



REGIONE
SICILIA



PROVINCIA DI
AGRIGENTO



COMUNE DI
NARO



COMUNE DI
LICATA

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO COMPOSTO DA 12 AEROGENERATORI DA 6.0 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 72 MW SITO NEL COMUNE DI NARO (AG) CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI NARO (AG) E LICATA (AG)



<p>Proponente</p>	 <p>SIRIO RINNOVABILI S.R.L. Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it</p>				
<p>Progettazione</p>	 <p>Viale Michelangelo, 71 80129 Napoli TEL. 081 579 7998 mail: tecnico@inesrl.it</p>   <p>Amministratore: Amm. Francesco Di Maso Ingegnere: Ing. Nicola Galdiero, Ing. Pasquale Esposito</p> <p>Collaboratori: Ing. R. M. De Zola Dott. G. Giardinà Dott. Angelo Scuderi Eikon servizi per i beni culturalii SAS Geol. V.E. Iervolino SR International Srl Arch. C. Gaudiero Ing. F. Quarto Ing. R. D'Onofrio Ing. M. Ciano</p>				
<p>Elaborato</p>	<p>Nome Elaborato:</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA</p>				
<p>00</p>	<p>Ottobre 2023</p>	<p>PRIMA EMISSIONE</p>	<p>INSE Srl</p>	<p>INSE Srl</p>	<p>Sirio Rinnovabili s.r.l.</p>
<p>Rev.</p>	<p>Data</p>	<p>Oggetto della revisione</p>	<p>Elaborazione</p>	<p>Verifica</p>	<p>Approvazione</p>
<p>Scala:</p>	<p>---</p>				
<p>Formato:</p>	<p>A4</p>	<p>Codice Pratica S314</p>	<p>Codice Elaborato</p>	<p>CS314-GEO02-R</p>	

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
			Data Ottobre 2023	Rev. 00

Sommario

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO	4
2.1	GENERALITÀ	4
2.2	UBICAZIONE DELL'OPERA	5
3	OGGETTO ED OBIETTIVI DELLO STUDIO	5
3.1	COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI	5
3.2	BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME PALMA – COD. R19 070	6
3.3	“AREA TERRITORIALE TRA IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME PALMA E IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME IMERA MERIDIONALE” E “BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME IMERA MERIDIONALE” – COD. R19 071 E R19 072 7	
4	INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO ESISTENTE	10
4.1	CAVIDOTTO AT 36 KV	10
4.2	FONDAZIONI AEROGENERATORE	11
4.3	VIABILITÀ A SERVIZIO DEL PARCO EOLICO	11
5	BACINI IDROGRAFICI SOTTESI AL PUNTI D'INTERFERENZA DELLE OPERE IN PROGETTO	11
6	STUDIO IDROLOGICO	12
6.1	GENERALITÀ	12
6.2	METODO TCEV – REGIONE SICILIA	13
6.3	CALCOLO DELLA C.P.P.	16
6.4	PIOGGE BREVI	17
7	MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI	17
7.1	INDIVIDUAZIONE DELLA PIOGGIA CRITICA	18
7.2	COEFFICIENTE DI AFFLUSSO	19
7.3	CALCOLO DELLE PORTATE	20
8	VERIFICA DELLE OPERE PROGETTATE	20
8.1	CANALETTE DI RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE	20
8.2	TUBAZIONI DI COLLEGAMENTO STRADE DI NUOVA COSTRUZIONE	26
9	COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI	27
9.1	METODOLOGIA UTILIZZATO PER LE VALUTAZIONI IDRAULICHE	27
10	ATTRAVERSAMENTI DEL CAVIDOTTO INTERNO ED ESTERNO - SCAVI CON TOC	27
11	CONCLUSIONI	28



1 PREMESSA

La società Sirio Rinnovabili Srl, è proponente di un progetto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica ubicato nel Comune di Naro in provincia di Agrigento con annesse opere di connessione nei Comuni di Naro (AG), Campobello di Licata (AG) e Licata (AG).

L'ipotesi progettuale prevede l'installazione di n.12 aerogeneratori della potenza nominale di 6,0 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 72 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati tra loro attraverso cavidotti interrati a 36 kV che collegheranno il parco eolico ad una cabina utente 36kV di smistamento e sezionamento e da questa alla futura SE RTN di trasformazione 220/36 kV di Licata (AG), che rappresenta il punto di connessione dell'impianto alla RTN.

Ai fini del presente studio di compatibilità idraulica, sono state individuate le interferenze con il reticolo idrografico tra la soluzione di progetto dell'impianto (Figura 1) e la carta CTR della Regione Sicilia ritenuta come fonte ufficiale per l'individuazione dei reticoli idrografici. Le evidenze da cartografia sono state verificate con sopralluoghi in sito. L'Autorità di bacino competente sul territorio Siciliano prende il nome di "Distretto Idrografico Della Sicilia" all'interno del quale ricade il progetto eolico in esame ed in particolare, quest'ultimo ricade nei Bacini Idrografici di seguito elencati:

- Bacino idrografico del fiume "Palma" – cod. R19 070;
- Bacini minori fra Palma e Imera Meridionale – cod. R19 071;
- Bacino idrografico del fiume Imera Meridionale – cod. R19 072;

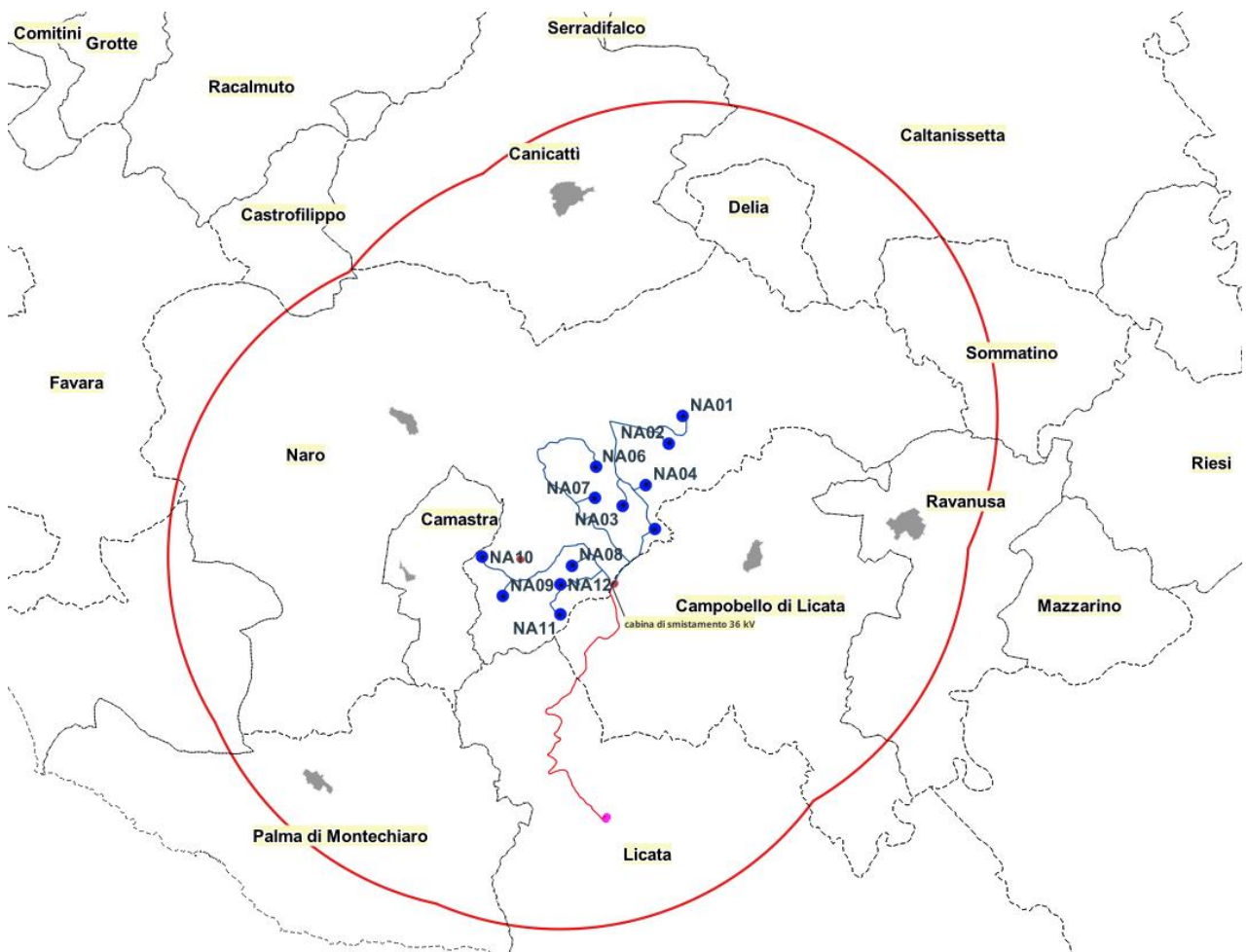


Figura 1: Inquadramento territoriale

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
			Data Ottobre 2023	Rev. 00

L'area vasta, che è individuata su cartografia come l'involuppo delle distanze dagli aerogeneratori di ampiezza pari a 50 Hmax, è ampia 10 km e comprende invece altri Comuni che sono interessati prevalentemente da impatti di tipo visivo (Canicattì, Delia, Caltanissetta, Sommatino, Ravanusa, Campobello di Licata, Naro, Camastra, Palma di Montechiaro, Licata). Sono stati analizzati tutti gli aspetti programmatici, vincolistici ed ambientali presente nell'area vasta.

Il sito oggetto di intervento ricade nei Fogli IGM 271-I-NE (Campobello di Licata) 271-I-SE (Favarotta) 271-I-SO (Palma di Montechiaro) e 271-I-NO (Naro) scala 1:25.000 e si sviluppa tra quote comprese da 255 a 343 m s.l.m. Naro è collocata su un altipiano a circa 560 m s.l.m. mare ed il territorio è formato da andamento collinare e attraversato da vallate destinate alla coltivazione. Le opere di connessione RTN sono localizzate in un'area agricola del comune di Licata.

Come anticipato in precedenza, il progetto in opera ricade su più bacini idrografici ed in particolare la porzione settentrionale del parco eolico, che comprende gli aerogeneratori NA01, NA02, NA03, NA04, NA06 e NA07 ricadono all'interno del bacino idrografico del fiume Imera meridionale; la porzione meridionale del parco (dalle turbine NA08 a NA12) e la cabina di smistamento e sezionamento 36 kV di utenza ricadono invece nel bacino idrografico del fiume Palma. Infine, i cavidotti interrati AT 36 kV rientrano nei bacini sopracitati per poi connettersi all'interno della SE 220/36 kV RTN sita in Licata (AG) che ricade invece del bacino idrografico dei fiumi minori compresi tra il fiume Palma e Imera Meridionale.

Data la natura lineare del cavidotto AT 36 kV, inevitabilmente esso interferisce con il reticolo idrografico ed è quindi stata effettuata un'attenta analisi territoriale al fine di limitare l'interessamento degli ambiti di pericolosità individuati dalle cartografie del PAI. In tal modo ne è derivato che tutti gli aerogeneratori di progetto siano ubicati all'esterno di aree di pericolosità del PAI del fiume San Leonardo, come pure la stazione elettrica di Utenza.

Per il cavidotto, come detto, si è definito il percorso che prevedesse il minor interessamento del reticolo idrografico e che massimizzasse l'utilizzo, nel suo sviluppo, di tracciati stradali esistenti. Infatti, come evidente dalle tavole allegate, il cavidotto seguirà quasi nella sua totalità il tracciato di strade, attraversando solo in alcuni casi i terreni agricoli o nudi, dove saranno realizzati percorsi stradali di nuova realizzazione non asfaltati.

La realizzazione del cavidotto, come meglio si vedrà, non impedirà la realizzazione degli interventi di sistemazione idrogeologica del PAI, né tanto meno comporterà un incremento del carico insediativo sulle aree ove esso è previsto. La posa del cavidotto nelle aree interferenti con il reticolo fluviale, infatti, verrà effettuata esclusivamente attraverso la tecnica della Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC), posata ad opportuna profondità al fine di evitare l'interferenza con futuri interventi che dovessero essere pianificati dalle autorità pubbliche.

Per cui, si è ritenuto in prima istanza, dover procedere con la individuazione puntuale su carta CTR 1:10000 di tutti i corsi d'acqua, compresi quelli definiti minori e minuti, e successivamente si sono individuate, in via preliminare, le aree della possibile espansione della piena standard. Per la migliore individuazione dell'alveo attuale si è fatto riferimento anche alle ortofoto, nonché a sopralluoghi in sito.

Ove si sia reso necessario, inoltre, per il singolo corso d'acqua d'interesse, si è individuato il relativo bacino che lo alimenta e tramite studio idrologico si sono determinate le portate che lo caratterizzano.

Queste informazioni, in aggiunta alla vincolistica idrogeologica desumibile dalla cartografica PAI, hanno permesso di individuare le modalità di attraversamento dei reticoli idrografici. Si sottolinea che le interferenze con il reticolo idrografico sono state valutate per le opere di nuova realizzazione consistenti in fondazioni degli aerogeneratori, strade di nuova realizzazione, piazzole di montaggio e stoccaggio, cavidotti interrati e cabina di utenza. Si specifica, inoltre, che nessuna di suddette opere interseca il reticolo idrografico per cui lo studio idrologico di seguito illustrato, sarà finalizzato al solo dimensionamento delle opere di allontanamento delle portate scolanti dalle piazzole e strade di nuova costruzione verso il corpo idrico più prossimo a queste. Si precisa che sulle strade esistenti, utilizzate esclusivamente per il transito dei mezzi per il trasporto delle strutture degli aerogeneratori, saranno effettuati esclusivamente adeguamenti temporanei con ripristino dello stato dei luoghi alle condizioni ex ante a trasporti avvenuti e non si eseguiranno variazioni delle livellette; pertanto, il regime idraulico non sarà modificato in alcun modo.

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA	Cod. CS314-GEO02-R	
		Data Ottobre 2023	Rev. 00

Di seguito si illustrano le fasi previste per la redazione dello studio:

- Reperimento della cartografia di base (I.G.M. in scala 1:25.000, CTR e Tavole di pericolosità idraulica allegate al PAI, ecc.)
- individuazione e caratterizzazione dei bacini idrografici per piazzole e strade di nuova realizzazione;
- Determinazione delle portate di progetto;
- Verifiche idrauliche.

2 DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO

2.1 GENERALITÀ

Obiettivo dell'iniziativa a cui è legato il progetto di seguito descritto, è la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica mediante lo sfruttamento del vento nel Comune di Naro, in provincia di Agrigento, e avente opere di connessione ricadenti nel Comune di Campobello di Licata presso una cabina di smistamento 36 kV di utenza che sarà poi collegata alla futura SE di trasformazione 220/36 kV di Terna nel comune di Licata.

Complessivamente, si prevede di installare 12 aerogeneratori (NA01, NA02, NA03, NA04, NA05, NA06, NA07, NA08, NA09, NA10, NA11, NA12) aventi la potenza nominale di 6 MW per un totale di impianto pari a 72 MW.

Tutti gli aerogeneratori ricadono nel comune di Naro (AG) e sono costituiti da turbine modello Vestas V162 da 6 MW con rotore pari a 162 m di diametro e altezza mozzo pari a 119 m per una H totale pari a 200 m.

Il progetto prevede le seguenti opere:

- Realizzazione di n.12 piazzole temporanee per la costruzione degli aerogeneratori
- Opere di fondazione;
- Messa in opera di cavidotto AT 36 kV sia interno che esterno al parco;
- Realizzazione di viabilità di progetto e adeguamento strade esistenti per il raggiungimento degli aerogeneratori;
- Adeguamenti temporanei e interventi puntuali su viabilità esistente per consentire il trasporto degli aerogeneratori.

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
			Data Ottobre 2023	Rev. 00

2.2 UBICAZIONE DELL'OPERA

Le coordinate geografiche degli aerogeneratori sono riportate nella tabella seguente:

ID WTG	Coordinate WGS 84 UTM33		Caratteristiche turbina			Altitudine (m.s.l.m)	Altezza TIP (m.s.l.m)
	Long. EST (m)	Long. NORD (m)	Modello WTG	Altezza mozzo (m)	Altezza TIP (m)		
NA01	401783,53	4128545,08	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	343	543
NA02	401332,49	4127670,09	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	321	521
NA03	399870,02	4125695,96	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	301	501
NA04	400610,55	4126357,58	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	316	516
NA05	400872,20	4124939,12	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	292	492
NA06	399000,07	4126919,07	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	332	532
NA07	398973,99	4125927,20	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	317	517
NA08	398250,00	4123794,00	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	327	527
NA09	396057,69	4122815,02	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	283	483
NA10	395399,23	4124070,03	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	255	455
NA11	397870,31	4122232,50	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	286	486
NA12	397885,00	4123190,00	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	335	535

Tabella 1: Coordinate degli aerogeneratori in sistema UTM 33-WGS 84-Fuso33

3 OGGETTO ED OBIETTIVI DELLO STUDIO

Lo scopo della presente relazione è quello di garantire la continuità idraulica dei bacini idrografici, nei confronti dei quali le opere viarie, e interrato, costituiscono degli elementi di discontinuità:

- Verifica di compatibilità della realizzazione del parco eolico in conformità con quanto sancito al capitolo 11 dalla *Relazione Generale del Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI)*, nel quale vengono descritte le *Norme di Attuazione*;
- Dimensionamento delle opere di drenaggio delle acque meteoriche che interferiscono con il reticolo idrografico.

Saranno proposte soluzioni progettuali che siano il meno impattanti possibile per il territorio, per non alterare le caratteristiche idrogeologiche dello stesso.

3.1 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI

Il Layout di progetto è stato definito anche in modo da interessare in minima parte le aree delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua.

In questo caso, gli attraversamenti saranno effettuati tramite la tecnica del T.O.C. di seguito spiegata per creare meno interferenza possibile con i corsi d'acqua presenti. Tale tecnica, in estrema sintesi, consente di posizionare il cavidotto facendolo correre al di sotto delle fasce di rispetto e sotto il letto dei reticoli idrografici e si prevederà che le operazioni di scavo direzionale inizieranno e termineranno, per ogni interferenza, al di fuori dalle fasce di rispetto previste, garantendo, di fatto, di non alterare in alcun modo la conformazione dell'area oggetto di intervento. Inoltre, nei tratti interessati l'attraversamento di fiumi tutelati dalla norma paesaggistica, la tecnica del TOC avverrà realizzando i pozzetti necessari alla perforazione al di fuori delle fasce di rispetto. In tal modo, si prevede l'operazione di tale metodologia in eccesso di sicurezza.

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA	Cod. CS314-GEO02-R	
		Data Ottobre 2023	Rev. 00

3.2 BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME PALMA – COD. R19 070

Il bacino idrografico del Fiume Palma è localizzato nella porzione centrale del versante meridionale della Sicilia ed occupa una superficie complessiva di 122,5 km².

SCHEMA TECNICA DI IDENTIFICAZIONE

BACINO IDROGRAFICO PRINCIPALE		FIUME PALMA	Numero	070
PROVINCE	Agrigento			
VERSANTE	Meridionale			
Recapito del corso d'acqua	Mare Mediterraneo			
Lunghezza dell'asta principale	18 km			
Altitudine	massima	584 m s.l.m.		
	minima	0 m s.l.m.		
	media	260 m s.l.m.		
Superficie totale del bacino imbrifero	122,5 km ²			
Affluenti	Fiume di Camastra, V.ve Daino-Meli, V.ve Cipolla, V.ve Mintina, V.ve Caldara, V.ve Cignana, V.ve Ficamara			
Serbatoi ricadenti nel bacino				
Utilizzazione prevalente del suolo	Seminativo (60%) e Colture arboree (37%)			
Territori comunali	Provincia di Agrigento	Agrigento, Camastra, Campobello di Licata, Licata, Naro, Palma di Montechiaro		
Centri abitati	Provincia di Agrigento	Palma di Montechiaro		

Figura 2: Scheda tecnica di identificazione del Bacino Idrografico del fiume Palma

Il bacino presenta una forma allungata in direzione NE – SW e i bacini con i quali confina sono, procedendo in senso orario, i seguenti:

- a W Bacino del Fiume Naro ed area intermedia;
- a N Bacino del Fiume Naro;
- a E Bacino del Fiume Imera Meridionale ed area intermedia.

Lungo la linea di spartiacque, in un contesto prevalentemente di tipo collinare, il rilievo più importante è rappresentato dalla sommità della dorsale calcarenitica di C. da Castellazzo (562,2 m s.l.m.) ricadente nel territorio comunale di Camastra, in corrispondenza del settore settentrionale del bacino; nelle altre zone, le cime più elevate si mantengono comprese fra i 300 ed i 400 m s.l.m.

L'assetto morfologico del bacino del fiume Palma è prevalentemente di tipo collinare, con modesti rilievi rocciosi emergenti da estesi affioramenti argillosi.

Il Fiume Palma, che rappresenta il corso d'acqua principale, si sviluppa per circa 18 km e nasce nel territorio comunale di Camastra, in corrispondenza delle pendici meridionali del rilievo di Castellazzo di Camastra. Successivamente attraversa il territorio del comune di Palma di Montechiaro, dove trova sbocco nel Mar Mediterraneo in località Marina di Palma.

Il corso d'acqua principale riceve i contributi di modesti affluenti quali:

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
			Data Ottobre 2023	Rev. 00

- Fiume di Camastra;
- V.ne Daino-Meli;
- V.ne Cipolla,
- V.ne Mintina;
- V.ne Caldara;
- V.ne Cignana;
- V.ne Ficamara.

Questi bacini hanno un regime idrologico marcatamente torrentizio, i cui deflussi naturali, nei periodi asciutti, risultano decisamente modesti.

L'asta principale del Fiume Palma si presenta a tratti incassata in profonde gole scavate negli affioramenti rocciosi e, nei terreni argillosi, incisa in dolci colline e con andamento meandriforme.

3.3 “AREA TERRITORIALE TRA IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME PALMA E IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME IMERA MERIDIONALE” E “BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME IMERA MERIDIONALE” – COD. R19 071 E R19 072

SCHEMA TECNICO DI IDENTIFICAZIONE DEL BACINO 071

Area territoriale		FRA IL F. IMERA MERIDIONALE ED IL F. PALMA	Numero	071
Province	Agrigento			
Versante	Meridionale			
Recapito del corso d'acqua	Mare Mediterraneo			
Lunghezza dell'asta principale	-			
Altitudine	massima	469 m s.l.m.		
	minima	0 m s.l.m.		
	media	235 m s.l.m.		
Superficie totale del bacino imbrifero	66,5 km ²			
Affluenti	Vallone di Punta Ciotta, Vallone di Gaffe, Canale Mollarella			
Serbatoi ricadenti nel bacino	-			
Utilizzazione prevalente del suolo	Seminativo (71 %) e Colture arboree (20 %)			
Territori comunali	Provincia di Agrigento	Licata, Palma di Montechiaro		
Centri abitati	Provincia di Agrigento	Licata		

Figura 3: Scheda tecnica di identificazione del Bacino Idrografico tra il fiume Imera Meridionale ed il fiume Palma



SCHEDA TECNICA DI IDENTIFICAZIONE DEL BACINO 072

Bacino idrografico principale	FIUME IMERA MERIDIONALE		Numero	072
Province	Agrigento, Caltanissetta, Enna, Palermo			
Versante	Meridionale			
Recapito del corso d'acqua	Mare Mediterraneo			
Lunghezza dell'asta principale	132 km			
Altitudine	massima	1912 m s.l.m.		
	minima	0 m s.l.m.		
	media	498 m s.l.m.		
Superficie totale del bacino imbrifero	2022,06 km ²			
Affluenti	Arenella, Braemi, Carusa, Furiana, Gibbesi, Mendola, Morello, Salso Superiore, Torcicoda.			
Serbatoi ricadenti nel bacino	Gibbesi, Morello, Olivo			
Utilizzazione prevalente del suolo	Seminativo (54,30%) e Legnose agrarie miste (10,26%)			
Territori comunali	Provincia di Agrigento	Canicatti, Campobello di Licata, Licata, Naro, Ravanusa.		
	Provincia di Caltanissetta	Butera, Caltanissetta, Delia, Mazzarino, Riesi, Resuttano, San Cataldo, Santa Caterina Villarmosa, Serradifalco, Sommatino		
	Provincia di Enna	Barrafranca, Calascibetta, Enna, Nicosia, Piazza Armerina, Pietraperzia, Villarosa.		
	Provincia di Palermo	Alimena, Blufi, Bompietro, Caltavuturo, Castellana Sicula, Gangi, Geraci Siculo, Petralia Soprana, Petralia Sottana, Polizzi Generosa.		
Centri abitati	Provincia di Agrigento	Campobello di Licata, Licata, Ravanusa.		
	Provincia di Caltanissetta	Caltanissetta, Delia, Mazzarino, Riesi, Resuttano, San Cataldo, Santa Caterina Villarmosa.		
	Provincia di Enna	Barrafranca, Calascibetta, Enna, Pietraperzia, Villarosa.		
	Provincia di Palermo	Alimena, Blufi, Bompietro, Castellana Sicula, Gangi, Petralia Soprana, Petralia Sottana.		

Figura 4: Scheda tecnica di identificazione del Bacino Idrografico del fiume Imera Meridionale

Il bacino idrografico del Fiume Imera Meridionale o Salso rappresenta il secondo corso d'acqua della Sicilia, sia per l'ampiezza del bacino che per la lunghezza dell'asta principale. Si localizza nella porzione centrale del versante meridionale dell'isola e ha una forma allungata in senso N-S, occupando una superficie complessiva di circa 2000 km².

Confina ad Est con i bacini idrografici del Fiume Simeto e del Fiume Gela, ad Ovest con quelli del Fiume Platani, del Fiume Naro e del Fiume Palma, a Nord con quelli del Fiume Imera Settentrionale e del Fiume Pollina.

Le quote più elevate dello spartiacque si localizzano a settentrione in corrispondenza della dorsale meridionale delle Madonie che separa il versante tirrenico dal resto dell'isola. In questo settore i rilievi principali da Ovest verso Est sono rappresentati dal Monte Catuso (1042 m), Serra di Puccia (1052 m),

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
			Data Ottobre 2023	Rev. 00

Monte Salvatore (19012 m), Pizzo Catarineci (1660 m), Pizzo di Corvo (1642 m), Monte di Corvo (1242 m), Monte Zimmara (1333 m), Pizzo Gallo (1162 m), Monte Altesina (1192 m).

Il Fiume Imera Meridionale, lungo circa 132 Km, nasce a Portella Mandarini (1500 m) sul versante meridionale delle Madonie e, dopo aver attraversato la Sicilia centromeridionale, sfocia nel Canale di Sicilia in corrispondenza dell'abitato di Licata, in provincia di Agrigento. Nella parte montana, denominato all'inizio Torrente Mandarini e poi Fiume di Petralia, mostra un andamento a tratti rettilineo e a tratti sinuoso, con modesti tributari di limitato sviluppo in lunghezza ad esclusione del Torrente Alberi - S.Giorgio e del Fiume Vaccarizzo, quest'ultimo alimentato dal Torrente della Cava.

L'asta principale, che presenta nella parte mediana un andamento generalmente sinuoso con locali meandri, scorre in senso N-S sebbene siano presenti due variazioni di direzione: la prima verso Ovest alla confluenza del Fiume Torcicoda e la seconda, più a valle, verso Sud in corrispondenza della confluenza del Vallone Furiana. Il sistema di drenaggio è qui più sviluppato rispetto al tratto montano, pur conservando ancora una fisionomia di scarsa maturità. Nella parte terminale, già nel tratto a Sud del centro abitato di Ravanusa, i meandri diventano più ampi e frequenti, sebbene il grado di maturità del sistema idrografico risulti tuttavia ancora modesto; qui il corso d'acqua attraversa alluvioni recenti e terrazze che si raccordano con i depositi alluvionali della Piana di Licata dove il fiume presenta il suo massimo sviluppo meandriforme.

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. Alcuni di tali corsi d'acqua drenano bacini di significativa estensione che si localizzano principalmente in sinistra idrografica.

I maggiori effluenti in sinistra idrografica sono:

- Il **Fiume Salso Superiore** nasce alle pendici di Pizzo di Corvo con il nome di Vallone Acqua Amara e si sviluppa per circa 28 Km fino alla confluenza con l'asta principale in località Ponte Cinque Archi, ad una quota di circa 340 metri. Durante il suo percorso riceve le acque del Fiume Gangi, l'unico affluente di una certa importanza;
- il **Fiume Morello** è tra i maggiori tributari del Fiume Imera Meridionale sia per sviluppo del corso d'acqua che per estensione del bacino di drenaggio; nasce nel territorio comunale di Nicosia e confluisce ad una quota di circa 270 metri nell'Imera Meridionale, poco a valle del Ponte Capodarso. Nei pressi di Monte di Cozzo Ferrara, al confine tra il territorio di Villarosa ed Enna, il fiume presenta uno sbarramento che dà origine al serbatoio Villarosa;
- il **Fiume Torcicoda** si origina dal versante meridionale del rilievo su cui sorge Enna e dall'altopiano di Pergusa, dove si ha l'omonimo lago, con il nome di Vallone Cateratta e scorre in direzione NE-SW sino alla confluenza con l'asta principale localizzata poco più a valle di quella del Fiume Morello, ad una quota di circa 260 m;
- il **Torrente Braemi** nasce a Portella Grottacalda con il nome di Torrente Forma e successivamente con quello di Torrente Olivo, sviluppandosi complessivamente per circa 35 km e sfociando nell'Imera Meridionale nei pressi di Molino di Iusa. Il Torrente Olivo in C.da Critti, a circa 400 metri, presenta uno sbarramento che dà origine al Lago Torrente Olivo;
- il **Torrente Carusa** nasce nel territorio di Piazza Armerina, scorre in direzione NE-SW e sfocia nell'asta principale nei pressi di C.da Zubbia. Con il nome di Torrente Tardara attraversa il territorio a nord dell'abitato di Barrafranca drenando versanti prevalentemente argillosi.

I maggiori effluenti in destra idrografica sono:

- il **Vallone Arenella** scorre in direzione W-E su terreni prevalentemente argillosi, presenta un reticolo generalmente dendritico e confluisce nell'asta principale in località Stazione di Imera a circa 300 metri;

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
			Data Ottobre 2023	Rev. 00

- il **Vallone Furiana** nasce a Sud di Serra Canicassè, ad una quota di circa 278 metri, dalla confluenza del Fosso Bifaria e del Vallone dell’Anguilla, rispettivamente in sinistra e in destra idrografica. Drena versanti costituiti prevalentemente da termini argillosi della serie gessoso-solfifera e sfocia nel Salso a circa 197 metri di quota;
- Il **Fiume Gibbesi**, denominato all’origine Fiume Delia, ha uno sviluppo di circa 28 km, scorre su versanti di natura prevalentemente argillosa e sfocia nell’Imera Meridionale ad una quota di circa 100 metri. Lungo il suo percorso, e precisamente tra le C.de Canalotto e Gibbesi Vecchio, rispettivamente nei territori comunali di Sommatino (CL) e Naro (AG), presenta uno sbarramento che dà origine all’invaso Gibbosi;
- Il **Torrente Mendola**, detto anche Torrente Favarotta o Casale, la cui lunghezza complessiva è di circa 21 km, è il maggiore tributario del tratto terminale dell’Imera Meridionale. Scorre con prevalente direzione N-S attraversando il territorio di Campobello di Licata per confluire nel fiume Imera Meridionale a pochi chilometri dalla foce.

Sebbene il bacino imbrifero dell’Imera Meridionale abbia una notevole estensione, la presenza di affioramenti argillosi per oltre la metà della sua superficie, la variabilità e la discontinuità delle litologie presenti, nonché la posizione geografica corrispondente alla fascia più arida dell’isola, non consentono la formazione di acquiferi di notevole rilevanza per le risorse idriche della Sicilia. Basti pensare che la stessa città di Caltanissetta deve la sua dotazione idrica ai potenti acquiferi delle Madonie, attraverso l’acquedotto Madonie Ovest.

4 INTERFERENZE DELLE OPERE IN PROGETTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO ESISTENTE

4.1 CAVIDOTTO AT 36 KV

Come detto, alcune delle opere e/o porzioni di esse previste nel progetto in esame, interferiscono con elementi del reticolo idrografico.

In fase di progettazione si è tenuto in debito conto delle fasce di rispetto fluviale pervenendo alla individuazione di un tracciato della linea AT interrata che interferisse il meno possibile con il reticolo idrografico esistente.

Tuttavia, il cavidotto AT, che collega gli aerogeneratori alla cabina di smistamento e sezionamento di utenza sita in Campobello di Licata e questa con la futura SE RTN 220/36 kV di Licata, interseca in 36 punti il reticolo idrografico rinvenuto su carta CTR e in fase di sopralluogo.

Trattasi di interferenze con corsi d'acqua distinguibili sulla cartografia CTR ed IGM scala 1:25.000 ma privi di una propria denominazione per i quali, a seguito della consultazione della cartografia del PAI, non risultano esserci informazioni inerentemente la pericolosità idraulica.

Gli attraversamenti del cavidotto che interferiscono con il reticolo idrografico verranno eseguiti in TOC, prevedendo i punti di infissione del cavo sempre all'esterno della *fascia di pertinenza fluviale (o pertinenza idraulica)* di 10 m “dal piede degli argini e loro accessori” così come definito all’articolo 5, punto 5.1 lettera p) e mantenendo un franco di sicurezza di almeno 3 m al disotto del fondo alveo.

Poiché tutte le interferenze verranno superate in modo da non modificare il regime idraulico esistente, ne deriva che tutte le opere risultano in sicurezza idraulica.

In fase di sopralluogo si è potuto riscontrare un territorio caratterizzato dalla presenza di diversi elementi idraulici di regimentazione delle acque meteoriche, come tubazioni, scatolari in cls, pozzetti per irrigazione, oltre che alla presenza di cavalcavia soprastanti un corso d’acqua.

Per maggiori dettagli inerentemente gli attraversamenti idraulici proposti per il parco eolico in progetto si rimanda all’elaborato progettuale “GS314-OC18-D_SCHEDE DELLE INTERFERENZE DEL CAVIDOTTO CON IL RETICOLO IDROGRAFICO E SOTTOSERVIZI”.

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
	Data Ottobre 2023	Rev. 00		

4.2 FONDAZIONI AEROGENERATORE

Dai calcoli preliminari risulta che il sistema fondale di ogni aerogeneratore è di tipo indiretto ed è costituito da un elemento monolitico generalmente a forma tronco conica. Nello specifico avente un'altezza massima di 4,00 mt e minima di 1,0 mt per un diametro esterno di 30 mt ed uno interno inferiore ai 8,00 mt. Il plinto modellato come piastra collegherà numero 16 pali di fondazione di tipo trivellati con diametro di 0,8 mt e lunghezza pari a 20 mt.

Nessuna fondazione interessa le fasce di pertinenza fluviale dei reticoli idrografici esistenti.

4.3 VIABILITÀ A SERVIZIO DEL PARCO EOLICO

L'impianto è servito da viabilità esistente, da adeguare e da viabilità da realizzare. La viabilità di nuova costruzione a servizio diretto degli aerogeneratori non interferisce con il reticolo idrografico.

5 BACINI IDROGRAFICI SOTTESI AL PUNTI D'INTERFERENZA DELLE OPERE IN PROGETTO

Come anticipato in precedenza, nessuna opera infrastrutturale prevista in fase progettuale (fondazione aerogeneratore, piazzole e strade di nuova realizzazione) interseca il reticolo idrografico; quindi, non si è dovuto prevedere il dimensionamento di tubazioni per la canalizzazione delle acque meteoriche.

D'altra parte, per le piazzole e le strade di nuova realizzazione è risultato necessario ricavare i bacini idrografici al fine di verificare idraulicamente la canaletta di raccolta acque meteoriche necessarie allo smaltimento delle acque piovane nei recapiti finali, che sia un alveo o una tombinatura/canalette preesistente, e per il dimensionamento delle trincee drenanti eventualmente previste.

Per i punti di intersezione tra i corsi d'acqua e le opere stradali da adeguare o di nuova costruzione, sono stati definiti i rispettivi bacini idrografici che li alimentano poiché il reticolo idrografico, ricade nella fascia di rispetto fluviale, pertanto risulta indispensabile condurre un calcolo idraulico per la verifica delle opere di allontanamento delle acque meteoriche a servizio delle piazzole e delle strade di nuova costruzione che siano in grado di accogliere con opportuno franco di sicurezza la portata di progetto valutata con $T_r=50$ anni (trattandosi di opere idrauliche).

Al fine di effettuare la verifica a vantaggio di sicurezza idraulica sono stati calcolati i bacini idrografici per tutte le opere in progetto e tra questi si è deciso di scegliere il bacino idrografico più esteso, in quanto questo in modo si andranno a verificare tutte le opere di regimentazione con la massima portata ottenuta. L'immagine di seguito riportata mostra il bacino idrografico inerente all'aerogeneratore NA12, sul quale si baseranno i conti:



Figura 5. Bacino idrografico ricavato sulla turbina NA12

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA	Cod. CS314-GEO02-R	
		Data Ottobre 2023	Rev. 00

Le caratteristiche fisiografiche del bacino sono riportate nella tabella a seguire.

Tabella 1 - Parametri Geomorfologici del Bacino idrografico massimo

<i>Bacino idrografico inerente VIC01</i>		
<i>Superficie</i>	<i>0,12</i>	<i>kmq</i>
<i>Quota max</i>	<i>359</i>	<i>m</i>
<i>Quota sez. chiusura</i>	<i>320</i>	<i>m</i>
<i>Quota media</i>	<i>339,4</i>	<i>m</i>
<i>Lunghezza asta fluviale da monte fino a sezione di chiusura</i>	<i>610</i>	<i>m</i>
<i>Dislivello</i>	<i>39</i>	<i>m</i>
<i>Pendenza media</i>	<i>6,39</i>	<i>%</i>

6 STUDIO IDROLOGICO

6.1 GENERALITÀ

Il presente capitolo ha l'obiettivo di definire la curva di probabilità pluviometrica necessaria alla progettazione delle opere idrauliche a servizio della viabilità e delle piazzole del parco eolico in oggetto. La pioggia è all'origine del processo di formazione delle portate di piena nei bacini idrografici relativi all'area in esame. I fenomeni meteorologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi da non potere essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali e al contorno note. Pertanto, sotto il profilo pratico, lo studio delle piogge si limita ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche.

Nel caso in esame, la risposta idrologica dei bacini è condizionata da brevi tempi di corrivazione e, pertanto, le precipitazioni rilevanti sono quelle d'intensità elevata e breve durata. La maggior parte dei metodi che l'idrologia propone per ricostruire eventi di piena sono metodi indiretti, ossia metodi che stimano l'idrogramma di piena utilizzando un modello di trasformazione piogge-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia.

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

In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno (assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento).

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA	Cod. CS314-GEO02-R	
		Data Ottobre 2023	Rev. 00

6.2 METODO TCEV – REGIONE SICILIA

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

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

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica). La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

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

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

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

Il secondo livello di regionalizzazione riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee: Z0–Z5, Z1, Z2, Z3, Z4 (fig. 5). A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro $\lambda 1$ (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo $\Lambda 1$ (tabella 10), che risulta indipendente dalla durata. Le sottozone Z0 e Z5, possono anche essere “unite” e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro $\Lambda 1$.

In ogni sottozona la variabile adimensionale $ht, T' = ht/\mu$ (valore dell'altezza di pioggia di fissata durata t e tempo di ritorno T rapportata alla media μ della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$h'_{t,T} = K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

nella quale i coefficienti a e b sono stati tarati in funzione della particolare sottozona.

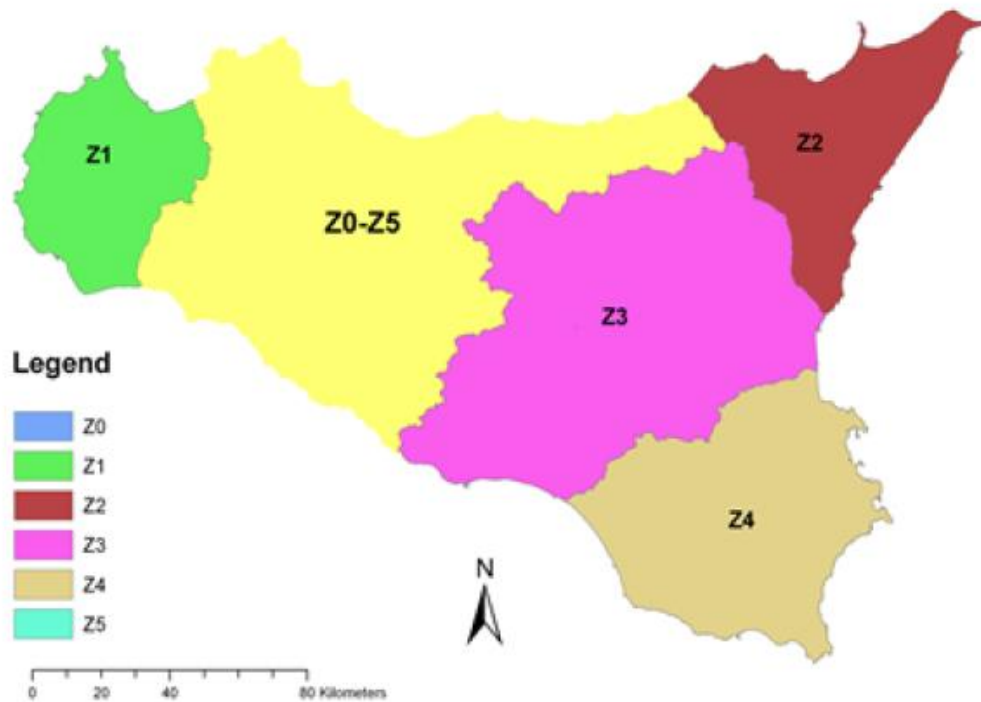


Figura 6: Sottostazione pluviometriche omogenee per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007)

Il parametro K_T (fattore di crescita) indica la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze, ed è indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia, tramite i coefficienti a e b , e dal tempo di ritorno T dell'evento meteorico.

Tabella 2. Valore del parametro Λ_1 per ogni sottozona regionale (Lo Conti et al, 2007)

Parametro	Sottozona	Z0	Z1	Z2	<u>Z3</u>	Z4	Z5
Λ_1		24,429	19,58	17,669	14,517	15,397	24,402

Tabella 3. Valore dei parametri a e b per ogni sottozona regionale, ai fini della definizione di K_T .

	Sottozona	Z0-Z5	Z1	Z2	<u>Z3</u>	Z4
Parametro						
a		0,4485	0,4695	0,4799	0,5011	0,4946
b		0,5117	0,4889	0,4776	0,4545	0,4616

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze - prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico) - relative al sito di misura.

Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t,T} = K_T \mu(t)$$

dove:

- $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno T .

Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica μ risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna stazione che vanta almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata t:

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

nella quale i valori dei coefficienti a ed n sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura, tali coefficienti vengono stimati sulla base della carta delle iso-a ed iso-n (Cannarozzo et al, 1995). Nelle figure a seguire sono rappresentate le carte sopracitate:

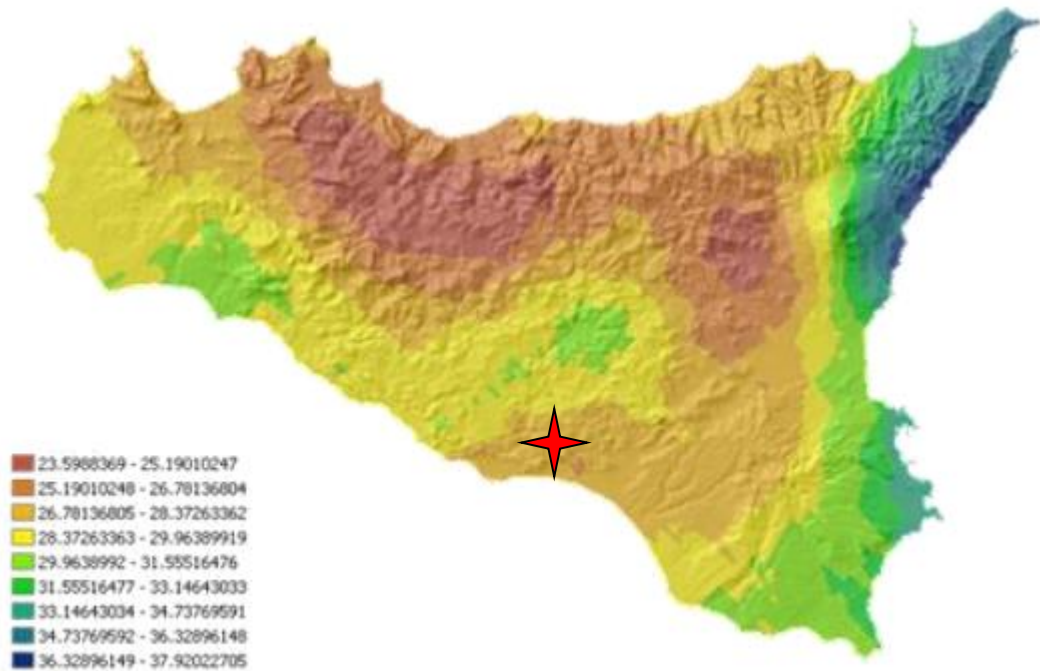


Figura 7. Valori del coefficiente a per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

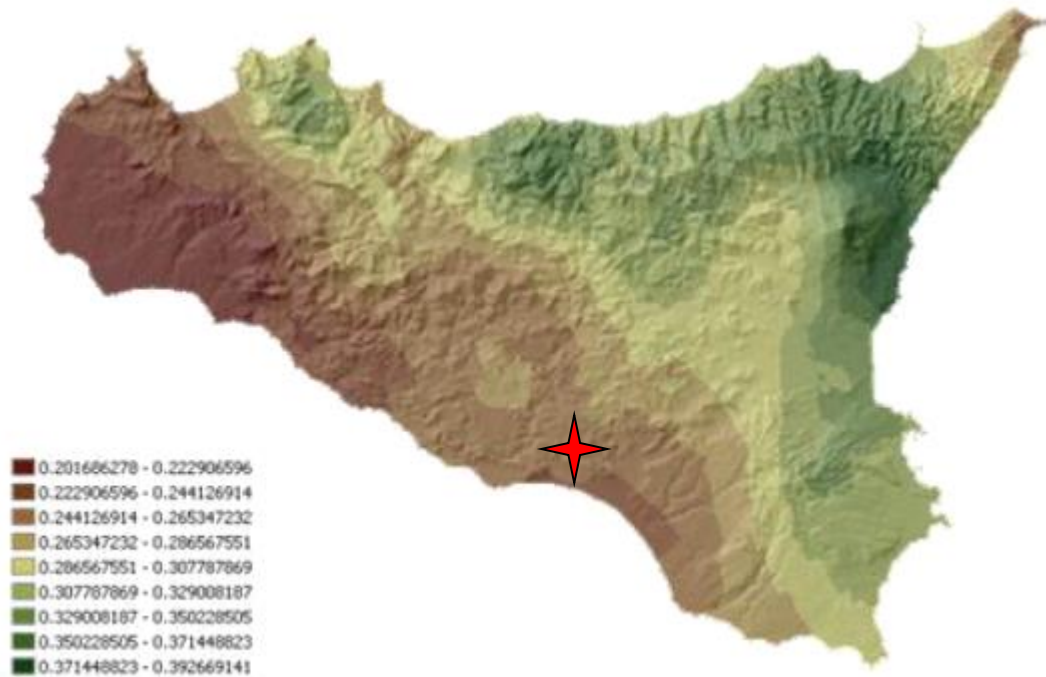


Figura 8. Valori del coefficiente n per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche a servizio di strade di nuova realizzazione e delle piazzole, sono state calcolate le altezze di pioggia massima di assegnata durata $h_{t,T}$ e la curva di probabilità pluviometrica (C.P.P.), per fissato tempo di ritorno ($T=50$ anni).

Il tempo di ritorno è un parametro che viene definito in base alla vita utile dell'opera e al potenziale rischio, e di conseguenza i potenziali danni, ai quali essa è suscettibile al verificarsi di eventi con probabilità di accadimento superiore.

6.3 CALCOLO DELLA C.P.P.

Il parco eolico in progettazione nel comune di Naro ricade nella sottozona pluviometrica Z3, dalla quale si ricavano i valori dei coefficienti a e b utili al calcolo del fattore di crescita K_T , per cui:

$$K_T = 0,5011 * \ln(50) + 0,4545$$

$$K_T = 2,41$$

Fissato T , si può procedere con il calcolo della curva di probabilità pluviometrica andando a ricavare l'altezza di pioggia di durata t al tempo di ritorno di progetto, ottenuta per moltiplicazione del fattore di crescita per il parametro centrale $\mu(t)$, il quale è funzione dei parametri a ed n, ricavati in figura 9 e 10 assumendo i valori massimi nell'intervallo assunto e pari a:

Parametro	
a	28,37
n	0,2866

Viene dunque calcolata la curva di probabilità pluviometrica per piogge di durata di 1,3,6,12 e 24 ore:

$t [h]$	$h_{t,T} [mm]$



1	52,35
3	72,79
6	89,61
12	110,32
24	135,82

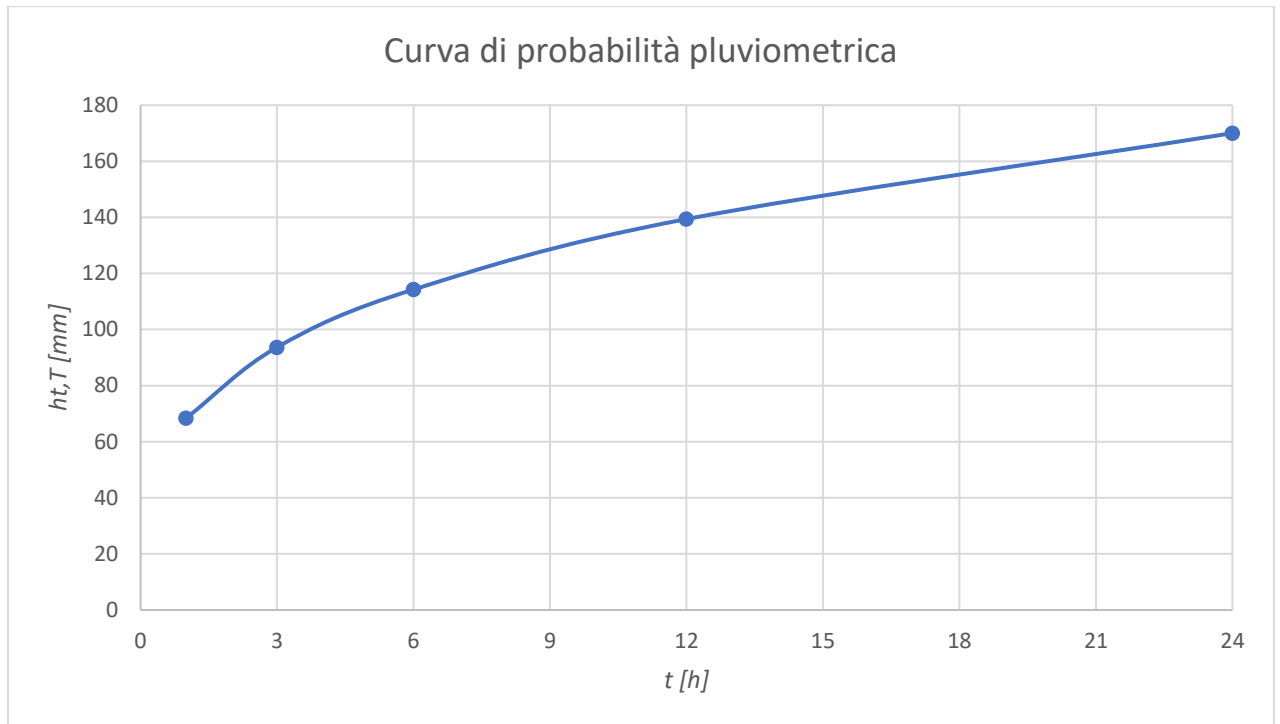


Figura 9. Curva di probabilità pluviometrica.

6.4 PIOGGE BREVI

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

La curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non può essere pertanto estrapolata per valori della durata t inferiore ad un'ora. È stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno T è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata t espressa in minuti.

Il legame funzionale, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso nella forma seguente, utilizzando la formula di Ferreri-Ferro, in cui il coefficiente "s" è stato opportunamente calibrato da Ferro e Bagarello ("Rainfall depth-duration relationship for South Italy", 1996).

$$h_{t,T}/h_{60,T} = (t/60)^{0,386}$$

7 MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI

Le portate di progetto sono state calcolate attraverso metodi indiretti, che consentono la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che si abbattano sui diversi bacini. Nello specifico, si è valutata la portata di piena con la formula razionale.

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
	Data Ottobre 2023	Rev. 00		

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

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

Dove:

- Q_T è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T ed è espressa in m^3/s ;
- φ è il coefficiente di afflusso, adimensionale;
- i_T 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 espressa in km^2 ;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

La modellazione matematica dei fenomeni idrologico-idraulici, innescati dalle precipitazioni sull'area di progetto, segue il processo descritto nei paragrafi seguenti.

7.1 INDIVIDUAZIONE DELLA PIOGGIA CRITICA

Dopo avere ricostruito la curva di probabilità pluviometrica è necessario individuare la l'intensità critica della precipitazione, cioè l'intensità costante di quella pioggia, supposta anche uniformemente distribuita sul bacino, che determina la portata massima nell'idrogramma di piena di tempo di ritorno T.

La pioggia critica è quella di intensità pari al tempo di corrivazione o di concentrazione t_c , definito come segue:

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

Esso può essere calcolato tramite diverse formule; nel caso in esame, il tempo di corrivazione verrà calcolato mediando i risultati ottenuti risolvendo le formule di Kirpich, Giandotti, Ventura e Pasini riportate di seguito:

Formula di Kirpich

$$t_c = 0,000325 \cdot \frac{L^{0,77}}{i^{0,385}}$$

Dove:

- t_c è il tempo di corrivazione espresso in ore;
- L è la lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque espressa in metri
- i è la pendenza media del percorso (m/m).

Formula di Giandotti

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{Z_{media} - Z_{min}}}$$

Dove:

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
			Data Ottobre 2023	Rev. 00

- t_c è il tempo di corrivazione espresso in ore;
- A è l'area del bacino in km^2 ;
- L è la lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque espressa in km;
- Z media è la quota media del bacino in m.
- Z min è la quota alla sezione di chiusura.

Formula di Ventura

$$tc = 0,1272 \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

Dove:

- t_c è il tempo di corrivazione espresso in ore;
- A è l'area del bacino in km^2 ;
- i_m è la pendenza media dell'asta

Formula di Pasini

$$tc = \frac{0,108 \sqrt[3]{AL}}{\sqrt[2]{i_m}}$$

Dove:

- t_c è il tempo di corrivazione espresso in ore;
- A è l'area del bacino in km^2 ;
- L è la lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque espressa in km;
- i_m è la pendenza media dell'asta

Una volta ricavato il tempo di corrivazione mediante le seguenti formule si mediano i risultati per ottenere il t_c da adoperare nei calcoli:

Tempo di corrivazione [h]			
<i>Kirpich</i>	<i>Giandotti</i>	<i>Ventura</i>	<i>Pasini</i>
0,0220	0,6512	0,0174	0,0179
0,1772			

7.2 COEFFICIENTE DI AFLUSSO

L'infiltrazione costituisce il fenomeno di maggiore rilevanza per la determinazione del bilancio tra pioggia sul bacino e pioggia efficace ai fini del deflusso nei bacini scolanti. Nell'applicare un modello afflussi-deflussi risulta pertanto necessario quantificare le perdite per infiltrazione allo scopo di potere valutare la pioggia netta, ovvero quella che dà effettivamente luogo al deflusso. Nel presente studio, all'interno della formula razionale, è stato utilizzato il metodo del coefficiente di afflusso Φ . Tale coefficiente rappresenta il rapporto

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
			Data Ottobre 2023	Rev. 00

tra il volume totale di deflusso e il volume totale di pioggia caduto sull'area sottesa ad una data sezione, e il suo uso comporta considerare le perdite proporzionali all'intensità media di pioggia.

Ai fini della progettazione delle opere idrauliche, considerando che la finitura di strade e piazzole verrà realizzata con misto stabilizzato compattato, il coefficiente di afflusso varia in un range tra 0,30 e 0,35. In fase di calcolo della portata, si è valutato di adoperare l'estremo massimo di tale range per operare a vantaggio di sicurezza.

7.3 CALCOLO DELLE PORTATE

Ai fini della verifica dei fossi di guardia previsti nel progetto, sono state calcolate le portate al colmo di piena tramite il modello afflussi-deflussi sopraccitato per ogni bacino idrografico sotteso alle opere in oggetto.

Di seguito viene riportata la tabella riepilogativa delle caratteristiche dei bacini:

Tramite le portate al colmo di piena è stato possibile andare a valutare le dimensioni dei fossi di guardia, realizzati in opera a sezione trapezia, il cui fondo e sponde sono rivestiti con pietrame di media pezzatura (d=5-10 cm), per uno spessore di 15 cm, al fine di ridurre l'azione erosiva della corrente idrica.

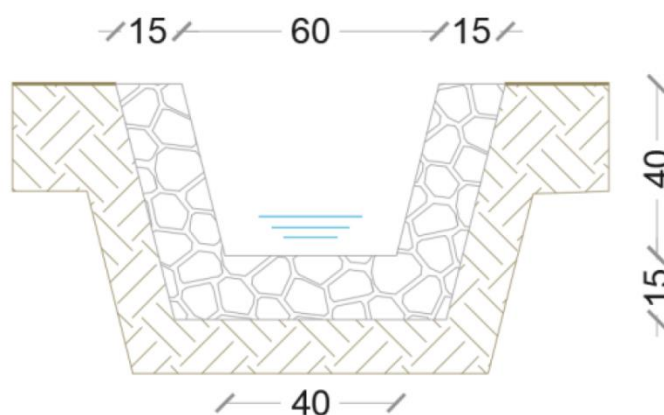


Figura 10. Sezione del fosso di guardia tipo (le dimensioni indicate in foto sono indicative).

Per quanto riguarda la progettazione della trincea drenante, la portata adoperata per il dimensionamento della stessa sarà data dalla sommatoria della portata al colmo di piena ricavata in corrispondenza della piazzola/strada di nuova realizzazione, con la portata meteorica del bacino idrografico sotteso alla trincea stessa, al fine di riuscire ad allontanare l'acqua infiltrata nei terreni limitrofi alle piazzole, ed evitare eventuali criticità.

8 VERIFICA DELLE OPERE PROGETTATE

8.1 CANALETTE DI RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE

È bene specificare che i fossi di guardia adoperati in progetto sono stati scelti in base alle loro caratteristiche geometriche per poi essere verificati. Qualora le verifiche non fossero risultate soddisfacenti, si è proceduto alla scelta di un fosso di guardia di dimensioni maggiori ma con le stesse caratteristiche.

Per quanto concerne la parte di verifica delle opere scelte, questa è stata realizzata tramite la valutazione di due parametri:

- Velocità all'interno del fosso di guardia, minore di 5 m/s per evitare problemi legati all'eccessiva erosione delle sponde;

- Franco di sicurezza all'interno del fosso di massimo 5 cm per evitare che il livello dell'acqua possa esondare.

Partendo dalla portata al colmo di piena, la verifica della capacità idraulica delle opere è stata effettuata in condizioni di moto uniforme, utilizzando la formula di Gauckler – Strickler, uguagliandola alla portata meteorica:

$$Q = k_S \cdot A \cdot i^{\frac{1}{2}} \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

Dove:

- Q è la portata che defluisce nella canaletta (m³/s);
- k_S è il coefficiente di Gauckler-Strickler posto pari a 40 m^{1/3}/s;
- A è l'area della sezione bagnata (m²);
- R è il raggio idraulico (in m), dato dal rapporto tra A e P, perimetro bagnato;
- i è la pendenza del canale.

Ai fini dell'applicazione della formula di resistenza di Guackler – Strickler è necessario ricavare l'incognita della fase di verifica, ossia il tirante idrico h, calcolato a seguito dell'uguaglianza con la portata al colmo di piena. Bisogna verificare, per l'appunto, che tale tirante non risulti maggiore dell'altezza del fosso di guardia, e che al contempo la velocità e franco di sicurezza siano ritenuti accettabili.

Le verifiche sono risultate positive. Le tipologie di opere idrauliche individuate in fase di dimensionamento sono risultate aderenti alle necessità di controllo e smaltimento delle acque meteoriche verso gli impluvi naturali più prossimi alle opere. Di seguito vengono rappresentate le tabelle esplicative alle fasi di verifica dei fossi di guardia:

Q [m ³ /s]	0,48	0,24	STRADA NA01
k _S [m ^{1/3} /s]	40		
i	11%		
R [m]	0,10		
A [mq]	0,08		
P [m]	0,79		
h* [m]	0,28		
H [m]	0,60		
b [m]	0,20		
B [m]	0,60		
GR	47%		
Q* [mc/s]	0,24		
DQ	0,00		
FS [m]	0,32		
V [m/s]	2,92		



Q [m3/s]	0,48	0,24	STRADA NA02
ks [m1/3/s]	40		
i	5%		
R [m]	0,12		
A [mq]	0,11		
P [m]	0,94		
h* [m]	0,35		
H [m]	0,6		
b [m]	0,2		
B [m]	0,6		
GR	59%		
Q* [mc/s]	0,24		
DQ	0,00		
FS [m]	0,25		
V [m/s]	2,15		

Q [m3/s]	0,48	0,24	STRADA NA03
ks [m1/3/s]	40		
i	3%		
R [m]	0,13		
A [mq]	0,14		
P [m]	1,06		
h* [m]	0,41		
H [m]	0,6		
b [m]	0,2		
B [m]	0,6		
GR	68%		
Q* [mc/s]	0,24		
DQ	0,00		
FS [m]	0,19		
V [m/s]	1,76		



Q [m ³ /s]	0,48	0,24	STRADA NA04
ks [m ^{1/3} /s]	40		
i	4%		
R [m]	0,12		
A [mq]	0,12		
P [m]	0,99		
h* [m]	0,38		
H [m]	0,6		
b [m]	0,2		
B [m]	0,6		
GR	63%		
Q* [mc/s]	0,24		
DQ	0,00		
FS [m]	0,22		
V [m/s]	1,97		

Q [m ³ /s]	0,48	0,24	STRADA NA05
ks [m ^{1/3} /s]	40		
i	3%		
R [m]	0,13		
A [mq]	0,14		
P [m]	1,06		
h* [m]	0,41		
H [m]	0,6		
b [m]	0,2		
B [m]	0,6		
GR	68%		
Q* [mc/s]	0,24		
DQ	0,00		
FS [m]	0,19		
V [m/s]	1,76		



Q [m3/s]	0,48	0,24	STRADA NA06
ks [m1/3/s]	40		
i	2%		
R [m]	0,14		
A [mq]	0,16		
P [m]	1,16		
h* [m]	0,46		
H [m]	0,6		
b [m]	0,2		
B [m]	0,6		
GR	76%		
Q* [mc/s]	0,24		
DQ	0,00		
FS [m]	0,14		
V [m/s]	1,50		

Q [m3/s]	0,48	0,24	STRADA NA07
ks [m1/3/s]	40		
i	10%		
R [m]	0,10		
A [mq]	0,08		
P [m]	0,81		
h* [m]	0,29		
H [m]	0,6		
b [m]	0,2		
B [m]	0,6		
GR	48%		
Q* [mc/s]	0,24		
DQ	0,00		
FS [m]	0,31		
V [m/s]	2,81		



Q [m3/s]	0,48	0,24	STRADA NA08
ks [m1/3/s]	40		
i	5%		
R [m]	0,12		
A [mq]	0,11		
P [m]	0,94		
h* [m]	0,35		
H [m]	0,6		
b [m]	0,2		
B [m]	0,6		
GR	59%		
Q* [mc/s]	0,24		
DQ	0,00		
FS [m]	0,25		
V [m/s]	2,15		

Q [m3/s]	0,48	0,24	STRADA NA09
ks [m1/3/s]	40		
i	9%		
R [m]	0,11		
A [mq]	0,09		
P [m]	0,82		
h* [m]	0,30		
H [m]	0,6		
b [m]	0,2		
B [m]	0,6		
GR	49%		
Q* [mc/s]	0,24		
DQ	0,00		
FS [m]	0,30		
V [m/s]	2,70		



Q [m ³ /s]	0,48	0,24	STRADA NA10
ks [m ^{1/3} /s]	40		
i	7%		
R [m]	0,11		
A [mq]	0,10		
P [m]	0,87		
h* [m]	0,32		
H [m]	0,6		
b [m]	0,2		
B [m]	0,6		
GR	53%		
Q* [mc/s]	0,24		
DQ	0,00		
FS [m]	0,28		
V [m/s]	2,45		

Q [m ³ /s]	0,48	0,24	STRADA NA11 e NA12
ks [m ^{1/3} /s]	40		
i	8%		
R [m]	0,11		
A [mq]	0,09		
P [m]	0,85		
h* [m]	0,31		
H [m]	0,6		
b [m]	0,2		
B [m]	0,6		
GR	51%		
Q* [mc/s]	0,24		
DQ	0,00		
FS [m]	0,29		
V [m/s]	2,58		

8.2 TUBAZIONI DI COLLEGAMENTO STRADE DI NUOVA COSTRUZIONE

Le piazzole e la viabilità di nuova realizzazione ad esse annessa generalmente sono legate tra loro tramite una tubazione di collegamento, che convoglia la portata al colmo di piena incanalata dalle cunette verso la trincea drenante, per poi smaltire tale portata nell'alveo o tombinatura più prossima a tali opere. Questa tubazione (di tipo Armco o PEAD) è stata dimensionata a partire dal valore della portata al colmo di piena, andando a verificare che per il diametro scelto vengano rispettati valori di velocità all'interno della tubazione, e del grado di riempimento corrispondente al passaggio della portata di progetto. Di seguito, viene riportata la tabella finale conseguenti alla fase di verifica della tubazione:

Tabella 4. Tubazione Armco/PEAD

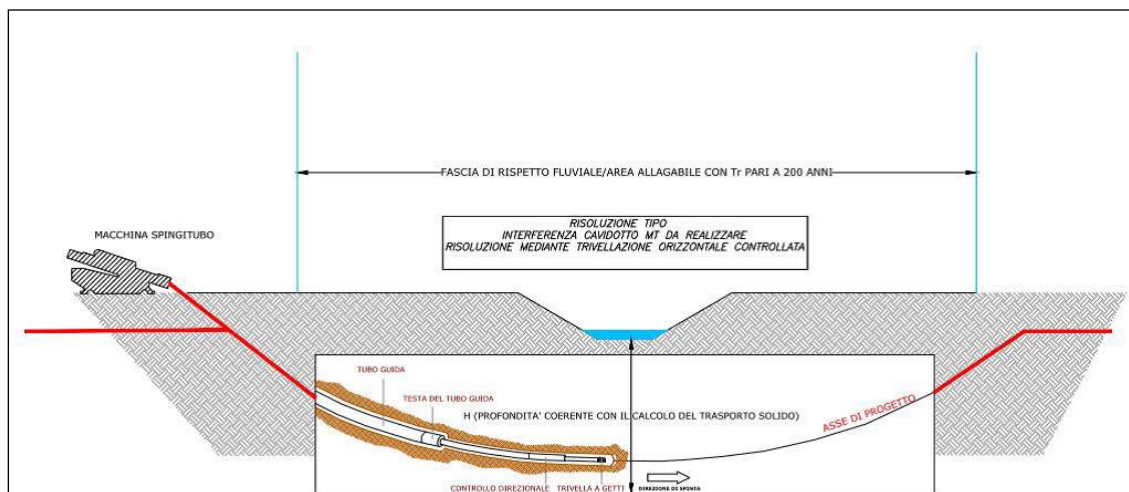
 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
			Data Ottobre 2023	Rev. 00

Grado di riempimento y/D	Diametro interno tubazione	Area sez. liquida	Perimetro bagnato	Raggio idraulico	Pendenza (adimensionalizzata)	Ks (scabrezza)	Portata Q
[-]	[m]	[mq]	[m]	[m]	[%]	[m ^{1/3} /s]	[mc/s]
58%	0,60	0,17	0,03	0,15	1,7	80	0,491

9 COMPATIBILITA' IDRAULICA DEGLI INTERVENTI

9.1 METODOLOGIA UTILIZZATO PER LE VALUTAZIONI IDRAULICHE

Tutte le interferenze rilevate si riferiscono sostanzialmente ai tracciati dei cavidotti interrati o giacenti su viabilità esistente che saranno risolte mediante l'impiego della trivellazione orizzontale controllata, di seguito indicata come T.O.C.



Relativamente alla realizzazione dei cavidotti interrati mediante T.O.C sarà possibile conservare le condizioni idrauliche ante-operam. Tale tecnica, che in estrema sintesi consente di posizionare il cavidotto facendolo correre al disotto delle fasce di rispetto e sotto il letto dei reticoli idrografici, prevederà che le operazioni di scavo direzionale inizieranno e termineranno per ogni interferenza, al di fuori dalle fasce di rispetto, garantendo di fatto, di non alterare in alcun modo la conformazione dell'area oggetto di intervento. Ne deriva che le verifiche idrauliche condotte anche solo a livello qualitativo e basate sulle considerazioni appena esposte risultano sufficienti, per trarre corrette valutazioni sulla compatibilità idraulica dell'intervento.

10 ATTRAVERSAMENTI DEL CAVIDOTTO INTERNO ED ESTERNO - SCAVI CON TOC

Al fine di assicurare che la posa dei cavi interrati non alteri l'attuale equilibrio dei materiali che costituiscono il fondo delle aree interessate dal transito delle piene centenarie, lungo i tratti di intersezione, gli attraversamenti saranno realizzati con tecnica T.O.C., che si articola secondo tre fasi operative:

1) Esecuzione del foro pilota: questo sarà di piccolo diametro e verrà realizzato mediante l'utilizzo dell'utensile fondo foro, il cui avanzamento all'interno del terreno è garantito dalla macchina perforatrice che trasmetterà il movimento rotatorio ad una batteria di aste di acciaio alla cui testa è montato l'utensile fresante. La posizione dell'utensile sarà continuamente monitorata attraverso il sistema di localizzazione.

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA		Cod. CS314-GEO02-R	
			Data Ottobre 2023	Rev. 00

2) Trivellazione per l'allargamento del foro fino alle dimensioni richieste: una volta completato il foro pilota con l'uscita dal terreno dell'utensile fondo foro (exit point) verrà montato, in testa alla batteria di aste di acciaio, l'utensile per l'allargamento del foro pilota, di diametro superiore al precedente, e il tutto viene tirato verso l'impianto di trivellazione (entry point). Durante il tragitto di rientro del sistema di trivellazione, l'alesatore allargherà il foro pilota.

3) Tiro della tubazione o del cavo del foro: completata l'ultima fase di alesatura, in corrispondenza dell'exit point verrà montato, in testa alle condotte da posare già giuntate tra loro, l'utensile per la fase di tiro-posa e questo viene collegato con l'alesatore. Tale utensile ha lo scopo di evitare che durante la fase di tiro, il movimento rotatorio applicato al sistema dalla macchina perforatrice non venga trasmesso alle tubazioni. La condotta viene tirata verso l'exit point. Raggiunto il punto di entrata, la posa della condotta si può considerare terminata.

In particolare, in corrispondenza delle interferenze del cavidotto interrato con il reticolo idrografico, l'attraversamento della fascia di rispetto avverrà ad una profondità coerente con il calcolo del trasporto solido, le operazioni di scavo direzionale inizieranno e termineranno per ogni interferenza fuori dalle fasce di rispetto.

A seguire si restituisce uno schema semplificato di una tipica sezione della TOC.



Figura 11. Sezione tipica di attraversamento in TOC.

Per tutti gli attraversamenti è stata redatta una scheda esplicativa della tipologia di attraversamento. (Cfr. Elaborato GS314-OC18-D).

11 CONCLUSIONI

A partire dalla individuazione su cartografia IGM e CTR dei reticoli idrografici nell'area di progetto, non che dai sopralluoghi realizzati in sito, è stato visionato come il cavidotto AT 36 kV (interno ed esterno), le piazzole a servizio degli aerogeneratori, e la viabilità di nuova realizzazione e da adeguare interferissero con il reticolo idrografico. Le uniche interferenze sono state rinvenute relativamente allo sviluppo lineare dei cavidotti, ma non è stato previsto il dimensionamento di tubazioni di attraversamento in quanto giacente su viabilità esistente, mentre le altre opere civili non interferiscono in nessun punto con il reticolo idrografico. Tuttavia, sono stati calcolati i bacini idrografici sottesi a tali opere al fine di calcolare le portate al colmo di piena, ricavata a seguito della determinazione della curva di probabilità pluviometrica, al fine di dimensionare e poi verificare le opere idrauliche di allontanamento di suddetta portata.

In particolare, si è provveduto al dimensionamento di:

- Fossi di guardia per piazzole e strade di nuova costruzione;
- Tubazioni di attraversamento per le strade di nuova realizzazione;

Le verifiche idrauliche sono state finalizzate alla determinazione delle dimensioni delle condotte di tipo Armco o Pead e dei fossi di guardia in grado di far defluire con opportuno franco idraulico, la portata

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE IDROLOGICA – IDRAULICA	Cod. CS314-GEO02-R	
		Data Ottobre 2023	Rev. 00

valutata con tempo di ritorno $Tr=50$ anni corrispondente ai bacini idrografici relativi alle piazzole e alla viabilità di nuova realizzazione.

Per le interferenze che riguardano il cavidotto al di sotto di strade esistenti, la tecnica di posa dello stesso, prevista nel presente progetto, garantisce la conservazione del regime idraulico ante-operam. La tecnica prevista per la messa in opera del cavidotto è la trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.). La tecnica prevede una profondità di posizionamento del cavidotto tale da garantire la sicurezza nei confronti di eventuali fenomeni di erosione dovuta al trasporto solido del reticolo idrografico.

Le valutazioni condotte e i risultati delle verifiche idrauliche ottenuti, posti alla base della progettazione, assicurano che le opere in progetto, come rappresentato negli elaborati grafici, sono assolutamente congruenti con l'assetto idraulico del territorio e con le relative condizioni di sicurezza.

In sintesi, alla luce delle analisi e delle verifiche effettuate si sono delineate le seguenti conclusioni:

- gli aerogeneratori ricadenti nell'AuB del San Leonardo in progetto e le rispettive piazzole e strade, non interferiscono con il reticolo idrografico del bacino;
- sono state opportunamente dimensionate opere idrauliche (condotte tipo Armco o Pead, fossi di guardia e trincee drenanti) per i tratti di strada di nuova costruzione e piazzole per lo smaltimento delle acque meteoriche;
- il cavidotto interrato nel suo percorso interseca in 36 punti il reticolo idrografico; gli attraversamenti verranno eseguiti mediante tecnica di scavo T.O.C. La tecnica, che garantisce la conservazione del regime idraulico ante-operam, prevede il posizionamento del cavidotto ad una profondità che supera ampiamente la profondità di escavazione esplicabile dalla corrente, quindi a profondità tale da non essere interessato da fenomeni erosivi.

Assodato che:

- gli studi condotti hanno interessato un ampio territorio, ed hanno interessato le opere ricadenti all'interno del territorio del Distretto Idrografico della Sicilia;
- Sono stati delimitati i bacini idrografici di studio in maniera tale da ricomprendere tutto il reticolo che potesse avere influenza sull'assetto idraulico delle aree di interesse e sulle opere previste;
- sulla viabilità esistente non si eseguirà nessun intervento che comporti modifiche delle livellette e delle opere idrauliche presenti. Avendo riferito tutte le valutazioni agli eventi bicentinari e definite le fasce di rispetto fluviale di ogni reticolo idrografico, nella configurazione proposta, l'impianto risulta essere in condizioni di "sicurezza idraulica".