

Akra Wind Srl

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

Relazione idraulica

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 idraulica

N° Documento:

IT-VesAKR-BFP-GEO-TR-003

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	1
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE	3
4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	6
5. STUDIO IDROLOGICO	12
6. STUDIO IDRAULICO.....	13
6.1 Analisi idraulica con $Tr = 100$ anni.....	14
7. INTERFERENZE CAVIDOTTO-RETICOLI IDROGRAFICI.....	21
8. CONCLUSIONI.....	24

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).

Sulla base dello studio idrologico svolto, riportato nella "Relazione Idrologica" in allegato al progetto definitivo, 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 di progetto, svolta in condizioni di moto non stazionario e per tempo di ritorno di 100 anni.

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.

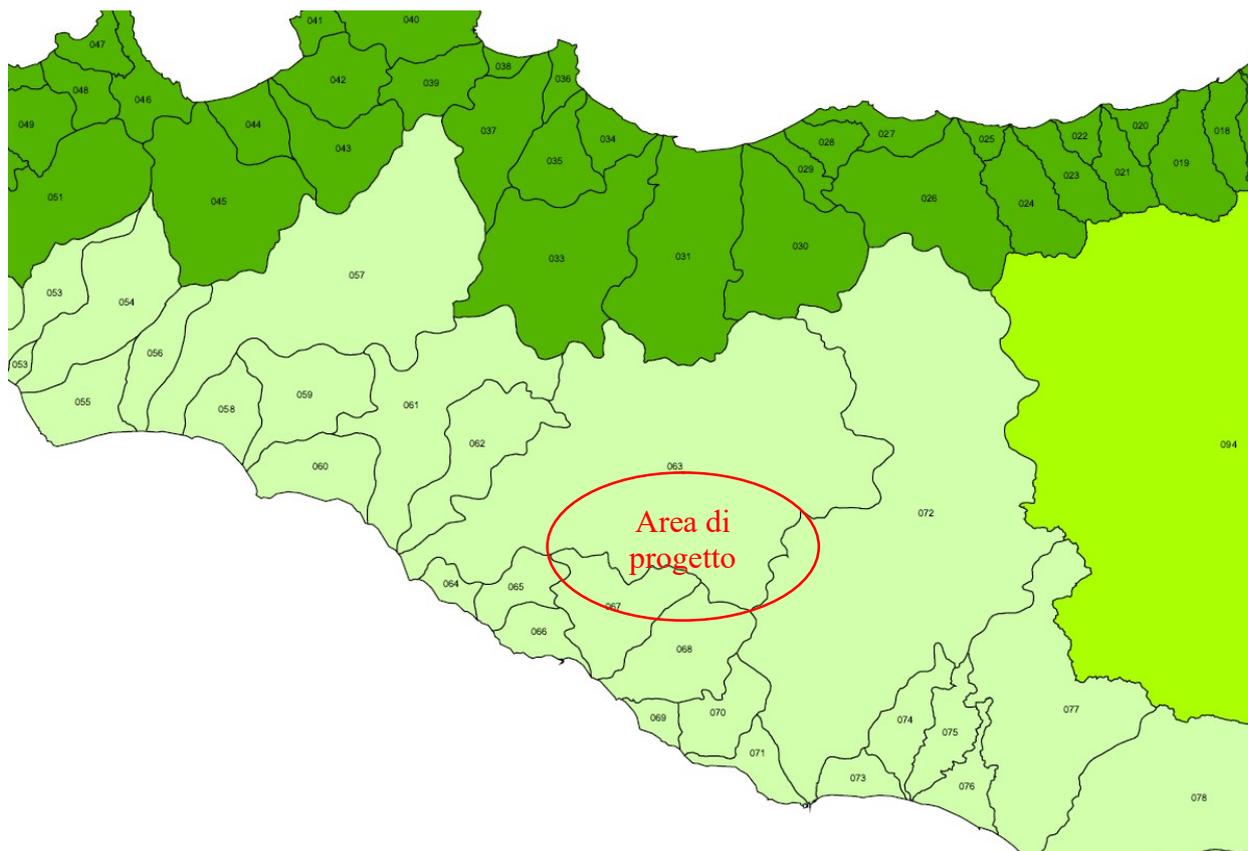


Figura 1: Stralcio dei Bacini idrografici della Regione Sicilia

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 Mandarinari 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.

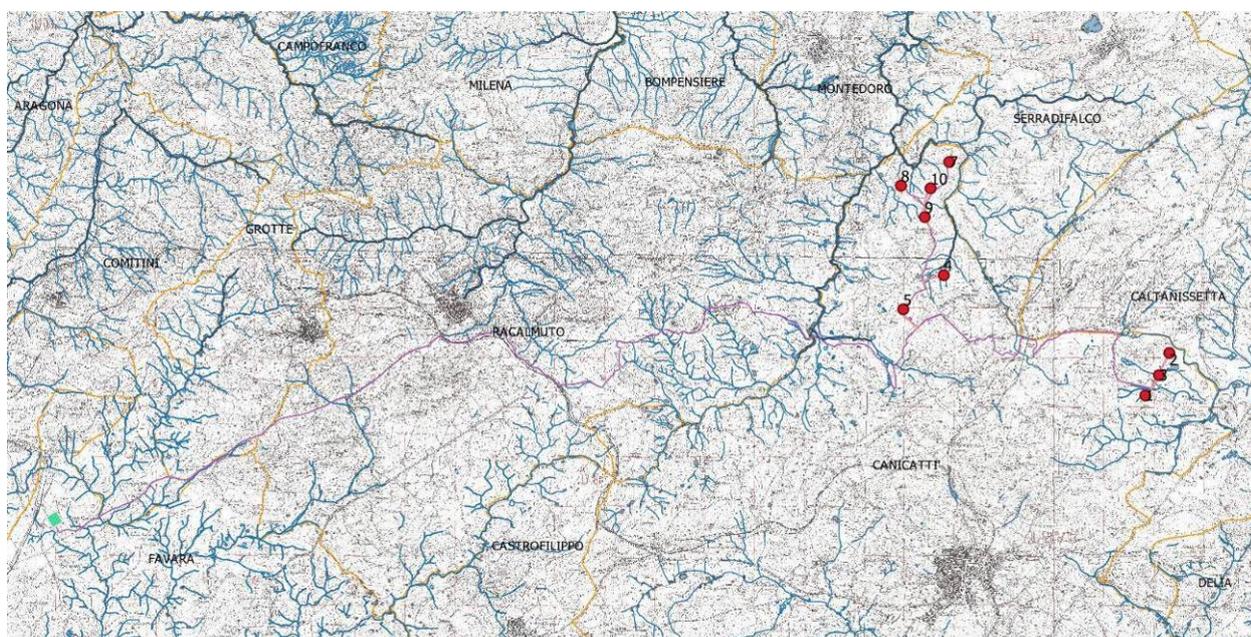


Figura 2: Reticoli idrografici su IGM 25.000

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 3: 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

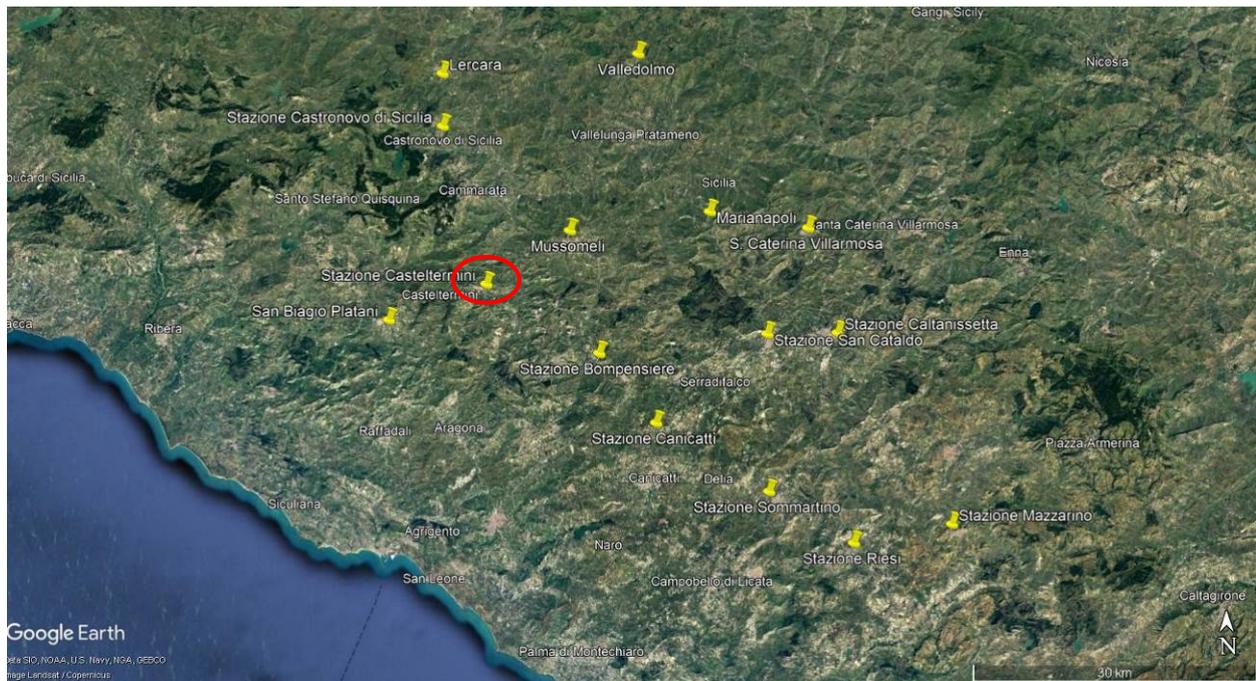
Figura 4: Elenco delle stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche del bacino del F. Imera Meridionale

Le stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche presenti nel bacino del Fiume San Leo, infine, 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 5: 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 6: 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 (%) **			Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (%) **			Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (%) **			
	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	22,4	20	0	10,2	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
Mistretta	70,2	0	2,8	50	0	9,1	36,4	0,8	0	10	0	0	0	---	---	0	---	---	10/06/2022
Montalbano Elicona	6,4	0	0	30	0	0	24,2	0	0	10	0	0	0	---	---	0	---	---	10/06/2022
Naro	36,2	0	4	40	0	18,2	2,4	0	0	10	0	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	---	---	0	---	---	10/06/2022
Patti	18,4	0,4	2,4	30	0	9,1	4,4	0	0	20	0	0	0	---	---	0	---	---	10/06/2022
Pettinoo	29	0	9,2	50	0	9,1	7,2	0	0	10	0	0	0	---	---	0	---	---	10/06/2022
San Fratello	42,2	4,5	1,1	40	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	---	---	0	---	---	10/06/2022
Agrigento Mandracava	13,2	0	7,6	20	0	9,1	0	9	0	10	0	0	---	---	0	---	---	---	18/06/2022
Agrigento 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	6,4	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
Canicatti	59,6	0,4	3,2	60	0	9,1	0	12	0	0	10	0	0	---	---	0	---	---	18/06/2022
Licata	11,8	0	2,4	40	0	9,1	0	1,6	0	0	10	0	0	---	---	0	---	---	18/06/2022

Figura 7: 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 8: Stralcio delle perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica del PAI

5. STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico ha permesso di stimare le portate al colmo di piena all'interno dei bacini idrografici di studio per tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni. Nello specifico, è stato utilizzato il tempo di ritorno di 100 anni per la determinazione delle aree in cui è stato rilevato il rischio di alluvione, al fine di valutare le condizioni di sicurezza dell'intervento. Le portate di piena centennali, quindi, sono state utilizzate come input nella modellazione idraulica per perimetrare l'impronta allagabile a 100 anni (output). Di seguito, si riportano i risultati dell'analisi idrologica.

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. STUDIO IDRAULICO

La seguente analisi idraulica consiste nella modellazione bidimensionale del comportamento idraulico dei corpi idrici che interferiscono con l'area di impianto, in condizioni di moto non stazionario e allo stato attuale, attraverso l'ausilio del software HEC-RAS 5.0.7.

Il codice di calcolo HEC-RAS è un programma sviluppato presso l'Hydrological Engineering Center (HEC) dall'United States Army Corps of Engineering (USACE), utilizzato per l'implementazione di modelli numerico-idraulici di canali naturali ed artificiali e per ricostruire con un accettabile grado di approssimazione, la geometria, la dinamica fluviale e la risposta di un corso d'acqua agli interventi in alveo.

La modellazione bidimensionale in regime di moto vario ha consentito la simulazione del deflusso nelle due direzioni piane, partendo da una rappresentazione 2D della morfologia dell'alveo e delle aree golenali limitrofe, definita con un modello digitale del terreno.

Le leggi fisiche che regolano il moto vario di una corrente a pelo libero sono l'equazione di conservazione della massa e l'equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) - q_l V_l = 0$$

le cui variabili introdotte hanno il seguente significato:

- Q = portata defluente in alveo
- q_l = portata immessa lateralmente per unità di lunghezza
- A = sezione idrica della corrente
- g = accelerazione di gravità
- V = velocità media di deflusso della corrente
- V_l = velocità media di deflusso della portata immessa lateralmente;
- S_f = slope friction
- z = quota di pelo libero, che è legata al tirante idrico e alla quota di fondo alveo.

La risoluzione del sistema di equazioni suddetto è affidata al metodo delle differenze finite, il quale permette di riscrivere le equazioni in termini di differenze finite, evitando di dover risolvere delle derivate parziali: si passa così da un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali ad un sistema di equazioni algebriche.

In particolare, la modellazione 2D in HEC-RAS utilizza uno schema di tipo implicito ai volumi finiti, noto come "box scheme". L'algoritmo di soluzione di tipo implicito consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti; l'approccio ai volumi finiti fornisce una misura dei miglioramenti in termini di stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi a elementi finiti. Per testare la stabilità del modello si è utilizzato il criterio di Courant – Friedrichs – Lewy, abbreviato con CFL, secondo il quale un modello è stabile se è soddisfatta la seguente condizione:

- caso unidimensionale

$$C = \frac{u \cdot \Delta t}{\Delta x} < C$$

- caso bidimensionale

$$C = \frac{u_x \cdot \Delta t}{\Delta x} + \frac{u_y \cdot \Delta t}{\Delta y} <$$

dove u rappresenta la velocità di flusso, Δt è l'intervallo temporale e Δx è l'intervallo spaziale e il numero adimensionale C è chiamato numero di Courant.

La costante C_{\max} dipende dalla tipologia di equazione che deve essere risolta e dal tipo di schema numerico utilizzato per la soluzione (esplicito o implicito). Se si utilizza uno schema esplicito allora C_{\max} è pari a 1; se invece lo schema è di tipo implicito sono tollerati valori di C_{\max} più elevati.

6.1 Analisi idraulica con $Tr = 100$ anni

Definito e generato il modello digitale del terreno (*Terrain*), si è passato alla creazione del grigliato di calcolo (*2D Flow Area*) che costituisce il corpo vero e proprio dell'area 2D rappresentativa della piana alluvionale, per lo sviluppo della modellazione bidimensionale.

Per una simulazione accurata, è possibile associare alle aree 2D dei valori di scabrezza variabili che simulino l'eterogeneità reale delle aree inondabili.

Questa variabilità spaziale è stata ottenuta dalla sovrapposizione dell'area 2D di calcolo con la Carta d'Uso del Suolo e dall'attribuzione del coefficiente di scabrezza di Manning relativo alle varie tipologie di uso del suolo. Nel caso specifico, si è attribuito un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.040 corrispondente alla classe UDS "Seminativi semplici in aree non irrigue".

Nelle simulazioni idrauliche effettuate in condizioni di moto vario per i vari bacini idrografici di studio, come condizione al contorno di valle si è associata la condizione di *Normal Depth*, mentre per la condizione di monte è stata utilizzata l'opzione del *Flow Hydrograph*, mediante

l'inserimento dell'idrogramma di piena con intervalli temporali pari a 10 minuti, considerando un giorno di simulazione.

A titolo di esempio, si riportano gli idrogrammi di piena inseriti come condizione di monte nelle simulazioni idrauliche, relativi ai bacini idrografici di studio n. 15 e 17 dell'area di impianto, contribuenti dei reticoli idrografici potenzialmente più critici e caratterizzati da portate maggiori. Il picco dell'idrogramma rappresenta la portata di piena di un evento meteorico con tempo di ritorno $Tr = 100$ anni.

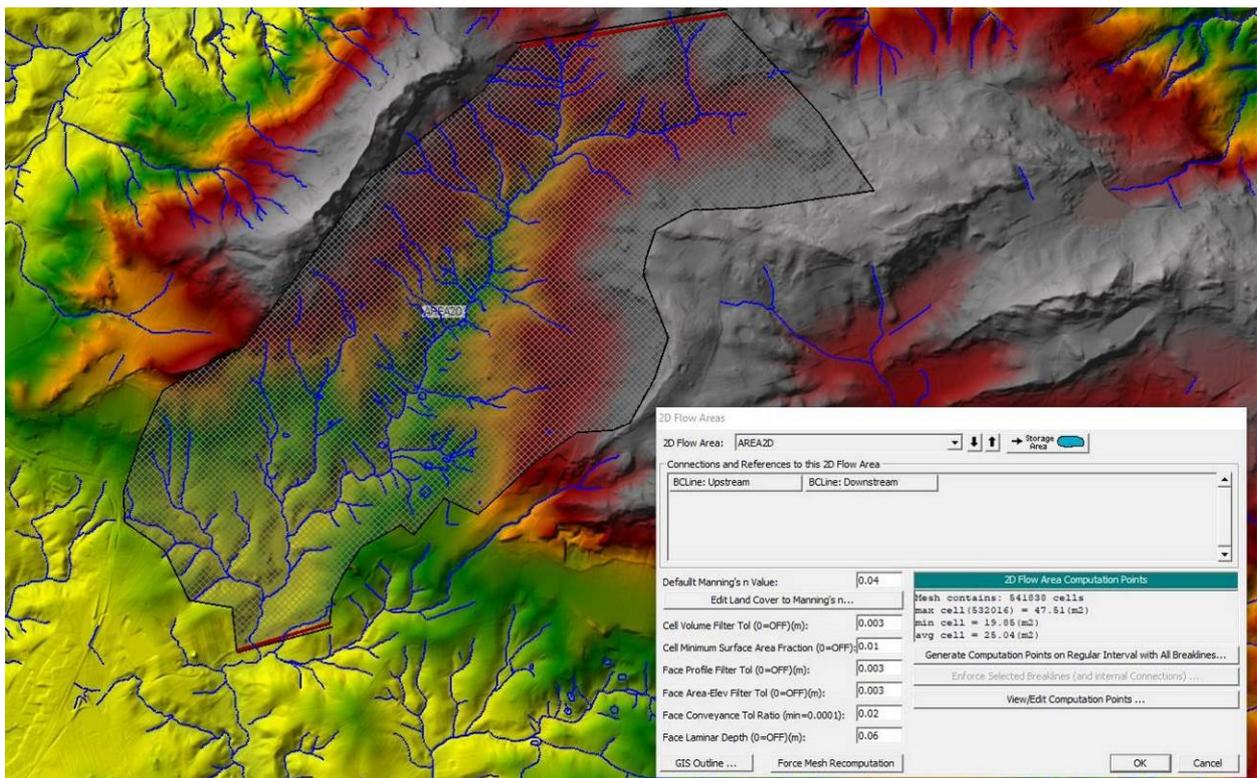
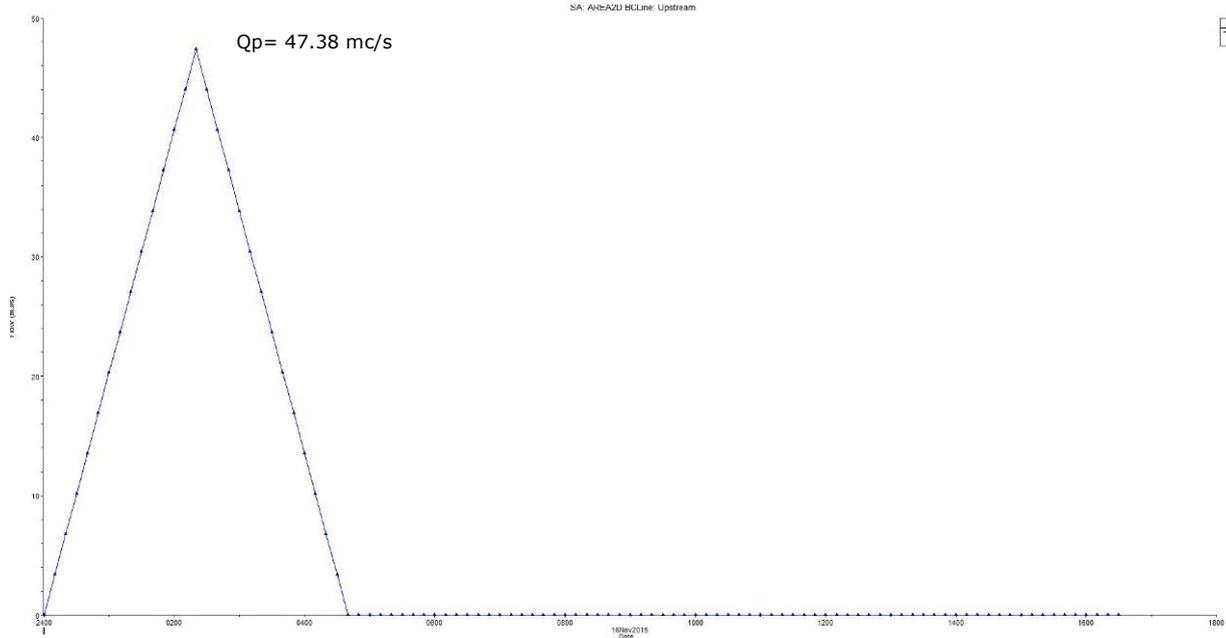


Figura 9: Griglia di calcolo 5x5 m del Bacino 15


Figura 10: Idrogramma di piena in input – Bacino 15

File Options Help

Description :

Boundary Conditions | Initial Conditions

Boundary Condition Types

Stage Hydrograph	Flow Hydrograph	Stage/Flow Hydr.	Rating Curve
Normal Depth	Lateral Inflow Hydr.	Uniform Lateral Inflow	Groundwater Interflow
T.S. Gate Openings	Elev Controlled Gates	Navigation Dams	IB Stage/Flow
Rules	Precipitation		

Add Boundary Condition Location

Select Location in table then select Boundary Condition Type

River	Reach	RS	Boundary Condition

Storage/2D Flow Areas		Boundary Condition
1	AREA2D BCLine: Upstream	Flow Hydrograph
2	AREA2D BCLine: Downstream	Normal Depth

Figura 11: Boundary conditions per il Bacino 15

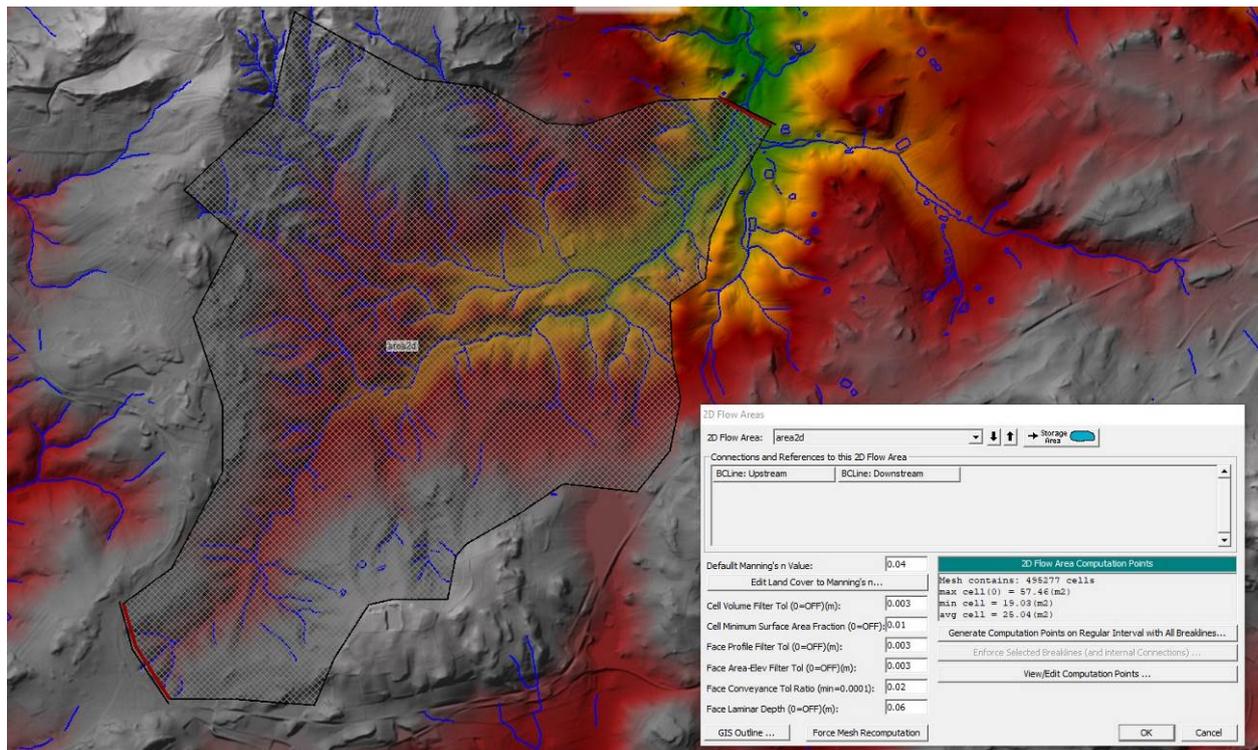


Figura 12: Griglia di calcolo 5x5 m del Bacino 17

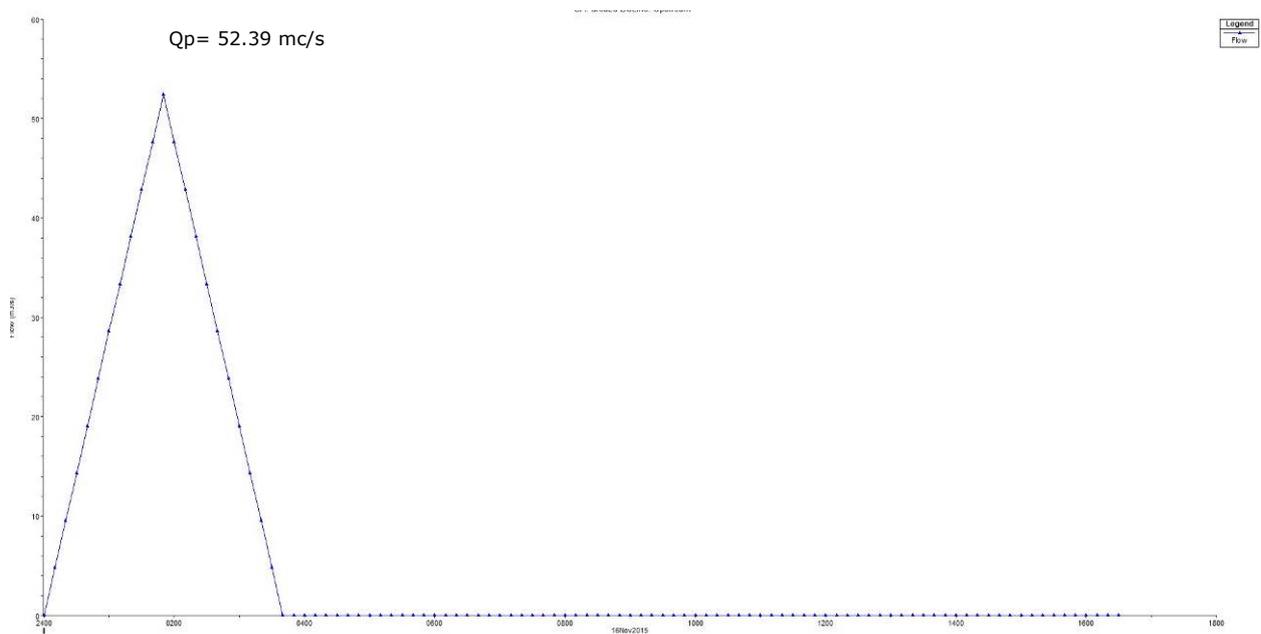


Figura 13: Idrogramma di piena in input – Bacino 17

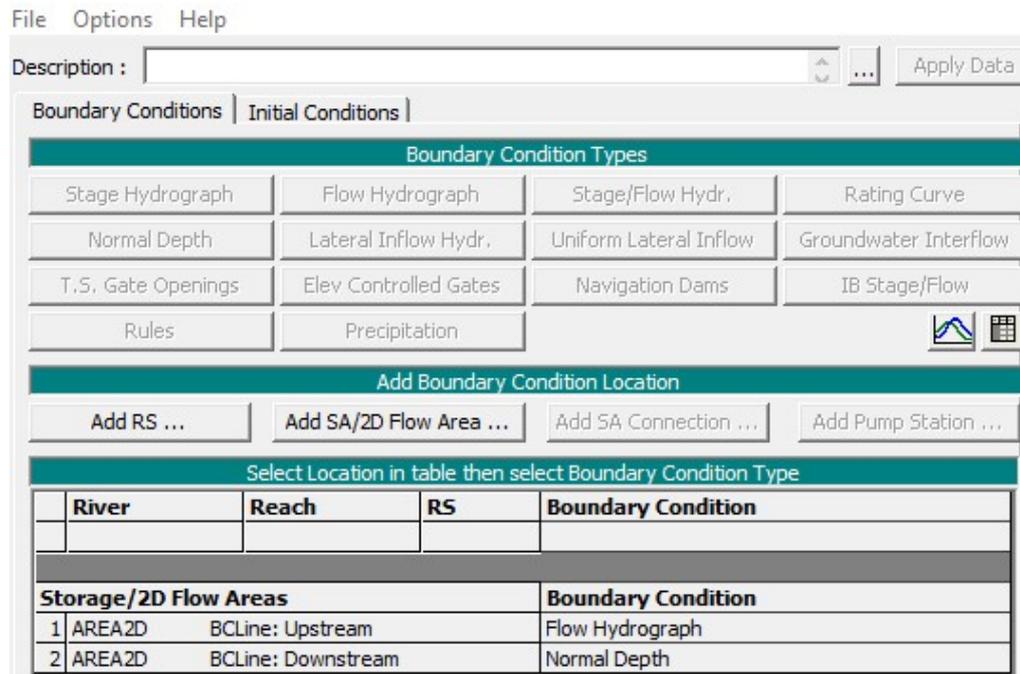


Figura 14: Boundary conditions per il Bacino 17

Di seguito, si riportano i risultati delle modellazioni idrauliche in termini di perimetrazione dell'*area allagabile* e *mappa dei tiranti idrici* con tempo di ritorno di 100 anni. Come si può notare tutti gli aerogeneratori e le relative piazzole definitive sono esterni alle aree inondabili, solo alcuni tratti della viabilità di nuova realizzazione e parte delle piazzole temporanee attraversano dei reticoli.

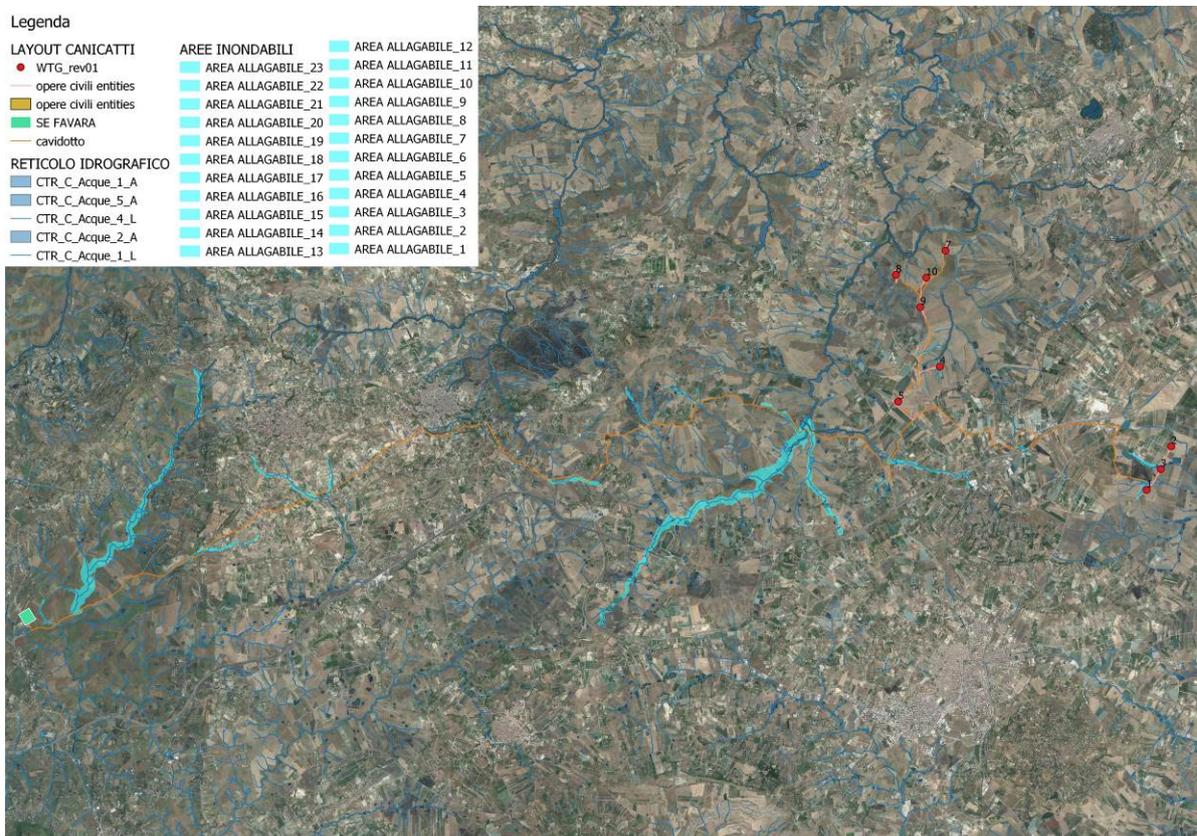


Figura 15: Stralcio mappa area allagabile con Tr=100 anni

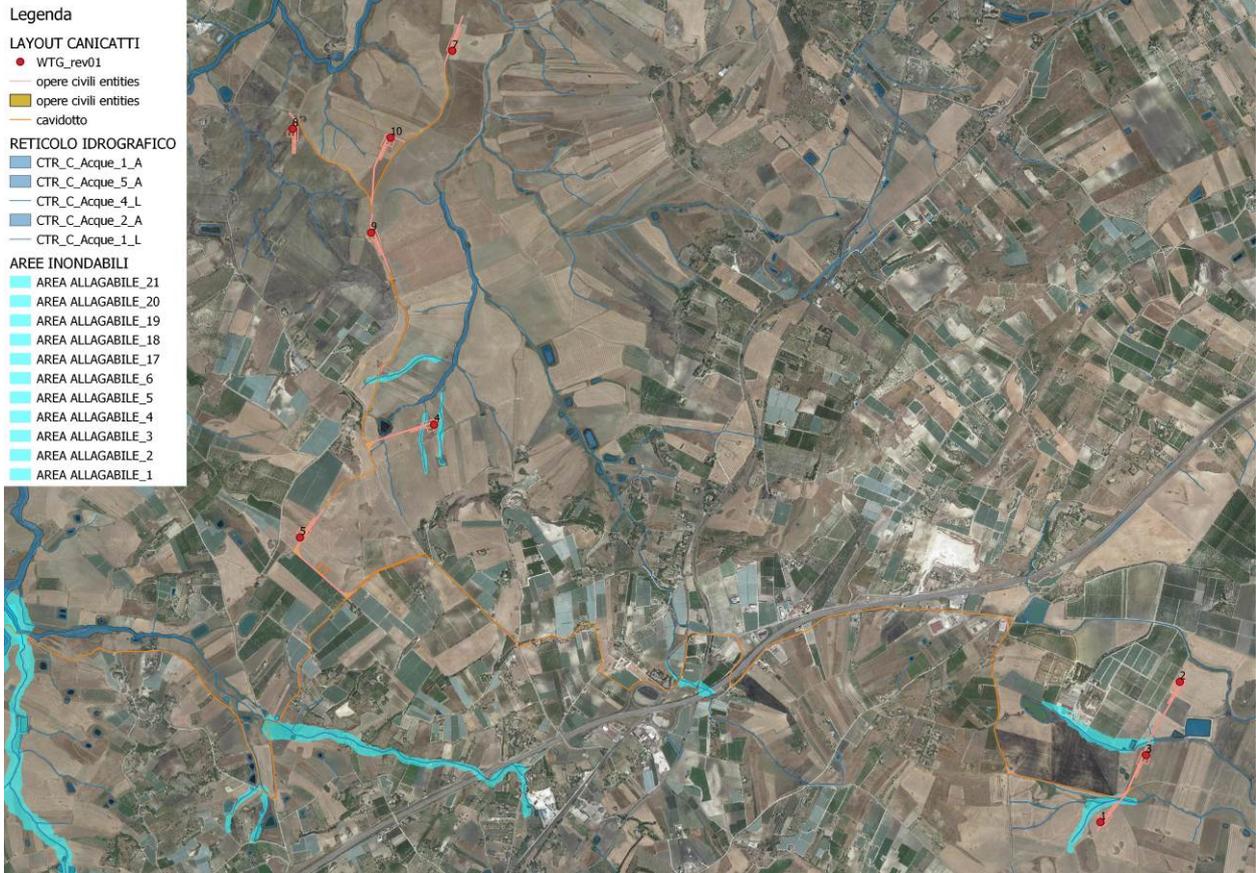


Figura 16: Stralcio mappa area allagabile con Tr=100 anni – WTGs

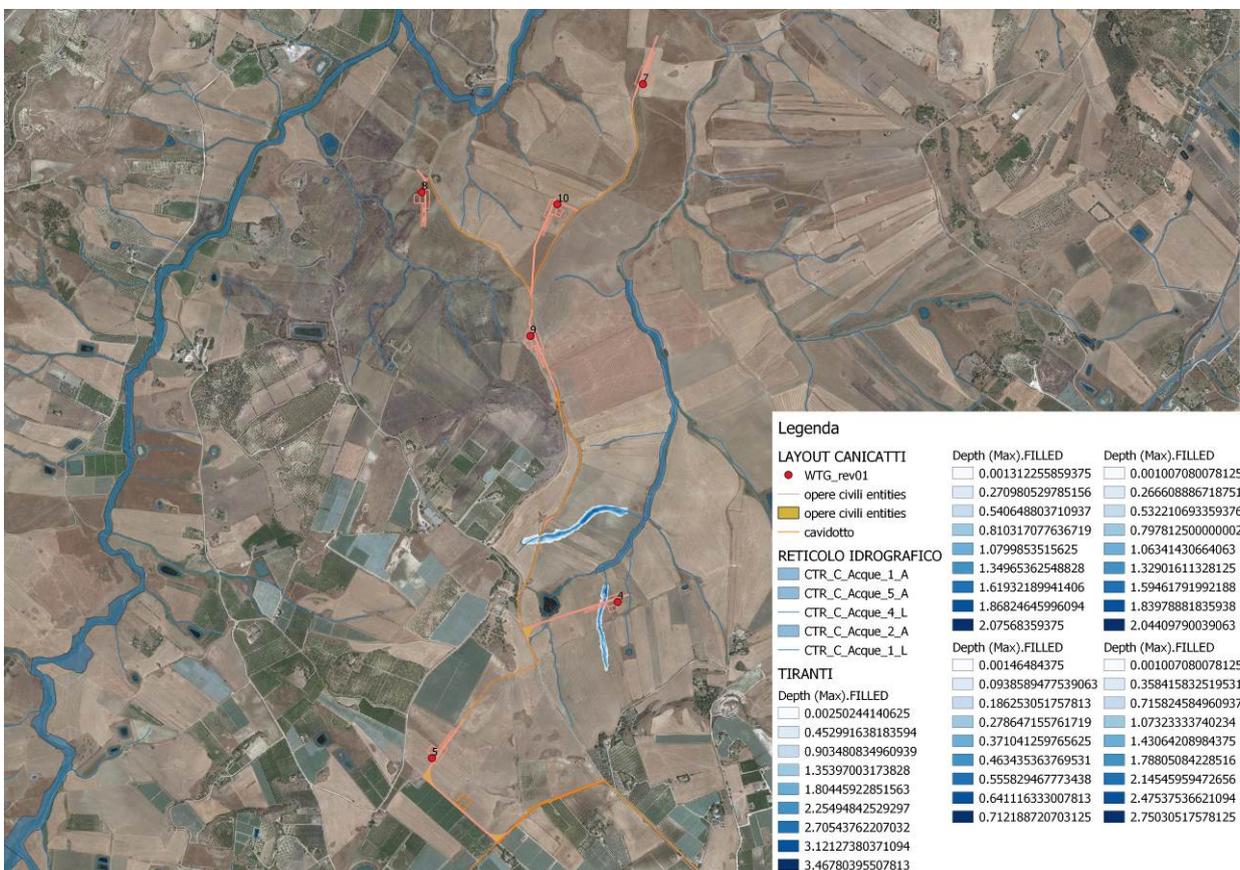


Figura 17: Stralcio mappa dei tiranti idrici con Tr=100 anni – WTG4, WTG5, WTG7, WTG8, WTG9 e WTG10

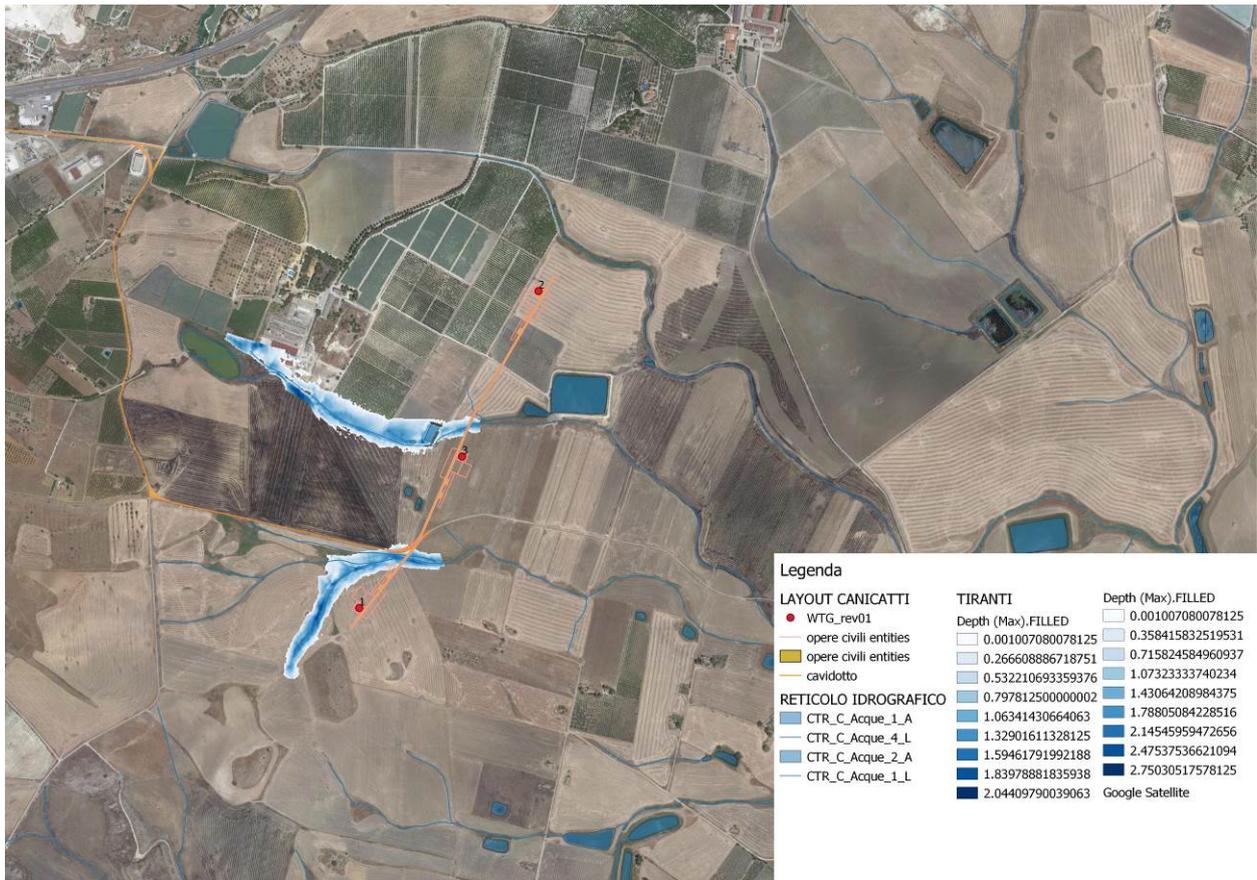


Figura 18: Stralcio mappa dei tiranti idrici con $Tr=100$ anni – WTG1, WTG2 e WTG3

7. INTERFERENZE CAVIDOTTO-RETICOLI IDROGRAFICI

Il presente paragrafo è redatto al fine di fornire una descrizione della tecnica di posa del cavidotto interrato di connessione, in corrispondenza dei diversi punti di interferenza con il reticolo idrografico, rilevati dall'analisi della cartografia.

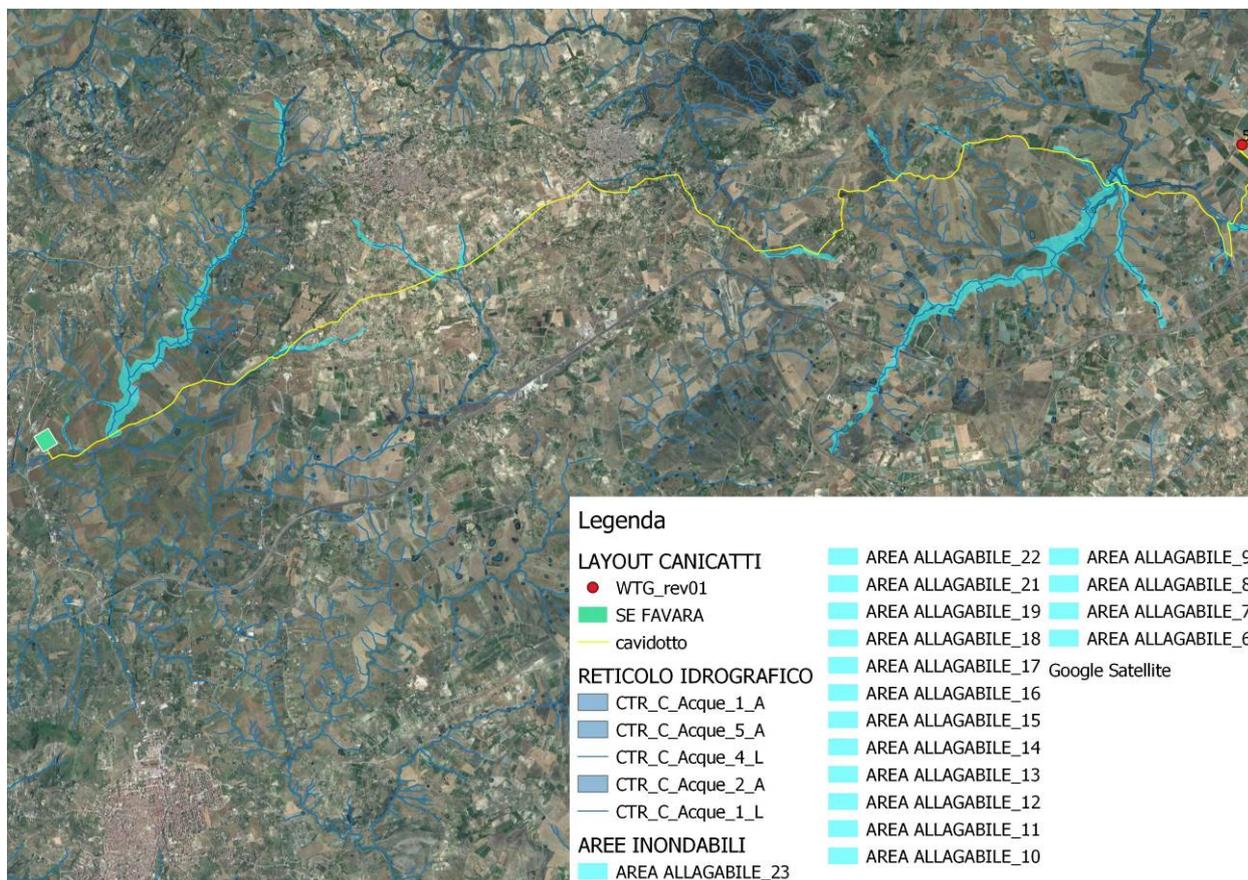


Figura 19: Intersezioni tra il cavidotto esterno e il reticolo idrografico

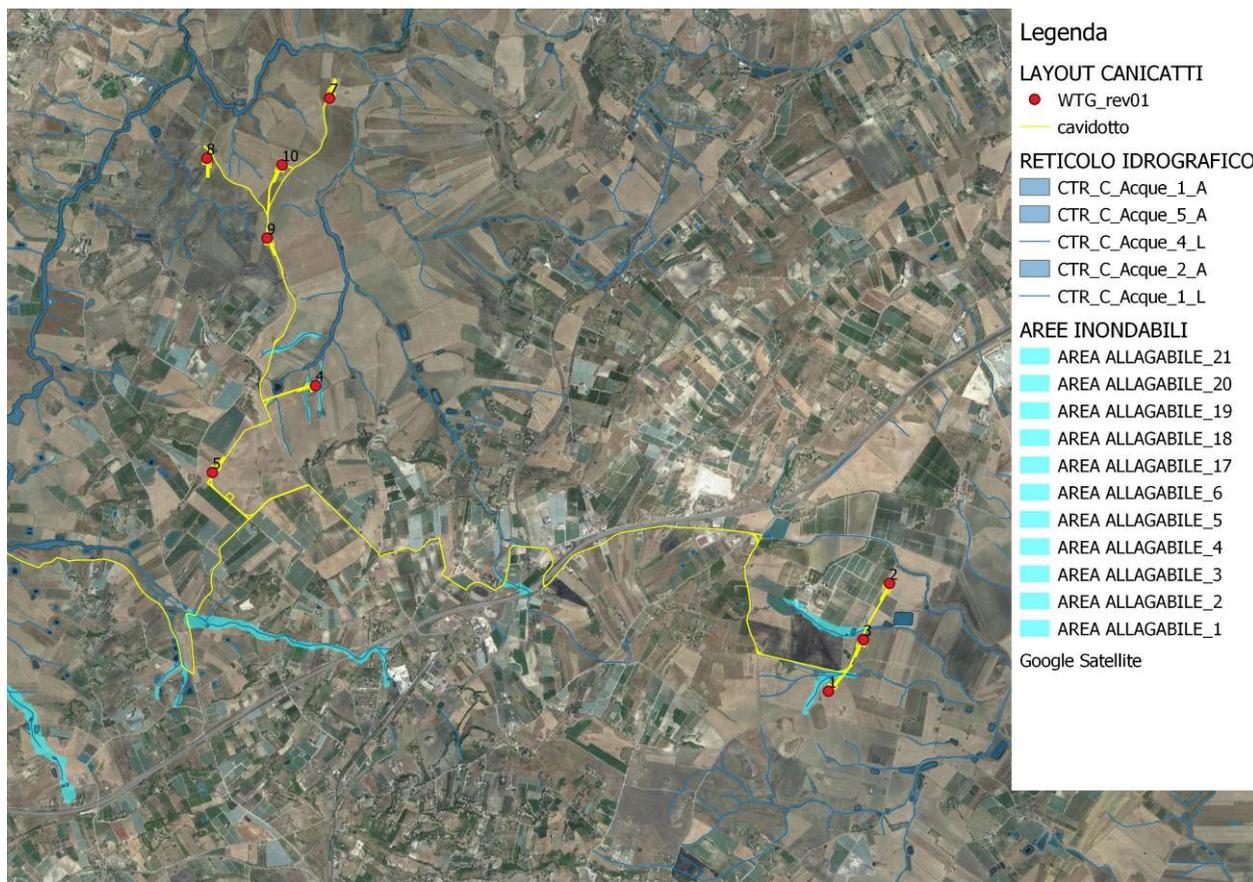


Figura 20: Intersezioni tra il cavidotto interno e il reticolo idrografico

Le intersezioni tra il cavidotto interrato e i reticoli idrografici possono essere, generalmente, risolte con diverse modalità costruttive:

- con scavi semplici a cielo aperto nei periodi asciutti per corsi d'acqua secondari di tipo episodico, definiti come corsi d'acqua temporanei con acqua in alveo solo in seguito ad eventi di precipitazione particolarmente intensi, anche meno di una volta ogni 5 anni;
- in presenza di un'infrastruttura esistente, con posa in opera in spalla al ponte con canaline di protezione passacavi in modo da non modificare la morfologia dei reticoli idrografici;
- con l'utilizzo della tecnica della Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.) per corsi d'acqua principali. Si prevede la posa del cavo ad una profondità maggiore di 2.0 m rispetto al fondo alveo, salvo diverse prescrizioni delle Autorità competenti, in modo da non interferire né con il deflusso superficiale né con gli eventuali scorrimenti sotterranei.

Nello specifico, la tecnica della T.O.C. consente di posare linee di servizio al di sotto di strade, fiumi e torrenti, con nullo o scarso impatto sulla superficie. In questo caso, la scelta della metodologia T.O.C. oltre che per motivi di minore interferenza sul regime idraulico e, quindi, di minore impatto ambientale, deriva anche dalla impossibilità di eseguire scavi a cielo aperto.

Tale tecnica consiste essenzialmente nella posa del cavidotto interrato mediante una trivellazione eseguita da una apposita macchina, la quale permette di controllare l'andamento piano-altimetrico del cavo per mezzo di un radio-controllo.

L'esecuzione della T.O.C. costa essenzialmente di 3 fasi successive di lavoro:

1. *Foro pilota:* si realizza un foro pilota infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste di perforazione teleguidate, in modo da creare un percorso sotterraneo da un punto di partenza ad uno di arrivo. La punta di perforazione viene spinta nel terreno attraverso delle aste cave metalliche, abbastanza elastiche da permettere la realizzazione di curve altimetriche;
2. *Alesatura o allargamento del foro pilota:* realizzato il foro pilota, questo viene allargato tirando, a ritroso, alesatori di dimensioni crescenti fino all'ottenimento del foro della dimensione voluta, montati al posto della punta di perforazione;
3. *Posa della tubazione:* vengono posati in opera i tubi camicia che ospiteranno il cavidotto interrato. All'interno del tubo guaina, che sarà a tenuta stagna, saranno inseriti i cavi di potenza. In prossimità degli attraversamenti potranno essere installate apposite paline segnaletiche indicanti la presenza dell'elettrodotto interrato. Gli eventuali pozzetti di testata dell'attraversamento saranno realizzati in cemento gettato in opera sigillati, completi di chiusini carrabili in ghisa.

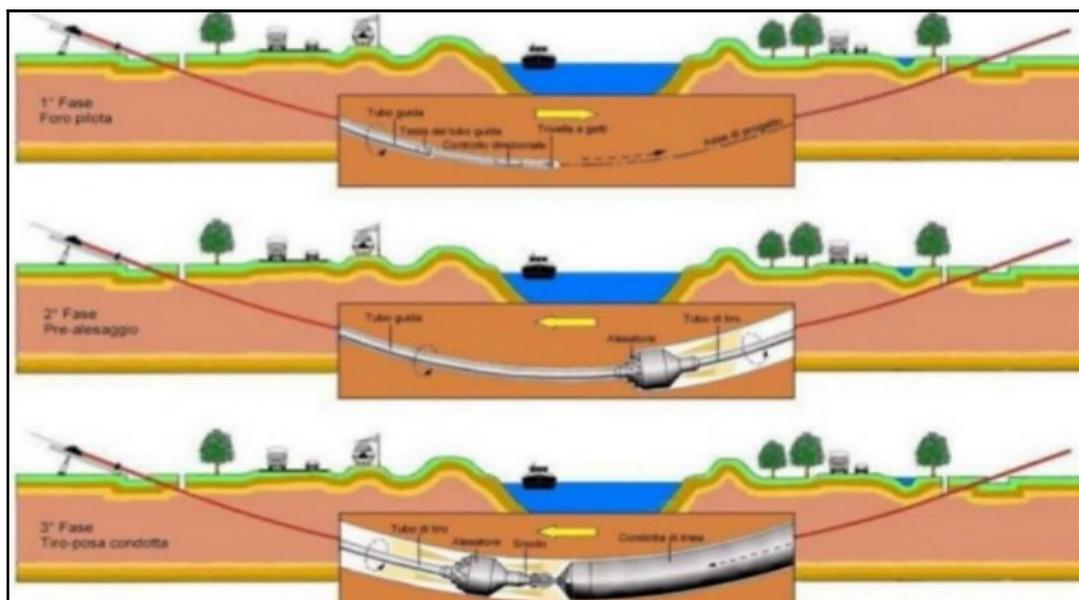


Figura 21: Fasi di realizzazione della T.O.C.

Nel caso in esame, tutte le interferenze del cavidotto interrato con il reticolo idrografico saranno superate mediante la tecnica della T.O.C., le quali avranno estensioni variabili dipendenti dalla larghezza delle aree inondabili determinate con un $Tr = 100$ anni, tenendo conto anche che i punti di ingresso e uscita delle perforazioni dovranno essere poste all'esterno delle aree allagabili, e profondità d'esecuzione in subalvea pari a circa 3.00 m.

Tuttavia, per maggior dettagli, si rimanda agli elaborati grafici "Planimetria interferenze cavidotto" e "Particolari tipologici risoluzione interferenze con cavidotto".

8. CONCLUSIONI

La presente relazione idraulica ha consentito di perimetrare l'effettiva impronta allagabile e la mappa dei battenti idrici della rete idrografica potenzialmente soggetta a criticità, relativa ad un evento meteorico con tempo di ritorno pari a 100 anni.

La modellazione idraulica è stata svolta in modo bidimensionale e in condizioni di moto non stazionario, utilizzando il software HEC-RAS River Analysis System per i reticoli nell'area di impianto e per analizzare i punti di interferenza del cavidotto interno ed esterno con i reticoli idrografici.

Dai risultati delle modellazioni di flooding, si può osservare che tutti gli aerogeneratori comprese le piazzole definitive risultano essere esterni alle aree inondabili, non comportando alcuna variazione del livello di sicurezza dei reticoli idrografici di studio.

Relativamente alle intersezioni del tracciato del cavidotto di connessione con il reticolo idrografico, si può affermare che la posa in opera dei cavi interrati è prevista mediante la tecnica della T.O.C., ad una profondità maggiore di 2.00 mt al di sotto del fondo alveo, salvo diverse prescrizioni delle autorità competenti, in modo da non interferire né con il deflusso superficiale né con gli eventuali scorrimenti sotterranei.

Nella condizione dello stato di progetto, si può affermare che gli interventi risultano compatibili con le finalità e prescrizioni del PAI.