

REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI CATANIA
COMUNE DI RAMACCA
LOCALITÀ POGGIO RESINA

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 23,46 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE A - RELAZIONI GENERALI

Elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Nome file stampa:

FV_RMC01_PD_A_09.pdf

Codifica Regionale:

RS06REL0007S2

Scala:

-

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

FV_RMC01_PD_A_09

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY YELLOW S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00198 ROMA (RM)
P.IVA. 17378781003



E-WAY YELLOW S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00198 Roma
C.F./P.Iva 17378781003

Progettazione:

E-WAY YELLOW S.r.l.


Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00198 ROMA (RM)
P.IVA. 17378781003



E-WAY YELLOW S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00198 Roma
C.F./P.Iva 17378781003



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV_RMC01_PD_A_09	02	06/2025	F.Pinto	A.Bottone	A.Bottone

	RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA		CODICE	FV.RMC01.PD.A.09
			REVISIONE n.	02
			DATA REVISIONE	06/2025
			PAGINA	1 di 55

INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	INTRODUZIONE	6
3	OPERE DI PROGETTO	8
3.1	Componenti elettriche.....	9
3.2	Soluzione di connessione alla RTN	9
4	LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI	10
4.1	Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell'Autorità di Bacino.....	10
4.1.1	Compatibilità degli interventi rispetto al Piano Stralcio di distretto per l'Assetto Idrogeologico.....	13
4.1.1.1	Compatibilità degli interventi rispetto alle Norme Tecniche di Attuazione.....	13
5	INTERFERENZE DEL CAVIDOTTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO.....	17
5.1	Individuazione e classificazione delle interferenze.....	17
5.2	Modalità di posa del cavidotto.....	25
5.3	Rappresentazione dei bacini idrografici.....	26
5.4	Individuazione delle sponde incerte per le interferenze in alveo	30
6	ANALISI IDROLOGICA.....	31
6.1	Metodo TCEV Sicilia.....	31
6.2	Calcolo del tempo di corrivazione	33
6.3	Coefficiente di afflusso	33
6.4	Formula di calcolo della portata di piena.....	33
6.5	Calcolo delle portate di piena con Tr=300 anni	34
6.6	Verifica idraulica dei tombini e degli attraversamenti.....	35
6.7	Verifica idraulica sezione circolare	35
6.8	Verifica idraulica sezione scatolari	36


6.9	Identificazione delle fasce di allagamento per i manufatti non verificati	39
6.10	Risoluzione delle interferenze del cavidotto	42
6.11	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) e altre metodologie di passaggio del cavidotto	43
7	REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE	45
8	CENNI SUL FENOMENO DELL'EROSIONE	46
8.1	Verifica della profondità di erosione	49
9	CONCLUSIONI	52
10	BIBLIOGRAFIA	53
11	ALLEGATI	54

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 - Corografia generale dell'area di impianto e delle opere connesse su ortofoto (Rif. FV.RMC01.PD.E.03)</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2 - Inquadramento catastale dell'area di impianto (Rif. FV.RMC01.PD.E.02.1)</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3 - Rappresentazione dell'interdistanza tra i supporti</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4 - Inquadramento delle opere di progetto rispetto ai bacini idrografici della Sicilia (Fonte: Piano di Tutela delle Acque)</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5 - Quadro d'unione del bacino idrografico del F. Simeto con evidenza, in blu, delle aree interessate dal progetto</i>	<i>11</i>
<i>Figura 6 - Inquadramento del F. Simeto rispetto al Piano di Gestione del Distretto Idrografico Siciliano (in rosso le aree di impianto)</i>	<i>12</i>
<i>Figura 7 - Zoom relativo alla perimetrazione della pericolosità idraulica del PAI</i>	<i>14</i>
<i>Figura 8 - Tipologici delle sezioni relative alla posa del cavidotto interrato</i>	<i>25</i>
<i>Figura 9 - Rappresentazione grafica complessiva dei bacini idrografici individuati</i>	<i>26</i>
<i>Figura 10 - Rappresentazione grafica dei bacini idrografici dal 1 a 15</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11 - Rappresentazione grafica del bacino idrografico 16</i>	<i>27</i>
<i>Figura 12 - Rappresentazione grafica dei bacini idrografici dal 18 a 27</i>	<i>28</i>
<i>Figura 13 - Sottozone pluviometriche omogenee per il secondo livello di regionalizzazione relativo al metodo VAPI</i>	<i>32</i>
<i>Figura 14 - Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per l'interferenza I.00</i>	<i>39</i>
<i>Figura 15 - Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per l'interferenza I.02</i>	<i>40</i>
<i>Figura 16 - Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per l'interferenza I.06</i>	<i>40</i>
<i>Figura 17 - Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per l'interferenza I.16</i>	<i>41</i>
<i>Figura 18 Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza tramite TOC (Rif. FV.RMC01.PD.G.02)</i>	<i>44</i>
<i>Figura 19 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza tramite inglobamento del cavo</i>	<i>44</i>

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 - Coordinate geografiche relative al baricentro dell'impianto di progetto</i>	<i>6</i>
<i>Tabella 2 - Dati topografici dei bacini idrografici relativi alle interferenze idrauliche del cavidotto</i>	<i>29</i>
<i>Tabella 3 - Calcolo della portata di piena con un tempo di ritorno di 300 anni.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabella 4 - Calcolo della portata che defluisce nei tombini circolari rilevati.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabella 5 - Calcolo della portata che defluisce nei tombini scatolari o trapezoidali rilevati.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabella 6 - Verifica dei tombini idraulici e delle opere d'arte esistenti</i>	<i>38</i>
<i>Tabella 7 - Tabella riepilogativa della risoluzione delle interferenze idrauliche</i>	<i>42</i>
<i>Tabella 8 - Determinazione della profondità massima di erosione – metodo Schoklitsh</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 9 - Determinazione della profondità massima di erosione – metodo Schoklitsh – Correzione parametri</i>	<i>51</i>

	RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA		CODICE	FV.RMC01.PD.A.09
			REVISIONE n.	02
			DATA REVISIONE	06/2025
			PAGINA	5 di 55

1 PREMESSA

Lo studio di compatibilità idraulica al Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), si riferisce al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agro-fotovoltaico localizzato nel comune di Ramacca (CT), località Poggio Resina.

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza installata pari a 23464 kWp e presenta la seguente configurazione:

1. Un generatore fotovoltaico suddiviso in 4 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza unitaria pari a 710 Wp cadauno ed installati su strutture fisse;
2. Una stazione integrata per la conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station" per ogni sottocampo dell'impianto;
3. Elettrodotto interno in cavo interrato a 36kV per l'interconnessione della Power Station alla cabina di raccolta e consegna;
4. Una cabina di raccolta e consegna;
5. Elettrodotto in cavo interrato a 36 kV per il collegamento della cabina di raccolta e consegna alla sezione a 36 kV della nuova stazione elettrica di trasformazione 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla futura linea RTN a 380 kV "Chiaramonte Gulfi-Ciminna".

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way Yellow - Gruppo E-Way SOLAR S.p.A., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4 – 00198 Roma (RM), P.IVA 17378781003.

Il presente elaborato è stato revisionato in riscontro alla richiesta integrazione ricevuta in data 06/05/2025 con nota Prot.n. 12975/2025 dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, Servizio 6 – Pareri e Autorizzazioni Ambientali, nell'ambito del procedimento di PAUR.



Figura 2 - Inquadramento catastale dell'area di impianto (Rif. FV.RMC01.PD.E.02.1)

Il presente elaborato vuole analizzare la compatibilità idraulica delle opere di progetto, andando in primis a calcolare le portate di progetto mediante un approccio probabilistico delle precipitazioni, e poi studiando gli eventuali fenomeni di allagamento in corrispondenza delle interferenze con i corpi idrici, che saranno fondamentali ai fini del dimensionamento dei manufatti idraulici.

3 OPERE DI PROGETTO

Il layout d'impianto si costituisce di una serie di elementi frutto delle considerazioni appena fatte, in particolare di:

- Strutture fisse con assetto 3L con pannelli bifacciali da 710Wp;
- power station;
- cabina di raccolta e smistamento;
- cavidotto in media tensione (MT);
- fascia di mitigazione con arbusti e alberi;
- strade bianche di progetto;
- recinzione perimetrale.

Nello specifico, sono state disposte le strutture con un'interlinea tale da evitare fenomeni di auto-ombreggiamento ed assicurare gli spazi utili alle attività di manutenzione. La distanza scelta tra le strutture (pitch) è stata posta pari a 8.50 m, in modo tale da soddisfare anche le esigenze legate ad attività colturali. Il terreno sottostante i moduli, inoltre, sarà soggetto ad attività di sfalcio del manto erboso oltre alle attività di raccolta delle specie vegetali ipotizzate dal piano colturale.

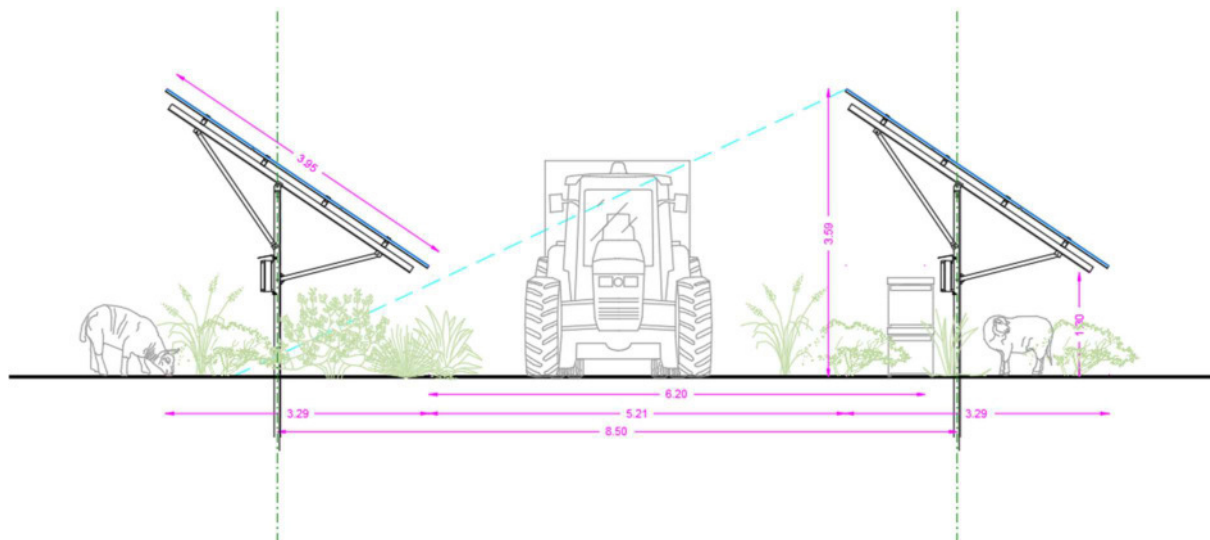


Figura 3 - Rappresentazione dell'interdistanza tra i supporti

3.1 Componenti elettriche

Il parco agrofotovoltaico sarà costituito da moduli bifacciali Mysolar, modello GOLD N-Type HJT Bifacial (o similari) di potenza di 710 W cadauno, disposti su strutture fisse con esposizione a sud. È prevista la suddivisione in sottocampi, per ognuno dei quali è prevista una Power Station con diversi inverter centralizzati al suo interno. Il collegamento delle Power Station avverrà tramite un cavidotto interno, ed interrato, che collega i sottocampi in una cabina di raccolta.

3.2 Soluzione di connessione alla RTN

La Soluzione Tecnica Minima Generale di connessione dell'impianto, Codice Pratica: 202001736, prevede la connessione con un elettrodotto in cavo interrato a 36 kV per il collegamento della cabina di raccolta e consegna alla sezione a 36 kV della nuova stazione elettrica di trasformazione 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla futura linea RTN a 380 kV "Chiaramonte Gulfi-Ciminna".

La futura SE sarà collocata in area agricola nel medesimo Comune di Ramacca, a nord rispetto alle aree di impianto così come pure la SEU.

4 LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

4.1 Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell'Autorità di Bacino

Le opere di progetto, intese come l'insieme del parco agrofotovoltaico e del cavidotto, ricadono all'interno della perimetrazione del Bacino Idrografico del Fiume Simeto (094).

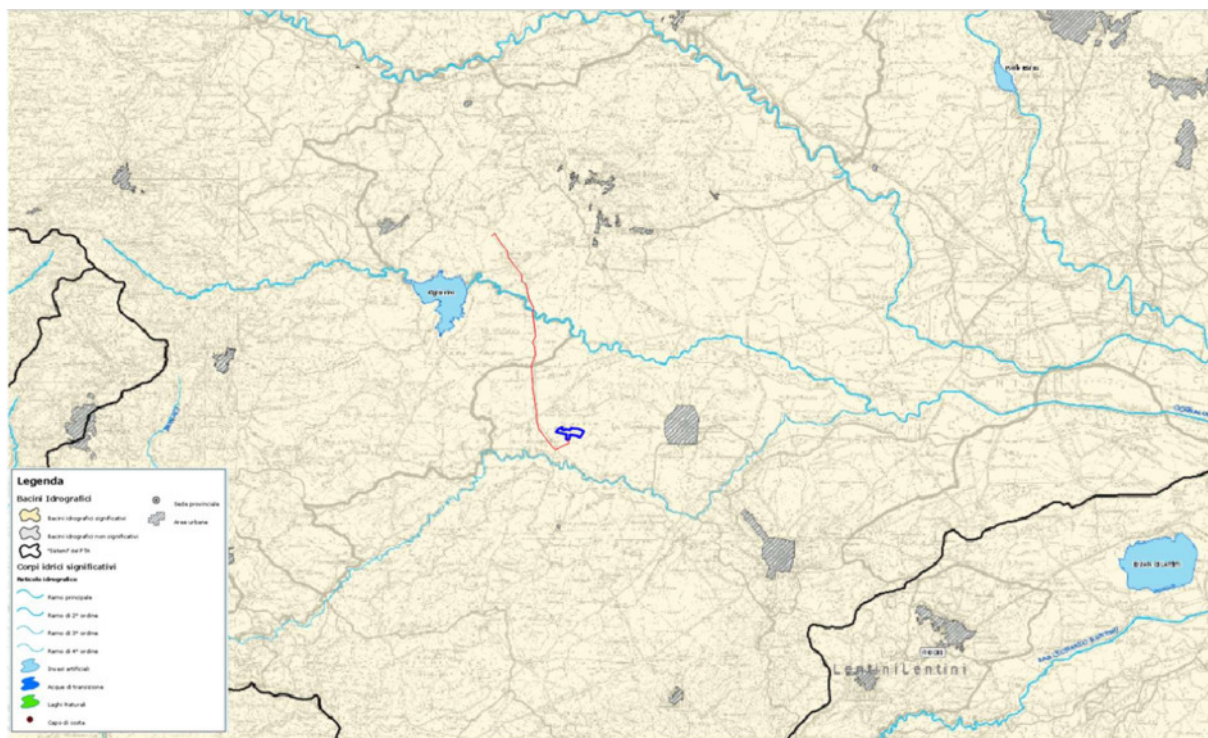


Figura 4 - Inquadramento delle opere di progetto rispetto ai bacini idrografici della Sicilia (Fonte: Piano di Tutela delle Acque)

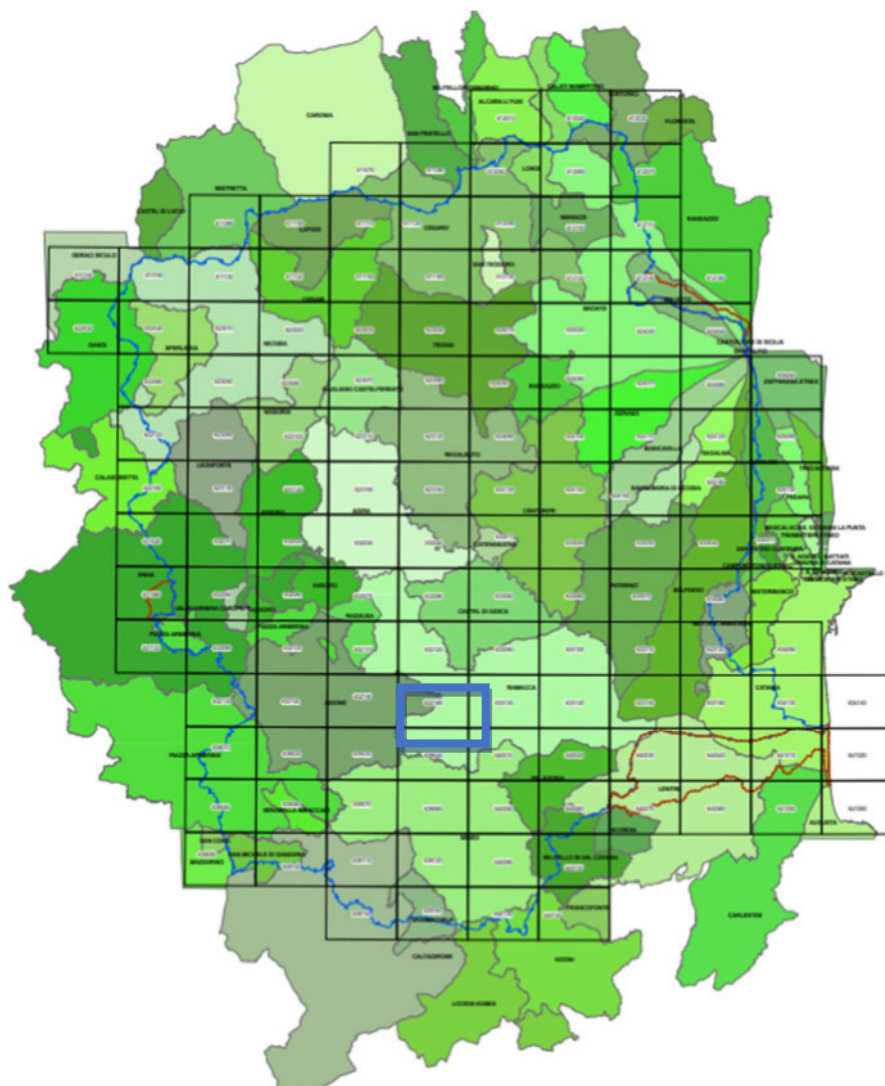



Figura 5 - Quadro d'unione del bacino idrografico del F. Simeto con evidenza, in blu, delle aree interessate dal progetto



Figura 6 - Inquadramento del F. Simeto rispetto al Piano di Gestione del Distretto Idrografico Siciliano (in rosso le aree di impianto)

Il bacino del F. Simeto ricopre un'area complessiva di 4030 km² e nasce dalla confluenza tra il Torrente Cutò, il Fiume Martello ed il Torrente Saracena, nella pianura di Maniace. I suddetti corsi d'acqua si originano dai rilievi dei Monti Nebrodi, nella parte settentrionale del bacino. Gli affluenti principali del Fiume Simeto sono il Torrente Cutò, il Torrente Martello, il Fiume Salso, il Fiume Troina, il Fiume Gornalunga ed il Fiume Dittaino. L'altitudine media del bacino del F. Simeto è di 531 m.s.l.m. con un valore minimo di 0 m.s.l.m. e massimo di 3274 m.s.l.m.

Procedendo da monte verso valle, il bacino del F. Simeto è distinto nei seguenti bacini principali: Alto e Medio Simeto, Salso, Dittaino, Gornalunga e Basso Simeto. Nello specifico le opere di progetto ricadono nel bacino Simeto, in prossimità della piana di Catania, più precisamente nelle vicinanze della confluenza con il fiume Dittaino. L'andamento annuo delle precipitazioni medie è tipico del clima mediterraneo con una percentuale delle piogge variabile tra il 64% e il 78%, concentrata nel semestre autunno-inverno. Il bacino idrografico del F. Simeto è caratterizzato da molteplici processi erosivi e da diffusi fenomeni gravitativi che si manifestano con maggiore incidenza in corrispondenza dei versanti argillosi di media ed alta collina. Gli aspetti vegetazionali assumono ruolo di causa aggravante o principale, se consideriamo l'esiguo spessore

	RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA		CODICE	FV.RMC01.PD.A.09
			REVISIONE n.	02
			DATA REVISIONE	06/2025
			PAGINA	13 di 55

dei suoli siciliani, specialmente quando il territorio in esame è collinare. L'uso agricolo estensivo di gran parte del territorio collinare ha determinato, nel corso degli ultimi due millenni, la scomparsa delle foreste collinari e la condizione relitta della vegetazione naturale limitata a sporadiche aree su cui, peraltro, si accanisce la piaga degli incendi dolosi. L'uso agricolo più diffuso è quello delle estensioni seminate (cerealicole) le cui pratiche agrarie determinano l'esposizione dei suoli nudi alle piogge dirette causando una diffusa erosione in rivoli, laminare e in fossi concentrati, così come è possibile osservare dopo ogni pioggia autunnale sui pendii delle valli principali.

4.1.1 Compatibilità degli interventi rispetto al Piano Stralcio di distretto per l'Assetto Idrogeologico

La Regione Sicilia effettua la pianificazione di bacino mediante il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, strumento fondamentale della politica di assetto territoriale. Il PAI ha tre funzioni principali:

- funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici, dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- 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 in regime sia straordinario che ordinario;
- funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, che determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Nel PAI sono state individuate le situazioni di pericolosità, sia geomorfologica che idraulica, valutando il grado di rischio idrogeologico conseguente sulla base della presenza e della tipologia degli elementi vulnerabili.

4.1.1.1 Compatibilità degli interventi rispetto alle Norme Tecniche di Attuazione

Le Norme di Attuazione del PAI sono state aggiornate dal DP n. 09/ADB del 06/05/2021 e dal GURS n. 22 del 21/05/2021. All'art. 6 è definito che di norma il PAI è riesaminato dall'Autorità competente ogni sei anni. Secondo quanto stabilito dall'art. 6, ai sensi del comma 4 dell'art. 65 del D. Lgs. n. 152/2006, le disposizioni del Piano Stralcio di distretto, hanno carattere immediatamente vincolante per le amministrazioni e gli enti pubblici, nonché per i soggetti privati. L'art. 25 relativo alla Parte II "Assetto

idraulico” stabilisce che tutte le nuove attività, opere e sistemazioni, e tutti i nuovi interventi consentiti dalla normativa vigente nelle aree a pericolosità idraulica devono essere tali da migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica ed assicurare il deflusso della piena di Riferimento.

Bisogna però sottolineare che le aree di impianto non ricadono in alcuna area a pericolosità idraulica. Il cavidotto, in corrispondenza della Diga di Ogliastro, ricade nella perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica P3 del PAI.

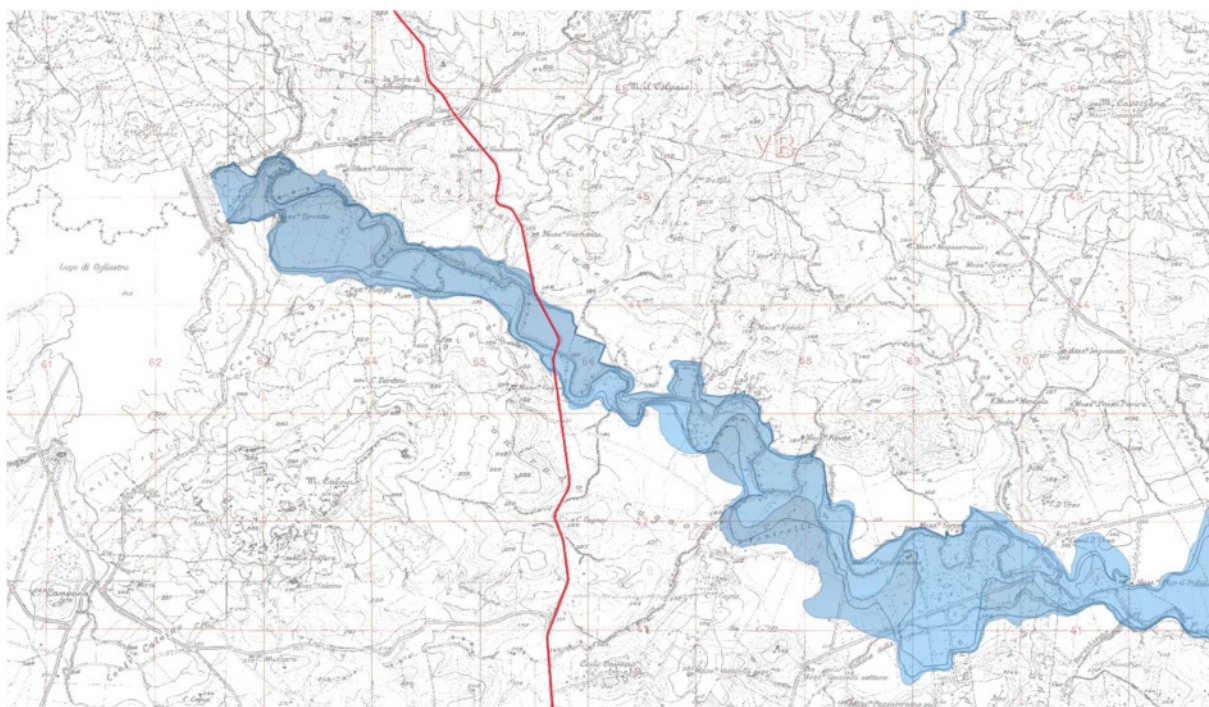



Figura 7 - Zoom relativo alla perimetrazione della pericolosità idraulica del PAI

Le aree a pericolosità P3 sono tutelate dall’art. 26 delle NTA del PAI, nelle quali è esplicitamente definito che *“sono vietate tutte le opere e le attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio. Sono, in particolare, vietate le costruzioni e i manufatti che possano deviare la corrente verso rilevati e ostacoli nonché scavi o abbassamenti del piano campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni degli argini, laddove esistenti”*. Tale tratto di cavidotto sarà realizzato mediante T.O.C. (trivellazione orizzontale controllata) non essendo presente alcun’opera.

	RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA		CODICE	FV.RMC01.PD.A.09
			REVISIONE n.	02
			DATA REVISIONE	06/2025
			PAGINA	15 di 55

L'Appendice C delle suddette norme concerne i "Contenuti tecnici degli studi di compatibilità idraulica", la cui redazione e valutazione è considerata poiché, nel caso in esame, lo studio è finalizzato alla verifica della compatibilità di opere e interventi, esistenti o proposti, con le condizioni di pericolosità e di rischio. Secondo quanto stabilito alla lettera C.1. gli studi con la succitata finalità dovranno:

- stimare gli idrogrammi di piena nelle sezioni d'interesse per i tempi di ritorno definiti nella presente appendice;
- definire il moto delle acque nell'alveo e nelle eventuali aree inondate;
- caratterizzare le aree a pericolosità idraulica attraverso l'individuazione dell'estensione dell'inondazione, il tirante idrico e le caratteristiche del deflusso;
- indicare le potenziali conseguenze negative derivanti dalle inondazioni;
- definire e descrivere le interferenze tra le aree a pericolosità di inondazione e le destinazioni urbanistiche, le trasformazioni d'uso del territorio e le opere previste o presenti.

Alla lettera C.2 sono indicate le modalità con cui effettuare la modellazione idrologica:

"Lo studio idrologico deve preliminarmente definire l'area di interesse, il reticolo idrografico naturale e artificiale, le sezioni di interesse e i relativi bacini sottesi. (...) Nei casi in cui le inondazioni non siano causate da esondazioni di corsi d'acqua o apporti diretti di canali di raccolta, bensì da accumulo di acque zenitali e carenza di drenaggio idrico superficiale naturale, sarà necessario utilizzare un modello digitale del terreno ove distribuire i volumi totali di pioggia all'interno dei volumi di accumulo naturali presenti sul suolo, al fine di evidenziare le principali zone di raccolta idrica nell'area di studio e progettare adeguate opere di drenaggio superficiale".


"La stima degli idrogrammi di piena nelle sezioni d'interesse deve essere condotta con metodi probabilistici (...) ed utilizzare metodi (...) indiretti (analisi probabilistica delle precipitazioni e successiva trasformazione afflussi-deflussi). L'analisi probabilistica può essere effettuata anche sulla base di studi di regionalizzazione (ad es. VAPI, TCEV, ecc.) disponibili per il territorio in esame (...)."

"Nel caso di bacini idrografici di limitata estensione (fino a circa 20 km²) si può ricorrere, per la determinazione del valore della portata di massima piena di assegnato tempo di ritorno, all'applicazione di un metodo analitico noto in letteratura come "metodo razionale"."

Alla lettera C.3 sono indicate le modalità con cui effettuare la modellazione idraulica:

	RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA	CODICE	FV.RMC01.PD.A.09
		REVISIONE n.	02
		DATA REVISIONE	06/2025
		PAGINA	16 di 55

“In considerazione della complessità del fenomeno da studiare e del grado di approfondimento necessario, possono essere utilizzati: (...) modelli di moto vario bidimensionale (2D) e comunque che consentano la valutazione dei tiranti idraulici e delle velocità (...).”

 E-WAY YELLOW Gruppo E-WAY SOLAR S.p.A.	RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA	CODICE	FV.RMC01.PD.A.09
		REVISIONE n.	02
		DATA REVISIONE	06/2025
		PAGINA	17 di 55

5 INTERFERENZE DEL CAVIDOTTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

Il tracciato del cavidotto è il risultato di un'analisi condotta con lo scopo di sfruttare quanto più possibile la viabilità esistente o in alternativa le sedi di pertinenza della stessa, al fine di minimizzare le lavorazioni di scavo in terreni a vocazione agricola per la posa.

Si precisa che lo studio richiesto dall'Autorità di Bacino ai fini dell'ottenimento dell'Autorizzazione Idraulica Unica ha comportato un rilievo in sito più approfondito per le interferenze con il cavidotto.











Le analisi hanno comportato leggere modifiche, in termini di risoluzione delle interferenze, rispetto ai precedenti studi.











5.1 Individuazione e classificazione delle interferenze











Sono state identificate n. 27 interferenze con il reticolo idrografico, la maggior parte su strada esistente ed asfaltata, costituite da opere d'arte di attraversamento.











Interferenza	Tipologia d'alveo	Denominazione	Opera interferente
I.00	Alveo rilevato da CTR e ortofoto	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.01	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.02	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.03	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.04	Corso d'acqua rilevato da foto satellitari con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.05	Corso d'acqua rilevato da CTR, tutelato ai sensi della lett. c), art. 142 del D. Lgs. n. 42/2004	La Signora	Cavidotto esterno
I.06	Corso d'acqua rilevato da foto satellitari con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.07	Corso d'acqua rilevato da foto satellitari con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.08	Corso d'acqua rilevato da CTR, tutelato ai sensi della lett. c), art. 142 del D. Lgs. n. 42/2004	Ventrilli	Cavidotto esterno
I.09	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.10	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.11	Corso d'acqua rilevato da foto satellitari con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno











Interferenza	Tipologia d'alveo	Denominazione	Opera interferente
I.12	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.13	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.14	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.15	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.16	Corso d'acqua rilevato da CTR, tutelato ai sensi della lett. c), art. 142 del D. Lgs. n. 42/2004	Gornalunga	Cavidotto esterno
I.17	Attraversamento condotta idrica	n.c.	Cavidotto esterno
I.18	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.19	Corso d'acqua rilevato da CTR, tutelato ai sensi della lett. c), art. 142 del D. Lgs. n. 42/2004	Albospino	Cavidotto esterno
I.20	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno
I.21	Opera di canalizzazione delle acque meteoriche	Tombino	Cavidotto esterno
I.22	Opera di canalizzazione delle acque meteoriche	Tombino	Cavidotto esterno
I.23	Opera di canalizzazione delle acque meteoriche	Tombino	Cavidotto esterno
I.24	Opera di canalizzazione delle acque meteoriche	Tombino	Cavidotto esterno
I.25	Opera di canalizzazione delle acque meteoriche	Tombino	Cavidotto esterno
I.26	Opera di canalizzazione delle acque meteoriche	Tombino	Cavidotto esterno
I.27	Corso d'acqua rilevato da CTR con attraversamento mediante opera d'arte	Privo di denominazione	Cavidotto esterno







ID. INTERFERENZA	RAPPRESENTAZIONE DELL'INTERFERENZA SU ORTOFOTO E CTR	TIPOLOGIA E COORDINATE OPERA	RAPPRESENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL'INTERFERENZA
I.00		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 467344.19 m Nord 4137174.88 m	
I.01		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 466489.00 m Nord 4136956.00 m	
I.02		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 466270.43 m Nord 4137244.30 m	
I.03		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 466125.12 m Nord 4137436.45 m	
I.04		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465863.27 m Nord 4137898.15 m	

ID. INTERFERENZA	RAPPRESENTAZIONE DELL'INTERFERENZA SU ORTOFOTO E CTR	TIPOLOGIA E COORDINATE OPERA	RAPPRESENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL'INTERFERENZA
I.05		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465735.53 m Nord 4138955.59 m	
I.06		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465703.53 m Nord 4139152.17 m	
I.07		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465666.14 m Nord 4139374.05 m	
I.08		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465578.45 m Nord 4140471.34 m	
I.09		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465656.97 m Nord 4141004.47 m	

ID. INTERFERENZA	RAPPRESENTAZIONE DELL'INTERFERENZA SU ORTOFOTO E CTR	TIPOLOGIA E COORDINATE OPERA	RAPPRESENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL'INTERFERENZA
I.10		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465742.93 m Nord 4141356.39 m	
I.11		Tombino idraulico [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465711.07 m Nord 4141588.04 m	
I.12		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465673.84 m Nord 4141717.50 m	
I.13		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465668.47 m Nord 4141943.70 m	
I.14		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465713.33 m Nord 4142586.54 m	

ID. INTERFERENZA	RAPPRESENTAZIONE DELL'INTERFERENZA SU ORTOFOTO E CTR	TIPOLOGIA E COORDINATE OPERA	RAPPRESENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL'INTERFERENZA
I.15		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465659.39 m Nord 4142928.60 m	
I.16		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465637.39 m Nord 4143376.61 m	
I.17		Interferenza con condotta irrigua [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465429.11 m Nord 4144014.35 m	
I.18		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465293.39 m Nord 4144594.64 m	
I.19		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 465000.03 m Nord 4145208.65 m	

ID. INTERFERENZA	RAPPRESENTAZIONE DELL'INTERFERENZA SU ORTOFOTO E CTR	TIPOLOGIA E COORDINATE OPERA	RAPPRESENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL'INTERFERENZA
I.20		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 464610.66 m Nord 4145718.00 m	
I.21		Tombino idralico [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 464538.30 m Nord 4145802.37 m	
I.22		Tombino idralico [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 464453.71 m Nord 4145927.24 m	
I.23		Tombino idralico [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 464433.81 m Nord 4146035.94 m	
I.24		Tombino idralico [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 464411.37 m Nord 4146197.84 m	

ID. INTERFERENZA	RAPPRESENTAZIONE DELL'INTERFERENZA SU ORTOFOTO E CTR	TIPOLOGIA E COORDINATE OPERA	RAPPRESENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL'INTERFERENZA
I.25		Tombino idralico [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 464199.44 m Nord 4146454.64 m	
I.26		Tombino idralico [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 464065.77 m Nord 4146637.19 m	
I.27		Attraversamento [Coord. WGS84-Fuso 33] Est 437049.00 m Nord 4113411.00 m	

5.2 Modalità di posa del cavidotto

Il cavidotto di progetto sarà realizzato adoperando una modalità di posa interrata, ad una profondità di circa 1,20 m dal piano campagna, nel rispetto della Norma CEI 11-17.

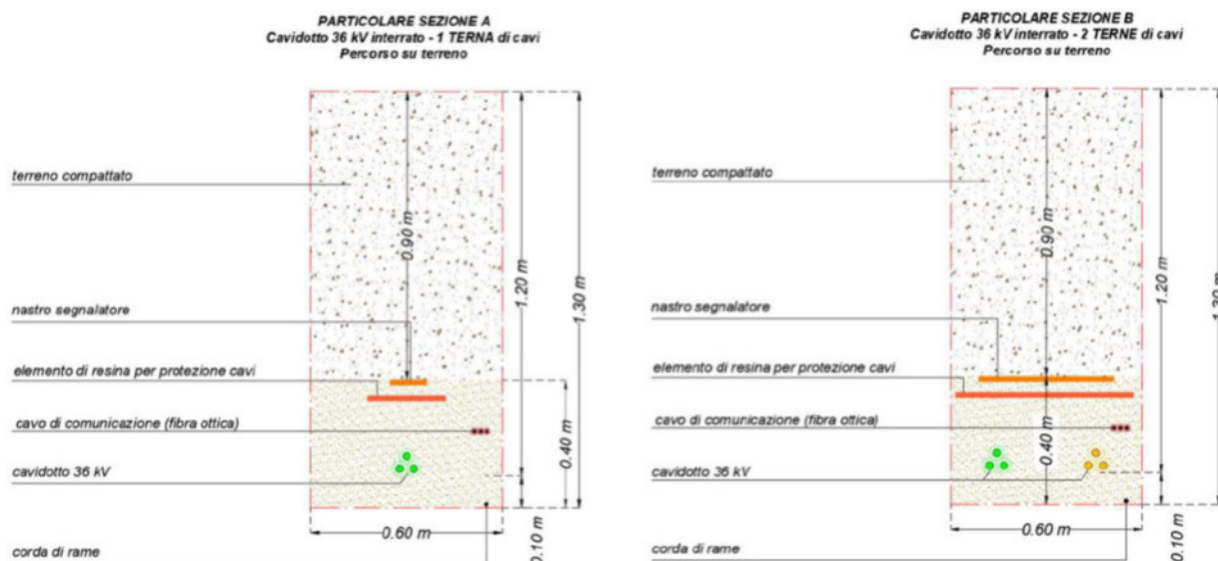


Figura 8 - Tipologici delle sezioni relative alla posa del cavidotto interrato

In corrispondenza delle interferenze sopra individuate, saranno previsti tutti gli accorgimenti necessari a garantire la stabilità della posa del cavidotto e, al contempo, l'assenza di modifiche al regime idraulico e idrologico presente nell'area.

5.3 Rappresentazione dei bacini idrografici

Il bacino idrografico è l'area topografica di raccolta delle acque che scorrono sulla superficie del suolo confluenti verso un determinato corpo idrico ricettore. Per ogni singola interferenza è stato tracciato il relativo bacino idrografico, adoperando le basi disponibili della CTR e del DTM, dai quali sono state individuate tutte le caratteristiche morfometriche, necessarie per l'analisi idrologica finalizzata al calcolo delle portate di piena. Per ogni bacino idrografico è stato definito:

- l'area del bacino A [m²];
- altitudine massima [m.s.l.m.];
- altitudine minima [m.s.l.m.];
- altitudine media [m.s.l.m.];
- pendenza media del bacino [%];
- lunghezza dell'asta principale [km];
- pendenza media dell'asta principale [%].

Si riporta di seguito una rappresentazione grafica dei bacini idrografici individuati.

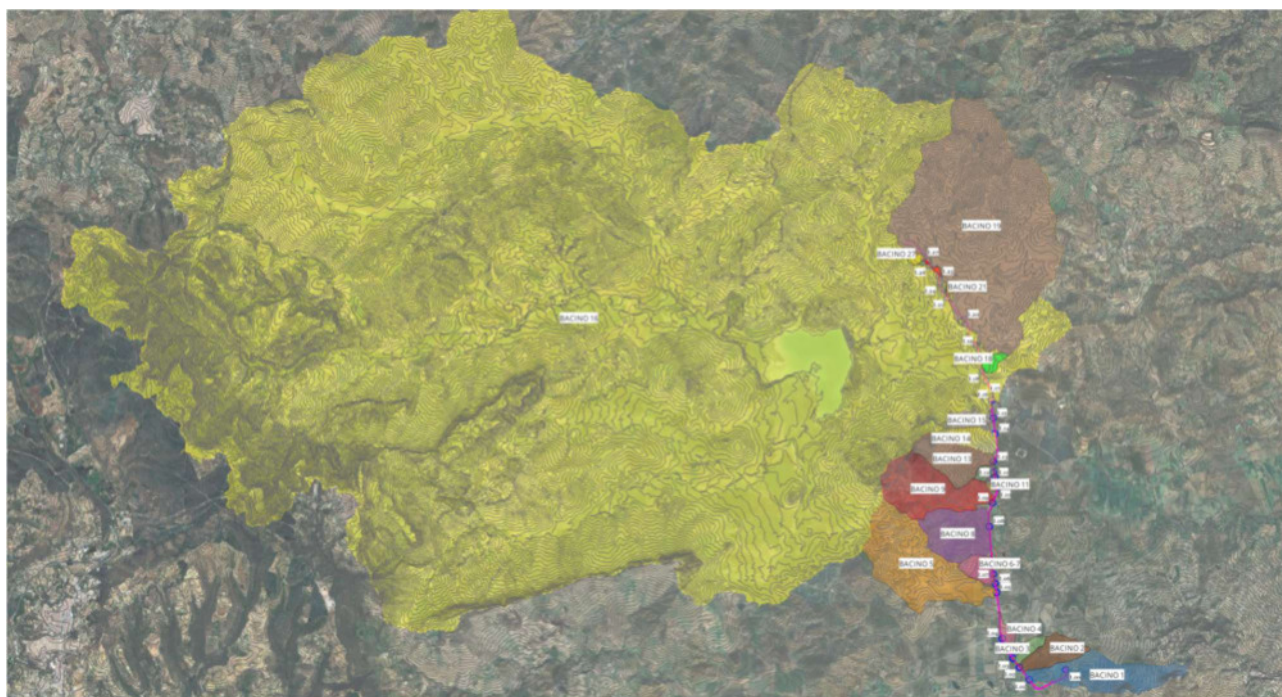


Figura 9 - Rappresentazione grafica complessiva dei bacini idrografici individuati

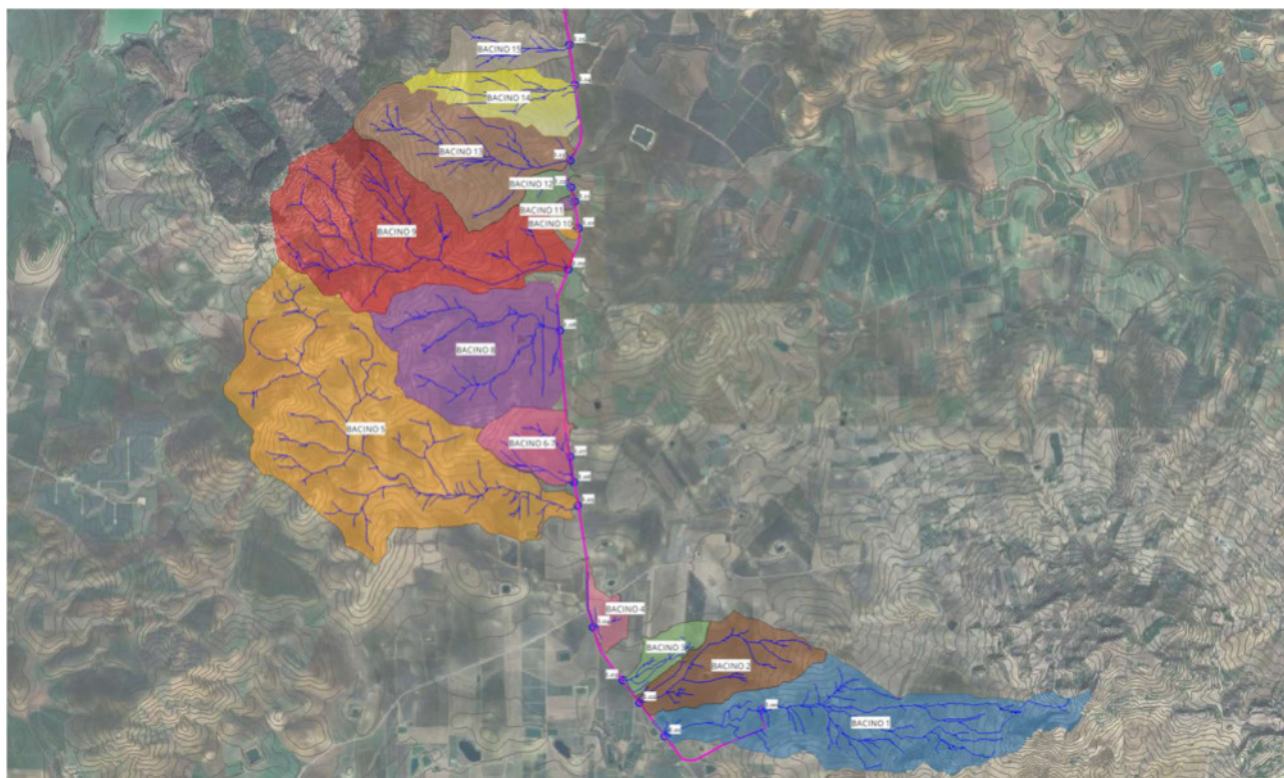


Figura 10 -Rappresentazione grafica dei bacini idrografici dal 1 a 15



Figura 11 - Rappresentazione grafica del bacino idrografico 16

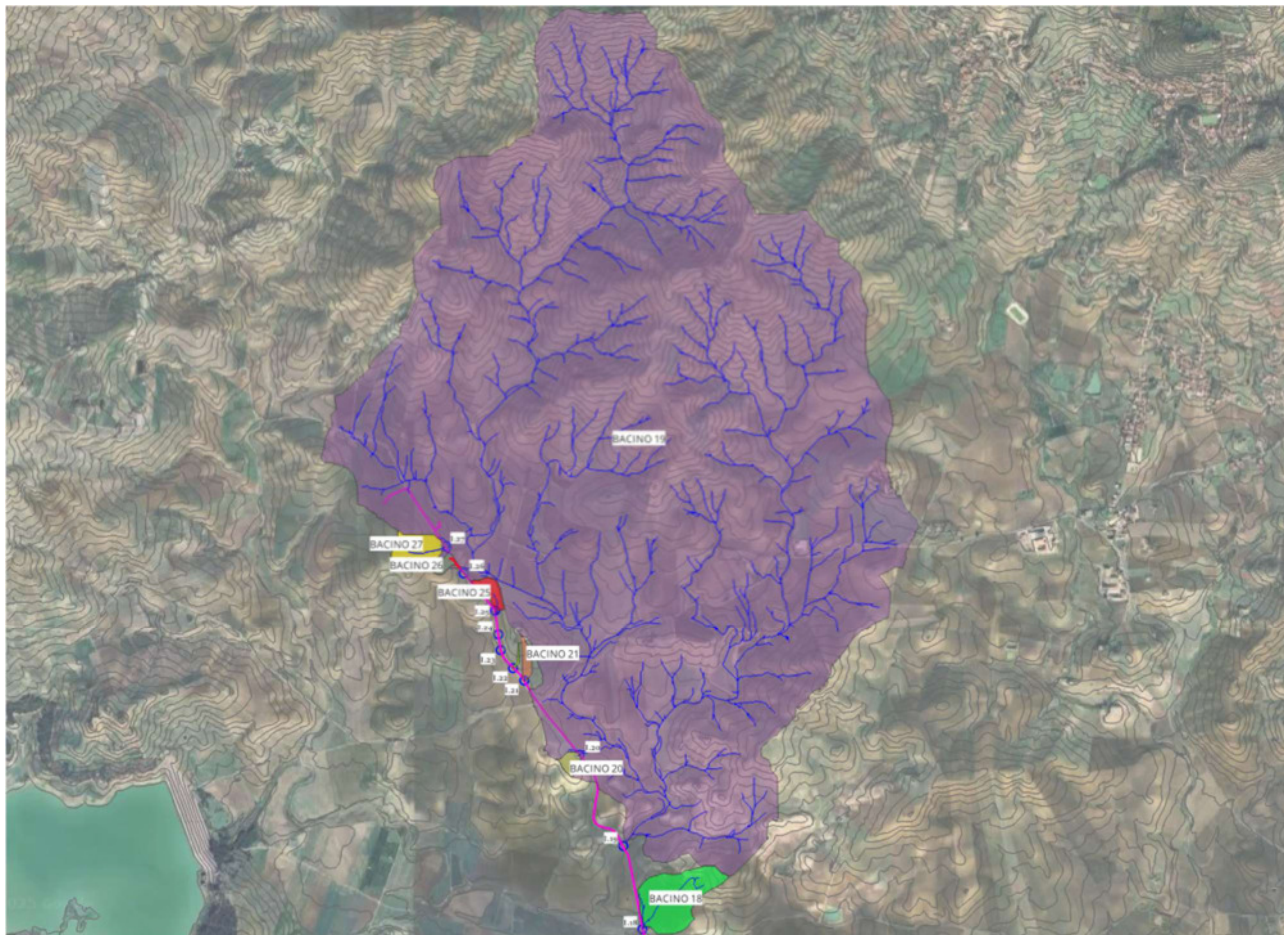



Figura 12 - Rappresentazione grafica dei bacini idrografici dal 18 a 27

Si riportano di seguito i dati topografici dei bacini idrografici per le singole interferenze.

Tabella 2 - Dati topografici dei bacini idrografici relativi alle interferenze idrauliche del cavidotto

ASPETTI TOPOGRAFICI											
BACINI IDROGRAFICI	L _{asta,i} [m]	A [m ²]	A [km ²]	H _{max(a.p.)} m.s.l.m.	H _{max} m.s.l.m.	H _{min} m.s.l.m.	H _m m.s.l.m.	P _m [%]	P _m	L _{asta,tot} [m]	L _{asta,tot} [km]
BACINO 1	4466,00	2016291	2,02	442,00	514,54	150,64	235,8	6,52	0,07	4466,00	4,47
BACINO 2	1949,00	738903	0,74	234,15	250,53	151,86	176,44	4,22	0,04	1949,00	1,95
BACINO 3	908,00	208743	0,21	162,76	175,86	151,2	158,76	1,27	0,01	908,00	0,91
BACINO 4	557,20	148545	0,15	164,03	170,48	154,5	157,16	1,71	0,02	557,20	0,56
BACINO 5	4576,00	3645435	3,65	262,46	293,84	156,43	202,67	2,32	0,02	4576,00	4,58
BACINO 6	801,00	396836	0,40	195,82	237	158,85	175,97	4,62	0,05	801,00	0,80
BACINO 7	621,00	396836	0,40	189,77	237	162,96	175,97	4,32	0,04	621,00	0,62
BACINO 8	1974,00	1595390	1,60	237,40	253,28	162	206,82	3,82	0,04	1974,00	1,97
BACINO 9	3206,00	2285732	2,29	376,10	401,03	167,69	241,34	6,50	0,07	3206,00	3,21
BACINO 10	88,10	26401	0,03	171,80	215,6	167,55	178,54	4,82	0,05	88,10	0,09
BACINO 11	33,20	21733	0,02	166,42	215,58	164,91	181,25	4,55	0,05	33,20	0,03
BACINO 12	451,40	120876	0,12	189,20	214,73	165,57	181,19	5,23	0,05	451,40	0,45
BACINO 13	2016,00	1237791	1,24	341,54	401,27	168,06	230,75	8,61	0,09	2016,00	2,02
BACINO 14	1434,00	522072	0,52	313,69	389,04	153,3	212,76	11,18	0,11	1434,00	1,43
BACINO 15	1075,00	360179	0,36	246,38	337,73	144,49	216,54	9,48	0,09	1075,00	1,08
BACINO 16	34285,00	210932638	210,93	862,34	874,08	136,03	257	2,12	0,02	34285,00	34,29
BACINO 18	693,00	171229	0,17	177,80	211,72	147,44	165,18	4,38	0,04	693,00	0,69
BACINO 19	8308,00	13586668	13,59	437,13	477,53	148,7	294,8	3,47	0,03	8308,00	8,31
BACINO 20	13,10	14813	0,01	176,25	196,31	176,82	184,07	-4,35	-0,04	13,10	0,01
BACINO 21	28,20	15628	0,02	189,40	214,12	187,83	197,97	5,57	0,06	28,20	0,03
BACINO 22	18,20	7814	0,01	195,00	198,11	190	194	27,47	0,27	18,20	0,02
BACINO 23	20,00	7810	0,01	195,88	198,71	190,43	194,8	27,25	0,27	20,00	0,02
BACINO 24	35,25	7512	0,01	195,10	196,47	192,21	193,54	8,20	0,08	35,25	0,04
BACINO 25	162,10	25345	0,03	199,26	208,15	196,12	199,54	1,94	0,02	162,10	0,16
BACINO 26	102,20	15840	0,02	218,26	232,86	213,71	222,74	4,45	0,04	102,20	0,10
BACINO 27	261,40	68666	0,07	230,81	250,73	216,59	227,97	5,44	0,05	261,40	0,26


	RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA		CODICE	FV.RMC01.PD.A.09
			REVISIONE n.	02
			DATA REVISIONE	06/2025
			PAGINA	30 di 55

5.4 Individuazione delle sponde incerte per le interferenze in alveo

La progettazione è avvenuta in accordo ai contenuti normativi del R.D. n. 523/1904, considerando che:

- l'art. 93 stabilisce che “Nessuno può fare opere nell'alveo dei fiumi, torrenti, rivi, scolatoi pubblici e canali di proprietà demaniale, cioè nello spazio compreso fra le sponde fisse dei medesimi, senza il permesso dell'autorità amministrativa”;
- l'art. 94 stabilisce che “Nel caso di alvei a sponde variabili od incerte, la linea, o le linee, fino alle quali dovrà intendersi estesa la proibizione di che nell'articolo precedente, saranno determinate...”;
- l'art. 96 stabilisce che “le distanze minime da applicare per la realizzazione di qualsiasi tipologia di opere dagli argini dei corsi d'acqua: metri quattro per le piantagioni o i movimenti di terra e metri dieci per la realizzazione di fabbriche e scavi”.

Nel caso specifico la determinazione delle sponde incerte è stata opportunamente verificata ai sensi delle Norme Tecniche per le costruzioni approvate con D.M. 17/01/2018 e Circolare del Consiglio Superiore Lavori Pubblici del 21 gennaio 2019 n. 7 di chiarimento sulle NTC 2018. Nel dettaglio, la verifica idraulica dei manufatti è descritta successivamente ed è avvenuta considerando un evento di piena eccezionale con portata trecentennale.

	RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA		CODICE	FV.RMC01.PD.A.09
			REVISIONE n.	02
			DATA REVISIONE	06/2025
			PAGINA	31 di 55

6 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica del progetto Agrovoltaico in esame è stata condotta utilizzando il Metodo VAPI "Valutazione delle Piene in Sicilia" (*Ferro e Cannarozzo, 1993*), predisposto in collaborazione tra il CNR e il GNDICI. Tale metodo consente di effettuare un'indagine pluviometrica in modo indiretto per la stima della portata dei corpi idrici per i quali non sono disponibili abbastanza dati pluviometrici. In particolare, il progetto VAPI va ad effettuare una regionalizzazione dei parametri probabilistici per la stima delle portate, che tiene conto di una particolare caratterizzazione geologica dei suoli con Riferimento alla loro capacità di infiltrazione oltre che della copertura boscata.

6.1 Metodo TCEV Sicilia

Il metodo 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 permette di superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica, spesso costituita da serie storiche di durata limitata e quindi poco attendibile per studi di natura statistica, andando ad individuare una distribuzione temporale dei parametri caratteristici delle precipitazioni in Sicilia. Il modello TCEV tiene conto della differente provenienza degli estremi idrologici, attraverso una funzione data dalla combinazione di due funzioni di tipo Gumbel: la prima assume valori non elevati ma frequenti, la seconda genera eventi più rari ma decisamente più intensi.

Il secondo livello di regionalizzazione ha previsto la suddivisione della Sicilia nelle seguenti tre sottozone:

- sottozona ovest A, delimitata ad est dallo spartiacque del F. Imera Meridionale e del F. Pollina;
- sottozona nord-est B, delimitata dai bacini del F. Pollina ad ovest e del F. Salso-Simeto a sud;
- sottozona sud-est C, delimitata a nord dal bacino del F. Salso-Simeto e ad ovest dallo spartiacque del F. Imera Meridionale.

Per ciascuna sottozona omogenea il metodo VAPI mette a disposizione delle formule che consentono di calcolare il fattore di crescita k_T , che dipendono principalmente dal tempo di ritorno T_r . La formula adoperata è consultabile nel rapporto VAPI, ed è valida per tutti i $T_r \geq 10$ anni ed è valida per la SZO nella quale ricadono le opere di progetto:

$$(SZO\ C)k_T = 0.5015 - 0.003516d + (0.0003720d^2 + 0.00102d + 1.0101)\ln T$$

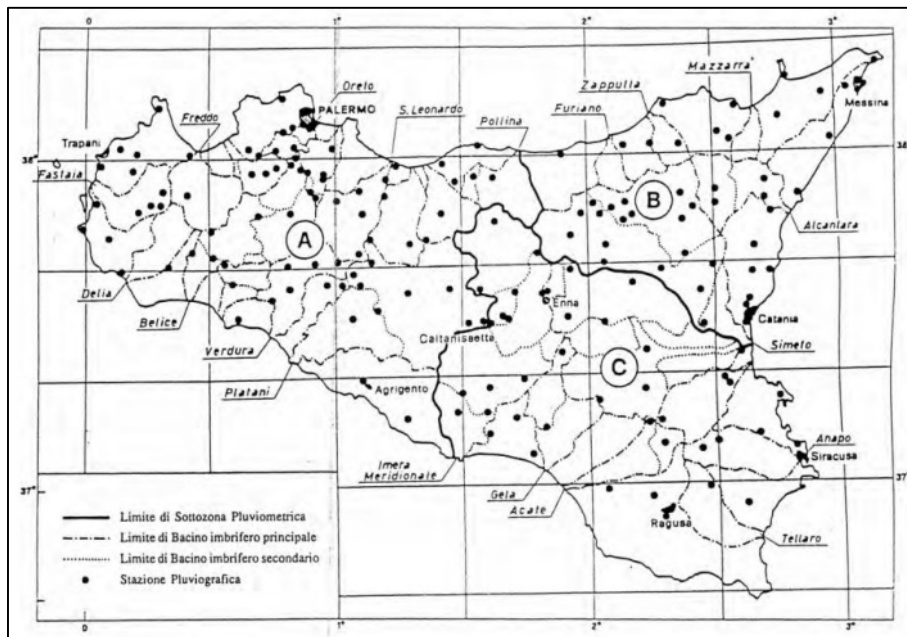


Figura 13 - Sottosone pluviometriche omogenee per il secondo livello di regionalizzazione relativo al metodo VAPI

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica è ottenuta dal prodotto tra il fattore di crescita k_T e il valor medio del massimo annuale dell'altezza di pioggia a fissata durata $m[h(d)]$ del modello TCEV, ovvero:

$$h(d) = k_T \cdot m[h(d)]$$

La Sicilia ha adottato una metodologia che distingue il calcolo del valor medio del massimo annuale in base alla durata di precipitazione, suggerendo due differenti formule:

- per $d > 1h$ la formula da adoperare è: $m[h(d)] = a \cdot d^n$
- per $d < 1h$ la formula da adoperare è: $m[h(d)] = 0.208 \cdot m[h(60)] \cdot d^{0.386}$

Per comprendere quale delle due formule adoperare, si è reso necessario calcolare la durata di Riferimento per il calcolo della portata, che per i bacini naturali è rappresentata dal tempo di corrivazione t_c .

6.2 Calcolo del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione di un bacino rappresenta il tempo impiegato dalla goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino. La formula per il calcolo del tempo di corrivazione adoperata è quella di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} \cdot 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_{min}}}$$

Il valore del tempo di corrivazione dipende principalmente dalle caratteristiche topografiche del bacino idrografico, infatti, nella formula si trova la superficie (S), la lunghezza dell'asta principale (L), l'altezza media dell'asta principale (H_m) e l'altezza minima dell'asta principale (H_{min}).

6.3 Coefficiente di afflusso

Il modello afflussi-deflussi adoperato richiede di quantificare le perdite dovute all'infiltrazione con il fine di calcolare la pioggia netta, cioè quella che dà luogo al deflusso. Il coefficiente di afflusso rappresenta il rapporto tra il volume totale di deflusso e il volume totale di pioggia caduto sull'area sottesa ad una data sezione, il suo utilizzo comporta di considerare le perdite proporzionali all'intensità media di pioggia. Secondo quanto indicato dal "Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia", è possibile stimare il coefficiente di deflusso in prima approssimazione come un unico valor medio regionale pari a:

$$\varphi = 0.364$$

6.4 Formula di calcolo della portata di piena

Una volta ottenuta l'altezza di pioggia a durata fissata $h(d)$ è possibile calcolare la portata al colmo di piena mediante il metodo della formula razionale, che consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno T mediante la seguente relazione:

$$Q_{Tr} = \frac{\varphi \cdot i_{Tr} \cdot S}{3.6}$$

dove:

- Q_{Tr} è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T_r ed è espressa in m^3/s ;
- φ è il coefficiente di afflusso, adimensionale;

- i_{Tr} è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempo di corrivazione) in mm/h;
- S è la superficie del bacino idrografico espressa in km².

6.5 Calcolo delle portate di piena con $T_r=300$ anni

Sulla base dei dati topografici di cui al Paragrafo 5.3, sono state calcolate le portate trecentennali per tutte le interferenze idrauliche con il cavidotto.

Tabella 3 - Calcolo della portata di piena con un tempo di ritorno di 300 anni

CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA A 300 ANNI									
BACINI IDROGRAFICI	t_c [h]	ψ	$m[h(t_c)]$ [mm]	T_r [anni]	$k_{T,1}$	$k_{T,2}$	$h(t_c)$ [mm]	$i(t_c)$ [mm/h]	Q [m ³ /s]
BACINO 1	1,68	0,364	29,600	300	5,86	4,69	173,51	103,48	22,575
BACINO 2	1,60	0,364	29,097	300	5,86	4,69	170,55	106,33	8,500
BACINO 3	1,45	0,364	27,985	300	5,86	4,69	164,00	113,10	2,554
BACINO 4	1,82	0,364	30,565	300	5,86	4,69	179,21	98,35	1,581
BACINO 5	2,67	0,364	35,400	300	5,87	4,69	207,88	77,98	30,760
BACINO 6	1,12	0,364	25,367	300	5,86	4,69	148,60	132,18	5,675
BACINO 7	1,20	0,364	25,981	300	5,86	4,69	152,21	127,26	5,464
BACINO 8	1,50	0,364	28,326	300	5,86	4,69	166,01	110,95	19,152
BACINO 9	1,58	0,364	28,937	300	5,86	4,69	169,61	107,26	26,526
BACINO 10	0,29	0,364	15,133	300	5,85	4,69	88,59	300,42	0,858
BACINO 11	0,20	0,364	12,970	300	5,85	4,69	75,92	383,94	0,903
BACINO 12	0,65	0,364	20,580	300	5,86	4,69	120,51	184,26	2,410
BACINO 13	1,18	0,364	25,846	300	5,86	4,69	151,41	128,32	17,184
BACINO 14	0,82	0,364	22,429	300	5,86	4,69	131,35	160,73	9,078
BACINO 15	0,59	0,364	19,791	300	5,86	4,69	115,88	196,08	7,641
BACINO 16	12,45	0,364	64,171	300	6,18	4,69	396,72	31,87	727,925
BACINO 18	0,80	0,364	22,242	300	5,86	4,69	130,25	162,87	3,017
BACINO 19	2,81	0,364	36,145	300	5,87	4,69	212,33	75,47	110,943
BACINO 20	0,24	0,364	13,866	300	5,85	4,69	81,17	345,23	0,553
BACINO 21	0,21	0,364	13,345	300	5,85	4,69	78,12	366,93	0,620
BACINO 22	0,24	0,364	13,933	300	5,85	4,69	81,56	342,61	0,290
BACINO 23	0,23	0,364	13,733	300	5,85	4,69	80,39	350,57	0,296
BACINO 24	0,43	0,364	17,553	300	5,85	4,69	102,77	237,29	0,193
BACINO 25	0,59	0,364	19,840	300	5,86	4,69	116,17	195,31	0,536
BACINO 26	0,27	0,364	14,693	300	5,85	4,69	86,01	314,86	0,540
BACINO 27	0,53	0,364	19,027	300	5,85	4,69	111,40	208,74	1,551

6.6 Verifica idraulica dei tombini e degli attraversamenti

Il rilievo in sito ha consentito di poter caratterizzare lo stato di fatto dei tombini idraulici e degli attraversamenti, potendo rilevare dati come:

- il materiale, quindi se il manufatto è stato costruito in calcestruzzo o in acciaio;
- il lato dell'attraversamento, poiché il rilievo ha seguito un sistema di riferimento (da sinistra a destra a partire dalla SE Terna verso gli aerogeneratori), così da poter effettuare la verifica su ambo i lati;
- la sezione, se circolare, scatolare, trapezoidale o a campana;
- la quantità delle opere (quanti tubi sono stati rilevati).

Nel dettaglio, la verifica è stata effettuata attraverso la determinazione della massima portata defluente nella sezione del tombino, adoperando la formula di Gauckler-Strickler in combinazione alla formula di Chézy, così da determinare la velocità e la portata delle correnti a pelo libero in moto gradualmente variato e in moto uniforme.

La portata defluente nei manufatti e nelle opere d'arte è stata calcolata sulla base dei dati rilevati in sito ed è stata confrontata, successivamente, con la portata trecentennale calcolata nel Paragrafo 6.5 In tal modo si è riusciti a constatare la capacità degli stessi di defluire la portata nel caso di piena eccezionale allo scopo di individuare la metodologia di passaggio del cavidotto più adeguata.

6.7 Verifica idraulica sezione circolare

$$v = k_s \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i}$$

$$Q = v \times A$$

dove:

- v è la velocità della corrente in m/s;
- A è l'area bagnata nella sezione trasversale in m².

$$A = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

- R è il raggio idraulico della sezione trasversale in m:

$$R = \frac{A}{P}$$

- P è il perimetro bagnato della sezione trasversale:

$$P = 2 \times \pi \times \frac{D}{2}$$

- i è la cadente piezometrica, che nel caso di moto uniforme è pari alla pendenza di fondo del canale;
- Q è la portata in m³/s.

Si riporta di seguito la tabella che descrive il calcolo della portata Q che defluisce nelle sezioni dei singoli manufatti e delle opere d'arte rilevati in sito.

Tabella 4 - Calcolo della portata che defluisce nei tombini circolari rilevati

CALCOLO PORTATA OPERE CIRCOLARI											
INTERFERENZA	n	D [m]	PACCHETTO [m]	i	k _s [m ^{1/3} /s]	A [m ²]	P [m]	R [m]	v [m/s]	Q _s [m ³ /s]	Q _{tot} [m ³ /s]
I.06	1	0,60	0,50	1%	60	0,283	1,884	0,150	1,694	0,479	0,479
I.18	1	1,20		1%	60	1,130	3,768	0,300	2,689	3,039	3,039
I.21	1	1,00	0,00	1%	85	0,785	3,140	0,250	3,373	2,648	2,648
I.22	1	1,00	1,70	1%	85	0,785	3,140	0,250	3,373	2,648	2,648
I.23	1	1,00	1,70	1%	85	0,785	3,140	0,250	3,373	2,648	2,648
I.24	1	1,00	1,60	1%	85	0,785	3,140	0,250	3,373	2,648	2,648
I.25	1	1,88	0,95	1%	85	2,775	5,903	0,470	5,138	14,256	14,256
I.26	1	1,00	1,70	1%	85	0,785	3,140	0,250	3,373	2,648	2,648
I.27	1	1,00	1,50	1%	85	0,785	3,140	0,250	3,373	2,648	2,648

6.8 Verifica idraulica sezione scatolari

$$v = k_s \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i}$$

$$Q = v \times A$$

dove:

- v è la velocità della corrente in m/s;
- A è l'area bagnata nella sezione trasversale in m².

$$A = \frac{(b + B) \times h}{2}$$

- R è il raggio idraulico della sezione trasversale in m:

$$R = \frac{A}{P}$$

- P è il perimetro bagnato della sezione trasversale:

$$P = b \times \sqrt{h^2 + \left(\frac{B-b}{2}\right)^2}$$

- i è la cadente piezometrica, che nel caso di moto uniforme è pari alla pendenza di fondo del canale;
- Q è la portata in m³/s.

Si riporta di seguito la tabella che descrive il calcolo della portata Q che defluisce nelle sezioni dei singoli tombini idraulici rilevati in sito.

Tabella 5 - Calcolo della portata che defluisce nei tombini scatolari o trapezoidali rilevati

Calcolo portata opere esistenti scatolari													
INTERFERENZA	n	b [m]	B [m]	h [m]	PACCHETTO [m]	i	k _s [m ^{1/3} /s]	A [m ²]	P [m]	R [m]	v [m/s]	Q _s [m ³ /s]	Q _{tot} [m ³ /s]
I.01	1	4,37	4,37	2,96	0,40	1%	60	12,94	10,29	1,26	6,99	90,399	90,399
I.02	1	0,90	0,90	0,60	0,50	1%	60	0,54	2,10	0,26	2,43	1,310	1,310
I.03	1	0,90	0,90	1,00	0,35	1%	60	0,90	2,90	0,31	2,75	2,475	2,475
I.04	1	1,10	1,10	1,15	0,40	1%	60	1,27	3,40	0,37	3,10	3,926	3,926
I.05	3	3,40	3,40	2,10	1,20	1%	60	7,14	7,60	0,94	5,76	41,093	123,280
I.07	1	4,10	4,10	0,70	0,70	1%	60	2,87	5,50	0,52	3,89	11,161	11,161
I.08	1	3,00	3,00	2,50	0,40	1%	60	7,50	8,00	0,94	5,75	43,105	43,105
I.09	1	3,10	3,10	3,40	0,40	1%	60	10,54	9,90	1,06	6,26	65,937	65,937
I.10	1	2,00	2,00	0,50	0,35	1%	60	1,00	3,00	0,33	2,88	2,884	2,884
I.11	1	1,10	1,50	2,10	2,00	1%	60	2,73	5,70	0,55	4,04	11,031	11,031
I.12	1	1,10	1,50	2,10	2,00	1%	60	2,73	5,70	0,55	4,04	11,031	11,031
I.13	1	4,00	4,00	1,00	0,60	1%	60	4,00	6,00	0,67	4,58	18,315	18,315
I.14	1	1,90	1,90	2,10	1,00	1%	60	3,99	6,10	0,65	4,52	18,039	18,039
I.15	1	2,10	2,10	4,00	1,20	1%	60	8,40	10,10	0,83	5,31	44,573	44,573
I.19	1	12,50	12,50	3,94	0,60	1%	60	49,25	20,38	2,42	10,80	532,140	532,140
I.20	1	1,30	0,70	1,50	1,00	1%	60	1,50	3,70	0,28	2,59	3,887	3,887

A tal proposito, sulla base delle portate indicate e dal confronto con le portate calcolate nel Paragrafo 6.5 emerge che:

Tabella 6 - Verifica dei tombini idraulici e delle opere d'arte esistenti

Verifica tombini idraulici e opere esistenti							
INTERFERENZA	PACCHETTO STRADALE [m]	MATERIALE	TIPOLOGIA SEZ. OPERA	n.	Q_{tot} [m³/s]	Q_{TR=300/n} [m³/s]	VERIFICA
I.01	0,40	cls grezzo	scatolare	1	90,399	22,575	SODDISFATTO
I.02	0,50	cls grezzo	scatolare	1	1,310	8,500	NON SODDISFATTO
I.03	0,35	cls grezzo	scatolare	1	2,475	2,554	SODDISFATTO
I.04	0,40	cls grezzo	scatolare	1	3,926	1,581	SODDISFATTO
I.05	1,20	cls grezzo	scatolare	3	123,280	30,760	SODDISFATTO
I.06	0,50	cls grezzo	circolare	1	0,479	5,675	NON SODDISFATTO
I.07	0,70	cls grezzo	scatolare	1	11,161	5,464	SODDISFATTO
I.08	0,40	cls grezzo	scatolare	1	43,105	19,152	SODDISFATTO
I.09	0,40	cls grezzo	scatolare	1	65,937	26,526	SODDISFATTO
I.10	0,35	cls grezzo	scatolare	1	2,884	0,858	SODDISFATTO
I.11	2,00	cls grezzo	campana	1	11,031	0,903	SODDISFATTO
I.12	2,00	cls grezzo	campana	1	11,031	2,410	SODDISFATTO
I.13	0,60	cls grezzo	scatolare	1	18,315	17,184	SODDISFATTO
I.14	1,00	cls grezzo	scatolare	1	18,039	9,078	SODDISFATTO
I.15	1,20	cls grezzo	scatolare	1	44,573	7,641	SODDISFATTO
I.18	0,00	cls grezzo	circolare	1	3,039	3,017	SODDISFATTO
I.19	1,10	cls grezzo	scatolare	1	532,140	110,943	SODDISFATTO
I.20	0,60	cls grezzo	scatolare	1	3,887	0,553	SODDISFATTO
I.21	1,00	acciaio	circolare	1	2,648	0,620	SODDISFATTO
I.22	0,00	acciaio	circolare	1	2,648	0,290	SODDISFATTO
I.23	1,70	acciaio	circolare	1	2,648	0,296	SODDISFATTO
I.24	1,70	acciaio	circolare	1	2,648	0,193	SODDISFATTO
I.25	1,60	acciaio	circolare	1	14,256	0,536	SODDISFATTO
I.26	0,95	acciaio	circolare	1	2,648	0,540	SODDISFATTO
I.27	1,70	acciaio	circolare	1	2,648	1,551	SODDISFATTO

Come si può constatare dalla Tabella 6, alcuni dei manufatti esistenti non rispettano la verifica effettuata, dunque, non consentono di far defluire la portata in caso di piena eccezionale. Il criterio adoperato per la risoluzione delle interferenze, riportato dettagliatamente nei paragrafi successivi, tiene conto di tale verifica poiché, a vantaggio di sicurezza, i manufatti non verificati saranno by-passati tramite tecniche interraste meglio descritte nei paragrafi successivi.

6.9 Identificazione delle fasce di allagamento per i manufatti non verificati

L'Appendice C concerne i "Contenuti tecnici degli studi di compatibilità idraulica" della GURS 21/05/2021 al punto C.3 definisce le modalità di modellazione idraulica, che nel caso in esame è stata prevista del tipo bidimensionale. Lo studio idrologico, dunque, è stato effettuato seguendo quanto indicato nell'Appendice C delle NTA del PAI, il cui obiettivo principale è di individuare le aree potenzialmente allagabili con un Tr pari a 300 anni, in accordo anche a quanto stabilito nel Capitolo 5 delle NTC 2018. Nel dettaglio, la modellazione bidimensionale si è resa necessaria principalmente per i manufatti le cui verifiche (riportate nel paragrafo precedente) non risultino soddisfatte e per le interferenze prive di un'opera esistente. Tali interferenze risultano: I.00, I.02, I.06, I.16. La geometria dello stato di fatto è stata ricostruita utilizzando un DTM 2x2 m messo a disposizione dalla Regione Siciliana, non disponendo di basi con risoluzione superiore, portando in conto eventuali approssimazioni dei risultati in output dovuti al modello morfologico non del tutto rappresentativo delle condizioni reali.

Si rappresentano, di seguito, le fasce di allagamento calcolate. Si tiene a precisare che studio delle fasce è avvenuto circoscrivendo la mesh di calcolo all'area di interesse.



Figura 14 - Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per l'interferenza I.00



Figura 15 - Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per l'interferenza I.02



Figura 16 - Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per l'interferenza I.06

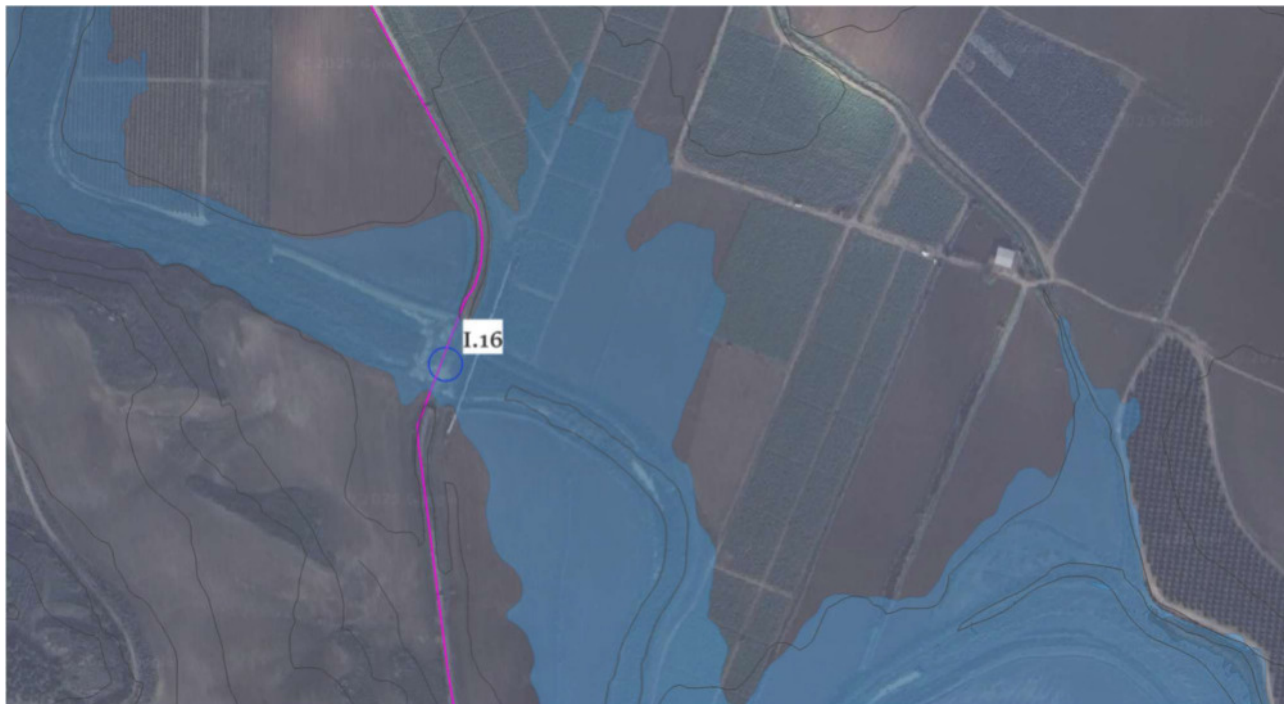


Figura 17 - Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per l'interferenza I.16

Lo studio della fascia di allagamento si è reso necessario per individuare la lunghezza delle tecnologie di passaggio del cavidotto come la TOC o lo scavo in sub-alveo con tecnica no-dig, allo scopo di renderle compatibili nel caso di eventi di piena eccezionali.


6.10 Risoluzione delle interferenze del cavidotto

Come anticipato in precedenza, la risoluzione delle interferenze è stata revisionata a seguito della verifica idraulica dei manufatti e delle opere d'arte.

A tal proposito si riporta di seguito la tabella riepilogativa.

Tabella 7 - Tabella riepilogativa della risoluzione delle interferenze idrauliche

IDENTIFICATIVO INTERFERENZA	TIPOLOGIA OPERA	ALTEZZA PACCHETTO STRADALE (m)	METODO DI RISOLUZIONE INTERFERENZA IPOTIZZATO
I.00	nessun'opera	0,00	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)
I.01	scatolare	0,40	Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.02	scatolare	0,50	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)
I.03	scatolare	0,35	Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.04	scatolare	0,40	Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.05	scatolare	1,20	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.06	circolare	0,50	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)
I.07	scatolare	0,70	Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.08	scatolare	0,40	Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.09	scatolare	0,40	Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.10	scatolare	0,35	Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.11	campana	2,00	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.12	campana	2,00	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.13	scatolare	0,60	Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.14	scatolare	1,00	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.15	scatolare	1,20	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.16	nessun'opera	0,00	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)
I.17	rete irrigua	0,00	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)
I.18	scatolare	1,10	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.19	scatolare	0,60	Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.20	circolare	1,70	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.21	circolare	1,70	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.22	circolare	1,60	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.23	circolare	1,60	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.24	circolare	1,60	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.25	circolare	1,10	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"
I.27	circolare	2,20	Scavo del cavidotto su strada con inglobamento in bauletto di cemento magro/ Scavo in sub-alveo con scavo o in alternativa con tecnologia "no-dig"

	RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA		CODICE	FV.RMC01.PD.A.09
			REVISIONE n.	02
			DATA REVISIONE	06/2025
			PAGINA	43 di 55

6.11 Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) e altre metodologie di passaggio del cavidotto

Come anticipato nella Tabella 7, il percorso del cavidotto prevede una serie di attraversamenti di corsi d'acqua con la Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC), una tecnica che consente di eseguire gli interventi alla profondità di scavo desiderata e nella massima sicurezza, garantendo l'inalterazione o il deterioramento dei corsi d'acqua, minimizzando le movimentazioni di terreno.

Tale tecnica permette di posare il cavidotto al di sotto dell'alveo del corso d'acqua, ad almeno 2 m di profondità dal fondo alveo, lasciando completamente inalterate le sponde. Per realizzare la TOC bisogna individuare i punti di ingresso e di uscita del cavidotto in corrispondenza dei quali dovranno predisporci delle aree per consentire la perforazione. Le fasi necessarie a realizzare la TOC sono:

- perforazione pilota (pilot bore) di piccolo diametro (100-150 mm), realizzata mediante una batteria di perforazione manovrata attraverso la combinazione di rotazioni e spinte il cui effetto, sulla traiettoria seguita dall'utensile fondo-foto, sarà controllato attraverso il sistema di guida. La perforazione pilota seguirà il percorso piano-altimetrico previsto nel progetto e meglio rappresentato negli elaborati grafici allegati;
- alesatura (back reaming) per l'allargamento del foro fino alle dimensioni richieste. Una volta completato il foro pilota con l'uscita dal terreno dell'utensile fondo-foro sarà montato, in testa alla batteria di aste di acciaio, l'utensile per l'allargamento del foro pilota (alesatore), avente un diametro maggiore di quello del foro pilota, e il tutto verrà tirato a ritroso verso il punto di ingresso della trivellazione;
- tiro (pullback) della tubazione; completata l'alesatura, in corrispondenza del punto di uscita la tubazione da installare verrà assemblata fuori terra e collegata, con un'opportuna testa di tiro, alla batteria di aste di perforazione, con interposizione di un giunto girevole reggispira (detto girevole o swivel), e tirata a ritroso verso il punto di entrata, raggiunto il quale la posa della tubazione sarà terminata.

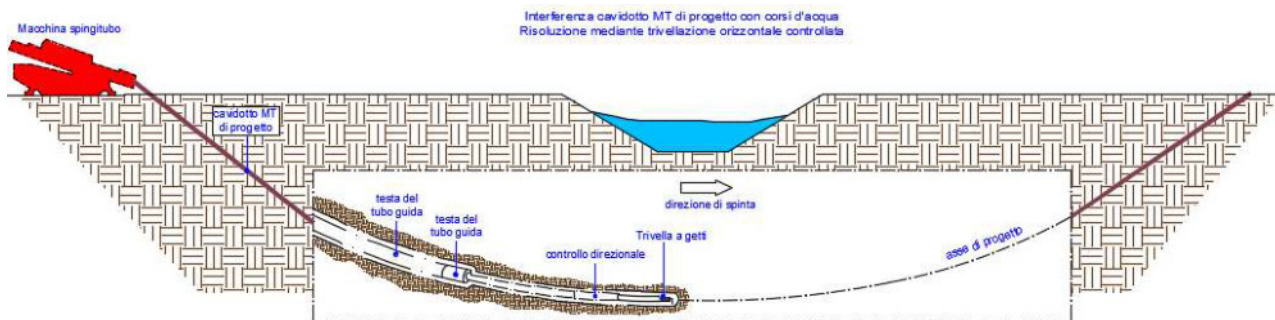


Figura 18 Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza tramite TOC (Rif. FV.RMC01.PD.G.02)

Tale tecnologia rientra tra le tecnologie “no-dig”, tra le quali rientra anche lo scavo in sub-alveo, che consente di posare il cavidotto interrato senza ricorrere allo scavo a cielo aperto, evitando la manomissione del manto superficiale e riducendo gli impatti negativi sull’ambiente.

Laddove la profondità del pacchetto stradale è inferiore a 1,20 m, ma è comunque superiore a 60 cm, potrebbe valutarsi la possibilità di prevedere l’inglobamento del cavo. Tale modalità di posa prevede la realizzazione di un bauletto di calcestruzzo magro intorno al cavidotto, che permette di garantire una buona resistenza al cavidotto.

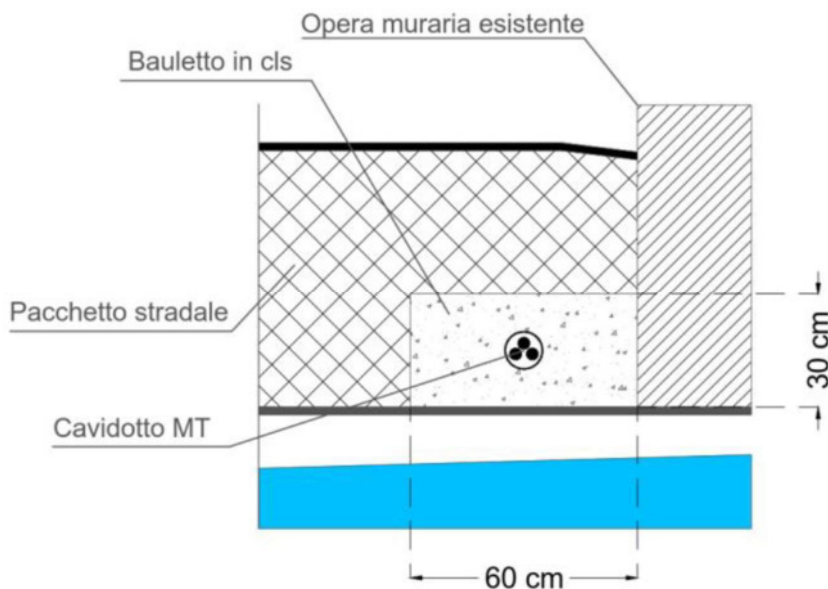


Figura 19 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza tramite inglobamento del cavo

7 REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE

La durabilità delle strade nel parco agrovoltaico è garantita da un efficace sistema idraulico di drenaggio delle acque meteoriche.

Gli interventi da realizzarsi nell'area in esame sono stati sviluppati seguendo due obiettivi:

- garantire l'invarianza idraulica attraverso il mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrogeologico" ante operam, le opere di progetto, infatti, determineranno un incremento trascurabile o nullo della portata di piena dei corpi idrici riceventi i deflussi superficiali originati dalle aree interessate dagli interventi;
- garantire un adeguato drenaggio, attraverso la regimentazione e il controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità interna.

Le opere di regimentazione consentono il recapito delle acque meteoriche nei loro impluvi naturali o nelle strade esistenti e impediscono che le stesse possano stazionare nell'area di impianto pregiudicandone l'utilizzo. Nel caso in esame sono stati individuati degli interventi che consentiranno la raccolta e lo smaltimento dell'acqua limitando allo stretto necessario le opere di sbancamento.

Il tema, nello specifico, è stato affrontato ed approfondito nell'elaborato "Studio sull'invarianza idraulica" Rif. (RS06REL002918).

8 CENNI SUL FENOMENO DELL'EROSIONE

Una corrente idrica esercita un'azione di trascinamento sui grani di materiale disposti sul contorno bagnato e, se questi non sono sufficientemente stabili, li sposta erodendo il letto fluviale mobile. L'erosione può provocare l'abbassamento del letto e/o il crollo delle sponde con allargamento e spostamento (migrazione) dell'alveo.

Si distinguono pertanto i seguenti fenomeni:


erosione locale, dovuta principalmente ad eventi intensi associati a fenomeni di precipitazione eccezionale, essa si esplica in prossimità di singolarità idrauliche, come pile o spalle di ponti, ovvero salti e scivoli che comportano perturbazioni alla corrente, ove la turbolenza risulta particolarmente intensa. Il fenomeno ha un decorso rapidissimo e può portare alla rovina dell'opera in alveo nel corso di una sola piena;

erosione generalizzata, dovuta alle piene ordinarie, essa si sviluppa quando la portata di sedimento immessa da monte non è sufficiente a saturare la capacità di trasporto della corrente idrica. La saturazione della capacità di trasporto avviene prelevando materiale d'alveo, ossia erodendo il letto, questa può procedere uniformemente o localmente ma in maniera graduale.

Il caso in esame, dove gli attraversamenti delle aree allagabili sono previsti lungo tratti indisturbati dell'alveo in modellamento attivo è da ricondurre all'erosione di tipo generalizzata.

L'erosione generalizzata dell'alveo, conseguente ad uno squilibrio complessivo tra l'apporto di sedimenti che giungono al corso d'acqua e la capacità erosiva della corrente, può essere analizzata con studi a scala di bacino e simulando i fenomeni di erosione e di deposito con modelli matematici. La profondità dell'erosione di un tronco d'alveo per carenza di apporto di materiale solido da monte può, invece, essere studiata in maniera piuttosto semplice per un canale circa prismatico e rettilineo, considerando che la sua sezione si deformerà, approfondendosi e/o allargandosi, fino a che l'azione di trascinamento della corrente non diminuirà al di sotto del valore critico. Valutazioni più speditive consentono di ricavare la profondità di erosione δ come la differenza tra il tirante d'acqua h antecedente all'erosione ed il tirante d'acqua h_e a fenomeno avvenuto:

$$\delta = h_e - h$$

	RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA		CODICE	FV.RMC01.PD.A.09
			REVISIONE n.	02
			DATA REVISIONE	06/2025
			PAGINA	47 di 55

Il tirante d'acqua h_e a fenomeno avvenuto si ricava dalle formule, del tutto empiriche e senza giustificazione teorica, dell'equilibrio dei canali a regime.

La formula di Blench (1969) propone:

$$h_e = 0,379 q^{2/3} d_{50}^{-1/6} \text{ per sabbia e limo con } 6 \cdot 10^{-5} < d_{50} \text{ (m)} < 0,002 \text{ (1)}$$

$$h_e = 0,692 q^{2/3} d_{50}^{-1/12} \text{ per sabbia e ghiaia con } 0,002 < d_{50} \text{ (m)} \text{ (2)}$$

La formula di Maza Alvarez ed Echavarria (1973) propone:

$$h_e = 0,365 q^{0,784} d_{50}^{-0,157} \text{ per sabbia e ghiaia con } d_{75} \text{ (m)} < 0,006 \text{ (3)}$$

Per il calcolo di q , intesa come la portata nell'unità di larghezza del canale, si utilizza il tirante e velocità forniti del modello idraulico lungo le sezioni stesse.

La morfologia del letto fluviale e gli effetti su di essa delle opere in alveo sono strettamente legati al trasporto dei sedimenti da parte della corrente per mezzo dei processi di:

trasporto al fondo, tipico del movimento del materiale più grossolano, che si muove vicino al fondo per scorrimento, rotolamento, saltazione;

trasporto torbido, che sposta i materiali più fini sospendendoli, per effetto della turbolenza, nel nucleo della corrente.

Parte degli inerti trasportati dalla corrente si ritrova anche nel materiale costituente il fondo del fiume, chiamato materiale di fondo o bed-material load. La portata di bed-material load dipende dalla portata liquida del fiume. Il materiale molto fine – limi e argille – apportato dagli affluenti ovvero eroso dal terreno delle sponde, dopo essere andato in sospensione non ritorna più al fondo nei cui depositi si trova depositato solo in minima parte, tale fenomeno è chiamato wash load. La composizione del letto fluviale si trova così alleggerita dalle parti più fini e quindi la granulometria del fondo risulta maggiore di quella del terreno originario. La portata di wash load dipende dalla quantità di materiali fini apportati dagli affluenti.

Come anticipato, gli alvei fluviali sono soggetti a diverse forme di erosione e deposito di materiale, alcune possono considerarsi fenomeni naturali indipendenti dalle strutture costruite dall'uomo nell'alveo, come ad esempio l'escavazione generale del tronco fluviale per erosione in senso longitudinale (con conseguente cambio di pendenza). Altri tipi sono l'erosione localizzata e l'erosione trasversale.

L'escavazione generale è prodotta dall'abbassamento del fondo alveo come conseguenza della maggiore capacità del deflusso di trasportare materiale solido di fondo durante le piene. La differente capacità dei diversi tronchi di trasportare sedimenti durante le piene determina l'ammontare dei sedimenti che li attraversa. Pertanto, in tale processo non intervengono cause umane. Questa modificazione del fondo alveo diventa importante nel caso di progetto di attraversamenti fluviali e condotte interrato sotto l'alveo.

Le piene possono essere causate anche dalle caratteristiche proprie dell'alveo, ad esempio, curve strette, discontinuità di fondo, confluenze, ecc.

In quasi tutti i tipi di erosione si possono effettuare stime quantitative della profondità di scavo mediante formule empiriche ricavate per la maggior parte quasi sempre da simulazioni di laboratorio. Le analisi di natura sperimentale disponibili forniscono indicazioni circa l'entità dei fenomeni, anche se ogni formula empirica è legata a casi studio specifici.

Alla luce di quanto esposto, al fine di stimare la profondità di erosione dei corsi d'acqua interferenti, si procederà con l'uso di una formula empirica adatta allo scopo, amplificando i risultati ottenuti con un opportuno coefficiente correttivo di sicurezza.

Tra i fenomeni che si riscontrano sulle erosioni di fondo alveo, si trovano:


- formazione di buche locali o approfondimenti;
- propagazione di barre alterne.

Per quanto riguarda la formazione di buche locali o approfondimenti, i modelli più noti per la valutazione della profondità di erosione in presenza di questo fenomeno fanno riferimento alla formula di Schoklitsh. Per il fenomeno delle barre alterne, ovvero sedimenti che si propagano lentamente nel fondo degli alvei determinando una sequenza di zone di scavo e deposito, esistono espressioni empiriche utilizzate per il calcolo della massima altezza di deposito rispetto al fondo della buca di erosione, tra queste l'espressione di Ikeda.

Il metodo utilizzato per il calcolo della profondità di scavo in corrispondenza degli attraversamenti con metodologia TOC o con possibile TOC è quello che utilizza la formula di Schoklitsh:

$$S=0,378 \times H^{1/2} \times q^{0,35} + 2,15 \times a$$

dove si rappresenta:

	RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA		CODICE	FV.RMC01.PD.A.09
			REVISIONE n.	02
			DATA REVISIONE	06/2025
			PAGINA	49 di 55

- S: la profondità di erosione in metri;
- H: il carico totale relativo alla sezione immediatamente a valle;
- q: Q_{max}/L è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente in piena;
- a: il dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle, sulla base del dislivello locale di fondo alveo.

In alvei in pianura a bassa pendenza ed a sezione larga, in assenza di ostruzioni, se l'altezza idrica della corrente in piena risulta più elevata della sommità dell'alveo, H si può calcolare come di seguito:

$$H=1,2 \times h_a$$

dove h_a è l'altezza degli argini.

8.1 Verifica della profondità di erosione

Con riferimento alle metodologie di risoluzione delle interferenze prese in esame dal presente studio:

1. Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) o in alternativa con tecnologia "no-dig
2. Scavo in sub-alveo

si è proceduto con il calcolo e successiva verifica della profondità massima di potenziale erosione del fondo alveo per determinare la profondità idonea ai fini degli attraversamenti con il cavidotto. La verifica viene svolta facendo riferimento alle condizioni più gravose e quindi con riferimento a fenomeni di piena caratterizzati da tempi di ritorno di 300 anni.

Cautelativamente, considerato che con una portata con tempo di ritorno pari a 300 anni si ha quasi sicuramente l'esondazione del fiume Gornalunga (**attraversamento I.16, riportato come GO70-GO69**), così come degli altri corsi d'acqua, si utilizzerà una profondità dell'alveo pari al tirante idrico determinato.

Nella tabella 8, si riportano i parametri utilizzati e il risultato ottenuto con il metodo di Schoklitsh.

Tabella 8 - Determinazione della profondità massima di erosione – metodo Schoklitsh

Sezione di studio	Risoluzione	h_s (m)	H (m)	Q_{max} (m ³ /s)	L (m)	a	S (m)
I.00	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)	1,45	1,74	22,58	30	0,3	1,1
I.01	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	2,96	3,552	22,58	35	0,19	1,0
I.02	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)	0,6	0,72	8,50	15	0,38	1,1
I.03	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	1	1,2	2,55	45	0,64	1,5
I.04	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	1,15	1,38	1,58	20	0,14	0,5
I.06	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)	0,471	0,5652	5,68	20	0,36	1,0
I.07	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	0,7	0,84	5,46	20	0,82	2,0
I.08	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	2,5	3	19,15	35	0,25	1,1
I.09	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	3,4	4,08	26,53	20	0,14	1,1
I.10	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	0,5	0,6	0,86	15	0,3	0,8
I.13	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	1	1,2	17,18	35	0,9	2,3
I.16 (GO70- GO69)	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)	6,42	7,704	2474	400	0,33	2,7
I.19	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	3,94	4,728	110,94	15	0,4	2,5

Inoltre, come anticipato, per ragioni di sicurezza oltre che per tenere conto della natura empirica dell'espressione utilizzata si ritiene opportuno considerare come valore minimo di profondità dal fondo dell'alveo, una profondità non inferiore a 2 metri.

A tal proposito i parametri ottenuti, in via cautelativa, sono incrementati a **"2 e 3 metri"** come riportato nella tabella seguente.

Tabella 9 - Determinazione della profondità massima di erosione – metodo Schoklitsch – Correzione parametri

Sezione di studio	Risoluzione	h_s (m)	H (m)	Q_{max} (m ³ /s)	L (m)	a	S (m)	Arrottondamento (m)
I.00	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)	1,45	1,74	22,58	30	0,3	1,1	2,00
I.01	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	2,96	3,552	22,58	35	0,19	1,0	2,00
I.02	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)	0,6	0,72	8,50	15	0,38	1,1	2,00
I.03	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	1	1,2	2,55	45	0,64	1,5	2,00
I.04	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	1,15	1,38	1,58	20	0,14	0,5	2,00
I.06	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)	0,471	0,5652	5,68	20	0,36	1,0	2,00
I.07	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	0,7	0,84	5,46	20	0,82	2,0	2,00
I.08	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	2,5	3	19,15	35	0,25	1,1	2,00
I.09	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	3,4	4,08	26,53	20	0,14	1,1	2,00
I.10	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	0,5	0,6	0,86	15	0,3	0,8	2,00
I.13	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	1	1,2	17,18	35	0,9	2,3	3,00
I.16 (GO70- GO69)	Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)	6,42	7,704	2474	400	0,33	2,7	3,00
I.19	Scavo in sub-alveo o in alternativa con tecnologia "no-dig"	3,94	4,728	110,94	15	0,4	2,5	3,00

Va precisato che lo studio relativo all'interferenza I.16 è stato approfondito nell'elaborato "Compatibilità Idraulica - Studio Di Compatibilità al PAI" (rif. RS06REL002818).

REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI CATANIA
COMUNE DI RAMACCA
LOCALITÀ POGGIO RESINA

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO
AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 23,46 MW E RELATIVE OPERE DI
CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE A - RELAZIONI GENERALI

Elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Nome file stampa:

FV_RMC01_PD_A_09.pdf

Codifica Regionale:

RS06REL0007S2

Scala:

-

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

FV_RMC01_PD_A_09

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY YELLOW S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00198 ROMA (RM)
P.IVA. 17378781003



E-WAY YELLOW S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00198 Roma
C.F./P.Iva 17378781003

Progettazione:

E-WAY YELLOW S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00198 ROMA (RM)
P.IVA. 17378781003



E-WAY YELLOW S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00198 Roma
C.F./P.Iva 17378781003



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV_RMC01_PD_A_09	02	06/2025	F.Pinto	A.Bottone	A.Bottone

9 CONCLUSIONI

Il presente studio di compatibilità idrologico-idraulica ha voluto chiarire le metodologie di risoluzione delle interferenze idrauliche del cavidotto. Nello specifico, ogni singola interferenza è stata studiata in base alla normativa vigente in materia idraulica, le NTA del PAI Sicilia.

Allo scopo, sono state individuate tutte le aree a potenziale pericolosità idraulica, per le quali sono state attuate delle metodologie di risoluzione conformi alla stabilità strutturale e idrogeologica delle strutture di Riferimento.

Inoltre, è stato definito il sistema di regimentazione delle acque meteoriche che dovrà essere approfondito in una fase esecutiva della progettazione, tramite il dimensionamento dei fossi di guardia e l'individuazione planimetrica specifica degli stessi.

Nel complesso il progetto si inserisce in un contesto territoriale non particolarmente critico da un punto di vista idrologico e idraulico, infatti, non sussistono particolari fenomeni erosivi che evidenziano fenomeni di aggravio delle ipotetiche condizioni di allagamento. Inoltre, le infrastrutture interessate dal progetto sono adeguatamente progettate per il deflusso delle acque meteoriche, ciò consente di poter affermare la compatibilità delle opere da un punto di vista idrologico-idraulico.

10 BIBLIOGRAFIA

- Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia, “Valutazione delle piene in Sicilia”, Cannarozzo, M., F. D’Asaro e V. Ferro, CNR-GNDICI, Pubbl. N. 1431, Studio K2., Cava de’ Tirreni (SA), 1993.
- La valutazione delle piene in Italia, Ferrari, E., Versace, P., (a cura di), CNR – Linea 1, Roma (RM), 1994.
- Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sicilia e ss.mm.ii., Regione Siciliana, 2001.
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, “Aggiornamento delle Norme tecniche per la costruzioni”, Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti, 2018.

11 ALLEGATI



REPUBBLICA ITALIANA
REGIONE SICILIANA
Assessorato Territorio e Ambiente
Commissione Tecnica Specialistica
per le autorizzazioni ambientali
di competenza Regionale (L. n. 9/2015, art. 91)

Codice procedura: 3285

Classifica: CT_037_AF03285/1

Proponente: E – WAY YELLOW SRL

OGGETTO: Progetto Definitivo per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrivoltaico e relative opere di connessione, di potenza installata pari a 23464 kWp, sito in Ramacca (CT), località Poggio Resina.

Procedimento: Procedura di Valutazione d'Impatto Ambientale (V.I.A.), ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.,

Parere predisposto sulla base della documentazione e delle informazioni che sono state fornite dal servizio I del Dipartimento Regionale Ambiente regione Siciliana e contenute sul nuovo portale regionale.

Parere Istruttorio Conclusivo (PIC) n. _195/2025 del _30.04.2025

Proponente	E – WAY YELLOW SRL
Sede Legale	Roma Piazza San Lorenzo in Lucina 4
Capitale Sociale	10.000 €
Legale Rappresentante	MANFREDI ANNALISA
Progettisti	Ing. Antonio Bottone; Archeologo Alberto D'Agata; Dott. Geologo Amedeo Cauceglia; Dott. Agronomo Daniele Cordovana
Località del progetto	c.da Poggio Resina, Ramacca
Data presentazione al dipartimento	Prot. n. 49460 del 05/07/2024
Data procedibilità	Prot. n. 51816 del 17/07/2024
Data Richiesta Integrazione Documentale	-----
Versamento oneri istruttori	€ 22.455,23
Conferenze di servizio	-----
Responsabile del procedimento	Dott. Patella Antonio
Responsabile istruttore del dipartimento	Dott.ssa Blanco Maria Elena
Contenzioso	No

1

Commissione Tecnica Specialistica – Codice procedura n. 3285 – Proponente: E-WAY YELLOW SRL - "Progetto Definitivo per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrivoltaico e relative opere di connessione, di potenza installata pari a 23464 kWp, sito in Ramacca (CT), località Poggio Resina"



A risoluzione della criticità sollevata la scrivente ha provveduto alla redazione di apposito elaborato descrittivo "RS06REL002415 - RELAZIONE SUGLI EFFETTI CUMULATIVI", a cui si rimanda.

VALUTATO quanto dichiarato e prodotto dal Proponente, la criticità si ritiene superata

Richiesta di approfondimento n.10

- Occorre integrare la relazione Idrogeologica ed Idraulica presentata, al fine di verificare gli effetti degli impianti sull'assetto idraulico-idrogeologico, specificando le eventuali misure di mitigazione previste.

Controdeduzione alla richiesta n.10:

A risoluzione della criticità sollevata la scrivente ha provveduto all'integrazione dell'elaborato descrittivo "RS06REL0007S1 - RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA", a cui si rimanda.

VALUTATO quanto dichiarato e prodotto dal Proponente, **la criticità si ritiene superata**

Richiesta di approfondimento n.11

- Il Proponente, compatibilmente con le condizioni geomorfologiche e geologiche dell'area che, se preclusive andranno debitamente comprovate, integrerà il progetto con la realizzazione di idonei laghetti artificiali per interventi antincendio immediati in situ e comunque per contribuire al contrasto all'emergenza incendi e della desertificazione dei territori della Sicilia con grave pregiudizio per l'ambiente ed il paesaggio naturale, ed alla siccità (Deliberazione della Giunta Regionale n. 100 dell'11 marzo 2024, recante: "Articolo 3 della legge regionale 7 luglio 2020, n. 13. Dichiarazione dello stato di crisi e di emergenza regionale, per la grave crisi idrica nel settore potabile") e secondo le disposizioni tecniche di cui al D.D.G. n. 102 del 23/06/2021 emanato dal Dipartimento Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, relativamente agli indirizzi applicativi di invarianza idraulica e idrologica. Al fine di non aggravare l'iter autorizzativo, l'invaso può essere realizzato in rispetto di quanto previsto dall'art. 167 co.3 del D. Lgs. 1252/06 e ss.mm.ii., e lo stesso potrà essere eventualmente utilizzato quale vasca di laminazione in ottemperanza a quanto previsto dal D.D.G. n. 102 del 23/06/2021 del Dirigente Generale del Dipartimento Regionale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia.

Controdeduzione alla richiesta n.11:

In riferimento a quanto osservato la Proponente segnala alcuni elementi utili alla definizione del tema "laghetti" per il progetto agrivoltaico Ramacca Poggio Resina.

In primo luogo, il piano culturale proposto, come pure quello indicato in prescrizione al punto 7 del PII CTS n.112/2024 del 30.09.2024, si caratterizza per una produzione in asciutto. Per quanto concerne le fasce di mitigazione, e le aree di rinaturalizzazione, si prevede il ricorso ad irrigazione di supporto solo nella fase di attecchimento delle piante e con l'ausilio di autobotte. Quanto premesso ci conforta nel sostenere che l'iniziativa, nel suo complesso energetico/agronomico, non rappresenta un aggravio sul fabbisogno irriguo