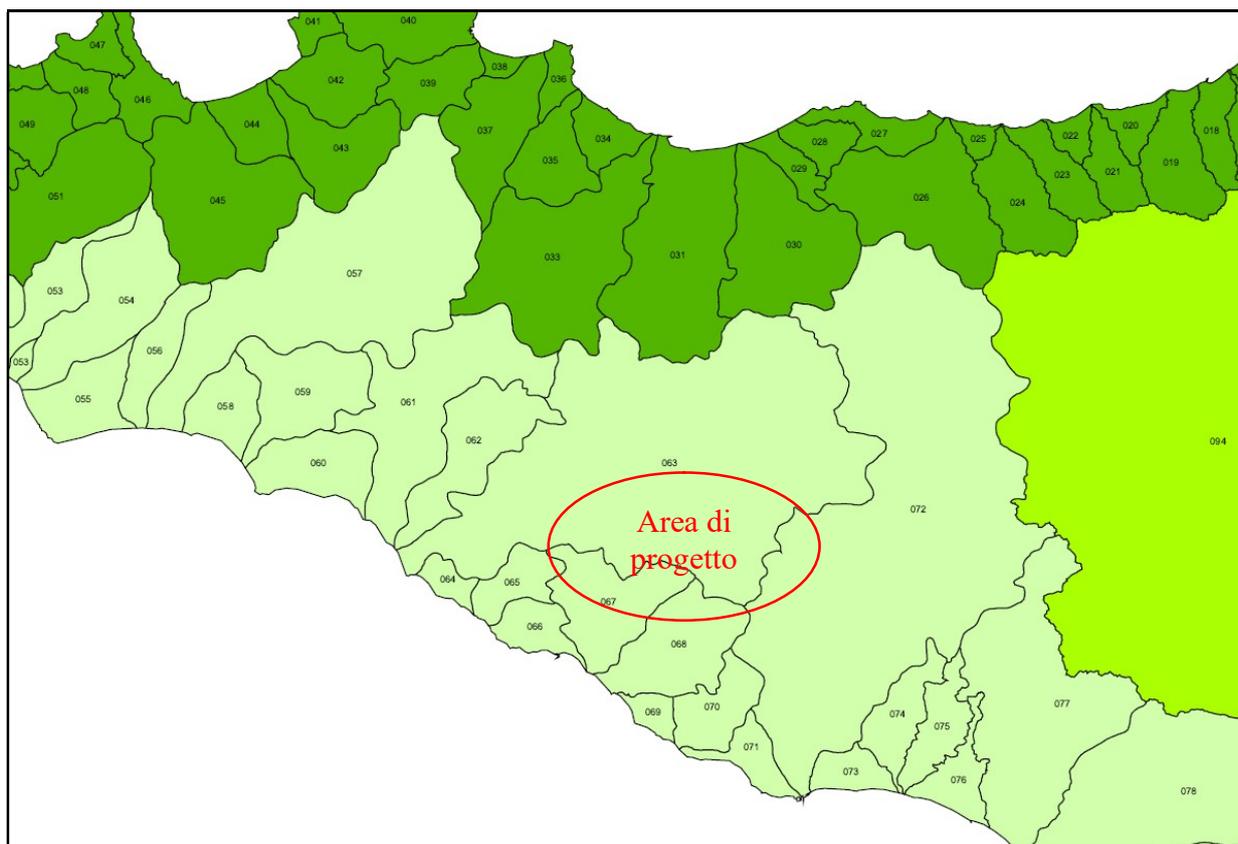


Figura 2: Stralcio dei Bacini idrografici della Regione Sicilia

Il Fiume Platani nasce in prossimità di S. Stefano di Quisquina presso Cozzo e si sviluppa per circa 103 km. Il Platani si inserisce tra il bacino del fiume Magazzolo a Ovest e il bacino del Fosso delle Canne ad Est e ha un bacino idrografico complessivo di circa 1777,4 kmq.

Il Fiume Imera Meridionale, invece, lungo circa 132 km, nasce a Portella Mandarini sul versante meridionale delle Madonie e, dopo aver attraversato la Sicilia centro-meridionale, sfocia nel Canale di Sicilia in corrispondenza dell'abitato di Licata, in provincia di Agrigento.

Lungo il suo percorso riceve gli apporti di numerosi corsi d'acqua secondari ed accoglie i deflussi di un considerevole numero di linee di drenaggio minori.

Il Fiume San Leone è delimitato:

- ad Ovest dal Bacino imbrifero del F. Fosse delle Canne (065) ed a Sud – Ovest dal bacino dell'area intermedia compresa tra il F. Fosse delle Canne e F. San Leone (066);
- ad Est dal F. Naro
- a Nord dal bacino imbrifero del F. Platani.

Esso sorge alle pendici dei monti Guastanella (608 m s.l.m.) e Montagna del Comune (649 m s.l.m.), nel territorio del Comune di S. Elisabetta e scende verso valle lungo un percorso di circa 26 km, attraversando i Comuni di Raffadali, Joppolo Giancaxio e Agrigento, per sfociare infine, nel Mar Mediterraneo, in località San Leone nel territorio comunale di Agrigento.

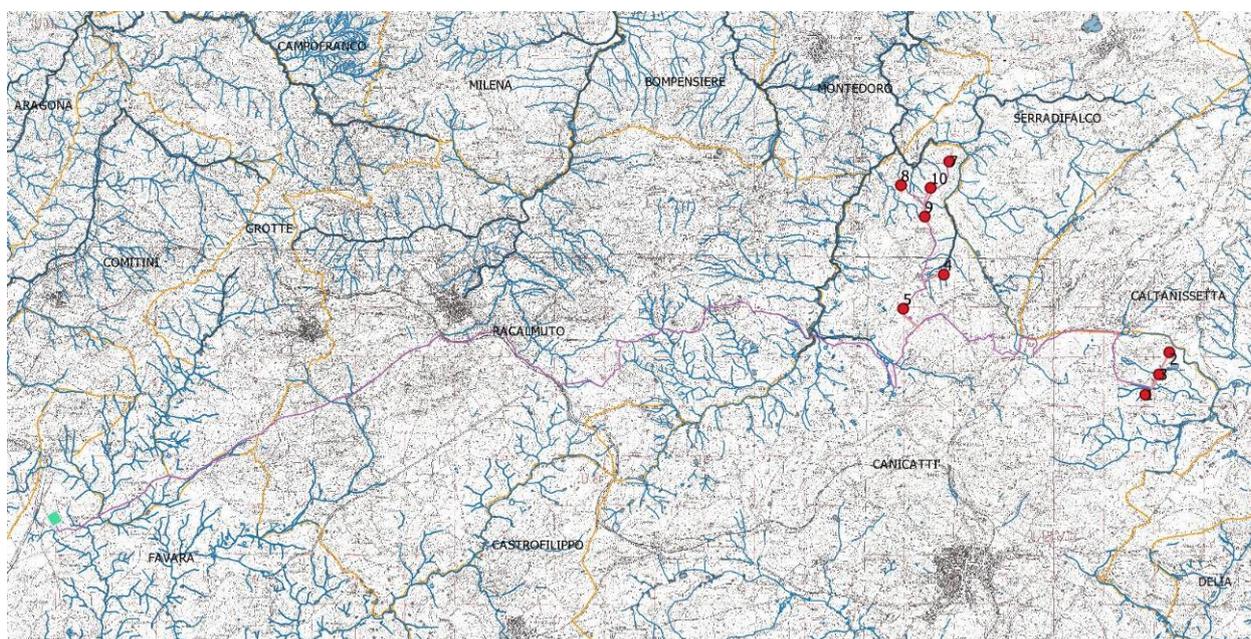


Figura 3: Reticoli idrografici su IGM 25.000

Per definire il microclima dell'area territoriale dei bacini idrografici del Fiume Platani, del Fiume Imera Meridionale e del Fiume San Leone, 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 Platani, secondo i dati presenti nel P.A.I. del bacino di appartenenza, sono le seguenti:

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Nord	Est
BOMPENSIERE	1965-1994	Pluviometro	260	4147400N	392400E
CANICATTI'	1965-1994	Pluviometro	470	4139936N	398210E
CASTELTERMINI	1965-1994	Pluviometro	554	4154964N	380718E
CASTRONOVO DI SICILIA	1965-1994	Pluviometro	682	4171672N	376548E
CIANCIANA	1965-1994	Pluviometro	477	4153412N	361542E
LERCARA FRIDDI	1965-1994	Termo-pluviometro	658	4177220N	376631E
MARIANOPOLI	1965-1994	Pluviometro	720	4162050N	404360E
MUSSOMELI	1965-1994	Pluviometro	750	4160390N	389620E
RACALMUTO	1965-1994	Termo-pluviometro	475	4140068N	387883E
S. BIAGIO PLATANI	1965-1994	Pluviometro	416	4151420N	370352E
S. CATERINA VILLARMOSA	1965-1994	Pluviometro	606	4160090N	414640E
VALLEDOLMO	1965-1994	Pluviometro	790	4178787N	397217E
VALLELUNGA PRATAMENO	1965-1994	Pluviometro	460	4171390N	397120E

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

Le stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche presenti nel bacino del Fiume Imera Meridionale, invece, sono le seguenti:

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Nord	Est
ALIMENA	1965-1994	Pluviometro	750	4172966N	422127E
CALTANISSETTA	1965-1994	Termo-pluviometro	570	4148970N	417480E
ENNA	1965-1994	Termo-pluviometro	950	4158040N	436700E
GANGI	1965-1994	Pluviometro	1000	4183995N	429568E
LICATA	1965-1994	Termo-pluviometro	142	4106565N	405211E
MAZZARINO	1965-1994	Termo-pluviometro	560	4128520N	429090E
PETRALIA SOTTANA	1965-1994	Termo-pluviometro	930	4184090N	419297E
PIETRAPERZIA	1965-1994	Pluviometro	525	4141500N	423300E
RESUTTANO	1965-1994	Pluviometro	642	4171190N	414760E
RIESI	1965-1994	Pluviometro	369	4126760N	418740E
S. CATALDO	1965-1994	Pluviometro	625	4149040N	410110E
S. CATERINA VILLARMOSSA	1965-1994	Pluviometro	606	4160090N	414640E
SOMMATINO	1965-1994	Pluviometro	369	4132400N	409930E
VILLAROSA	1965-1994	Pluviometro	525	4159980N	426420E

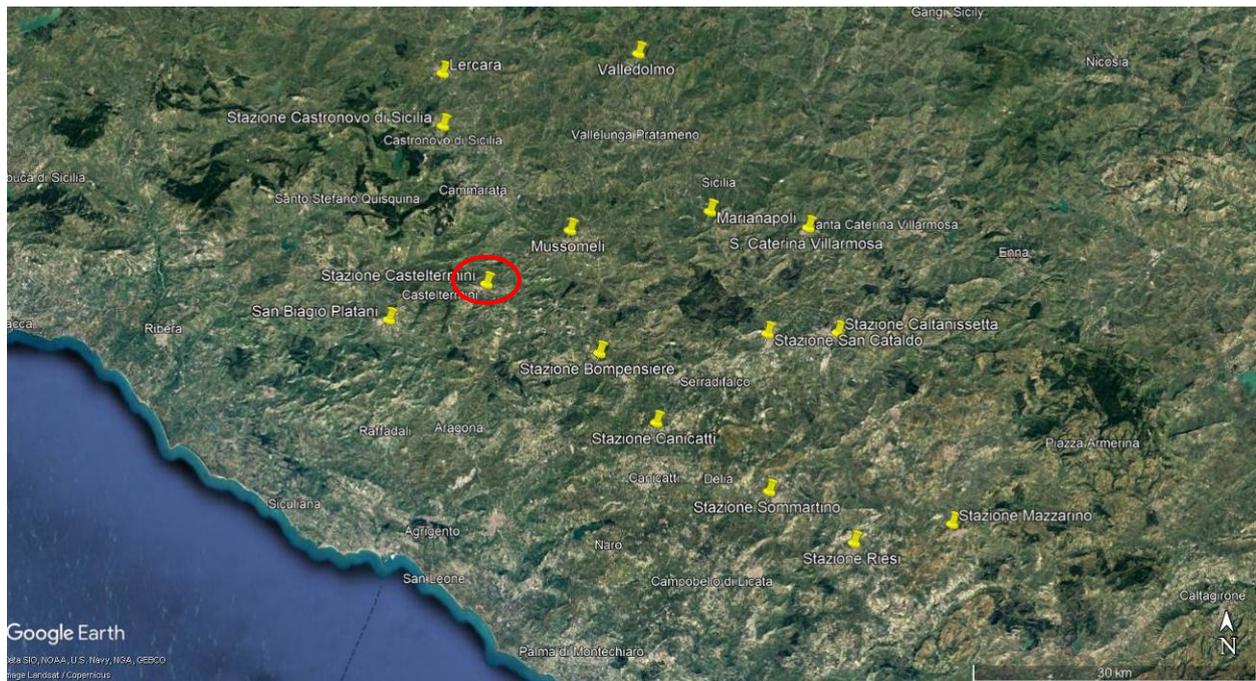
Figura 5: Elenco delle stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche del bacino del F. Imera Meridionale

Le stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche presenti nel bacino del Fiume San Leo invece, sono le seguenti:

STAZIONE	ANNI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Northing	Easting
AGRIGENTO	1965-1994	Termo-pluviometro	313	4131033N	372989E
RACALMUTO	1965-1994	Termo-pluviometro	475	4140068N	387883E
RAFFADALI	1965-1994	Pluviometro	440	4140324N	370179E

Figura 6: Elenco delle stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche del bacino del F. San Leone

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


Figura 7: 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.

Stazioni	maggio 2022									giugno 2022									luglio 2022									Ultimo giorno piovoso *
	Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (S) **			Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (S) **			Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (S) **												
	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec										
Messina	8,6	0,6	32,4	20	0	18,2	20,4	0	0,2	20	0	0	0,4	...	...	0	...	...	10/06/2022					
Militeo Rosmarino	25,6	0	2,2	40	0	9,1	15,4	0	0	10	0	0	...	...	0	...	...	...	10/06/2022				
Mazzeotta	70,2	0	2,8	50	0	9,1	36,4	0,8	0	10	0	0	...	...	0	...	...	...	10/06/2022				
Montalbano Elicona	8,4	0	0	20	0	0	24,2	0	0	10	0	0	...	...	0	...	...	...	10/06/2022				
Naso	36,2	0	4	40	0	18,2	2,4	0	0	10	0	0	...	...	0	...	...	...	10/06/2022				
Novara di Sicilia	25,4	0	15,6	40	0	9,1	6,4	0	0	10	0	0	...	...	0	...	...	...	10/06/2022				
Patti	18,4	0,4	2,4	30	0	9,1	4,4	0	0	20	0	0	...	...	0	...	...	...	10/06/2022				
Pettinco	29	0	9,2	50	0	9,1	7,2	0	0	10	0	0	...	...	0	...	...	...	10/06/2022				
San Fratello	42,3	4,5	1,1	60	20	9,1	23,3	0,2	0	10	0	0	0,1	...	...	0	...	...	10/06/2022					
San Pier Niceto	25,6	2,2	30,8	30	0	18,2	17	1,2	0,4	10	0	0	0,4	...	...	0	...	...	10/06/2022					
Torregrotta	45,6	0	28,8	20	0	18,2	17,4	0	0	20	0	0	...	...	0	...	...	...	10/06/2022				
Agriporto Mandracina	13,2	0	7,6	20	0	9,1	0	9	0	10	0	0	...	...	0	...	...	...	18/06/2022				
Agriporto Scibica	56,8	0,2	6,2	50	0	9,1	0	0	0	0	0	0	...	...	0	...	...	...	28/05/2022				
Aragona	40,8	1,2	10,4	40	10	9,1	0	0	0	0	0	0,4	...	...	0	...	...	...	28/05/2022				
Bivona	76	0,4	8,4	50	0	9,1	0	0	0	0	0	0	...	...	0	...	...	...	28/05/2022				
Cammarata	50,4	0,2	1,4	40	0	9,1	1,8	0	0	10	0	0	...	...	0	...	...	...	10/06/2022				
Canicattì	59,6	0,4	3,2	60	0	9,1	0	12	0	0	10	0	...	...	0	...	...	...	18/06/2022				
Lisata	11,8	0	2,4	40	0	9,1	0	1,6	0	0	10	0	...	...	0	...	...	...	18/06/2022				

Figura 8: Dati misurati dalla stazione meteo della Provincia di Agrigento

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.

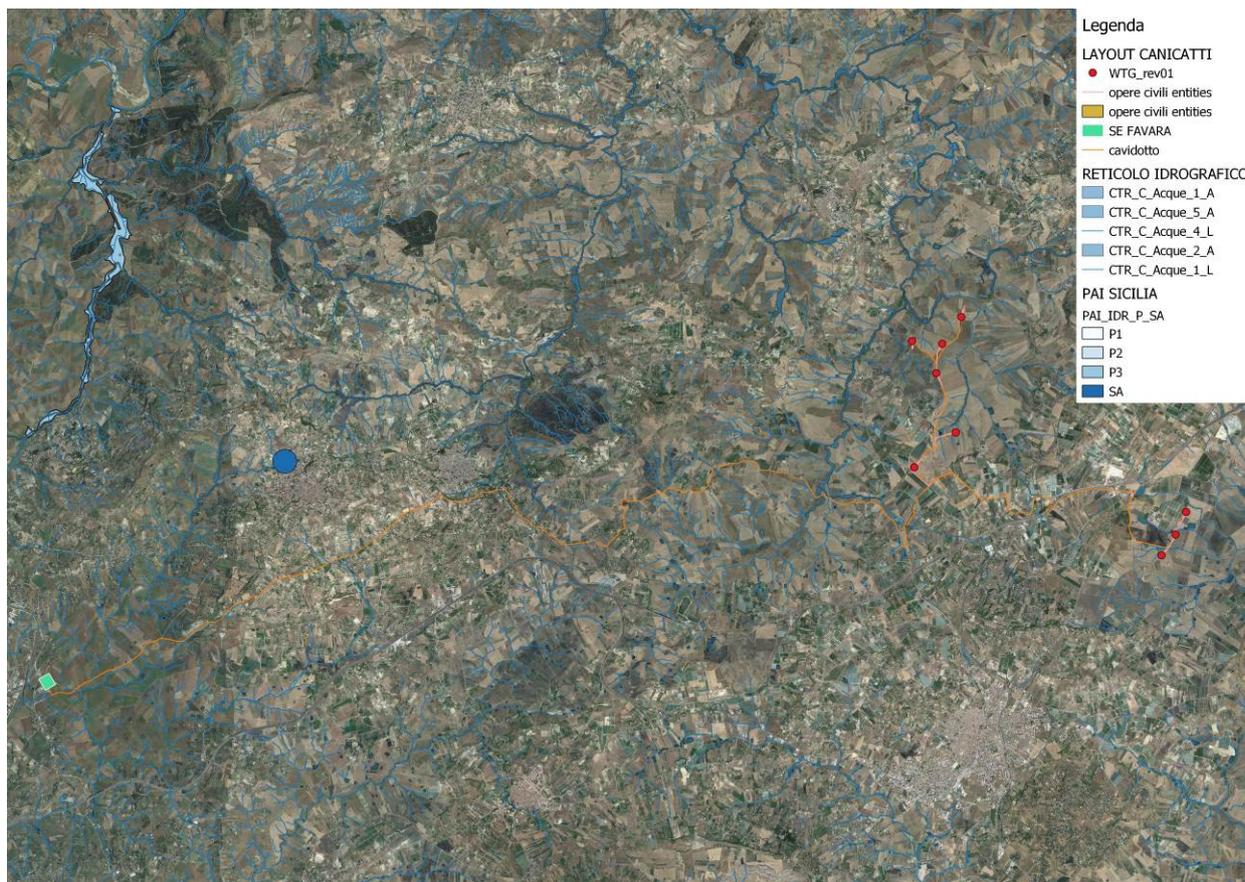


Figura 9: Stralcio delle perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica del PAI

Geologicamente l'area oggetto di studio rientra nel Foglio 267 "Canicattì" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e nel dettaglio l'area di progetto ricade nelle tavolette II-NE e II-SE del Foglio 267 della cartografia dell'I.G.M. in scala 1: 25.000.

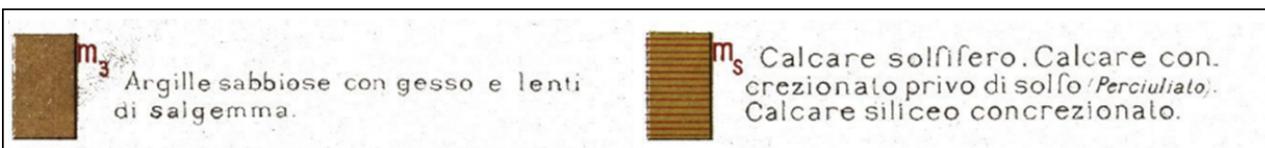


Figura 10: Inquadramento geologico

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.

1.1 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)	L _{asta} (Km)	H _{max} (m.s.l.m)	H _{min} (m.s.l.m)	H _{mean} (m.s.l.m)	Dislivello (m)	i _{media} bacino (%)	i _{asta} (%)	i _{asta} (m/m)
Bacino 1	0.68	1.62	560.61	445.29	502.21	115.32	14.11	7.12	0.07
Bacino 2	0.79	1.76	560.55	450.81	501.34	109.74	10.96	6.24	0.06
Bacino 3	0.08	0.63	502.79	482.38	492.66	20.41	11.13	3.24	0.03
Bacino 4	0.09	0.69	504.73	395.77	444.91	108.96	17.53	15.79	0.16
Bacino 5	0.40	1.03	469.37	383.86	438.77	85.51	11.66	8.30	0.08
Bacino 6	0.18	1.10	536.47	428.7	472.96	107.77	0.15	9.80	0.10
Bacino 7	0.15	1.06	642.52	519.97	579.77	122.55	13.69	11.56	0.12
Bacino 8	0.33	1.33	696.31	521.61	600.54	174.70	18.24	13.14	0.13
Bacino 9	0.79	1.50	704.84	499.69	600.35	205.15	25.79	13.68	0.14
Bacino 10	0.77	1.35	566.51	483.17	522.06	83.34	10.34	6.17	0.06
Bacino 11	0.12	0.65	585.88	476.30	534.12	109.58	21.38	16.86	0.17
Bacino 12	0.33	1.20	587.27	459.28	527.67	127.99	15.33	10.67	0.11

Bacino 13	1.03	1.85	586.59	463.14	530.52	123.45	12.8	6.67	0.07
Bacino 14	0.98	2.00	552.34	396.24	493.00	156.10	19.02	7.81	0.08
Bacino 15	15.80	8.12	606.17	279.4	428.69	326.77	17.41	4.02	0.04
Bacino 16	0.28	0.85	333.43	277.18	307.65	56.25	11.79	6.62	0.07
Bacino 17	15.10	6.53	704.8	365.71	482.61	339.09	17.9	5.19	0.05
Bacino 18	1.97	2.50	520.45	421.69	480.50	98.76	13.45	3.95	0.04
Bacino 19	0.19	0.85	492.57	428.1	466.96	64.47	12.06	7.58	0.08
Bacino 20	0.14	0.84	508.1	387.83	440.84	120.27	18.1	14.32	0.14
Bacino 21	2.86	3.40	544.26	366.29	458.39	177.97	14.33	5.23	0.05
Bacino 22	0.03	0.33	517.57	429.45	490.21	88.12	41.16	26.70	0.27
Bacino 23	0.41	1.40	483.82	365.2	426.02	118.62	15.28	8.47	0.08

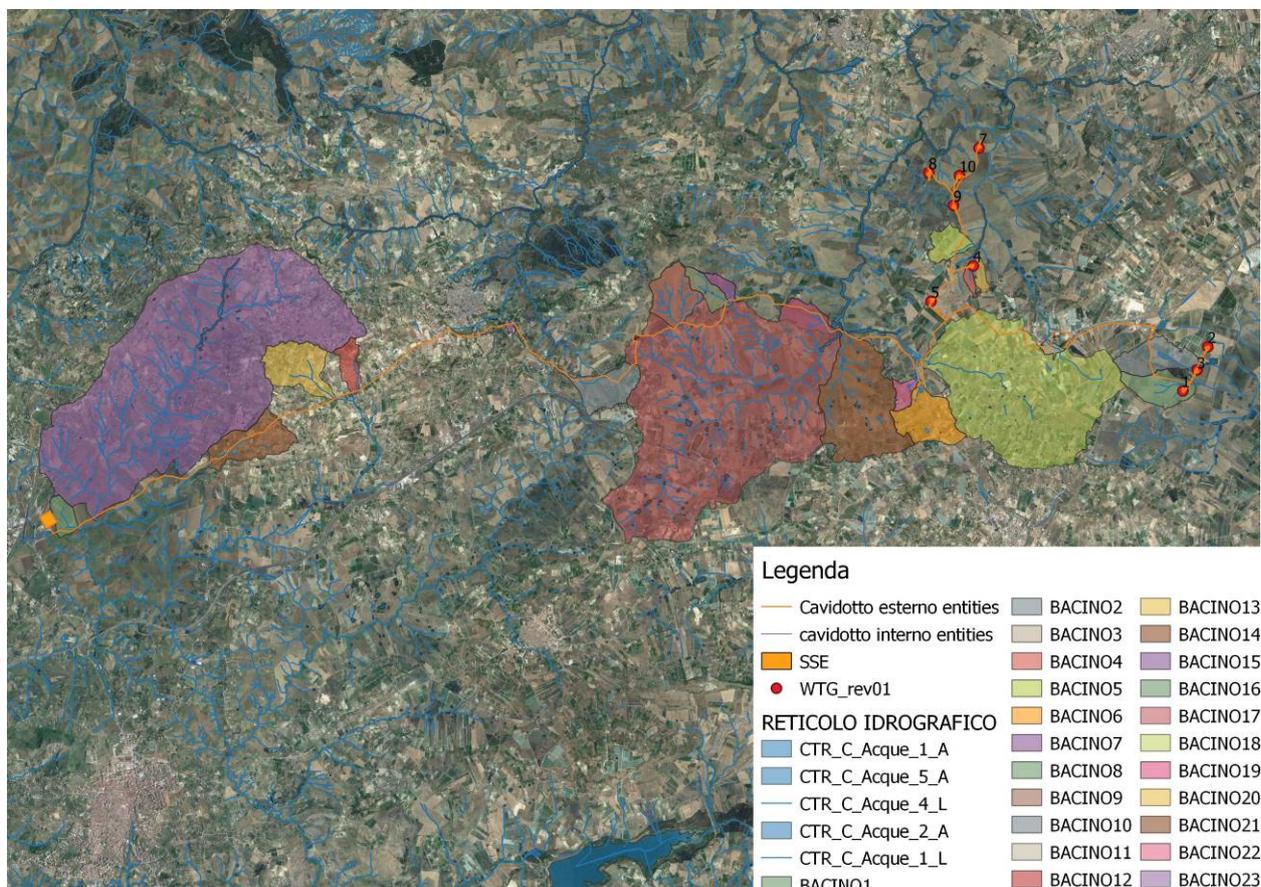


Figura 11: Inquadramento bacini idrografici con layout di progetto

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

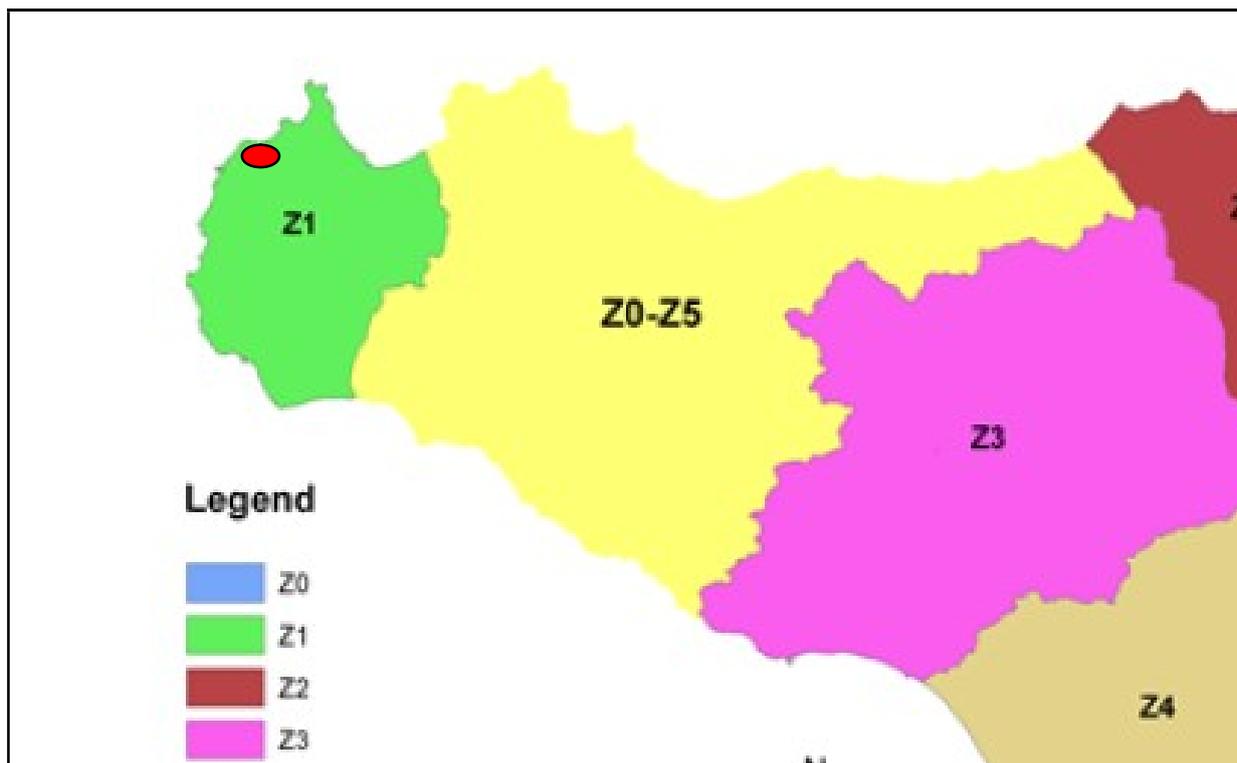


Figura 12: Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia con la zona di impianto (cerchio in rosso)

<i>Sottozona</i>	$Z_0 - Z_5$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
<i>Parametro</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 13: 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*).

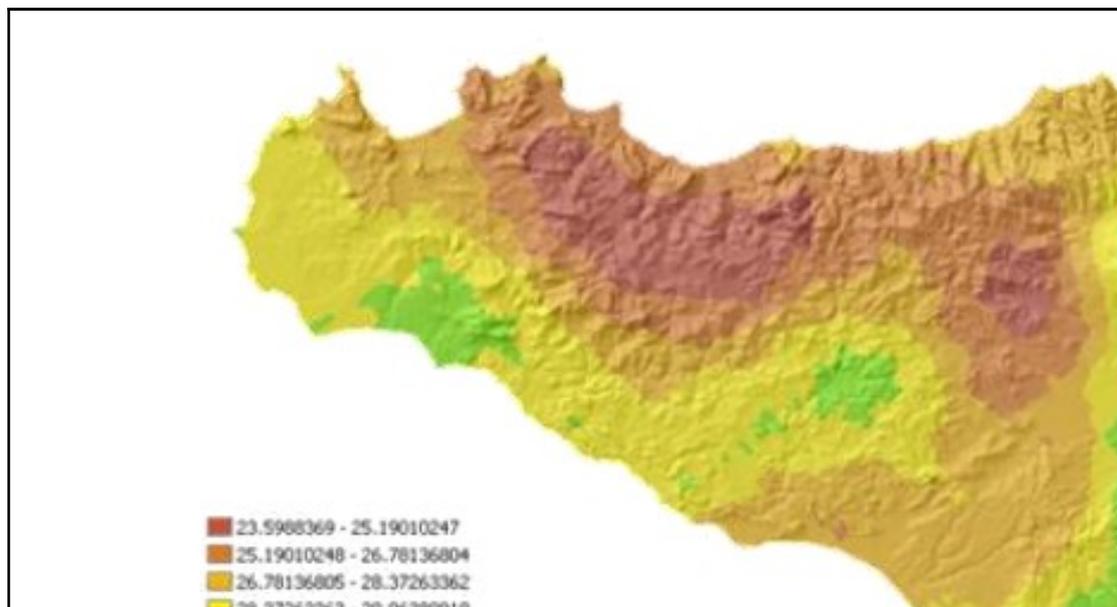


Figura 14: Valori del coefficiente a

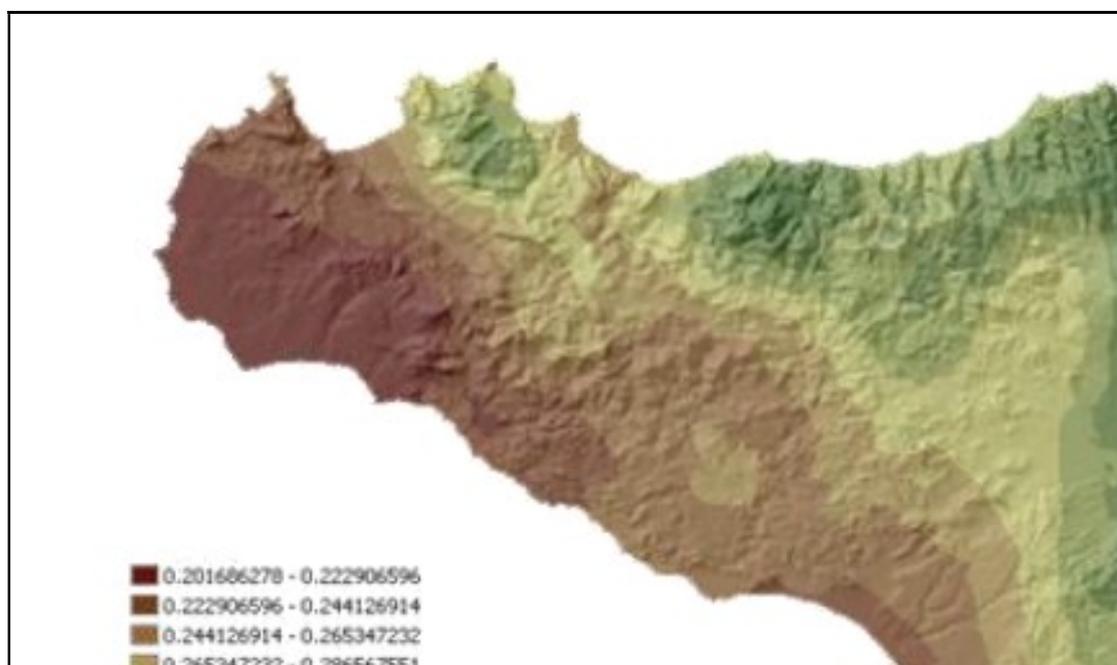


Figura 15: Valori del coefficiente n

La stazione pluviometrica di riferimento è la stazione meteo di **Casteltermeni (AG)**, i cui valori di a e n sono rispettivamente pari a $a=22.00$ e $n=0.3118$.

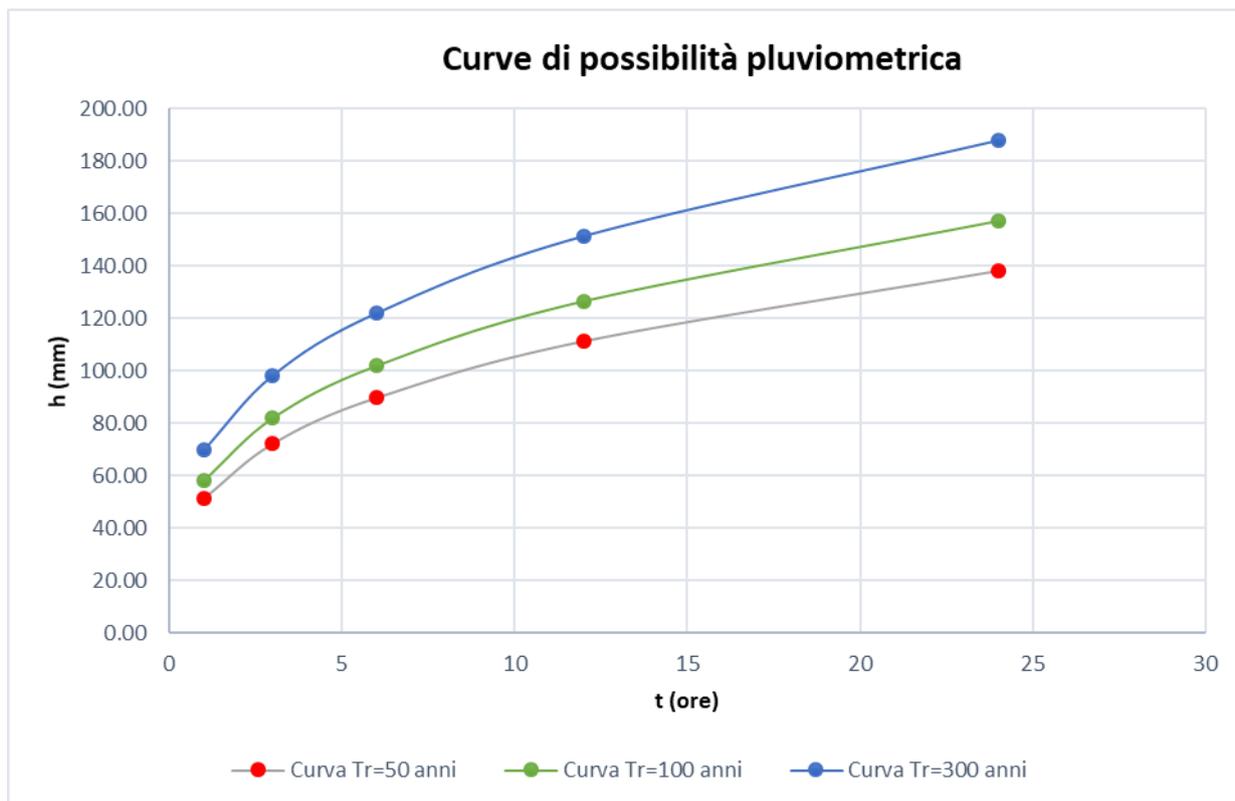
88	Platani (diga)	Platani	24,5	0,3403
89	Castronovo di Sicilia	Platani	23,5	0,3708
90	Casteltermini	Platani	22,0	0,3118
91	S. Caterina Villarmosa	Platani	25,6	0,2518
92	Valledolmo	Platani	24,6	0,2955
93	Marianopoli	Platani	28,9	0,3359
94	Mussomeli	Platani	19,2	0,3154

L'espressione analitica della C.P.P. è la seguente: **$h(t) = 22.00 * t^{0.3118}$** .

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	h ₅₀ (mm)	KT 100	h ₁₀₀ (mm)	KT 300	h ₃₀₀ (mm)
1	22.00	0.3118	22.00	2.33	51.26	2.65	58.30	3.17	69.74
3	22.00	0.3118	30.99	2.33	72.20	2.65	82.12	3.17	98.23
6	22.00	0.3118	38.46	2.33	89.62	2.65	101.93	3.17	121.93
12	22.00	0.3118	47.74	2.33	111.24	2.65	126.52	3.17	151.35
24	22.00	0.3118	59.26	2.33	138.08	2.65	157.04	3.17	187.86

Tr (anni)	50	100	300
t (ore)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1	51.26	58.30	69.74
3	72.20	82.12	98.23
6	89.62	101.93	121.93
12	111.24	126.52	151.35
24	138.08	157.04	187.86



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.

1.3 **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:

$$Q_T = \frac{\varphi \cdot i_T \cdot S}{2.5}$$

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	tc (ore)
Bacino 1	1.70	0.33	0.20	0.39	0.658	0.70
Bacino 2	1.83	0.39	0.24	0.45	0.727	0.75
Bacino 3	1.61	0.19	0.11	0.20	0.529	0.55
Bacino 4	0.98	0.10	0.10	0.10	0.317	0.35
Bacino 5	1.39	0.20	0.16	0.28	0.505	0.50
Bacino 6	1.34	0.19	0.87	0.17	0.646	0.65

Bacino 7	1.26	0.17	0.15	0.14	0.430	0.45
Bacino 8	1.30	0.20	0.16	0.20	0.465	0.50
Bacino 9	1.33	0.22	0.15	0.31	0.504	0.50
Bacino 10	1.68	0.30	0.20	0.45	0.657	0.65
Bacino 11	0.94	0.09	0.09	0.11	0.305	0.30
Bacino 12	1.34	0.20	0.16	0.22	0.482	0.50
Bacino 13	1.82	0.39	0.24	0.50	0.736	0.75
Bacino 14	1.77	0.39	0.21	0.45	0.707	0.70
Bacino 15	3.52	2.23	0.65	2.52	2.230	2.25
Bacino 16	1.41	0.18	0.13	0.26	0.495	0.50
Bacino 17	3.01	1.58	0.55	2.17	1.824	1.85
Bacino 18	2.39	0.69	0.29	0.90	1.068	1.10
Bacino 19	1.34	0.17	0.13	0.20	0.461	0.50
Bacino 20	1.08	0.12	0.11	0.12	0.360	0.40
Bacino 21	2.41	0.82	0.36	0.94	1.132	1.15
Bacino 22	0.64	0.04	0.04	0.04	0.190	0.20
Bacino 23	1.53	0.26	0.18	0.28	0.562	0.60

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	0.70	45.32	64.74	51.54	73.63	61.66	88.08
Bacino 2	0.75	46.12	61.50	52.46	69.94	62.75	83.66
Bacino 3	0.55	42.62	77.48	48.47	88.13	57.98	105.42
Bacino 4	0.35	37.98	108.52	43.20	123.42	51.67	147.64
Bacino 5	0.50	41.59	83.19	47.31	94.61	56.59	113.18
Bacino 6	0.65	44.47	68.42	50.58	77.81	60.50	93.08
Bacino 7	0.45	40.49	89.98	46.05	102.34	55.09	122.42
Bacino 8	0.50	41.59	83.19	47.31	94.61	56.59	113.18
Bacino 9	0.50	41.59	83.19	47.31	94.61	56.59	113.18
Bacino 10	0.65	44.47	68.42	50.58	77.81	60.50	93.08
Bacino 11	0.30	36.52	121.73	41.53	138.44	49.68	165.61
Bacino 12	0.50	41.59	83.19	47.31	94.61	56.59	113.18
Bacino 13	0.75	46.12	61.50	52.46	69.94	62.75	83.66
Bacino 14	0.70	45.32	64.74	51.54	73.63	61.66	88.08
Bacino 15	2.25	61.02	27.12	69.40	30.84	83.02	36.90
Bacino 16	0.50	41.59	83.19	47.31	94.61	56.59	113.18
Bacino 17	1.85	58.05	31.38	66.02	35.69	78.98	42.69
Bacino 18	1.10	50.85	46.23	57.83	52.58	69.18	62.89
Bacino 19	0.50	41.59	83.19	47.31	94.61	56.59	113.18
Bacino 20	0.40	39.30	98.24	44.69	111.73	53.46	133.65
Bacino 21	1.15	51.43	44.72	58.49	50.86	69.97	60.84
Bacino 22	0.20	32.93	164.67	37.46	187.28	44.81	224.03
Bacino 23	0.60	43.57	72.62	49.56	82.59	59.28	98.80

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 0.35 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)	Q₅₀ (mc/s)	i_{100} (mm/h)	Q₁₀₀ (mc/s)	i_{300} (mm/h)	Q₃₀₀ (mc/s)
Bacino 1	0.68	0.35	64.74	4.25	73.63	4.84	88.08	5.79
Bacino 2	0.79	0.35	61.50	4.69	69.94	5.34	83.66	6.39
Bacino 3	0.08	0.35	77.48	0.60	88.13	0.69	105.42	0.82
Bacino 4	0.09	0.35	108.52	0.95	123.42	1.08	147.64	1.29
Bacino 5	0.40	0.35	83.19	3.24	94.61	3.68	113.18	4.40
Bacino 6	0.18	0.35	68.42	1.20	77.81	1.36	93.08	1.63
Bacino 7	0.15	0.35	89.98	1.31	102.34	1.49	122.42	1.79
Bacino 8	0.33	0.35	83.19	2.67	94.61	3.04	113.18	3.63
Bacino 9	0.79	0.35	83.19	6.39	94.61	7.27	113.18	8.69
Bacino 10	0.77	0.35	68.42	5.12	77.81	5.83	93.08	6.97
Bacino 11	0.12	0.35	121.73	1.42	138.44	1.62	165.61	1.93
Bacino 12	0.33	0.35	83.19	2.67	94.61	3.04	113.18	3.63
Bacino 13	1.03	0.35	61.50	6.16	69.94	7.00	83.66	8.38
Bacino 14	0.98	0.35	64.74	6.17	73.63	7.02	88.08	8.39
Bacino 15	15.80	0.35	27.12	41.66	30.84	47.38	36.90	56.68
Bacino 16	0.28	0.35	83.19	2.26	94.61	2.58	113.18	3.08
Bacino 17	15.10	0.35	31.38	46.07	35.69	52.39	42.69	62.67
Bacino 18	1.97	0.35	46.23	8.85	52.58	10.07	62.89	12.05
Bacino 19	0.19	0.35	83.19	1.54	94.61	1.75	113.18	2.09
Bacino 20	0.14	0.35	98.24	1.29	111.73	1.47	133.65	1.75
Bacino 21	2.86	0.35	44.72	12.43	50.86	14.14	60.84	16.92
Bacino 22	0.03	0.35	164.67	0.48	187.28	0.55	224.03	0.65
Bacino 23	0.41	0.35	72.62	2.89	82.59	3.29	98.80	3.94

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	4.25	4.84	5.79
Bacino 2	4.69	5.34	6.39
Bacino 3	0.60	0.69	0.82
Bacino 4	0.95	1.08	1.29
Bacino 5	3.24	3.68	4.40
Bacino 6	1.20	1.36	1.63
Bacino 7	1.31	1.49	1.79

Bacino 8	2.67	3.04	3.63
Bacino 9	6.39	7.27	8.69
Bacino 10	5.12	5.83	6.97
Bacino 11	1.42	1.62	1.93
Bacino 12	2.67	3.04	3.63
Bacino 13	6.16	7.00	8.38
Bacino 14	6.17	7.02	8.39
Bacino 15	41.66	47.38	56.68
Bacino 16	2.26	2.58	3.08
Bacino 17	46.07	52.39	62.67
Bacino 18	8.85	10.07	12.05
Bacino 19	1.54	1.75	2.09
Bacino 20	1.29	1.47	1.75
Bacino 21	12.43	14.14	16.92
Bacino 22	0.48	0.55	0.65
Bacino 23	2.89	3.29	3.94

6. CONCLUSIONI

Sulla base dello studio idrologico svolto, che ha portato alla definizione delle portate di piena transitanti 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.