

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2799_4965_CHR_PFTE_R09_Rev0_RELAZIO NEIDRAULICA.docx	10/2023	Prima emissione	G.d.L.	E.Lamanna	A.Angeloni

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Conti	Direttore Tecnico - Progettista	Ord. Ing. Prov. PV n. 1726
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Prov. MI n. A27174
Eleonora Lamanna	Coordinamento Generale, Progettazione, Studio Ambientale, Studi Specialistici	
Matteo Lana	Coordinamento Progettazione Civile	
Riccardo Festante	Coordinamento Progettazione Elettrica	
Lorenzo Griso	Coordinamento Dati Territoriali – Senior GIS Expert	
Ali Basharзад	Ingegnere Civile - Progettazione civile e viabilità	Ord. Ing. Prov. PV n. 2301
Mauro Aires	Ingegnere Civile – Progettazione Strutture	Ord. Ing. Prov. Torino – n. 9588
Stefano Adami	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	Ord. Ing. Milano – n. A23812
Andrea Amantia	Geologo - Progettazione Civile	
Giancarlo Carboni	Geologo	Ord. Geologi Sardegna n. 497
Fabio Lassini	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Carla Marcis	Ingegnere per l’Ambiente ed il Territorio, Tecnico competente in acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 6664 – Sez. A ENTECA n. 4200

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





Lia Buvoli	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	
Elena Comi	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	Ord. Nazionale Biologi n. 060746 Sez. A
Andrea Mastio	Ingegnere per l’Ambiente e il Territorio – Esperto Ambientale Junior	
Sara Zucca	Architetto – Esperto GIS – Esperto Ambientale	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	
Matthew Piscedda	Esperto in Discipline Elettriche	
Francesca Casero	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Simone Demonti	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Alessia Papeti	Esperto Ambientale – Geologo - GIS Junior	
Riccardo Coronati	Geourbanista – Pianificatore junior	
Fabio Bonelli	Esperto Ambientale - Naturalista	
Davide Molinetti	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Mariana Marchioni	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Elide Moneta	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Roberto Camera	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





INDICE

1. PREMESSA	6
2. DATI DI RIFERIMENTO	8
2.1 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO	8
2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO	8
3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	9
3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO	9
3.2 COPERTURA DEL SUOLO	10
3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	11
3.3.1 Inquadramento geologico	11
3.3.2 Inquadramento geomorfologico.....	16
3.3.3 Inquadramento idrogeologico	17
3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....	18
3.4.1 Idrografia superficiale	18
3.5 INQUADRAMENTO QUALITÀ DELLE ACQUE.....	22
3.5.1 Acque superficiali.....	25
3.5.2 Acque sotterranee	30
4. STUDIO PRELIMINARE DELLA COMPATIBILITÀ E INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO	36
4.1 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	36
4.2 PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF)	37
4.3 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)	38
4.4 RETICOLO IDROGRAFICO: FASCE DI PRIMA SALVAGUARDIA	39
4.5 INVARIANZA IDRAULICA.....	42
4.6 CONCLUSIONI	44
5. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI	45
5.1 AEROGENERATORI	45
5.2 VIABILITÀ.....	47
5.3 PIAZZOLE	48
6. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO	49
6.1 CRITERI DI PROGETTO	49
6.2 CALCOLI IDROLOGICI	50
6.2.1 Considerazioni climatiche.....	50
6.2.2 Scelta del tempo di ritorno.....	51
6.2.3 Analisi probabilistica delle precipitazioni intense	52
6.2.4 Valutazione della pioggia efficace (netta)	56
6.2.5 Valutazione post-operam e fase di cantiere	57
6.2.6 Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto post-operam	58
6.3 CALCOLI E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI	58
6.3.1 Fosso di guardia e tubazioni.....	59
6.3.2 Trincea drenante.....	60
6.4 SISTEMA DI GESTIONE ACQUE METEORICHE - VIABILITÀ	61



6.4.1 Sistema di gestione acque meteoriche: strade	61
6.4.2 Tipologico - fosso di guardia e tubazioni	63
6.4.3 Risoluzione delle potenziali interferenze con eventuali solchi di drenaggio naturali	65
6.5 SISTEMA DI GESTIONE ACQUE METEORICHE - PIAZZOLE	66
6.5.1 Fase di cantiere/montaggio	66
6.5.2 Piazzole definitive	67
7. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	69
7.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA	69
7.2 INTERFERENZE CON VIABILITÀ DI NUOVA REALIZZAZIONE	70
7.3 INTERFERENZE CON VIABILITÀ ESISTENTE DA ADEGUARE	70
7.3.1 Viabilità di accesso alle WTG CHR04 e CHR05 - Interferenza T01	71
7.4 INTERFERENZE CON IL TRACCIATO DEL CAVIDOTTO DI CONNESSIONE	72
7.5 INTERFERENZE CON PIAZZOLE DI CANTIERE E DEFINITIVE	75
8. CONCLUSIONE	77

ELABORATI GRAFICI

2799_4965_CHR_PFTE_R09_T01_Rev0_PLANIMETRIADRENAGGI
2799_4965_CHR_PFTE_R09_T02_Rev0_ATTRAVERSAMENTIIDRAULICI



1. PREMESSA

Il progetto in esame riguarda la realizzazione di un nuovo Parco Eolico della potenza complessiva di 34 MW, che prevede l'installazione di n. 5 aerogeneratori da 6,8 MW con relative opere di connessione da installarsi nei territori comunali di Chiaramonti e Ploaghe, nel territorio provinciale di Sassari, regione Sardegna.

La Società Proponente è la POVEGLIA WIND S.R.L., con sede legale in Via Friuli Venezia Giulia 75, 30030 Pianiga (VE).

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata prevede che l'impianto eolico venga collegato in antenna a 36 kV con un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 380/220/150 kV della RTN "Codrongianos".

Nel suo complesso il parco di progetto sarà composto da:

- N° 5 aerogeneratori della potenza nominale di 6,8 MW ciascuno;
- dalla viabilità di servizio interna realizzata in parte ex-novo e in parte adeguando strade comunali e/o agricole esistenti;
- dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche;
- dalle opere di collegamento alla rete elettrica;
- dalla viabilità di servizio interna;
- dalle reti tecnologiche per il controllo del parco.

A tal fine il presente documento costituisce la **Relazione Idraulica** del progetto.

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica per la realizzazione di un nuovo parco eolico 'on-shore', analizzando le eventuali interferenze dei diversi componenti con le aree a pericolosità idraulica e identificando, nel caso, la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse. Nel caso di interferenze con canali irrigui/corsi d'acqua naturali si è inoltre valutato che il superamento delle interferenze avvenga in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.

Lo studio Idrologico e idraulico relativo al reticolo idrografico superficiale, ai principali solchi vallivi o aree depresse e alle aree allagabili è riferito alla perimetrazione della pericolosità idraulica riportata negli ultimi aggiornamenti del Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF), del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e dell'ordinamento gerarchico del reticolo di Strahler.

Il progetto affronta lo studio idrologico e idraulico delle aree scolanti interessate dalle opere del progetto con valutazioni in merito alle possibili variazioni ante-operam – post-operam, analizzando quindi il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione delle variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione delle variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).



Tale studio è svolto secondo le Norme Tecniche di Attuazione del Piano d'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Sardegna, ed è costituito da:

- analisi delle piogge, eseguita utilizzando le indicazioni riportate sul progetto Valutazione Piene (VAPI) del Gruppo Nazionali Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI);
- valutazione della durata dell'evento pluviometrico di progetto di durata pari al tempo critico del bacino idrografico oggetto di studio (tempo di corrivazione e ietogramma di progetto);
- determinazione delle portate di riferimento e dimensionamento del sistema di collettamento delle stesse.
- Il Capitolo 6 riporta la descrizione dei sistemi di gestione acque meteoriche delle opere in progetto.



2. DATI DI RIFERIMENTO

2.1 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO

Attraverso il portale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è stato ottenuto, dal progetto "Tinitaly", il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 10x10 metri di tutta l'area di progetto.

2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO

I seguenti documenti sono stato utilizzati come principali riferimenti per lo studio:

- Autorità di Bacino della Sardegna – Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI) redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998;
- Bischetti, Gian Battista. Linee Guida per La Progettazione Della Viabilità Agro-Silvo-Pastorale in Lombardia - Criteri Generali. Parte 1, Istituto di Idraulica Agraria dell'Università Degli Studi Di Milano, 2005.
- CAO C., PIGA E., SALIS M., SECHI G.M. "Valutazione delle piene in Sardegna". Rapporto Regionale Sardegna, CNR-GNDICI, LINEA 1, Istituto di Idraulica, Università di Cagliari, 1991.
- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Norme di Attuazione. Allegato 2 alla Delib. G.R. n. 2/8 del 20.1.2022;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010;
- Piano di Tutela delle Acque Art. 44, D.Lgs. 11 maggio 1999 n. 152 e s.m.i.; Art 2, L.R. 14/2000;
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183;
- Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione - Hoepli, CSDU;
- Spate Irrigation - FAO – HR Wallinford;
- Tarquini S., Isola I., Favalli M., Battistini A. (2007) TINITALY, a digital elevation model of Italy with a 10 m-cell size (Version 1.0) [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/TINITALY/1.0>.”;
- Urban Drainage Design Manual pubblicato da FHWA (Federal highway administration-US Department of transportation).

3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

Il parco eolico in progetto si estende nella provincia di Sassari e prevede l'installazione di n. 5 aerogeneratori territorialmente così collocati:

- n. 4 aerogeneratori nel comune di Chiaramonti (CHR02, CHR03, CHR04, CHR05);
- n. 1 aerogeneratori nel comune di Ploaghe (CHR01).

Le opere di connessione sono collocate anch'esse nei comuni di Chiaramonti e Ploaghe, nel territorio provinciale di Sassari (Figura 3.1).

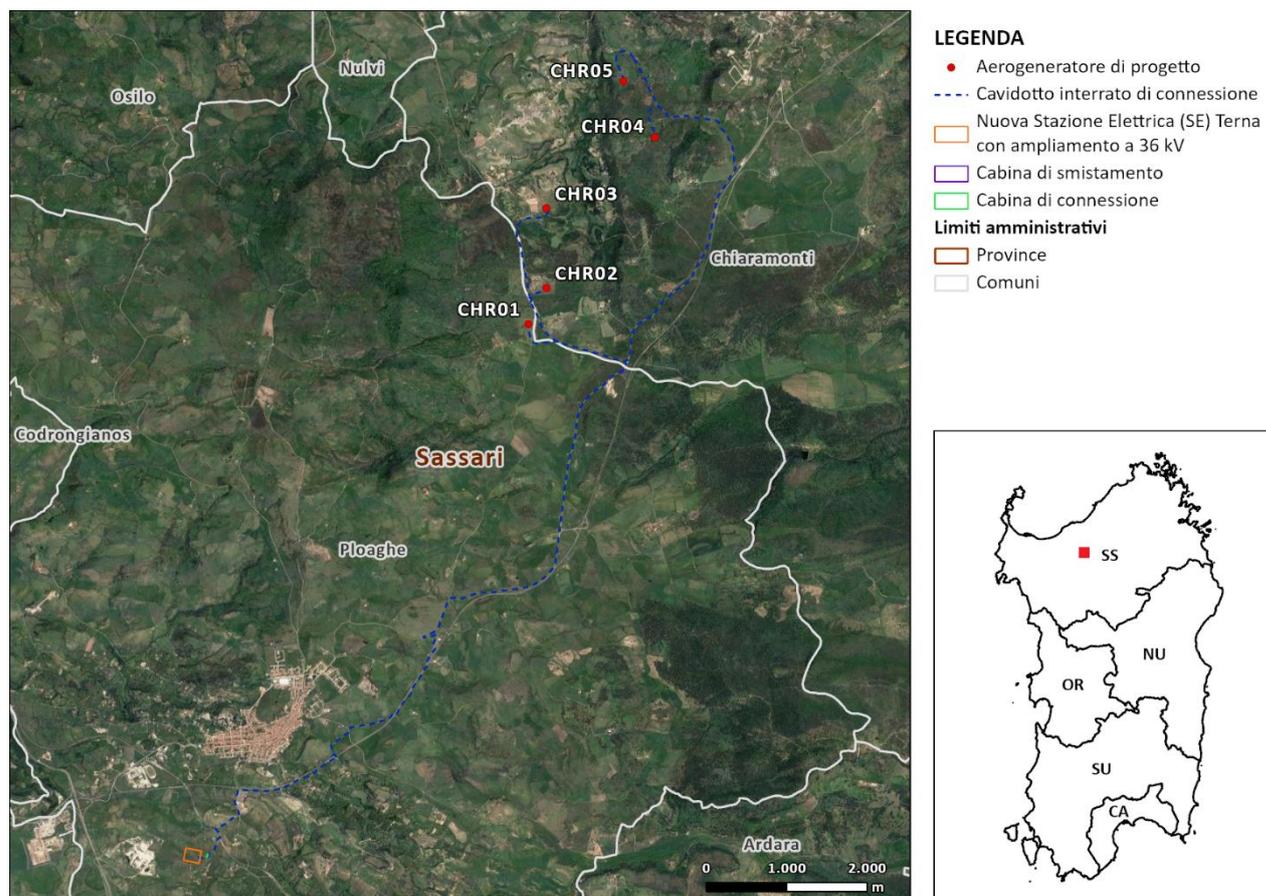


Figura 3.1: Localizzazione a scala provinciale e comunale dell'impianto proposto

Le coordinate degli aerogeneratori previsti sono riportate in Tabella 3.1.

Tabella 3.1 Coordinate aerogeneratori - Monte Mario - Zona 1 EPSG 3003 (Metri)

WTG	WGS 84 – GRADI DECIMALI	
	Longitudine	Latitudine
CHR01	1481676,241	4506716,1332
CHR02	1481909,18826	4507166,55749
CHR03	1481908,3228	4508165,9402
CHR04	1483249,8348	4509059,7679
CHR05	1482862,1831	4509756,5101

L'accesso al sito avverrà mediante strade pubbliche esistenti a carattere nazionale e provinciale partendo dal porto di Porto Torres, per poi percorrere le principali strade statali del territorio fino ad arrivare all'area di progetto (Figura 3.2).

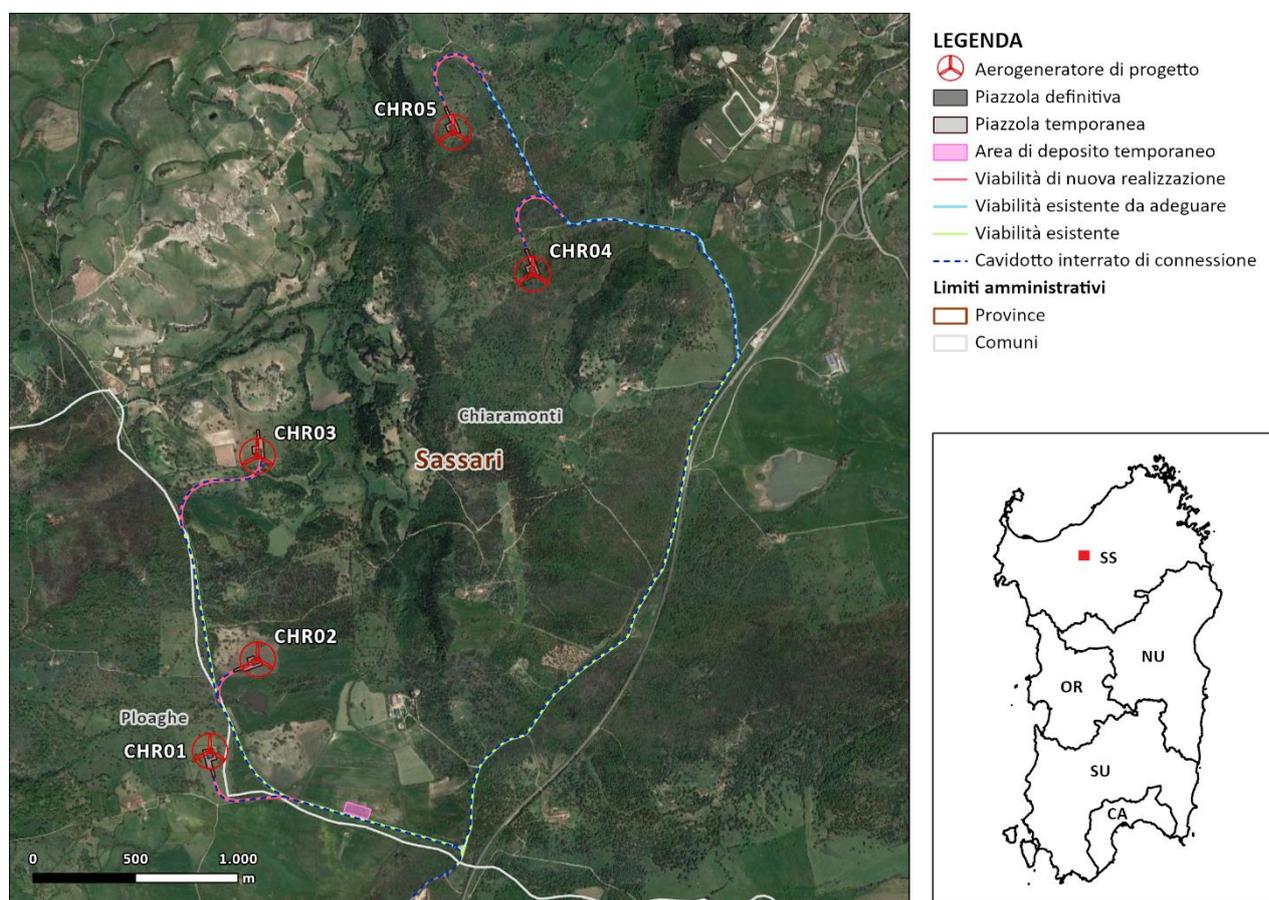


Figura 3.2: Inquadramento della viabilità di progetto.

3.2 COPERTURA DEL SUOLO

Nell'ambito dello studio idrologico del nuovo parco eolico è stata valutata sia la copertura del terreno sia l'uso del suolo dell'area di ubicazione delle opere in progetto.

In particolare, la copertura del suolo è stata analizzata a partire dal database del progetto Corine Land Cover (CLC), aggiornato al 2018: l'area di interesse è occupata principalmente da aree agroforestali

(244), boschi a prevalenza di querce (3111) e aree di colture intensive (2111). In particolare, i cinque aerogeneratori di progetto ricadono nella classe (244).

Si riporta uno stralcio della carta dell'uso del suolo CORINE Land Cover (2018) in Figura 3.3.

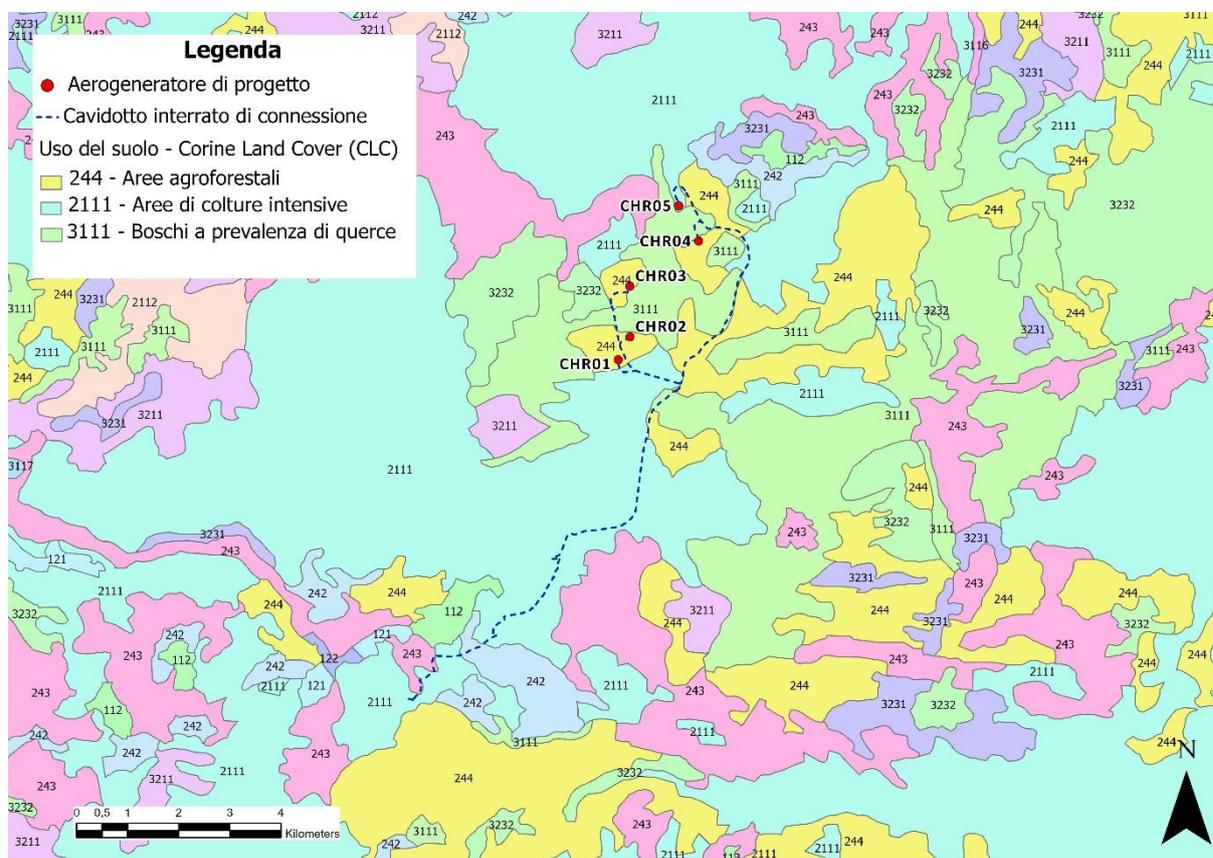


Figura 3.3: Stralcio carta uso del suolo 2018, CORINE Land Cover.

3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Nel presente paragrafo sono riportati alcuni estratti dell'analisi geomorfologica e idrogeologica del sito; per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato di progetto 2799_4965_CHR_PFTE_R08_Rev0_RELGEO.

3.3.1 Inquadramento geologico

L'assetto geologico-strutturale dell'area del comune di Chiaramonti deriva dal risultato di quei processi che, a partire dall'Oligocene e per tutto il Miocene ed il Pliocene, a seguito della fase geodinamica di profondo mutamento orogenico e paleogeografico del Mare Mediterraneo, hanno portato all'evoluzione del rift Sardo, al suo vulcanismo e alla trasgressione marina miocenica e pliocenica (Lecca et alii, 1997 e sua bibliografia).

Alla fine dell'Oligocene e inizio Miocene (Rupeliano- Cattiano) inizia a formarsi il rift sardo, conseguente a una tettonica di tipo estensionale – trastensionale che porterà alla separazione del blocco sardo-corso dalla placca iberica. In questa prima fase vengono riattivate delle faglie già in precedenza formatesi nella fase Ercinica che porteranno a una rototraslazione del blocco sardo- corso di circa 35° verso S-SE fino a stabilirsi nella posizione attuale. La rototraslazione dura all'incirca 10 M.a. In questa prima fase inizia a formarsi un sistema di rift che attraversa tutta la Sardegna da Sud a Nord. Tale rift alla base è riempito da una sequenza vulcanica di tipo andesitico di età compresa tra i 33 e i 26 Ma, associata a una tettonica estensionale. Alla fine del Burdigaliano e l'inizio del Langhiano superiore il blocco sardo-corso va a

collidere con il dominio continentale della placca Apula che porterà a una tettonica di tipo compressionale e transpressiva causando le varie genesi del rift come, il bacino di Chilivani-Berchidda (Oggiano et alii, 1995). Inoltre, in questa fase vi fu un'intensa attività vulcanica sintettonica, che portò al parziale riempimento della stessa, come testimoniano le estese coperture vulcaniche sia di natura lavica (andesiti e trachiti) che di natura piroclastica (ignimbriti, tufi, conglomerati vulcanici) che si sono succeduti nell'area a ritmi alterni.

Durante l'orogenesi alpina, il massiccio sardo-corso pur non essendo stato interessato direttamente ha comunque risentito degli effetti delle spinte tettoniche, causando numerose fratture nel basamento paleozoico sede di un intenso vulcanismo a chimismo calco-alcantino ad iniziare dall'Oligocene, e si protrae fino al Miocene inferiore.

Dal Serravalliano si ha fino al Pliocene medio si ha un periodo di stasi in cui le formazioni andranno a riempire il rift.

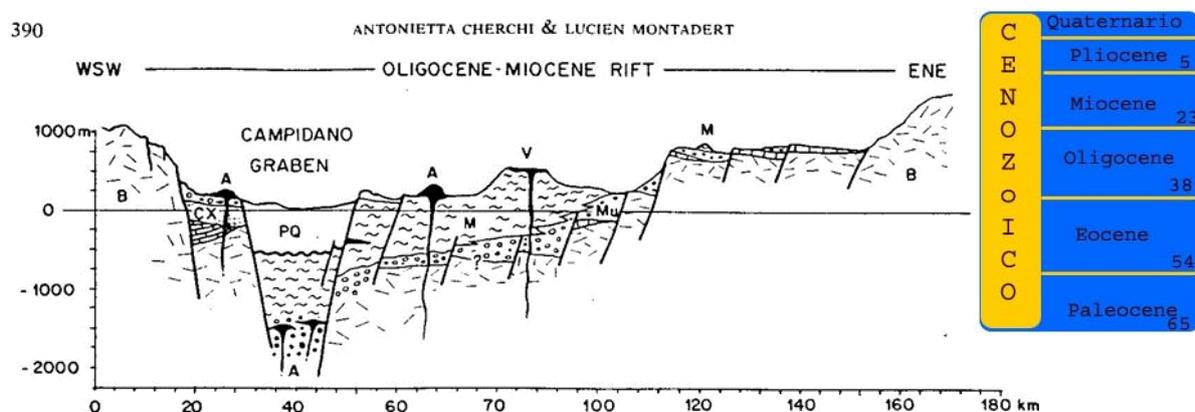
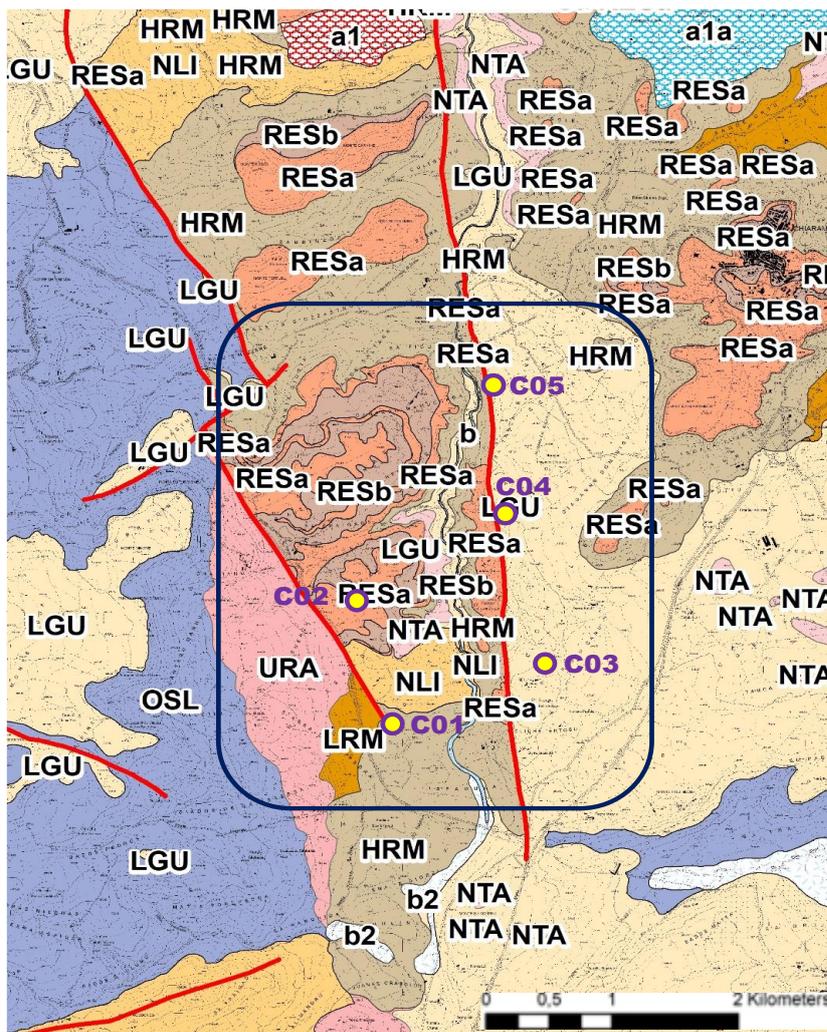


Figura 3.4 – Sezione schematica mostrante il rift oligo-miocenico e il Graben plio-quadernario del Campidano (da Cherchi A., 1982). B) Basamento; C) coperture mesozoiche ed eoceniche; CX) Formazione del Cixerri (pre-rift); M) sedimenti marini miocenici (post-rift); A) vulcaniti calco-alcantine oligo-mioceniche; PQ) sedimenti quaternari plio-quadernari; V) vulcaniti alcaline plio-quadernarie.

Dal Pliocene medio inizia una nuova fase tettonica a seguito dell'apertura del Mar Tirreno in cui si avrà la formazione di una nuova fossa che si formerà da Oristano a Cagliari e un nuovo ciclo vulcanico di tipo basico come testimoniano i grandi espandimenti basaltici della planargia e le varie giare basaltiche presenti in Sardegna. Questo periodo inoltre porterà alla formazione di due importanti complessi vulcanici, ovvero quello di Monte Arci e del Montiferru. La nuova fossa formatasi nel Pliocene tutt'oggi è ancora in fase di riempimento.

Nella legenda sono rappresentate dal basso verso l'alto stratigrafico le litologie presenti sulla carta geologica sottostante dell'area in studio della Sardegna in scala 1: 25.000.



- faglie
- b - Depositi alluvionali. OLOCENE
- b2 - Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE
- a1 - Depositi di frana. Corpi di frana. OLOCENE
- a1a - Depositi di frana. Corpi di frana antichi. OLOCENE
- RTU - FORMAZIONE DI BORUTTA. Marne, marne arenacee bioturbate e calcari marnosi, localmente in alternanze ritmiche. LANGHIANO
- RESb - Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. Arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati. Intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso-feldspatici a grana medio-grossa, localmente ricchi in ossidi di ferro (Ardara-Mores). BURDIGALIANO
- RESa - Litofacies nella FORMAZIONE DI MORES. Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena, variabile, con faune a gasteropodi (Turritellidi), ostreidi ed echinidi (Scutella, Amphiope) ("Calcari inferiori" Auct.). BURDIGALIANO
- NTA - UNITÀ DI NURAGHE GIUNTAS. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, a chimismo rioldacitico, saldati, con cristalli liberi di Pl, Sa, Cpx, vitroclastici o saldati con tessitura eutaxitica. Localmente alla base è presente un paleosuolo. BURDIGALIANO
- LRM - FORMAZIONE DEL RIO MINORE. Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, silti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre (l. Formazione lacustre) Auct.). BURDIGALIANO
- NLI - UNITÀ DI SANTA GIULIA. Andesiti basaltiche e basalti andesitici, porfirici per fenocristalli di Ol, Px, Pl; in potenti colate talora ialoclastiche, sills e necks intercalati entro la sequenza lacustre. (K/Ar: 17,7 0.8 Ma: Lecca et alii, 1997). BURDIGALIANO
- LGU - UNITÀ DI LOGULENTU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, pomiceo-cineritici, saldati, di colore rossastro, con tessitura macroeutaxitica. BURDIGALIANO
- HRM - UNITÀ DI CHIARAMONTI. Depositi di flusso piroclastico pomiceo-cineritici in facies ignimbritica a chimismo rioldacitico, debolmente saldati, talora argillificati e/o silicizzati, con cristalli liberi di Pl, Sa, Bt, Qtz. (K/Ar: pl: 20,3±1 Ma - bt: 19,8 BURDIGALIANO
- URA - UNITÀ DI MONTE MURA. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, a chimismo rioldacitico, saldati, con cristalli liberi di Pl, Sa, Am, a tessitura eutaxitica con fiamme vitroclastiche decimetriche e porzione basale vetrosa. (K/Ar: 23,5 ±1 Ma)
- OSL - UNITÀ DI OSILO. Andesiti porfiriche per fenocristalli di Pl, Am, e Px; in cupole di ristagno e colate. ?AQUITANIANO - BURDIGALIANO

Figura 3.5 – Stralcio della Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000, curata dalla RAS.

Gli aerogeneratori in progetto C01, C03, C04 e C05 insisteranno in un areale caratterizzato dagli affioramenti di flusso piroclastico dell'Unità di Logulentu (LGU). Si tratta di ignimbriti saldate, interessate da intensa fratturazione talora ad angolo retto che consente una separazione lungo diedri le cui superfici esposte sono ornate da dendriti di manganese.

Gli spessori di questi depositi sono variabili da qualche metro fino a 20-25 m. Su queste vulcaniti poggiano i calcari della formazione di Mores (RESa) appartenenti al I ciclo trasgressivo burdigaliano, mentre gli affioramenti presso il Lago Bunnari mostrano una persistente alterazione idrotermale.

L'età radiometrica, determinata nell'ambito del Progetto CARG con metodo $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ su plagioclasio e biotite (camp. FA125), è di $18,54 \pm 0,22$ Ma.



Figura 3.6 – affioramento in taglio stradale delle piroclastiti LGU

L'aerogeneratore C02 è ubicato sulle calcareniti della Formazione di Mores (RES). Questa è la formazione miocenica che affiora con maggiori estensioni ed una notevole varietà di facies in relazione ai diversi contesti deposizionali che accompagnano l'evoluzione del bacino di sedimentazione del Rift sardo Auct.

Sono state distinte in cartografia quattro litofacies, quella più diffusa (RESa), è ampiamente presente nell'area in studio e caratterizza in maniera evidente il paesaggio del sassarese.

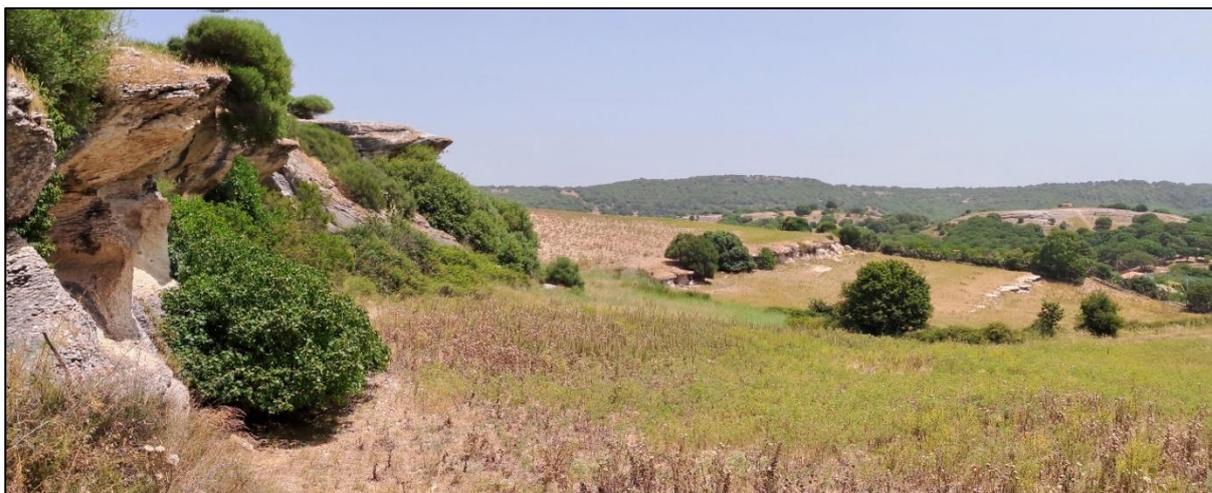


Figura 3.7 – affioramento dei livelli calcarenitici RESa

La sottounità interessata dall'aerogeneratore C02 è la RESb, prevalentemente costituita da conglomerati, presenta un contenuto principalmente silicoclastico con cemento carbonatico da abbondante a scarso; i clasti sono principalmente costituiti da quarzo e localmente da vulcaniti terziarie e rocce del basamento paleozoico. La litofacies RESb affiora in posizione sottostante alla litofacies RESa.



Figura 3.8 – affioramento di un livello conglomeratico della RESb

Lo spessore di RESa è abbastanza variabile, da poche decine di centimetri a 30-40 m, in relazione alla paleomorfologia delle sottostanti vulcaniti. I livelli carbonatici che si rinvencono localmente sono costituiti da calcari e calcareniti spesso con componente vulcanica e spessore di 1,5-2 m.

I depositi della RESb si presentano più o meno cementati ed in genere sono scarsamente fossiliferi, sono presenti livelli più grossolani, conglomeratici (ciottoli fino a 4-5 cm di quarzo e subordinate vulcaniti, metamorfiti e calcari mesozoici). Lo spessore può raggiungere i 30-40 m.

3.3.2 Inquadramento geomorfologico

La morfologia e l'evoluzione delle forme del territorio in studio sono influenzate dall'assetto geologico-strutturale del settore geografico di cui fa parte il comune di Chiaramonti e in particolare dagli eventi geodinamici occorsi durante il Terziario e quelli climatici che hanno caratterizzato il Quaternario.

Nell'Oligocene superiore, quando il blocco Sardo-Corso faceva parte della Placca Sud-Europea, la collisione nord-appenninica ha favorito la formazione di nuovi rilievi strutturali capaci di indurre molteplici e marcate variazioni al reticolo idrografico preesistente. Gli eventi strutturali suddetti sono stati ulteriormente accentuati nel corso del Pliocene superiore come conseguenza dell'evoluzione geodinamica stavolta del Tirreno e la formazione della Fossa del Campidano.

In particolare, sull'area affiorano principalmente le successioni vulcaniche e vulcanico - sedimentarie basso mioceniche che hanno creato i principali caratteri geomorfologici del settore in studio. L'area è caratterizzata da un paesaggio perlopiù collinare e sub-pianeggiante in cui si rilevano le pendenze più marcate in corrispondenza dei versanti in cui si riscontrano numerose scarpate sub-verticali legate alla messa in posto e al raffreddamento dei flussi piroclastici e dell'azione erosiva delle acque che creano valli incise a "U", accentuando le pendenze dei versanti. Data la diversa natura litologica delle rocce affioranti, si ha una maggiore erodibilità nei livelli sedimentari, rispetto alle soprastanti ignimbriti saldate e fratturate, che determina la formazione di nicchie e vuoti che innescano processi di arretramento per progressivi fenomeni di crollo.

Dalle osservazioni di terreno e dallo studio della cartografia disponibile è stato possibile definire che il settore occidentale, settentrionale e in parte quello orientale dell'area in studio hanno una morfologia caratterizzata da alti topografici in cui le quote massime si attestano a circa 700 m s.l.m., come si riscontrano presso M.te Ledda. Questi si presentano tabulari in cima e con versanti sub-verticali dalle pendenze molto elevate legate sia alla conformazione naturale delle rocce e sia ai fenomeni erosivi che nel corso del tempo hanno accentuato le pendenze già elevate dei versanti.

Altresì, il settore che comprende il centro abitato e quello orientale si sviluppa in un'area morfologicamente riconducibile ad un altopiano residuale, con piccole alture a sommità suborizzontale, concordante con la giacitura delle bancate calcaree riconducibili con la formazione del Rio Minore.

Le quote più basse, circa 300 m s.l.m., si rilevano in prossimità del settore centrale dell'area in studio, in prossimità del fondo valle su cui scorre il Rio Cannedas.



Figura 3.9 – Livelli calcarenitici caratterizzanti il paesaggio del Sassarese



3.3.3 Inquadramento idrogeologico

Le aree di intervento degli aerogeneratori C03, C04 e C05 sono ubicate nel bordo occidentale dell'altopiano formato a SO del centro abitato formato dalle ignimbrite dell'Unità di Logulentu (LGU) su cui, più a est, poggia la bancata calcarea sommitale su cui è stato edificato l'abitato di Chiaramonti. L'idrografia superficiale organizzata in piccoli compluvi, dove le acque di ruscellamento superficiale scorrono seguendo le deboli pendenze dell'altopiano fino a raggiungere il bordo, che si raccorda a versanti spesso molto acclivi.

L'aerogeneratore C01 è anch'esso ubicato sull'Unità di Logulentu ma in settore più occidentale, caratterizzato da un andamento ondulato dove le acque scorrono lungo gli impluvi in maniera piuttosto controllata. Non si riscontrano infatti solchi di erosione e/o alvei incisi.

Questo comporta che, le acque di scorrimento superficiale, sebbene solo in occasione di intense precipitazioni, arrivino alla scarpata rocciosa dall'altopiano retrostante e vengano riversate violentemente alla base della parete, acquistando quindi un rilevante effetto erosivo.

L'aerogeneratore C02 è ubicato alle pendici di una collina calcarea, praticamente in un alto morfologico su cui non è presente alcun impluvio in cui scorrono le acque piovane. Si ritiene che vi sia del ruscellamento diffuso legato ai solo momenti di pioggia.

Si possono individuare diversi complessi idrogeologici costituiti dalle litologie terziarie e solo in misura minore da quelle quaternarie. Le successioni e alternanze dei depositi piroclastici con quelli più terrigeni hanno consentito l'instaurarsi di falde idriche, la cui circolazione dipende dalla permeabilità, una proprietà caratteristica delle rocce che esprime la sua attitudine a lasciarsi attraversare dall'acqua.

In altri termini, la permeabilità esprime la capacità di assorbire le acque piovane e di far defluire le acque sotterranee.

Accorpendo le unità geologiche aventi in comune caratteri di permeabilità omogenei, sui cui insistono le opere in progetto è possibile distinguere 2 "Unità Idrogeologiche" principali:

1. Unità delle litologie calcarenitiche
2. Unità delle litologie arenaceo-conglomeratiche

La prima unità affiora alla sommità dei versanti in giacitura sub-orizzontale e con spessori modesti, dove l'infiltrazione delle acque meteoriche avviene all'inizio soprattutto attraverso il reticolo di fratturazione; in seguito, la circolazione d'acqua lungo le fratture penetra attraverso un reticolo di tipo carsico, fino al raggiungimento di livelli impermeabili basali. In quest'area il suo sviluppo può essere considerato poco rilevante data la potenza piuttosto limitata delle formazioni calcaree. Il grado di permeabilità, che dipende quindi dalla frequenza e dalle dimensioni dei vuoti carsici, è da considerarsi mediamente permeabile.

La seconda unità è costituita da litologie sabbioso-conglomeratiche, presenti alla base delle bancate carbonatiche, permeabili per porosità, con grado di permeabilità alto.

3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

3.4.1 Idrografia superficiale

La Sardegna, ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006 “Testo Unico in materia Ambientale”, costituisce un unico distretto idrografico corrispondente all’intero territorio regionale comprese le isole minori. Con deliberazione in data 30.10.1990 n. 45/57, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini: sub-bacino n.1 Sulcis, sub-bacino n.2 Tirso, sub-bacino n.3 Coghinas-Mannu-Temo, sub-bacino n.4 Liscia, sub-bacino n.5 Posada-Cedrino, sub-bacino n.6 Sud-Orientale, sub-bacino n.7 FlumendosaCampidano-Cixerrii, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987 Ognuno dei quali caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale. L’area di progetto è inclusa nel sub-bacino num. 3 - Coghinas Mannu Temo all’interno del bacino idrografico appartenente al fiume Coghinas, secondo la classificazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) aggiornato al 2015 della Regione Autonoma Sardegna.

Per le indagini conoscitive del bacino idrografico in oggetto si fa riferimento alla Relazione monografica di sub-bacino parte del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - P.S.F.F. Il P.S.F.F. si tratta di approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) approvato in via definitiva, per l'intero territorio regionale della Sardegna, ai sensi dell'art. 9 delle L.R. 19/2006 come da ultimo modificato con L.R. 28/2015 con Delibera n. 2 del 17.12.2015 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino.

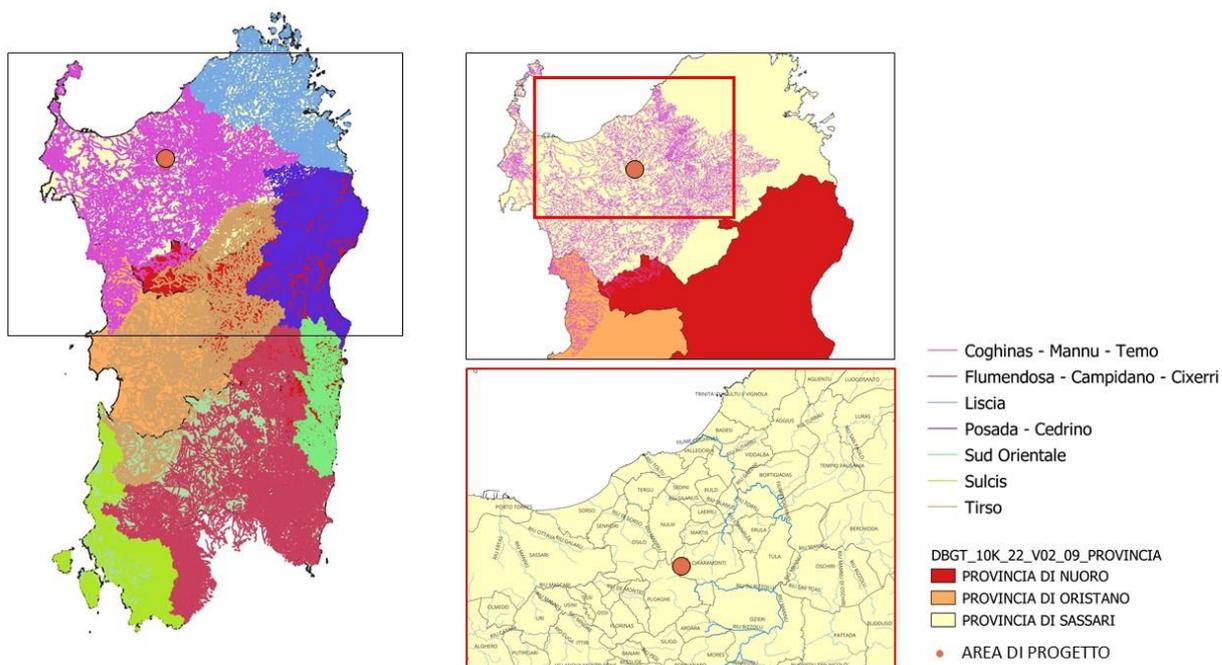


Figura 3.10: – Inquadramento dell’area interessata di progetto nel reticolo idrografico territoriale.

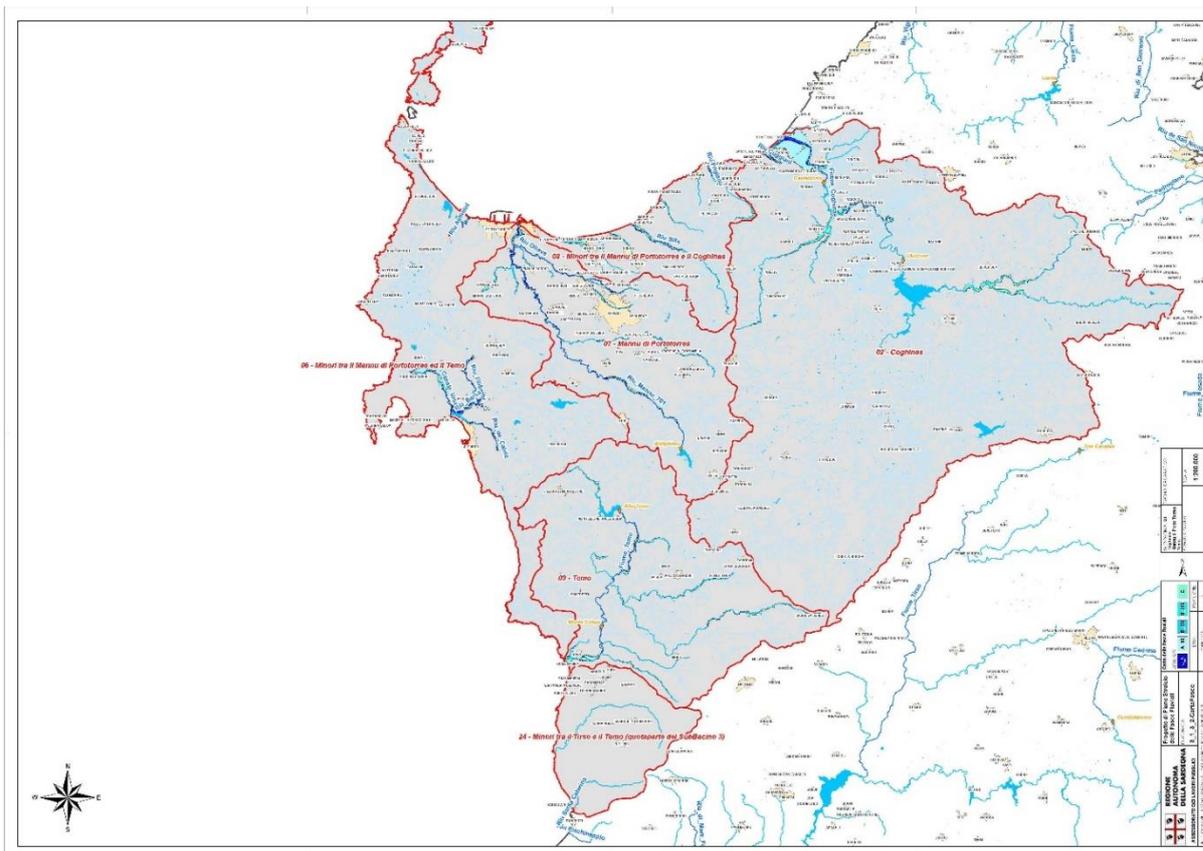


Figura 3.11: Carta delle fasce fluviali del Sub-Bacino 3 - Coghinas Mannu Temo (Relazione monografica di sub-bacino – Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - P.S.F.F.).

Il Sub-Bacino n. 03 Coghinas - Mannu Di Porto Torres – Temo (Figura 3.10) si estende per 5402 Km², pari al 22.5 % del territorio regionale; I corsi d'acqua principali che caratterizzano il bacino sono i seguenti:

- Il Rio Mannu di Porto Torres, sul quale confluiscono, nella parte più montana, il Rio Bidighinzu con il Rio Funtana Ide;
- Il Rio Minore, il quale si congiunge al Rio Mannu in sponda sinistra;
- Il Rio Carrabusu, affluente dalla sinistra idrografica;
- Rio Mascari, affluente del Mannu di Portotorres in sponda destra nel tratto mediano del rio;
- Il Fiume Temo, regolato dall'invaso di Monteleone Roccadoria; esso riceve i contributi del Rio Santa Lughia, del Rio Badu 'e Ludu, del Rio Mulino e del Rio Melas, tutti affluenti di sinistra che si sviluppano nella parte montana del bacino. Negli ultimi chilometri il fiume Temo, unico caso in Sardegna, è navigabile con piccole imbarcazioni; il suo sbocco al mare, sulla spiaggia di Bosa Marina, avviene tramite un ampio estuario. In particolari situazioni meteomarine il deflusso del Temo viene fortemente condizionato causando non rari allagamenti della parte bassa dell'abitato di Bosa; per gli stessi motivi riveste particolare rilevanza il reticolo idrografico che circonda il centro urbano, il cui torrente principale è rappresentato dal Rio Sa Sea;
- Il Rio Sa Entale, che si innesta nel Temo in destra idrografica, e il Rio Ponte Enas, in sinistra, i quali costituiscono gli affluenti principali per estensione del rispettivo bacino;
- Il Fiume Coghinas.



Il bacino idrografico del fiume Coghinas occupa una superficie di poco meno di 2.4523 km², ha una forma vagamente triangolare in cui il basso e medio corso del Coghinas, del riu Mannu di Mores e del riu di Berchidda ne costituiscono le bisettrici, oltre che i principali assi drenanti.

Il fiume Coghinas è considerato il terzo corso d'acqua della Sardegna dopo Tirso e Flumendosa ed è l'unico corso d'acqua principale del bacino, e si trova principalmente nella parte settentrionale dell'isola. Il suo corso d'acqua si estende per circa 115 chilometri e attraversa le province di Sassari e Olbia-Tempio. Ha una particolare importanza per l'approvvigionamento idrico dell'isola e l'irrigazione delle aree agricole circostanti e la sua valle è anche un'importante area naturale e paesaggistica.

L'idrografia del Coghinas è sostenuta da alcune opere di regolazione e controllo, come il lago artificiale di Coghinas, che funge da bacino di laminazione e riserva d'acqua. Queste infrastrutture sono state realizzate per gestire il flusso del fiume e garantire una fornitura idrica stabile per le necessità umane e agricole. Nel bacino del Coghinas sono presenti due principali invasi artificiali. Il più importante è quello del lago del Coghinas formato dalla diga del Muzzone, posto in parte su quel basso strutturale o graben che attraversa l'intero bacino da Est a Ovest, su cui convergono i principali affluenti (Riu Berchidda, riu Mannu di Mores, riu Mannu 023) e da cui di fatto ora nasce il Coghinas propriamente detto. Il secondo invaso, o lago di Castel Doria, di gran lunga meno esteso, è posto sul basso Coghinas, tra la confluenza del riu Giobaduras e lo sbocco nella piana costiera.

In tale contesto la rete idrografica corre per lo più all'interno di valli incise nel substrato, con la classica sezione a "V", salvo che in corrispondenza delle piane alluvionali interne o costiere, dove le incisioni vallive hanno modo di allargarsi e le aste fluviale possono assumere forme più mature con alvei pluricursali o meandriformi. La pendenza del fiume Coghinas è di circa lo 0,25 % nel tratto vallivo mentre scende repentinamente allo 0,05% nella piana costiera.

Per le analisi idrologiche e geomorfologiche riportate nella Relazione monografica di sub-bacino (P.S.F.F., 2015) il bacino idrografico del fiume Coghinas è stato suddiviso in 5 sottobacini definiti in base alle sezioni di chiusura lungo l'asta principale.

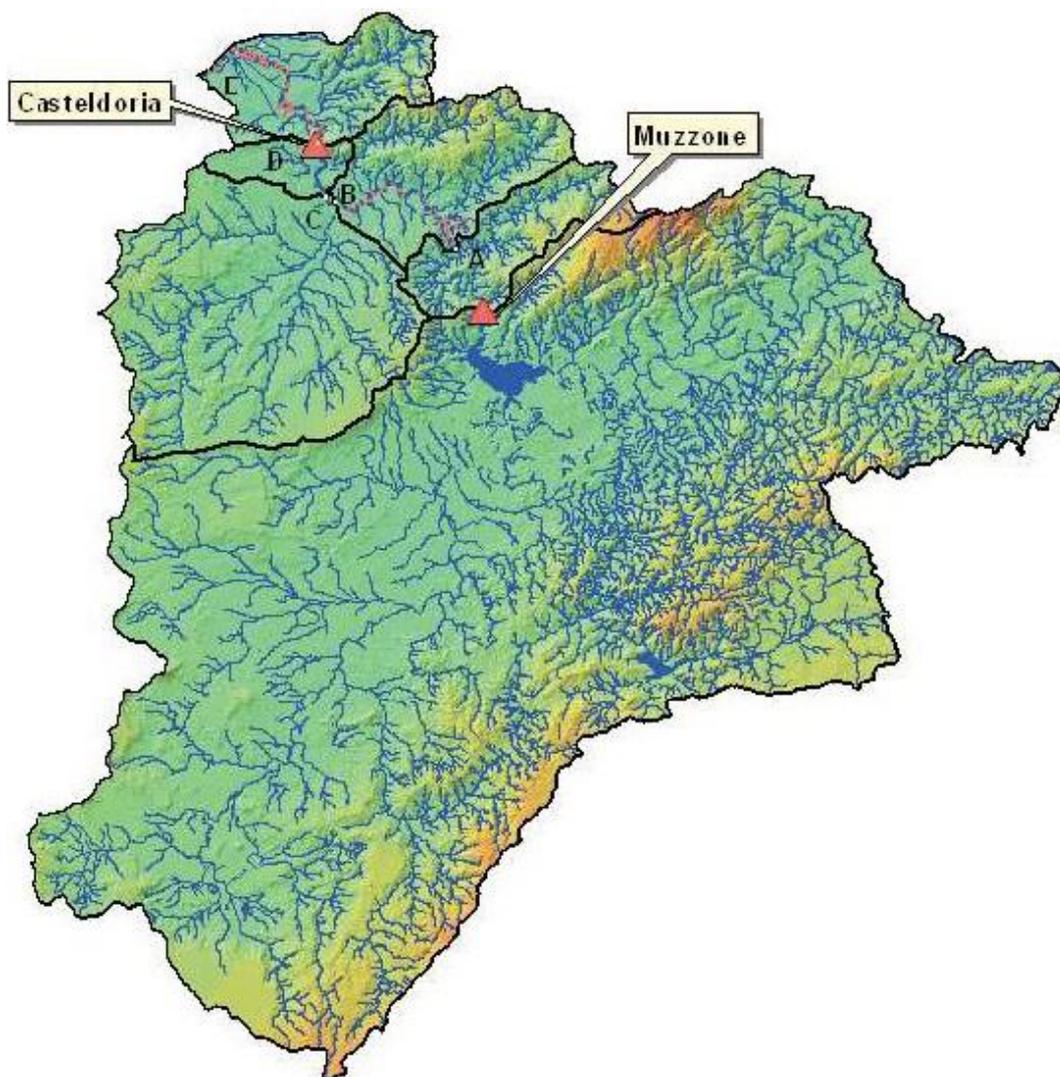


Figura 3.12: Suddivisione in sottobacini del bacino idrografico del fiume Coghinas (Stralcio della Relazione monografica di sub-bacino – Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - P.S.F.F).

L'area interessata di progetto si trova nel comune di Chiaramonti in una zona ricca di sorgenti, fra cui quella di S. Giusta, i corsi d'acqua sono il Riu Badu Ebbas, il Riu Funtana Aliderru, il Riu Enas de Concas, il Riu Nigolittu, il Riu Sos Cannedos, il Riu Iscanneddu, il Riu Frisciu, il Riu Badu Olta.

Il riu Nigolittu, situato nelle vicinanze del parco eolico in oggetto, è classificato come un canale di prima ordine dal sistema Horton-Strahler e ha la sua origine dalla sorgente. Questo fiume fa parte della rete idrica che confluisce nel fiume Coghinas ed è parte del sottobacino "C".

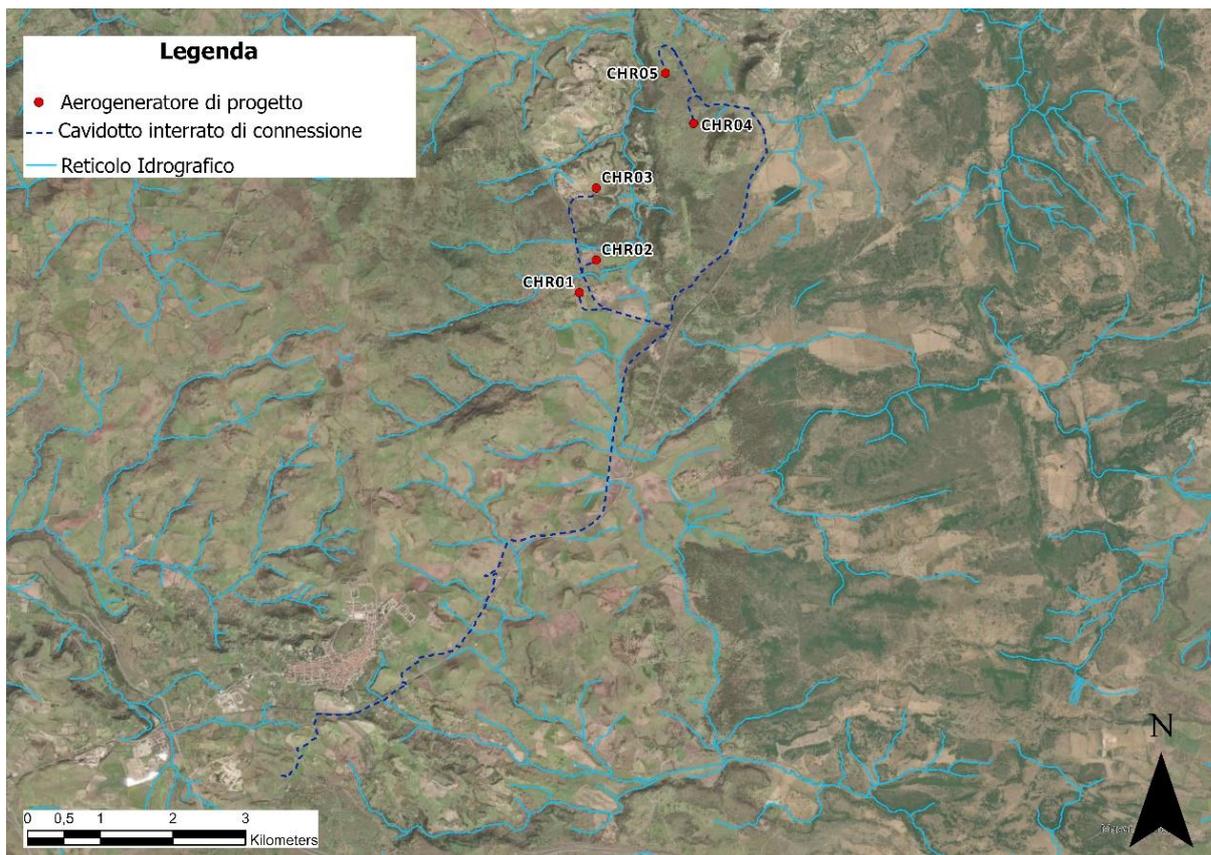


Figura 3.13: Reticolo idrografico ufficiale della regione Sardegna in prossimità dell'area di progetto, basato sul Geodatabase Topografico alla scala 1: 10.000 (DGBT_10k).

L'idrografia superficiale interferisce in un punto con la viabilità di adeguamento e in molteplici punti con il cavidotto di connessione, non sono invece presenti interferenze con le piazzole di cantiere e definitive degli aerogeneratori. Si rimanda al capitolo 7 per l'identificazione delle interferenze con i corpi idrici superficiali e la verifica di compatibilità idraulica. Si rimanda, invece, al capitolo 4 per lo studio delle interferenze dei piani PAI e PGRA con le opere di progetto.

Inoltre, è stata eseguita una simulazione del modello digitale del terreno, ottenuto dal portale dell'INGV dal progetto Tinality. Lo studio del DEM ha permesso di identificare le principali informazioni idrologiche a scala di bacino nello stato di fatto. La simulazione è stata condotta mediante algoritmi TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models – Utah State University) e successivamente rielaborata in ambiente GIS.

3.5 INQUADRAMENTO QUALITÀ DELLE ACQUE

Il tema della qualità delle acque superficiali e sotterranee è trattato nel Piano regionale denominato Piano di Tutela delle Acque (PTA) e nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico (PdG DIS).

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA), approvato dalla Regione Autonoma della Sardegna con Deliberazione della Giunta Regionale n. 14/16 del 4 aprile 2006, è stato elaborato in attuazione dell'art. 44 del D.L.gs 11 maggio 1999 n. 152 e s.m.i. e dell'art. 2 della L.R. luglio 2000, n. 14.

Il Piano di Tutela delle Acque ha lo scopo principale di costituire uno strumento conoscitivo, programmatico, dinamico attraverso azioni di monitoraggio, programmazione, individuazione di interventi, misure, vincoli, finalizzati alla tutela integrata degli aspetti quantitativi e qualitativi della

risorsa idrica. Esso contiene gli interventi volti alla tutela qualitativa e quantitativa del sistema idrico e a garantire:

- A. il raggiungimento o mantenimento degli obiettivi di qualità fissati dal D.Lgs. 152/99 e suoi collegati per i diversi corpi idrici e raggiungimento dei livelli di quantità e di qualità delle risorse idriche compatibili con le differenti destinazioni d'uso;
- B. il recupero e salvaguardia delle risorse naturali e dell'ambiente per lo sviluppo delle attività produttive e, in particolare, di quelle turistiche;
- C. il raggiungimento dell'equilibrio tra fabbisogni idrici e disponibilità, per garantire un uso sostenibile della risorsa idrica, anche con accrescimento delle disponibilità idriche, attraverso la promozione di misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche;
- D. la lotta alla desertificazione.

Contiene, inoltre:

- A. i risultati dell'attività conoscitiva;
- B. l'individuazione degli obiettivi ambientali e per specifica destinazione;
- C. l'elenco dei corpi idrici a specifica destinazione e delle aree richiedenti specifiche misure di prevenzione dall'inquinamento e di risanamento;
- D. le misure di tutela qualitative e quantitative tra loro integrate e coordinate per bacino idrografico;
- E. il programma di attuazione e verifica dell'efficacia degli interventi previsti.

Il PTA suddivide l'intero territorio Regionale in Unità Idrografiche Omogenee (U.I.O.), ognuna costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi, la cui denominazione è quella del bacino principale, nell'esigenza di individuare un comparto territoriale su scala sufficientemente ampia da:

- tener conto delle complesse relazioni tra le varie pressioni insistenti sul territorio e i rispettivi corpi idrici (superficiali e sotterranei);
- tener conto delle complesse relazioni eventualmente esistenti tra i vari corpi idrici (interconnessioni, pozzi, sorgenti, ingressione marina, affluenze etc.);
- tener conto dell'ampio campo di influenza di ogni specifica misura che può avere ricadute su molteplici obiettivi pur essendo determinata, in prima battuta, da un'unica specifica esigenza ambientale;
- estendere la descrizione territoriale e la relativa analisi delle pressioni da attività antropica oltre i confini del singolo bacino idrografico, comprendendo, quindi, più bacini idrografici ed i rispettivi tratti marino-costieri, andando così a costituire sistemi territoriali omogenei per caratteristiche geomorfologiche o idrografiche/idrologiche o per tipologia delle pressioni da attività antropica, interrelati naturalmente (acquiferi significativamente afferenti su più bacini) e artificialmente (interconnessioni tra invasi artificiali, schemi acquedottistici e/o irrigui e/o schemi fognario depurativi a cavallo degli spartiacque, etc.).

Gli aerogeneratori di progetto e il tracciato della connessione ricadono all'interno all'U.I.O. num. 9 – Coghinas (Figura 3.14).



Figura 3.14: Unità Idrografiche Omogenee (U.I.O.) e area di progetto

Il 21 dicembre 2021, con Delibera n. 16, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha adottato il secondo riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del distretto idrografico della Sardegna (terzo ciclo di pianificazione 2021-2027), ai fini delle successive procedure di approvazione, previste dalla L.R. 19/2006 e dall'articolo 66 del DLgs 152/2006.

In particolare l'11 febbraio 2022, a conclusione dell'iter di richiesta del parere della competente Commissione del Consiglio regionale della Sardegna previsto dall'art. 9 della L.R. 19/2006, con Delibera n. 2 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna ha adottato il Riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del distretto idrografico della Sardegna – Terzo ciclo di pianificazione 2021-2027, ai fini del successivo iter di approvazione finale in sede statale ai sensi dell'articolo 66 del D.Lgs. 152/2006.

Il Piano fornisce un quadro dei cosiddetti centri di pericolo (CDP), reali e/o potenziali più importanti a livello regionale, che possono incidere sul livello qualitativo della risorsa idrica, ordinandoli secondo le seguenti classi:

- insediamenti industriali;
- discariche di rifiuti e assimilabili;
- attività minerarie ed estrattive;
- insediamenti urbani;
- vie di comunicazione e infrastrutture di collegamento;
- attività agricole;
- attività zootecniche;
- attività antropiche diverse che possono inquinare i corpi idrici.

3.5.1 Acque superficiali

Caratteristiche qualitative delle acque superficiali

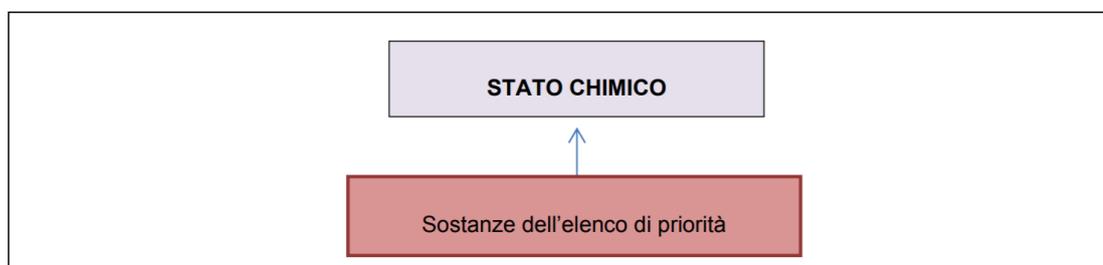
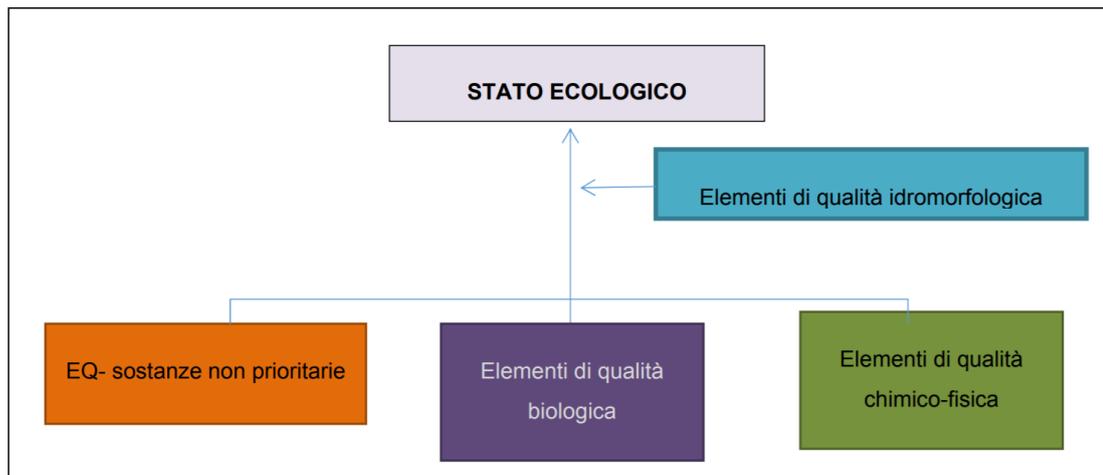
Attraverso il sistema informativo monitoraggio e preallarme siccità raggiungibile all'indirizzo <http://www.sardegnaedoc.it/invasi/> è possibile visionare la situazione dei serbatoi artificiali del sistema idrico multisettoriale della Sardegna e i relativi indicatori di stato per il monitoraggio e il preallarme della siccità. Lo stato attuale (Agosto 2023) è classificato come "livello di pericolo" per gli invasi di Casteldoria, Muzzone (Coghinas), Monte Lemo (Pattada), Bidighinzu e Cuga (Figura 3.15).



REGIME ORDINARIO (normalità) I = 0,5 - 1	Gestione secondo gli indirizzi di pianificazione generale.
LIVELLO DI VIGILANZA (preallerta) I = 0,3 - 0,5	E' necessario monitorare i parametri climatici per stimare con prontezza l'innescio di eventuali fluttuazioni; nel contempo è opportuno controllare i consumi portandoli ad un primo livello di riduzione che non determina svantaggi agli utenti.
LIVELLO DI PERICOLO (allerta) I = 0,15 - 0,3	Il livello di erogazione deve essere ridotto in media, secondo le categorie di priorità degli usi, al fine di gestire in modo proattivo l'eventuale persistenza del periodo secco; contestualmente devono essere attivate le previste misure di mitigazione.
LIVELLO DI EMERGENZA I = 0 - 0,15	In questo campo non si dovrebbe entrare, a seguito degli interventi di riduzione delle erogazioni di cui ai punti precedenti, è necessario, comunque, attivare ulteriori restrizioni nelle erogazioni; se si verificano livelli di emergenza e, in precedenza, le misure previste sono state puntualmente osservate, tale evento potrebbe significare che i parametri statistici delle serie si sono ulteriormente modificati e che quindi deve essere rivalutata l'erogazione media ammissibile in regime ordinario.

Figura 3.15: Situazione dei serbatoi artificiali del sistema idrico multisettoriale della Sardegna e i relativi indicatori di stato per il monitoraggio e il preallarme della siccità nei pressi dell'area di progetto – fonte: <http://www.sardegnaedoc.it/invasi/>.

Relativamente allo Stato Ecologico e Chimico delle acque superficiali si considereranno i parametri riassunti nel seguente schema:



La classificazione dello Stato Ecologico dei corpi idrici (CI) fluviali della Sardegna è stata effettuata tenendo conto di quanto previsto dal DM 260/10 e riporta il giudizio relativo agli elementi di qualità dei corsi d'acqua rappresentato da un colore specifico per classe di qualità.

Il monitoraggio per lo stato chimico non è stato condotto su tutti i corpi idrici in cui è stato effettuato quello per lo stato ecologico, in quanto per il monitoraggio dello stato chimico si è tenuto conto della presenza o assenza di pressioni, della evidenza di scarichi, rilasci o immissioni nonché dei rilevamenti pregressi relativi alle sostanze di cui alla tabella 1/A del D.M. n. 260/2010 e s.m.i.

Lo Stato Ecologico delle acque superficiali nell'intorno dell'area di progetto relativo all'intervallo temporale più aggiornato (terzo ciclo di pianificazione 2021-2027¹) è mostrato nella evidenziando lo **Stato Ecologico Scarso** del Riu Altana e i suoi affluenti nei pressi dell'area interessata di progetto.

¹ Riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna – Terzo ciclo di pianificazione (2021 – 2027).

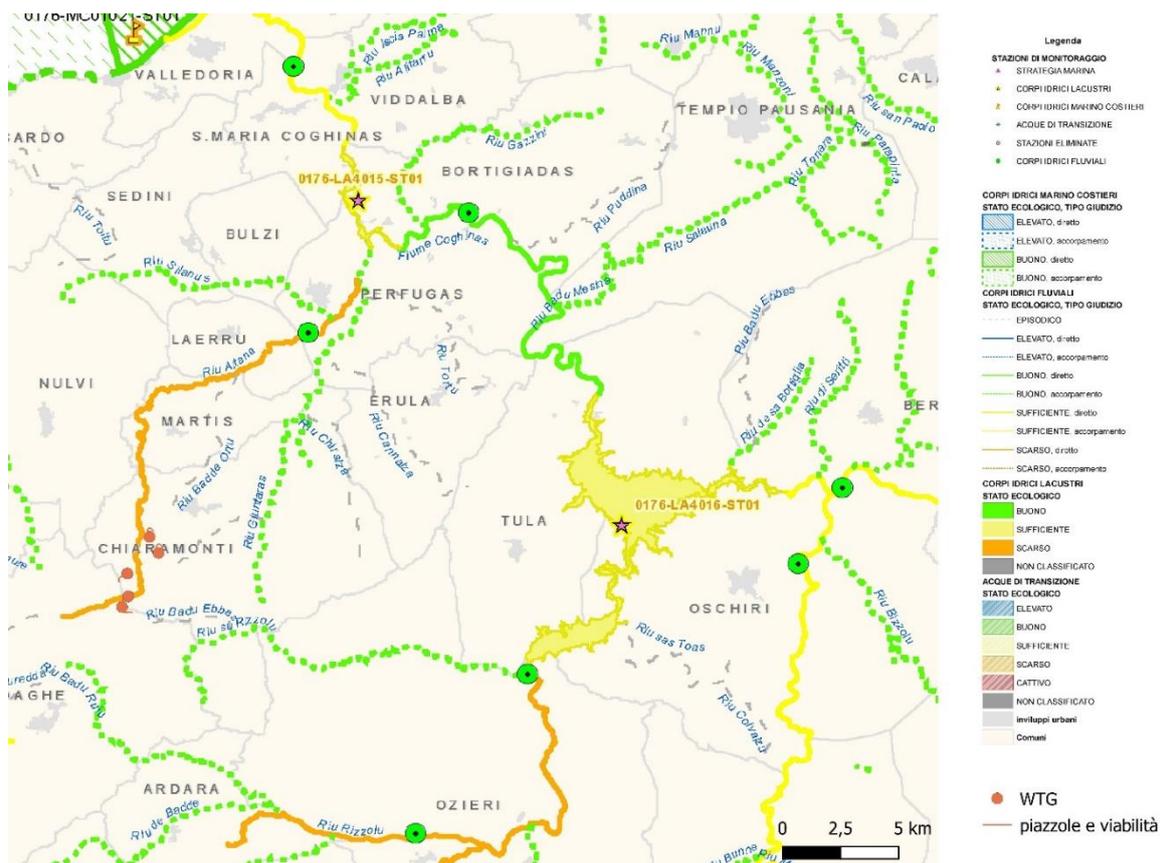


Figura 3.16: Classificazione dei corpi idrici superficiali – stato ecologico (Stralcio della Tavola 1 dell’Allegato 6 del PGDI della Sardegna, ciclo di pianificazione 2021-2027).

Per quanto riguarda la classificazione dello Stato Chimico, nel nuovo ciclo di pianificazione 2021-2027, è stato considerato il giudizio derivante dalla valutazione del superamento della concentrazione media annuale (SQA-MA)¹³, per ogni parametro monitorato. Come si evince dalla Figura 3.16, lo **Stato Chimico** del Riu Altana e dei suoi affluenti risulta essere **Buono**.

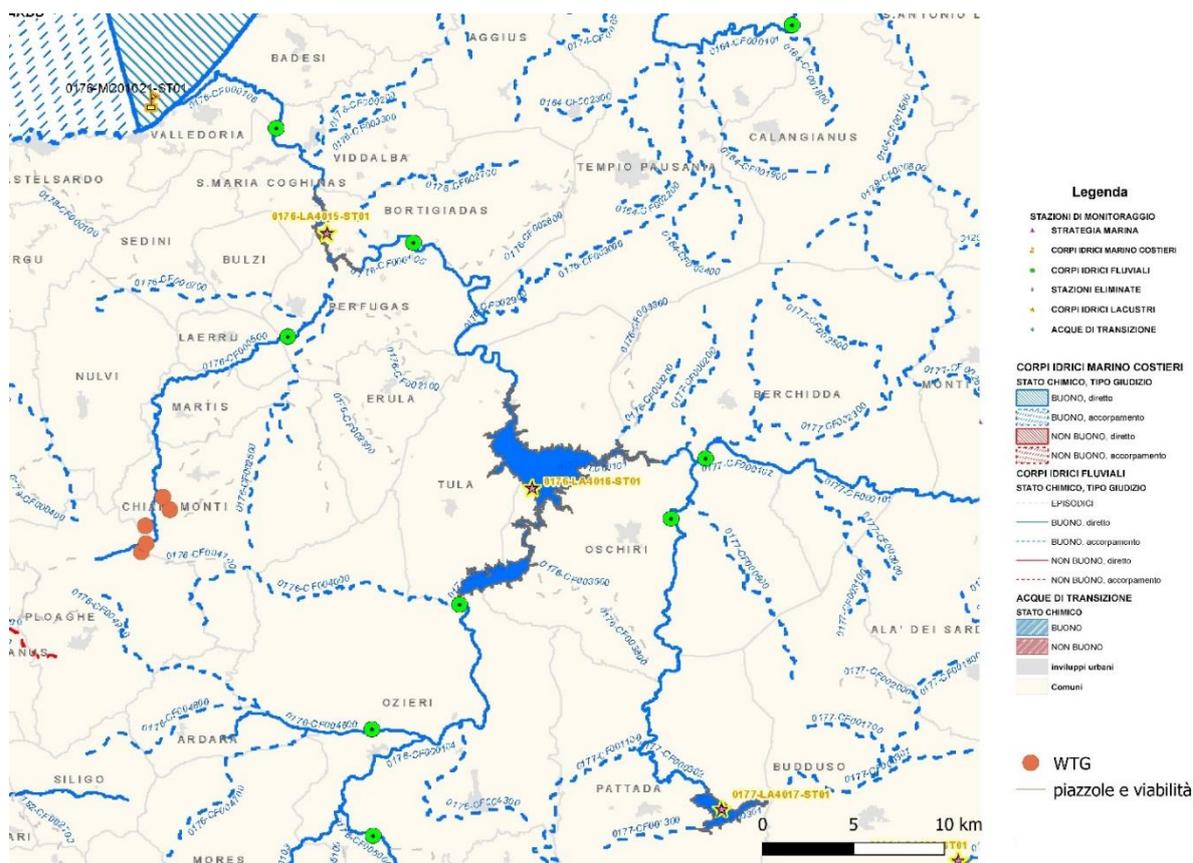


Figura 3.17: Classificazione dei corpi idrici superficiali – stato chimico (Stralcio della Tavola 2 dell’Allegato 6 del PGDI della Sardegna, ciclo di pianificazione 2021-2027).

Stima degli impatti potenziali

La realizzazione dell’impianto non prevede scarichi di nessun tipo, né di natura civile, né industriale, pertanto gli aspetti da valutare relativamente alla componente acque superficiali sono quelli dovuti a:

- Possibile presenza di circolazione idrica sotterranea e/o stagnazione acque di pioggia in fase di scavo delle fondazioni: vanno considerati gli effetti dell’eventuale presenza d’acqua alla quota di imposta delle fondazioni in relazione ad una possibile circolazione idrica indotta dai fenomeni di detensionamento dovuti agli scavi;
- Utilizzo di acqua per le necessità di cantiere, strettamente legato alle operazioni di bagnatura delle superfici, al fine di limitare il sollevamento delle polveri prodotte dalle operazioni di scavo e dal passaggio degli automezzi sulle strade sterrate;
- Contaminazione in caso di sversamento accidentale degli idrocarburi contenuti nei serbatoi di alimentazione dei mezzi di cantiere in seguito ad incidenti o determinati da incidenti o guasti agli aerogeneratori.
- Lo studio specialistico non ha individuato interferenze degli elementi idrografici superficiali con gli aerogeneratori, ma si individuano interferenze con la linea di connessione e con la viabilità di nuova realizzazione.

Attraverso l’analisi TauDEM rielaborata in ambiente GIS è stato indentificato un reticolo idrografico principale caratterizzato da corsi preferenziali che non presentano un alveo ben definito, ma possono raggiungere portate significative in seguito ad eventi di pioggia intensi non ordinari. Si è inoltre proceduto con l’analisi del reticolo idrografico categorizzato secondo l’ordine di Horton-Strahler disponibile nel geoportale regionale.



Come indicato nel capitolo 7, non vi è alcuna interferenza con le piazzole di cantiere e permanenti degli aerogeneratori mentre lungo il tracciato del cavidotto di connessione sono state identificate n. 23 interferenze con elementi idrografici e fasce di pericolosità idraulica. Il capitolo 7 riporta una tabella recettori degli impatti ed una planimetria su ortofoto degli stessi.

Per ulteriori dettagli sulla stima degli impatti potenziali delle acque superficiali si fa riferimento allo studio di impatto ambientale (Rif. 2799_4965_CHR_SIA_R01_Rev0_SIA).

Azioni di mitigazione

L'approccio utilizzato nella progettazione ha posto grande attenzione non solo alla progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche, ma soprattutto all'integrazione delle opere con lo stato di fatto. Si sono quindi minimizzate le interferenze con l'idrografia esistente, sostituendo l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile di raccolta e scarico con opere che implementassero la mitigazione.

In particolare, in contrapposizione al classico approccio di drenaggio delle acque meteoriche, in cui il principale obiettivo è l'allontanamento delle acque dal sito, nel presente progetto si sono utilizzate tecniche di progettazione a basso impatto.

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- Diminuzione del carico di acque meteoriche smaltite nei vari corsi idrici, per lo smaltimento tramite infiltrazione;
- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;
- Realizzazione di interventi che favoriscano i fenomeni di infiltrazione e ritenzione e gli indiretti processi di bioremediation;
- Contrastare i processi di erosione.

Ai sensi delle migliori pratiche progettuali sono state previste opere di laminazione e infiltrazione (trincee drenanti) nei sistemi di gestione acque meteoriche delle piazzole in progetto.

Nel confronto tra la rete di drenaggio naturale dello stato di fatto e di progetto si segnala che si è prevista una rete costituita da fossi in terra non rivestiti, che presentano scarichi in corrispondenza degli impluvi naturali esistenti; questi ultimi sono stati identificati sulla base di una simulazione del modello digitale del terreno con estrazione dei sottobacini idrografici e della rete idrografica primaria e secondaria esistente.

Tali scelte consentono di evitare di modificare la rete naturale, senza interferenze nella costruzione della viabilità e nella disposizione delle piazzole.

Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'ingegneria naturalistica.

Per quanto concerne la fase di cantiere le principali azioni di mitigazione sono:

- L'installazione di pompe adeguatamente dimensionate per la portata da emungere, al fine di mantenere asciutti gli scavi per la realizzazione della fondazione;
- L'adozione di tutte le misure di sicurezza dei cantieri per evitare sversamenti accidentali;
- La pronta rimozione del terreno incidentato in caso di sversamento di idrocarburi;
- La manutenzione, la pulizia e il ricovero dei mezzi meccanici dovranno avvenire in apposite aree ben identificate ed impermeabilizzate, possibilmente coperte, al fine di impedire che le acque utilizzate per la pulizia dei mezzi, i carburanti, gli oli o altre sostanze inquinanti vengano a contatto con terreno;

- Le acque utilizzate in queste attività dovranno essere convogliate in apposite vasche a perfetta tenuta stagna e trattati come rifiuti speciali pericolosi e gestiti secondo la normativa del settore o, in alternativa, l'installazione di idoneo impianto di depurazione dimensionato per il trattamento di acque reflue contenenti tali sostanze;
- L'acqua utilizzata in cantiere dovrà provenire da fonti di approvvigionamento con caratteristiche qualitative e quantitative tali da rispettare i massimi livelli di compatibilità ambientale per il sito, onde evitare l'alterazione chimico-fisica e idraulica della componente acqua superficiale e sotterranea;
- Lo sfalcio dell'erba e la manutenzione generale delle aree libere e in prossimità delle strutture e della viabilità saranno eseguiti attraverso mezzi meccanici, dove possibile e manualmente nelle aree con limitata possibilità di spazi;
- Durante le attività dovranno essere evitati i versamenti d'idrocarburi, oli e qualsiasi sostanza inquinante contenuta negli automezzi necessari per il funzionamento degli stessi. Nell'eventualità di uno sversamento accidentale dovranno essere messe in atto tutte le misure necessarie per limitare la diffusione nel suolo e nel sottosuolo e contemporaneamente al ripristino dell'area contaminata;
- Non sono previsti e non dovranno essere utilizzati diserbanti;
- La viabilità interna dovrà essere tenuta in perfetto stato, con il ripristino del manto drenante per evitare l'istaurarsi di superfici impermeabili, che possono influenzare il regime idraulico superficiale dando origine a fenomeni di ristagno ed erosione differenziale.

L'adozione di tutte le misure di sicurezza dei cantieri per evitare sversamenti accidentali e la pronta rimozione del terreno incidentato in caso di sversamento di idrocarburi sono misure da adottare anche in fase di esercizio e di dismissione.

3.5.2 Acque sotterranee

Caratteristiche qualitative delle acque sotterranee

La carta della permeabilità, sviluppata e prodotta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS, è costruita a partire dalla Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000. Le rocce della Sardegna distinte per famiglie di rocce e raggruppate per affinità sono state suddivise in 5 classi di permeabilità: B Bassa, MB Medio Bassa, M Media, MA Medio Alta e A Alta. All'interno di ciascuna sottoclasse, sono state distinte inoltre le 3 tipologie di permeabilità: P per porosità, F per fatturazione, giunti di strato etc e CF per carsismo e fratturazione, giunti di strato etc. Sono state così ottenute 15 classi di permeabilità con le varie combinazioni dei dati dei due livelli.

Dalla medesima carta, come riportato nella Figura 3.18, si evince che l'area interessata dagli aerogeneratori di progetto presenta una permeabilità variabile da bassa a media alta. Nello specifico gli aerogeneratori denominati CHR01 e CHR02 ricadono in un'area caratterizzata di permeabilità bassa per fratturazione (BF), il CHR03 in un'area di permeabilità medio alta per carsismo e frattura (MACF) e infine gli aerogeneratori CHR04 e CHR05 in un'area di permeabilità media per fratturazione (MF). Nella mappa è possibile identificare la permeabilità delle aree circostanti al cavidotto di connessione (Figura 3.18).

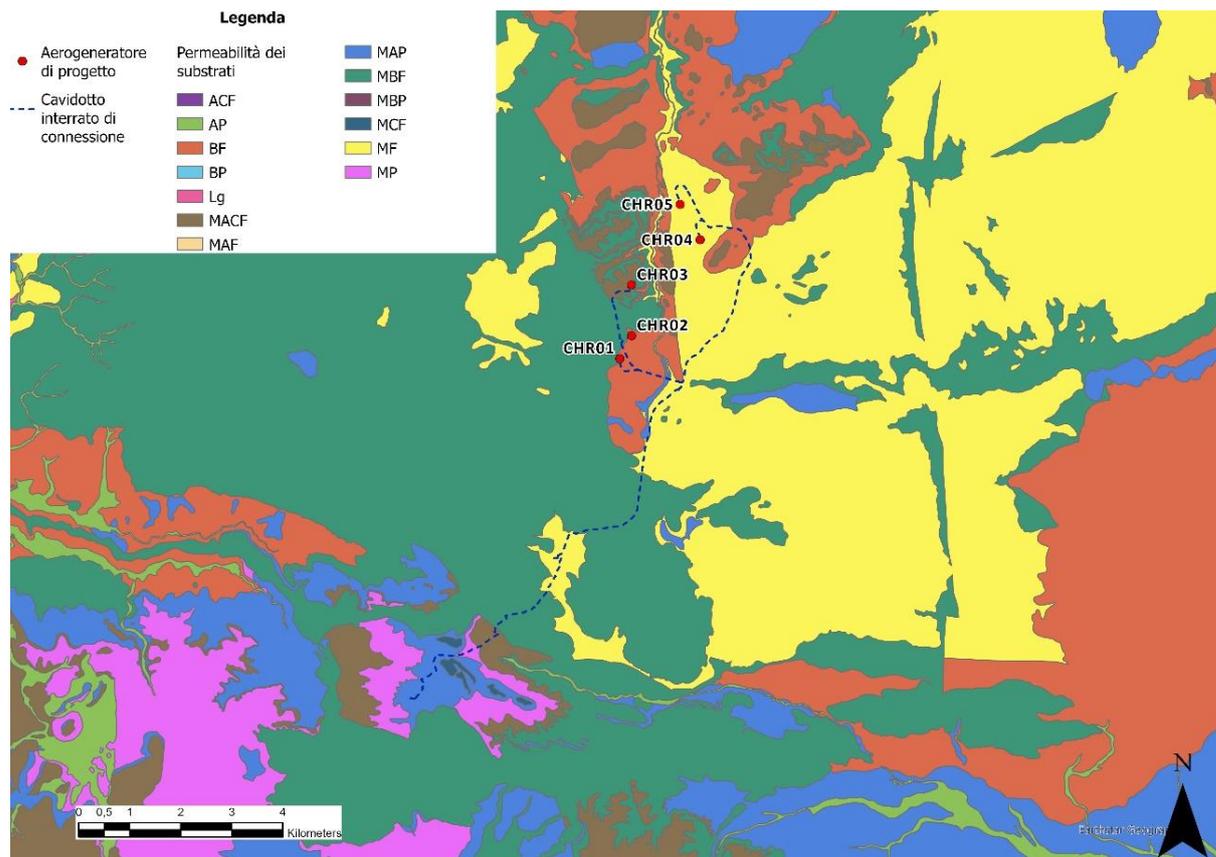


Figura 3.18: Carta della permeabilità dei substrati della Regione Sardegna.

Per la valutazione dello stato chimico e quantitativo della componente acque sotterranee nell'area di intervento sono state visionate le informazioni delle analisi elaborate dalla Regione Sardegna nel Piano di Tutela delle Acque (PTA) e nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna (PGDI). Come emerge dal PGDI, il sistema di approvvigionamento idrico della Sardegna per il comparto civile, irriguo ed industriale utilizza, per la maggior parte, acque superficiali immagazzinate e regolate da invasi artificiali. Le stesse acque sono utilizzate in alcuni casi anche per la produzione di energia idroelettrica. Le acque sotterranee sono utilizzate soprattutto per fabbisogni locali.

Nell'area vasta (Figura 3.19) sono presente corpi idrici sotterranei vulcanici terziari (Acquifero delle Vulcaniti Oligo-Miocenico della Sardegna Nord-Occidentale).



Figura 3.19: Stralcio Tavola 4d del PTA della Sardegna – Acquiferi Acquiferi Vulcanici Terziari.

I complessi acquiferi significativi sono stati individuati sulla base della loro potenzialità e, secondariamente, della loro vulnerabilità intrinseca, ovvero la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo. Si riporta in e in Figura 3.20 uno stralcio della tavola della vulnerabilità intrinseca di entrambi gli acquiferi nei pressi dell'area di progetto. Si osserva come sia valutata una vulnerabilità intrinseca media per l'acquifero sedimentario terziario, medio-bassa per quello vulcanico terziario.

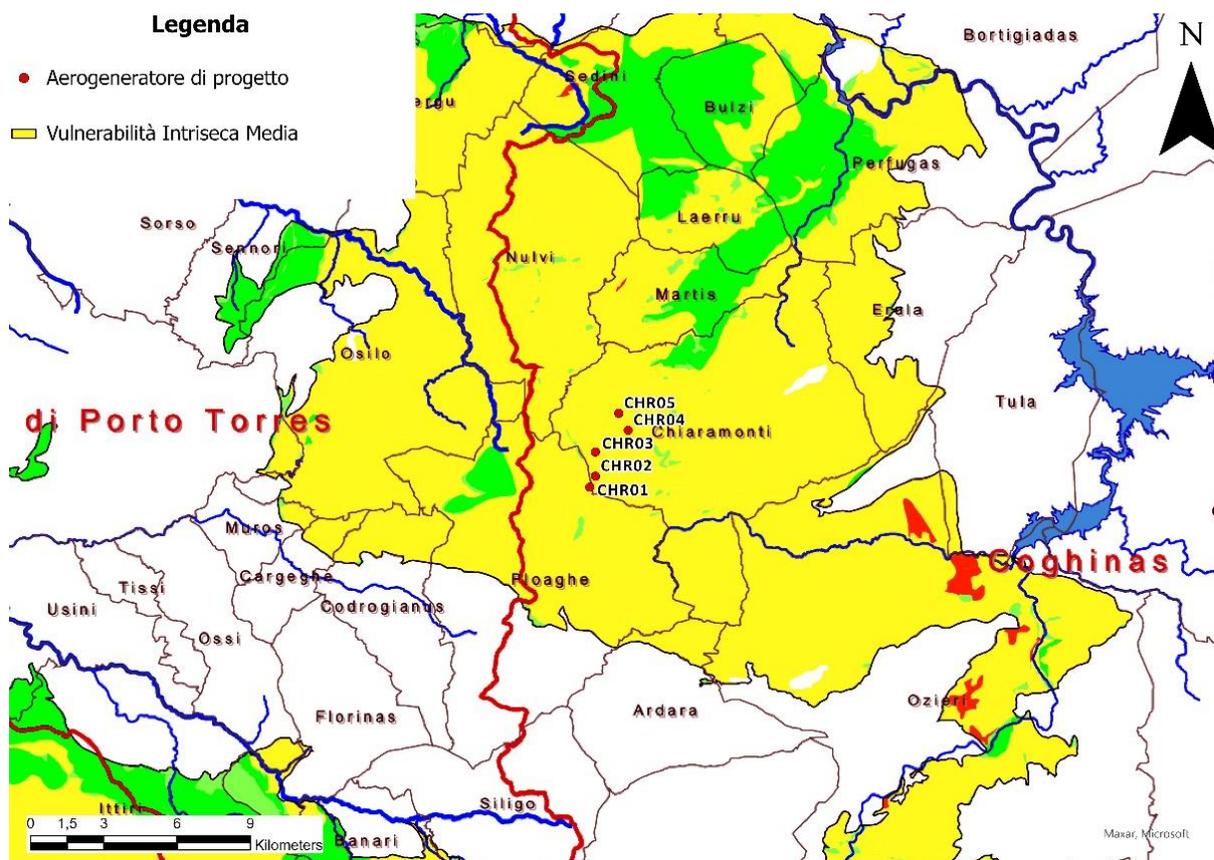


Figura 3.20: Stralcio carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi Vulcanici Terziari (Tavola 8d del PTA della Sardegna)

L'ARPAS effettua per conto della Regione Sardegna il monitoraggio delle acque sotterranee ai sensi del D.Lgs 152/2006. Il monitoraggio ha cadenza semestrale e comprende analisi quantitative (misure di portata di sorgenti e di livello piezometrico di pozzi) e qualitative (analisi chimiche di laboratorio e sul campo). Il monitoraggio è effettuato nelle circa 100 postazioni, dislocate nei 37 acquiferi significativi, della rete prevista nell'ambito delle attività del Piano di Tutela delle Acque. La procedura di classificazione dello stato chimico e quantitativo dei corpi d'acqua sotterranei utilizzata è illustrata in Tabella 3.2.

Tabella 3.2: Schema dei test utilizzati nella classificazione dello stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee in Regione Sardegna (ARPAS).

Giudizio singoli test STATO CHIMICO		Test	Giudizio singoli test STATO QUANTITATIVO	
Buono	Scarso	Presenza di intrusione salina o altre intrusioni	Buono	Scarso
Buono	Scarso	Interazione con corpi idrici superficiali	Buono	Scarso
Buono	Scarso	Consumo umano delle acque sotterranee		
Buono	Scarso	Stato chimico generale		
		Bilancio idrico	Buono	Scarso
Stato Chimico		Stato Quantitativo		
<i>Se anche un solo test chimico dà come risultato scarso allora al corpo idrico sotterraneo verrà attribuito uno stato chimico scarso.</i>		<i>Se anche un solo test quantitativo dà come risultato scarso allora al corpo idrico sotterraneo verrà attribuito uno stato quantitativo scarso scarso.</i>		
Buono	Scarso	Buono	Scarso	

Per quanto riguarda invece lo stato chimico, il PGDI (Terzo ciclo di pianificazione 2021-2027) valuta lo stato chimico degli acquiferi, di cui si riporta uno stralcio centrato sull'area vasta (Tavola 4 dell'Allegato 6, Figura 3.21). Come si può osservare, lo stato chimico degli acquiferi plio-quadernari è giudicato buono.

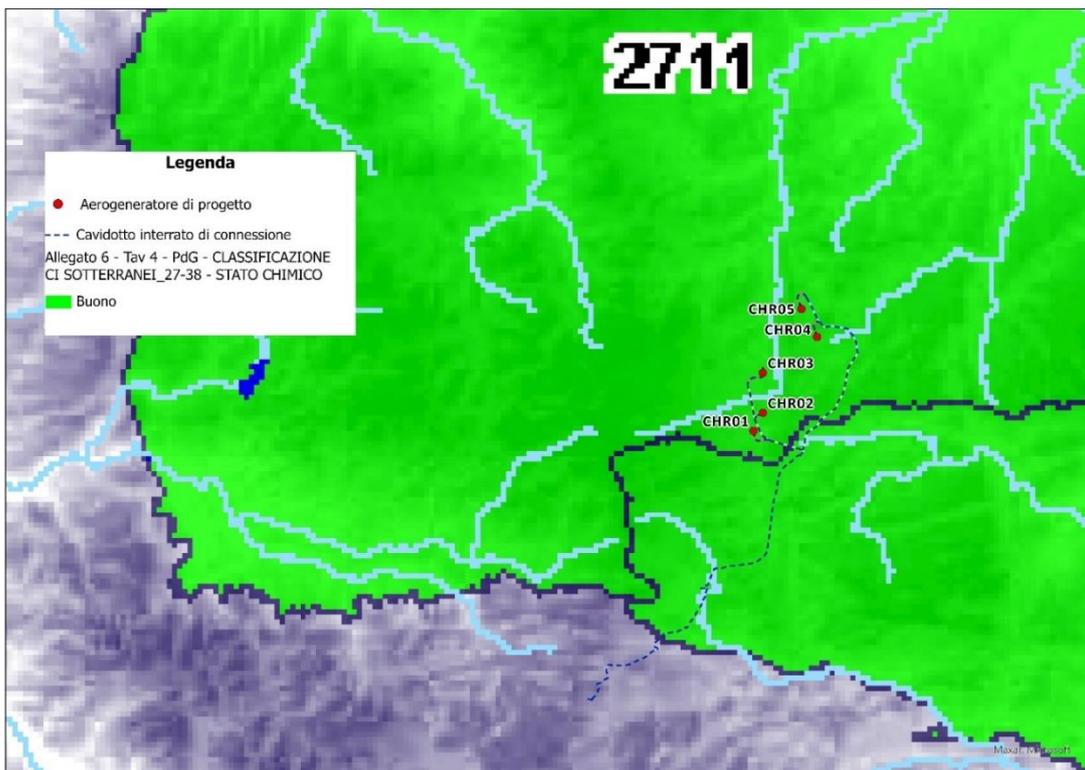


Figura 3.21: Classificazione dei corpi idrici sotterranei – stato chimico (Stralcio della Tavola 4 dell’Allegato 6 del PGDI della Sardegna).

Anche lo stato quantitativo delle acque, mostrato nelle Tavola 4 dell’Allegato 6 del PGDI, è valutato come buono per gli acquiferi dell’area.

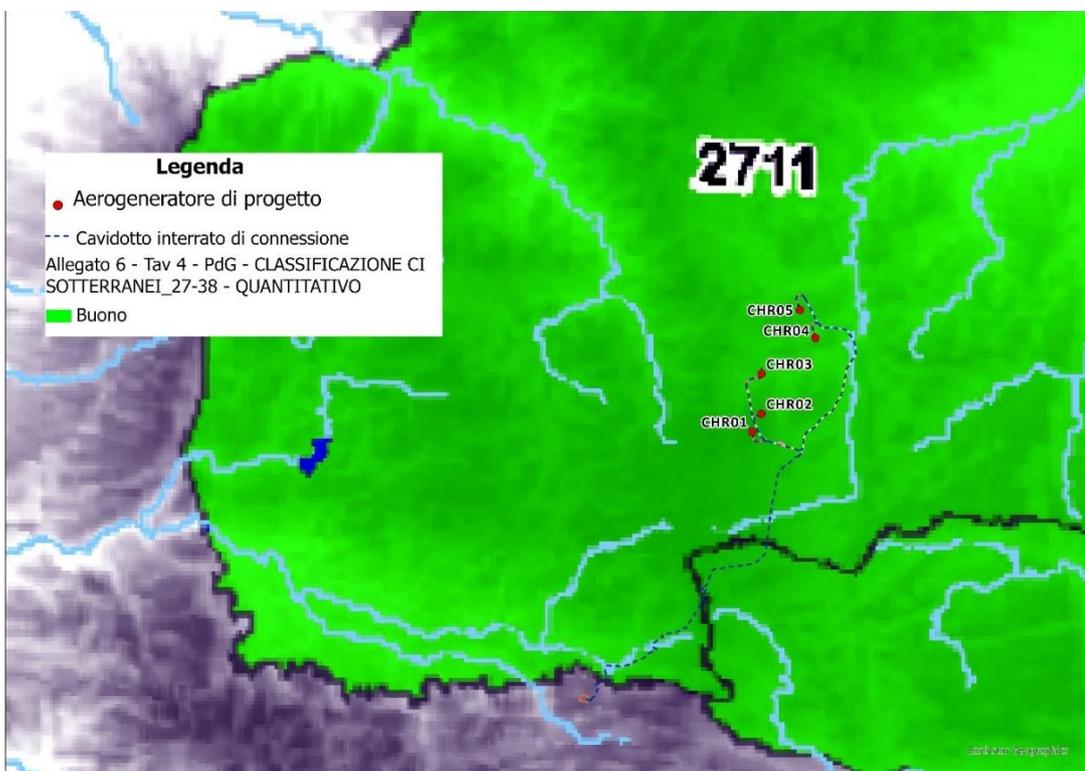


Figura 3.22: Classificazione dei corpi idrici sotterranei – stato quantitativo (Stralcio della Tavola 4 dell’Allegato 6 del PGDI della Sardegna).



4. STUDIO PRELIMINARE DELLA COMPATIBILITÀ E INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO

Il Piano di bacino è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa, alla valorizzazione e alla corretta utilizzazione del suolo e delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali dei territori interessati. Esso rappresenta il quadro di riferimento a cui devono adeguarsi e riferirsi tutti i provvedimenti autorizzativi e concessori inerenti agli interventi comunque riguardanti il bacino e ha valore di piano territoriale di settore.

Il Piano di bacino ha i contenuti e l'efficacia di cui all'articolo 65 del decreto legislativo n. 152 del 2006.

Il Piano di bacino è redatto, adottato e approvato per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali, interessanti anche più bacini idrografici e costituenti, in ogni caso, fasi sequenziali e interrelate rispetto ai suoi contenuti.

Nei paragrafi seguenti verranno individuate le interferenze tra i piani: PAI, PGRA, PSFF e Reticolo idrografico Strahler con il layout di progetto ed il tracciato del cavo di connessione.

4.1 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale PAI, è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.

Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il PAI si applica nel bacino idrografico unico regionale della Regione Sardegna, corrispondente all'intero territorio regionale, comprese le isole minori, che ai sensi della Deliberazione della Giunta regionale n. 45/57 del 30.10.1990 è suddiviso nei seguenti sette sottobacini: sub-bacino n.1 Sulcis, sub-bacino n.2 Tirso, sub-bacino n.3 Coghinas-Mannu-Temo, sub-bacino n.4 Liscia, sub-bacino n.5 Posada-Cedrino, sub-bacino n.6 Sud-Orientale, sub-bacino n.7 Flumendosa-Campidano-Cixerri.

Le mappe PAI disponibili sul geoportale della regione Sardegna sono aggiornate al 2022.

Le aree a pericolosità idraulica mappate dal PAI sono le seguenti: aree a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1)

Come si evince dalla Figura 4.1, sono presenti verificate interferenze del cavidotto di connessione e della viabilità di accesso all'aerogeneratore CHR02 da adeguare con un'area di pericolosità idraulica moderata (moderata Hi1), mappata dal PAI per un tratto di lunghezza pari a circa 150 metri. Non sono invece presenti interferenze con la viabilità di nuova realizzazione e con le piazzole degli aerogeneratori.

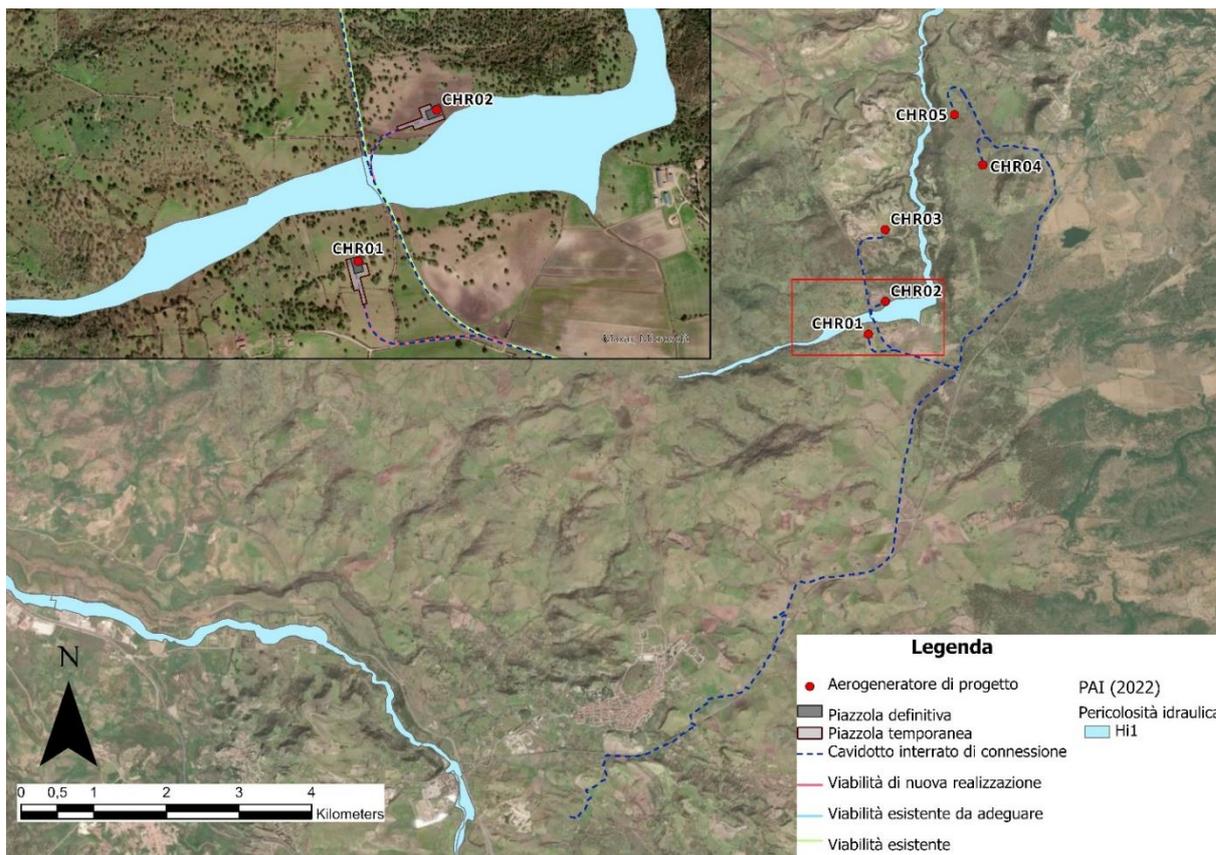


Figura 4.1: Fasce di pericolosità idraulica (PAI, agg. 2022).

4.2 PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF)

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Le mappe P.S.F.F. della Sardegna sono aggiornate al 2020, suddividono il territorio in aree alluvionali del tipo:

- Fascia A: aree inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=2$ anni o $T = 50$ anni;
- Fascia B: aree esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=100$ anni o $T = 200$ anni;
- Fascia C: aree esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=500$ anni e, nel caso siano più estese,

comprendenti anche le aree storicamente inondate e quelle individuate mediante analisi geomorfologica.

Come si evince dalla Figura 4.2, sono presenti interferenze del cavidotto di connessione e della viabilità di accesso all'aerogeneratore CHR02 da adeguare con un'area alluvionale di fascia C.

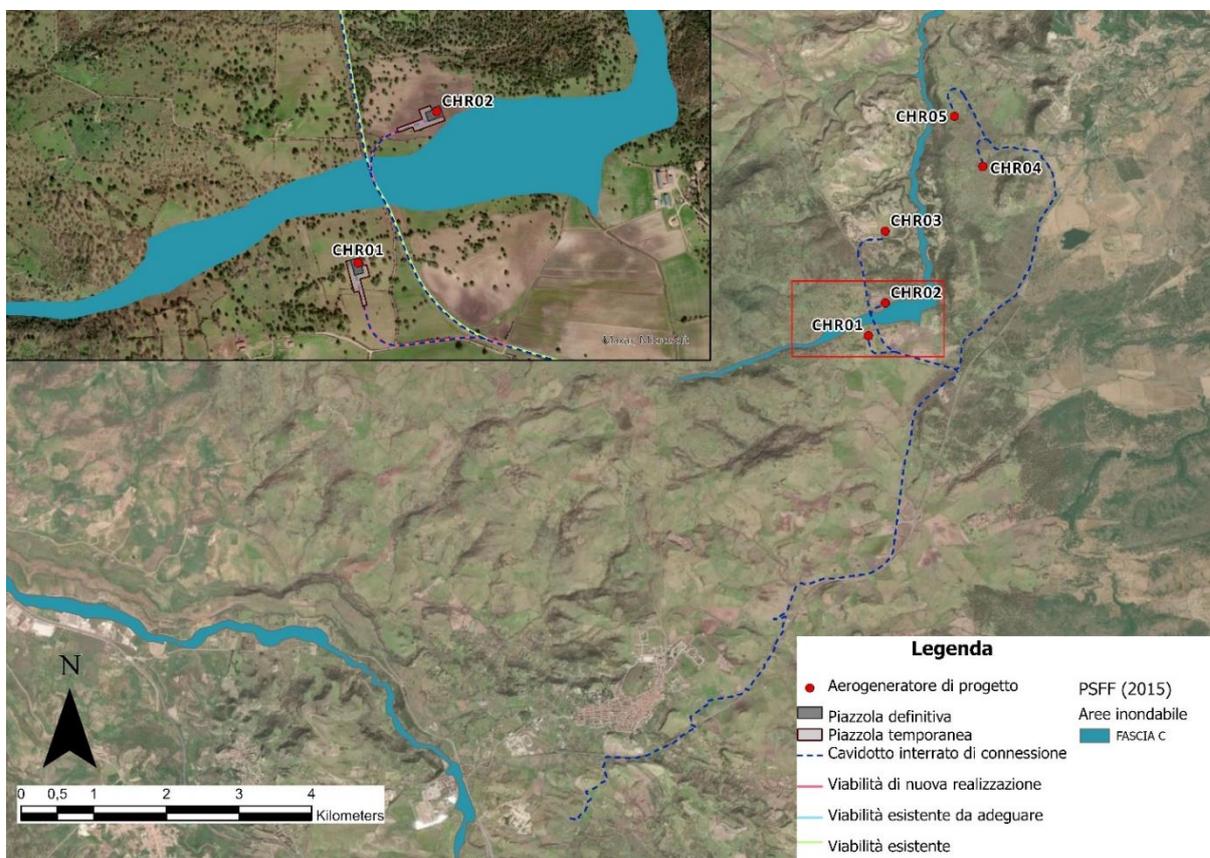


Figura 4.2: Aree inondabile (PSFF, agg. 2015).

4.3 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni è redatto in ottemperanza alle previsioni del D.Lgs. 23 febbraio 2010, n.49 avente a oggetto “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni”.

Oltre ai riferimenti normativi, sono stati redatti a livello nazionale e comunitario numerosi documenti tecnici che riportano linee guida e indirizzi applicativi finalizzati a supportare le Autorità di Bacino nella redazione dei Piani di gestione del rischio di alluvione.

A conclusione del processo di partecipazione attiva, avviato nel 2018 con l’approvazione della “Valutazione preliminare del rischio” e del “Calendario, programma di lavoro e dichiarazione delle misure consultive”, proseguito poi nel 2019 con l’approvazione della “Valutazione Globale Provvisoria” e nel 2020 con l’adozione del Progetto di Piano, con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 14 del 21/12/2021 è stato approvato il Piano di gestione del rischio di alluvioni della Sardegna per il secondo ciclo di pianificazione.

Nel PGRA della Sardegna le mappe di pericolosità da alluvione classificano le aree secondo tre scenari, corrispondenti alle classi di pericolosità P1, P2 e P3 definite in funzione del tempo di ritorno e dell’origine dell’alluvione, come dettagliato in seguito per le alluvioni dell’origine fluviale:

- Scenario A (Classe P1): Bassa probabilità, tempo di ritorno maggiore di 200 anni e minore o uguale a 500 anni;
- Scenario B (Classe P2): Media probabilità, tempo di ritorno maggiore o uguale a 100 anni e minore o uguale a 200 anni;
- Scenario C (Classe P3): Elevata probabilità, tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni.

Dallo stralcio del PGRA in corrispondenza dell'area di progetto sono presenti interferenze del cavidotto di connessione e della viabilità di accesso all'aerogeneratore CHR02 da adeguare con un'area di pericolosità idraulica bassa (P1), mappata dal PGRA per un tratto di lunghezza pari a circa 150 metri. Non sono invece presenti interferenze con la viabilità di nuova realizzazione e con le piazzole degli aerogeneratori.

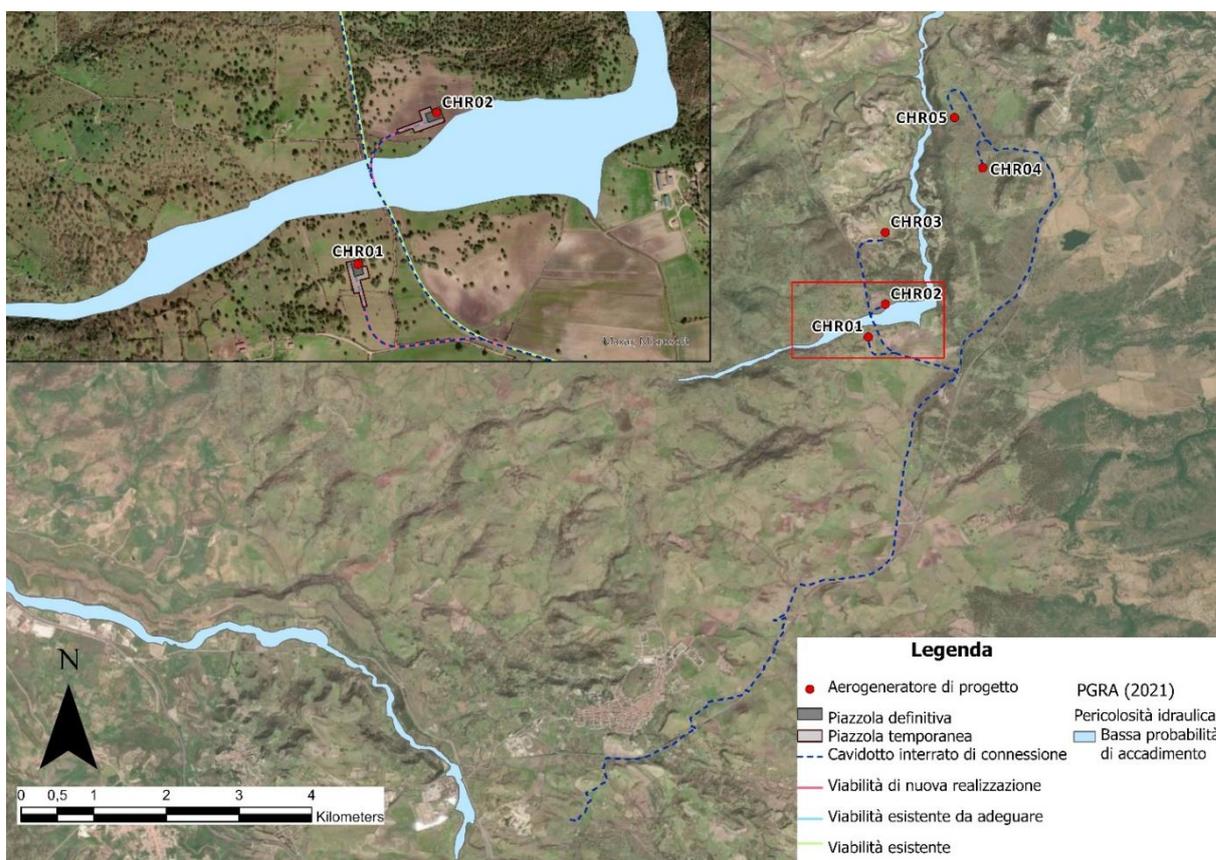


Figura 4.3: Fasce di pericolosità idraulica (PGRA, agg. 2021).

4.4 RETICOLO IDROGRAFICO: FASCE DI PRIMA SALVAGUARDIA

Con la deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 1 del 16 giugno 2020 sono state modificate ed integrate le norme di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Sardegna ed è stato introdotto l'art. 30 ter, avente per oggetto "Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia". Al fine di fornire uno strumento per l'applicazione dell'articolo in argomento e la corretta definizione delle fasce di prima salvaguardia si è provveduto ad operare un'analisi del reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna che lo rendesse funzionale a tale scopo.

L'analisi è stata rivolta a definire l'ordine gerarchico di ciascun tratto di corso d'acqua rappresentato nell'attuale copertura della rete idrografica.

Il Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino, con Deliberazione n. 3 del 30 luglio 2015, ha adottato quale reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna, lo strato informativo del DBGT_10k_Versione 0.1 denominato «04_ELEMENTO_IDRICO». Lo strato informativo è composto da una copertura in formato shape che riporta i circa 230.000 tratti di corso d’acqua rilevati sul territorio regionale. Nella Delibera si specifica che il reticolo rappresentato nella copertura rimane da integrare con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell’Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d’Italia - serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965, laddove non presenti. La Deliberazione puntualizza inoltre che rientrano in ogni caso nel suddetto reticolo idrografico anche gli elementi idrici che allo stato attuale seguono un percorso diverso a causa di evoluzione naturale o a causa di interventi di deviazione o derivazione.

La struttura del reticolo idrografico è un elemento essenziale per definire le modalità di risposta agli eventi meteorici di un generico bacino idrografico. La rete di tratti di corso d’acqua presenti in un bacino si sviluppa secondo un’organizzazione ad albero, dove la sezione di chiusura rappresenta la sezione del tronco mentre, procedendo verso monte, si osserva una struttura di biforcazione verso canali via via più piccoli. Lo sviluppo di tale struttura, più o meno complessa a seconda delle caratteristiche geologiche e climatiche del bacino, si può rappresentare facendo ricorso a varie grandezze, introdotte nell’ambito di una descrizione gerarchica della rete.

La definizione del grado gerarchico dei corsi d’acqua, pertanto, è stata ritenuta di fondamentale importanza per la definizione delle fasce di prima salvaguardia di cui all’art. 30 ter introdotto nell’ultima versione della NA del PAI.

Il criterio utilizzato per la gerarchizzazione dei reticoli idrografici è quello di Horton-Strahler, e in funzione dell’ordine di un tratto fluviale è associata una fascia di Rispetto. Nella seguente Tabella 4.1 si associa l’ordine gerarchico con la profondità della fascia di prima salvaguardia.

Tabella 4.1: Fasce di prima salvaguardia relative all’ordine di Horton-Strahler.

CLASSIFICAZIONE DI HORTON-STRAHLER	FASCIA DI SALVAGUARDIA [m]
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

Secondo l’articolo 30 ter (Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia) delle NA del PAI all’ultimo aggiornamento di Gennaio 2022, Commi 2 e 3:

“2. Per le opere e per gli interventi da realizzare all’interno della fasce di prima salvaguardia, i Comuni, anche su istanza dei proponenti, sono tenuti ad effettuare apposito studio idrologico-idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1); tale studio, obbligatorio per i tratti di ordine maggiore di due, dovrà contemplare i corsi d’acqua interessati nella loro interezza o almeno i tronchi degli stessi idraulicamente significativi in relazione alle opere e agli interventi da realizzare.”

“3. Anche in assenza degli studi di cui al comma 2, nelle aree interne alla fascia di cui al comma 1, sono consentiti gli interventi previsti dall’articolo 27 e 27 bis delle NA.”

Si specifica che il reticolo di Strahler, disponibile sul sito della regione Sardegna in formato shapefile, rappresenta una base di partenza per l'applicazione della norma sopra riportata ed il medesimo deve essere verificato in sede comunale per tenere conto sia di possibili rivalutazioni dell'ordine gerarchico conseguente ad eventuali discontinuità presenti nel reticolo, sia della necessaria integrazione con ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia - serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965, così come previsto dalla Deliberazione del C.I. n. 3 del 30.07.2015.

Sono state individuate interferenze con la viabilità di adeguamento e con il tracciato del cavidotto di connessione (Figura 4.4), che verranno approfondite nel capitolo 7.

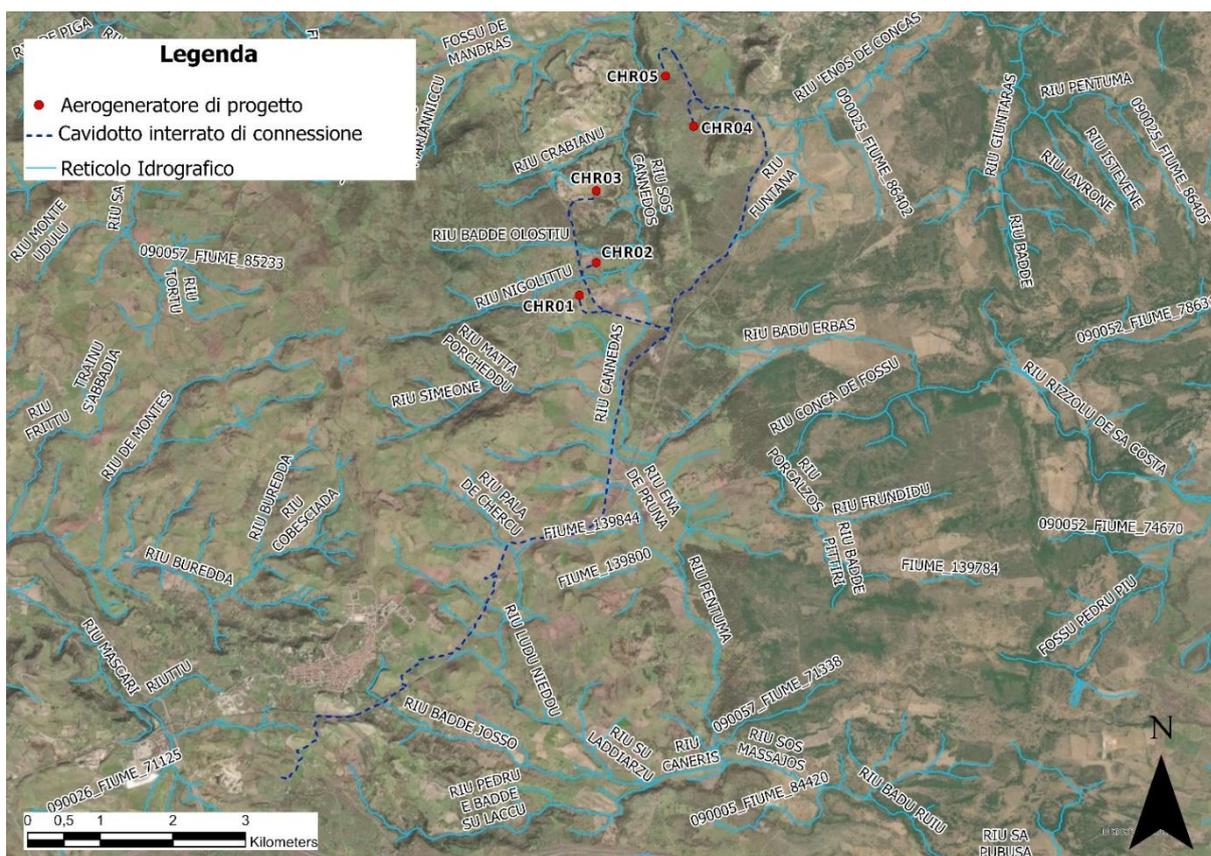


Figura 4.4: Reticolo idrografico ufficiale della regione Sardegna nei pressi dell'area di progetto.

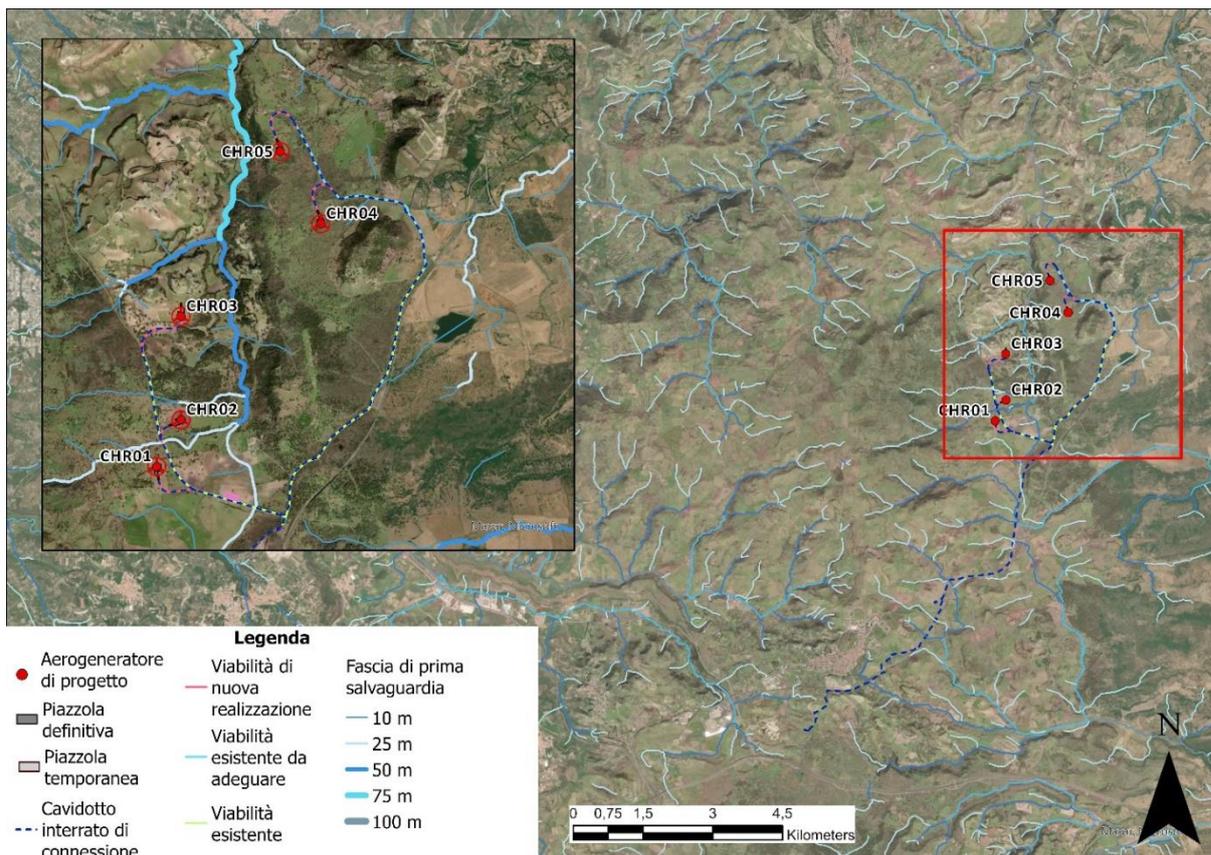


Figura 4.5: Fasce di prima salvaguardia nei pressi dell'area di progetto.

4.5 INVARIANZA IDRAULICA

Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione; in base a tale principio si richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di prendersi carico, attraverso opportune azioni compensative, degli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi mantenere le condizioni di sicurezza nel tempo.

L'invarianza idraulica è regolamentata dall'articolo 47 delle NA del PAI, che è così articolato:

1. Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.
2. I comuni in sede di redazione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti generali e in sede di redazione degli strumenti urbanistici attuativi, stabiliscono che le trasformazioni dell'uso del suolo rispettino il principio dell'invarianza idraulica.
3. Gli strumenti urbanistici generali ed attuativi individuano e definiscono le infrastrutture necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica per gli ambiti di nuova trasformazione e disciplinano le modalità per il suo conseguimento, anche mediante la realizzazione di vasche di laminazione.
4. Sono fatte salve eventuali normative già adottate dai comuni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica.



5. La Regione approva normative specifiche con l'obiettivo di incentivare il perseguimento del principio della invarianza idraulica anche per i contesti edificati esistenti.

Ai sensi della suddetta normativa e alla luce dell'area di trasformazione considerata sono stati analizzati gli interventi di progetto.

La viabilità di progetto sarà in materiale interamente permeabile per l'intero pacchetto stradale, di conseguenza la trasformazione dell'uso del suolo sarà trascurabile.

Per quanto riguarda le piazzole di cantiere queste avranno una durata temporanea limitata e saranno poi soggette a opere a verde di creazione di prato e costituite in materiale permeabile.

Relativamente alla piazzola definitiva, il plinto di fondazione, con base circolare di 23 metri, con altezza massima di circa 3,86 m (3,50 m + 0,36 m nella parte centrale), è posato ad una profondità massima di circa 3,73 m dal piano campagna e sarà interamente ricoperto di terreno arido drenante e quindi confrontabile con lo stato ante-operam.

Per quanto riguarda la descrizione dell'impermeabilizzazione potenziale dell'intervento, le piazzole saranno realizzate con una finitura in ghiaia/pietrisco stabilizzato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente vagliato sp. medio 10 cm e da uno strato di fondazione in tout venant compattato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente costipato sp. totale 40 cm, unito ad una compattazione del piano di posa.

Ai fini della definizione della classe di intervento è stata considerata unicamente la superficie coperta da piazzole permanenti, in quanto per quelle di cantiere/montaggio è previsto un rinverdimento, corrispondente ad un ripristino della situazione ante operam del sito.

Pertanto, le aree di piazzola si possono considerare permeabili, ad eccezione della frazione areale interessata dalla torre della turbina eolica, pari a 38,5 m²: tale frazione rappresenta meno del 3% della superficie totale della piazzola permanente, pari a 1.400 m², come meglio descritto in seguito nel paragrafo 6.5.2. Di conseguenza, l'aumento del coefficiente di deflusso medio pesato risulta meno del 3% rispetto alla condizione ante-operam e quindi trascurabile.

Di conseguenza, le piazzole permanenti e l'invaso di laminazione disponibile, dato dal fosso perimetrale alla piazzola, rispettano i vincoli imposti; tuttavia, è stata progettata una trincea drenante, a favore di sicurezza e sulla base di assunzioni più cautelative riguardanti la permeabilità del materiale costituente la piazzola e della compattazione del piano di posa.

Il presente studio ha quindi verificato, anche con la realizzazione di opportune misure di mitigazione, che la realizzazione degli interventi di trasformazione territoriale del piano attuativo permettano di mantenere invariate le caratteristiche di risposta idraulica del bacino recettore oggetto dell'intervento.



4.6 CONCLUSIONI

Si è valutata la possibile interferenza delle opere di progetto con aree soggette a pericolosità idraulica perimetrate nei Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI, aggiornato al 2020), nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF, aggiornato al 2020) e nel Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA, aggiornato al 2020).

Lo studio dei sopracitati Piani non ha individuato interferenze con gli aerogeneratori, le piazzole di cantiere e le piazzole definitive, ma si individuano interferenze con:

- la linea di connessione secondo il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, il Piano Stralcio Fasce Fluviali PSFF e il reticolo di Strahler;
- la viabilità di adeguamento secondo il reticolo di Strahler.

Per lo studio di compatibilità idraulica, si faccia riferimento al capitolo 7.

Si è valutato inoltre il rispetto dell'invarianza idraulica, secondo l'art.47 delle NA del PAI, verificando che la realizzazione degli interventi di trasformazione territoriale del piano attuativo permettano di mantenere invariate le caratteristiche di risposta idraulica del bacino oggetto dell'intervento.

Il presente studio ha quindi verificato, anche con la realizzazione di opportune misure di mitigazione, che la realizzazione degli interventi di trasformazione territoriale del piano attuativo permettano di mantenere invariate le caratteristiche di risposta idraulica del bacino oggetto dell'intervento.



5. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI

Il parco in esame, costituito da N° 5 aerogeneratori, sarà collegato alla rete elettrica nazionale. La connessione sarà garantita da un cavidotto interrato a 36 kV che si allaccerà all'ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN situata nel comune di Ploaghe.

Per determinare le soluzioni tecniche adottate nel progetto, si è fatta una valutazione ed una successiva comparazione dei costi economici, tecnologici e soprattutto ambientali che si devono affrontare in fase di progettazione, esecuzione e gestione del parco eolico.

Viste le diverse caratteristiche dell'area, la scelta è ricaduta su di un impianto caratterizzato da un'elevata potenza nominale in grado di ridurre, a parità di potenza da installare, i costi di trasporto, di costruzione e l'incidenza delle superfici effettive di occupazione dell'intervento. Nel caso in esame, la scelta è ricaduta su di un impianto costituito di macchine tripala della potenza nominale di 6.6 MW, che meglio rispondono alle esigenze progettuali.

La tipologia di turbina è stata scelta basandosi sul principio che turbine di grossa taglia minimizzano l'uso del territorio a parità di potenza installata; mentre l'impiego di macchine di piccola taglia richiederebbe un numero maggiore di dispositivi per raggiungere la medesima potenza, senza peraltro particolari benefici in termini di riduzione delle dimensioni di ogni singolo aerogeneratore.

La scelta dell'ubicazione dei vari aerogeneratori è stata fatta, per quanto possibile nelle vicinanze di strade, piste e carrarecce esistenti, con lo scopo di ridurre notevolmente la costruzione di nuove piste di accesso, minimizzando di conseguenza le lavorazioni per scavi e i riporti.

5.1 AEROGENERATORI

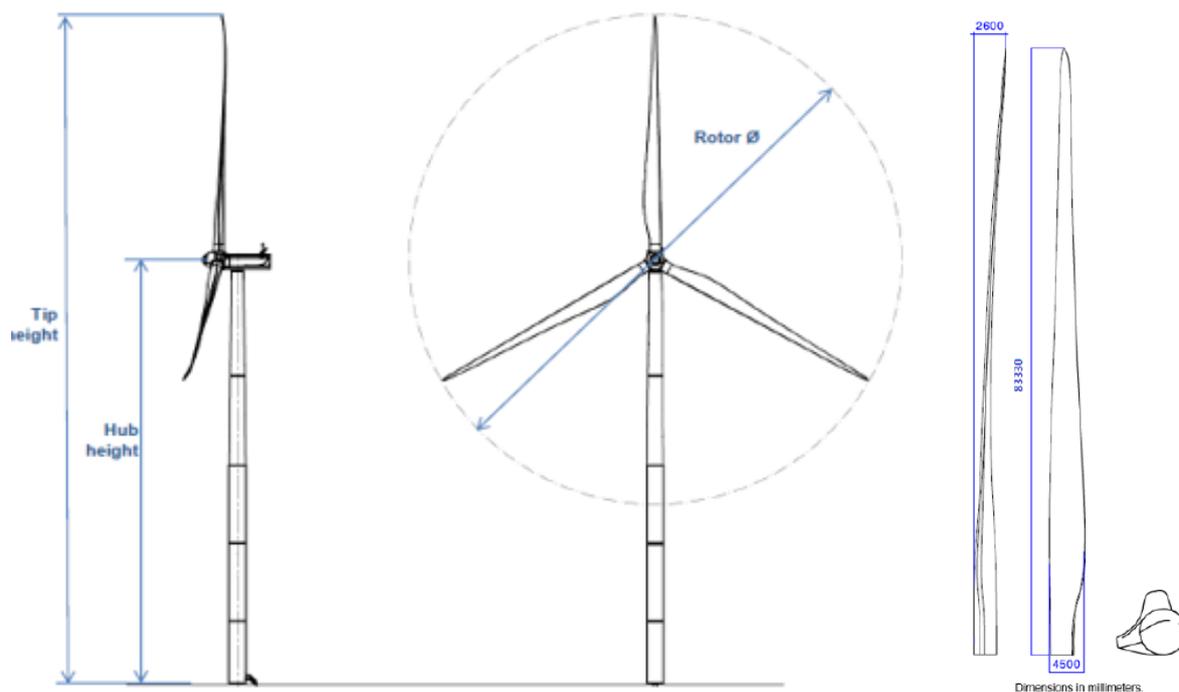
Un aerogeneratore ha la funzione di convertire l'energia cinetica del vento prima in energia meccanica e successivamente in energia elettrica.

Sostanzialmente un aerogeneratore è così composto:

- Un rotore, nel caso in esame a tre pale, per intercettare il vento
- Una "navicella" in cui sono alloggiate tutte le apparecchiature per la produzione di energia
- Un fusto o torre che ha il compito di sostenere gli elementi sopra descritti (navicella e rotore) posizionandoli alla quota prescelta in fase di progettazione

In questa fase progettuale l'aerogeneratore scelto è una Vestas della potenza nominale di 6,8 MW ad asse orizzontale. In fase esecutiva, in funzione anche della probabile evoluzione dei macchinari, la scelta dell'aerogeneratore potrà variare mantenendo inalterate le caratteristiche geometriche massime.

Di seguito si riporta uno schema grafico dell'aerogeneratore e della navicella.



Tip height=200m; hub height=114m; rotor diameter=172m; blade length≈85 m

Figura 5.1 - Struttura aerogeneratore

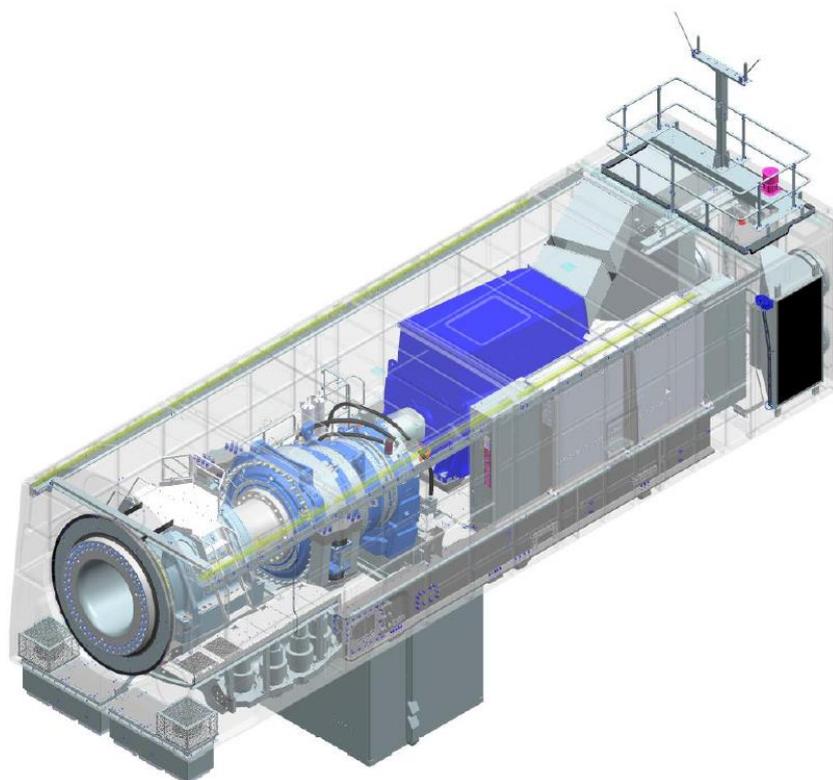


Figura 5.2 - Struttura navicella

All'interno della navicella sono alloggiati l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico ed i dispositivi ausiliari. All'estremità dell'albero lento, corrispondente



all'estremo anteriore della navicella, è fissato il rotore costituito da un mozzo sul quale sono montate le pale, costituite in fibra di vetro rinforzata. La navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l'asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento (movimento di imbardata); inoltre è dotata di un sistema di controllo del passo che, in corrispondenza di alta velocità del vento, mantiene la produzione di energia al suo valore nominale indipendentemente dalla temperatura e dalla densità dell'aria; in corrispondenza invece di bassa velocità del vento, il sistema a passo variabile e quello di controllo ottimizzano la produzione di energia scegliendo la combinazione ottimale tra velocità del rotore e angolo di orientamento delle pale in modo da avere massimo rendimento. Il funzionamento dell'aerogeneratore è continuamente monitorato e controllato da un'unità a microprocessore.

Da un punto di vista elettrico schematicamente l'aerogeneratore è composto da:

- generatore elettrico;
- interruttore di macchina BT;
- trasformatore di potenza 36 kV/BT;
- cavo 36 kV di potenza;
- quadro elettrico di protezione 36 kV;
- servizi ausiliari;
- rete di terra.

La turbina genera energia elettrica in bassa tensione (BT) che viene innalzata a 36 kV da un trasformatore posto internamente alla navicella.

Infine, gli aerogeneratori saranno equipaggiati con un sistema di segnalazione notturna con luce rossa intermittente posizionato sulla sommità posteriore navicella dell'aerogeneratore, mentre la segnalazione diurna verrà garantita da una verniciatura della parte estrema delle pale con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m. L'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) potrà fornire eventuali prescrizioni concernenti la colorazione delle strutture o la segnaletica luminosa, diverse o in aggiunta rispetto a quelle precedentemente descritte.

5.2 VIABILITÀ

Al campo eolico si accede attraverso la viabilità esistente (strade Statali, Provinciali, Comunali), mentre l'accesso alle singole pale avviene mediante piste di nuova realizzazione e/o su tracciati agricoli esistenti, che saranno adeguati al trasporto dei mezzi eccezionali.

Tutte le torri sono posizionate in un'area relativamente ristretta a sud ovest dell'abitato di Chiaramonti e sono collegate, come descritto nel precedente paragrafo, alla SP68 tramite due strade comunali. Nei tratti interessati le due strade si presentano entrambe asfaltate ma con andamenti altimetrici e con una larghezza medie differenti:

- La strada di collegamento per le torri CHR01, CHR02 e CHR03 (SC Santa Giulia) presenta un primo tratto in discesa (a partire dalla SP68) per poi diventare pianeggiante. La carreggiata mediamente è superiore a 4,5 m.
- La strada di collegamento per le torri CHR04 e CHR05 si presenta pressoché pianeggiante e con una larghezza media di circa 3,0 m

Per quanto sopra descritto, la viabilità esistente di collegamento alle prime tre torri (CHR01, CHR02 e CHR03) non richiede particolari interventi mentre la strada per accedere alle torri CHR04 e CHR05 necessiterà di interventi significativi sia per allargare la sede stradale sia per rendere compatibili i raggi di curvatura delle intersezioni e delle curve con i mezzi speciali.

Negli elaborati grafici allegati e redatti per ciascun aerogeneratore, sono illustrati i percorsi per il raggiungimento degli aerogeneratori, sia in fase di realizzazione sia in fase di esercizio. Come illustrato nelle planimetrie di progetto, saranno anche realizzati opportuni allargamenti degli incroci stradali per consentire la corretta manovra dei trasporti eccezionali. Detti allargamenti saranno rimossi o ridotti,



successivamente alla fase di cantiere, costituendo delle aree di “occupazione temporanea” necessarie appunto solo nella fase realizzativa. Per il tracciamento delle piste di accesso ci si è attenuti alle specifiche tecniche del produttore delle turbine che impongono raggi di curvatura, raccordi altimetrici e pendenze.

La sezione stradale avrà larghezza carrabile di 5,50 m, dette dimensioni sono necessarie per consentire il passaggio dei mezzi di trasporto delle componenti dell’aerogeneratore eolico.

Il corpo stradale sarà realizzato secondo le seguenti modalità:

- scotico terreno vegetale;
- scavo, ove necessario, per il raggiungimento della quota del piano di posa;
- compattazione del piano di posa con relative prove per la determinazione dei parametri minimi richiesti;
- ove necessario, stesa per strati e compattazione del corpo del rilevato con materiale da cava o con materiale proveniente dagli scavi se ritenuto idoneo dalla D.L.;
- posa del cassonetto stradale in tout venant compattato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente costipato sp. totale 40 cm;
- posa dello Strato di finitura in ghiaia/pietrisco stabilizzato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente vagliato sp. medio 10 cm.

Per la viabilità esistente (strade regionali, provinciali, comunali e poderali), ove fosse necessario ripristinare il pacchetto stradale per garantire la portanza minima o allargare la sezione stradale per adeguarla a quella di progetto, si eseguiranno le modalità costruttive in precedenza previste.

5.3 PIAZZOLE

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore verrà realizzata una piazzola di montaggio al fine di consentire le manovre di scarico dei vari elementi delle torri, il loro stoccaggio in attesa della posa in opera, il posizionamento della gru principale di sollevamento e montaggio e il posizionamento della gru ausiliaria. Tenuto conto delle dimensioni del generatore, la viabilità di servizio all’impianto e le piazzole costituiscono le opere di maggiore rilevanza per l’allestimento del cantiere. Oltre all’area suddetta saranno realizzate due aree di servizio per il posizionamento delle gru ausiliarie al montaggio del braccio della gru principale. Le piazzole di montaggio dovranno avere una superficie piana o con pendenza minima (1÷2%) di dimensioni tali da contenere tutti i mezzi e le apparecchiature garantendo ai mezzi all’interno di essa buona libertà di movimento. Per il progetto in esame, al fine di minimizzare i movimenti terra e quindi gli impatti sul territorio, si è scelto di utilizzare una piazzola per un montaggio in due fasi, denominata “Partial storage” dove verranno utilizzate due tipologie di gru e verranno stoccati i diversi componenti due tempi.



6. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

In questo paragrafo si riportano le basi per il dimensionamento del sistema di drenaggio superficiale delle aree di intervento.

Lo studio idrologico-idraulico è stato articolato secondo i seguenti punti:

- studio dei bacini idrografici minori esistenti basato sulla modellazione del DTM ed estrazione della rete idrografica naturale, con analisi critica rispetto alla morfologia e identificazione delle aree scolanti;
- determinazione delle Linee Segnatrici di Possibilità Pluviometriche (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30, e 50 anni;
- costruzione dello ietogramma di progetto;
- determinazione dello ietogramma netto di progetto utilizzando il metodo percentuale considerando la tipologia di uso del territorio e tipo idrologico del suolo tramite il metodo SCS-CN;
- modello di trasformazione afflussi-deflussi - stima delle portate di progetto post operam;
- dimensionamento degli elementi caratteristici del drenaggio consistenti in fossi e trincee drenanti.

6.1 CRITERI DI PROGETTO

L'approccio utilizzato nella progettazione ha posto grande attenzione non solo alla progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche, ma soprattutto all'integrazione delle opere con lo stato di fatto. Si sono quindi minimizzate le interferenze con l'idrografia esistente, sostituendo l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile di raccolta e scarico con opere che implementassero la mitigazione.

In particolare, in contrapposizione al classico approccio di drenaggio delle acque meteoriche, in cui il principale obiettivo è l'allontanamento delle acque dal sito, nel presente progetto si sono utilizzate tecniche di progettazione a basso impatto.

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- diminuzione del carico di acque meteoriche smaltite nei vari corsi idrici, per lo smaltimento tramite infiltrazione;
- realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;
- realizzazione di interventi che favoriscano i fenomeni di infiltrazione e ritenzione e gli indiretti processi di bioremediation;
- contrastare i processi di erosione.

Il presente progetto ha mirato all'utilizzo di:

- fossi di scolo in terra;
- trincee drenanti;
- protezione scarichi verso solchi di drenaggio naturali mediante implementazione di opere di dissipazione e protezione del versante.

Il sistema di drenaggio è stato dimensionato sulla base dei tempi di ritorno in linea con la vita utile di progetto.

Il dimensionamento di tubazioni e fossi ha tenuto conto di un grado di riempimento massimo del 75%.

6.2 CALCOLI IDROLOGICI

6.2.1 Considerazioni climatiche

Dal punto di vista climatico, la Sardegna presenta una piovosità in media scarsa e irregolare; si possono individuare sostanzialmente due stagioni, una stagione secca, dal mese di maggio a quello di settembre, e una stagione piovosa, da ottobre ad aprile.

Le zone con la piovosità minore sono quelle più lontane dai rilievi e nella porzione meridionale dell'isola, in cui si distingue una zona estesa con una pluviometria molto bassa e di poco superiore ai 400 mm annuali medi. La maggior parte delle località della Sardegna è tuttavia caratterizzata da precipitazioni medie annuali maggiori, oscillanti tra i 700 e gli 800 mm annuali, sia per la posizione, sia per la quota. Una precipitazione media annuale di 1000 mm viene raggiunta solamente in una piccola porzione del territorio, a quote prossime ai 900 metri.

Si riporta in Figura 6.1 la mappa delle piogge medie annuali nel territorio regionale: per il comune di Chiamonti, la precipitazione media si attesta intorno ai 650 mm/anno.

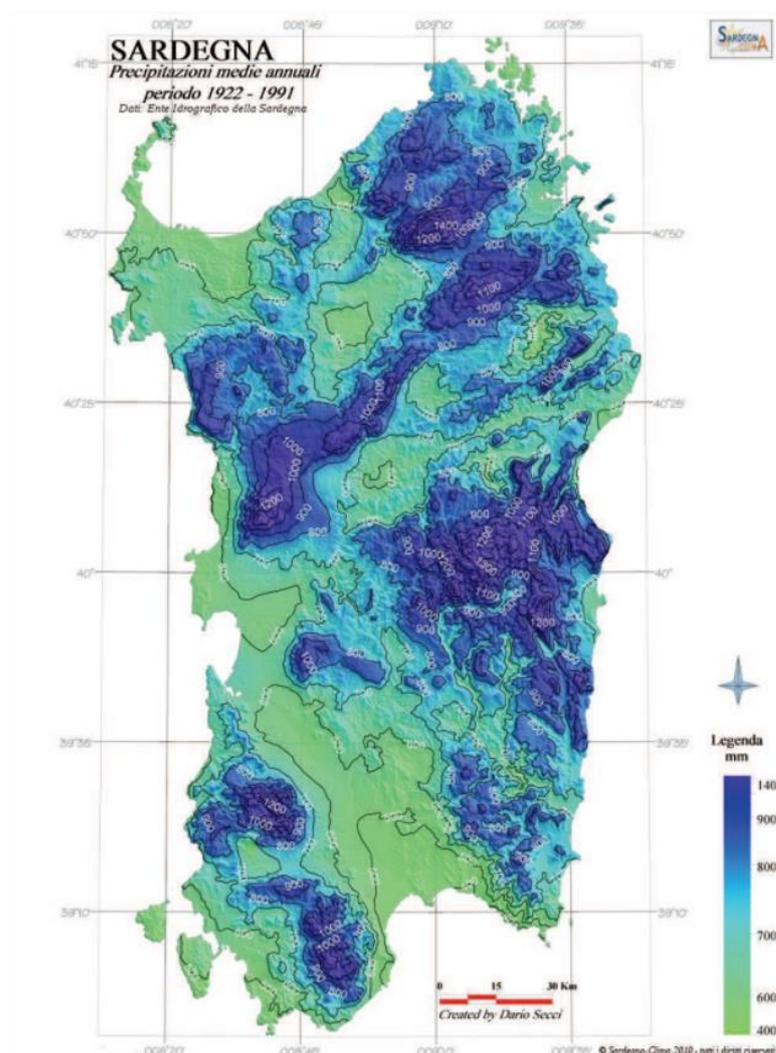


Figura 6.1: Precipitazioni medie annuali, periodo 1922-1991.

6.2.2 Scelta del tempo di ritorno

La stima dell'evento di pioggia alla base dei calcoli idrologici è realizzata a partire dall'analisi probabilistica delle precipitazioni intense, in particolare utilizzando la curva di possibilità pluviometrica e della definizione di un opportuno livello di probabilità associato alla portata di piena. Il livello di probabilità è espresso nella pratica come periodo di ritorno.

Il periodo di ritorno di un evento, definito anche come “tempo di ritorno”, è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

La scelta del tempo di ritorno viene definita con base al rischio legato alla insufficienza dell'opera, ovvero, della valutazione dall'entità e del tipo di conseguenze che deriverebbero dalla sua insufficienza.

Dalla relazione tra probabilità di non superamento e tempo di ritorno è possibile definire il rischio d'insufficienza in N anni, P, che rappresenta la probabilità che un evento con tempo di ritorno T si realizzi in N anni.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Il grafico riportato di seguito esprime il rischio di superare l'evento con tempo di ritorno T durante N anni.

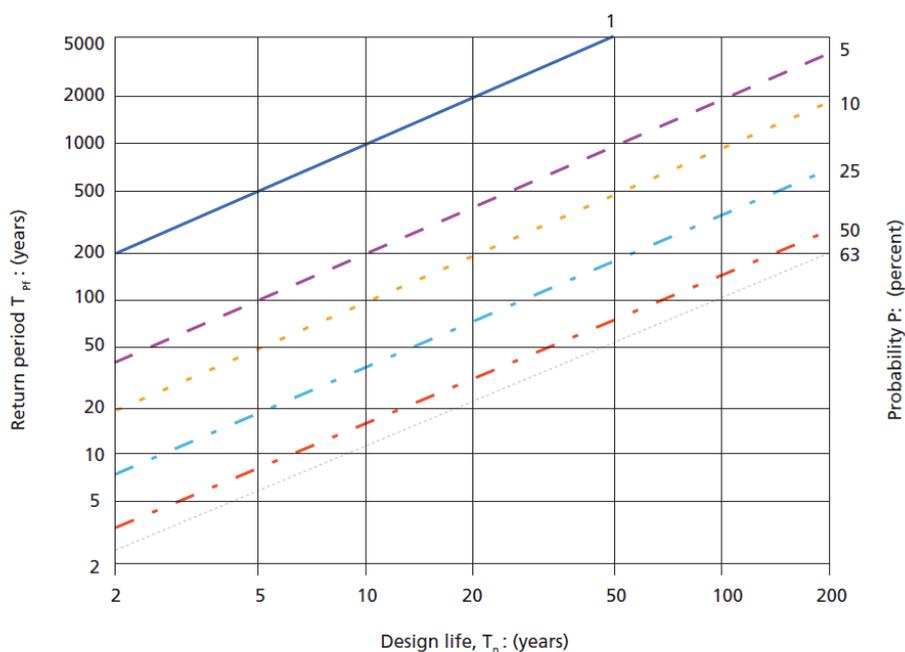


Figura 6.2: Probabilità che un evento con determinato tempo di ritorno si verifichi in N anni.

La durata della vita utile dell'impianto eolico in oggetto è assunta pari a 30 anni.

Il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto è stato assunto pari a **30 anni** per le opere permanenti, mentre un tempo di **2 anni** per le opere di cantiere.

Nelle successive fasi di progetto, in seguito a sopralluogo in sito e rilievo aggiornato, nell'eventualità dell'identificazione di corsi preferenziali che non presentano un alveo ben definito, ma possono raggiungere portate significative in seguito ad eventi di pioggia intensi non ordinari, il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto sarà assunto pari a **100 anni**.

6.2.3 Analisi probabilistica delle precipitazioni intense

Per l'applicazione del metodo impiegato nella stima delle portate meteoriche superficiali è stato necessario determinare la curva di possibilità climatica caratteristica dell'area oggetto di intervento.

Il tempo di ritorno da assegnare alla curva di possibilità climatica è stato fatto variare da un minimo di 2 anni ad un massimo di 100 anni.

La procedura proposta nell'Atto di Indirizzo e Coordinamento della Regione Sardegna permette di calcolare l'intensità di pioggia ad assegnato periodo di ritorno in ciascun punto del bacino sardo tramite l'analisi regionale (VAPI Sardegna, 1996), condotta sulle precipitazioni intense di breve durata per le circa 200 stazioni con almeno quaranta anni di osservazione a partire dal 1922.

L'altezza di pioggia $h_T(t)$ di durata t con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(t)$ per un coefficiente di crescita $K_T(t)$:

$$h_T(t) = \mu(t) \cdot K_T(t)$$

La relazione che lega la pioggia indice $\mu(t)$ e la durata dell'evento t è la seguente:

$$\mu(t) = a_1 \cdot t^{b_1}$$

Dove:

- $a_1 = \mu_G / (0.886 \cdot 24^{b_1})$
- $b_1 = -0.493 + 0.476 \cdot \text{Log}(\mu_G)$

In particolare, μ_G rappresenta la pioggia media giornaliera nel sito ($\mu_G = 50 \text{ mm}$) (Figura 6.3).

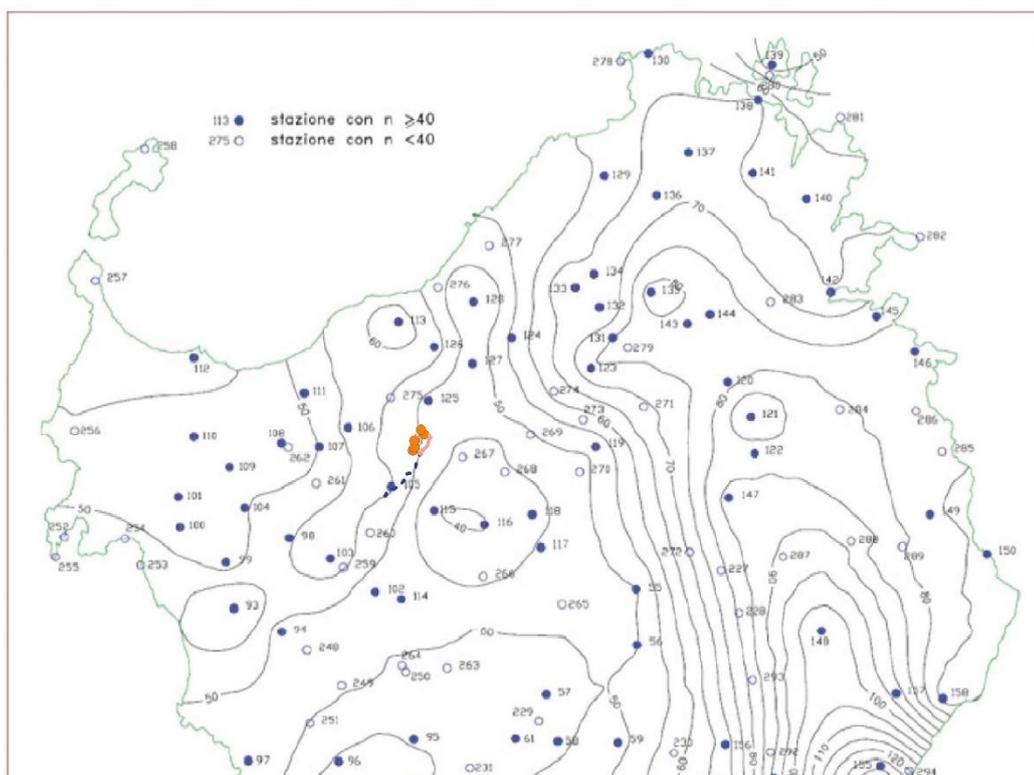


Figura 6.3: Zonizzazione PAI Regione Sardegna – Stralcio carta delle isoiete (pioggia indice giornaliera).

Il fattore di crescita $K_T(t)$, invece, è espresso dalla seguente equazione:

$$K_T(t) = a_2 \cdot t^{n_2}$$

I coefficienti a_2 e n_2 vengono definiti in base alla sottozona omogenea (1, 2 o 3) in cui ricade il sito. Nel caso in esame, il parco eolico si trova prevalentemente sulla sottozona SZO 2.

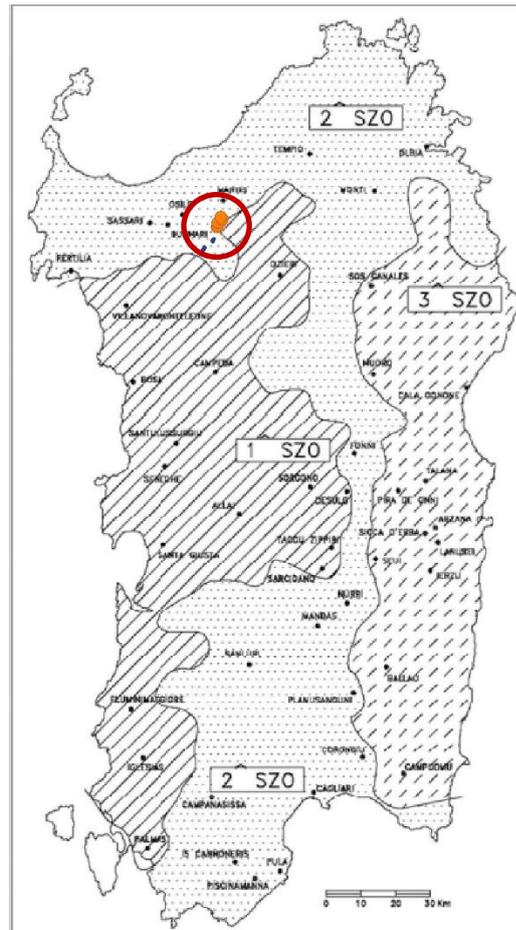


Figura 6.4: Zonizzazione del PAI – Stralcio carta Sotto Zone Omogenee per le piogge brevi e intense.

Si riportano di seguito le espressioni per il calcolo di a_2 e b_2 , distinguendo tra tempi di ritorno maggiori o minori di 10 anni e tra durate di pioggia minori o maggiori di 1 ora.

Per tempi di ritorno $T \leq 10$ anni

- $a_2 = 0.64767 + 0.8936 \cdot \log_{10} T$
- $n_2 = -0.60189 \cdot 10^{-2} + 0.32950 \cdot 10^{-3} \cdot \log_{10} T$

Per tempi di ritorno $T > 10$ anni

- $a_2 = 0.44182 + 1.0817 \cdot \log_{10} T$
- $n_2 = -0.18676 \cdot 10^{-2} + 0.24310 \cdot \log_{10} T - 0.35453 \cdot 10^{-1} \cdot (\log_{10} T)^2$ (se: $d < 1$ ora)
- $n_2 = -0.56593 \cdot 10^{-2} + 0.40872 \cdot 10^{-2} \cdot \log_{10} T$ (se: $d \geq 1$ ora)

Si rappresentano in Figura 6.5 le linee segnalatrici possibilità pluviometrica per il sito di progetto, al variare del tempo di ritorno e per durate dell'evento maggiori o minori di 1 ora.

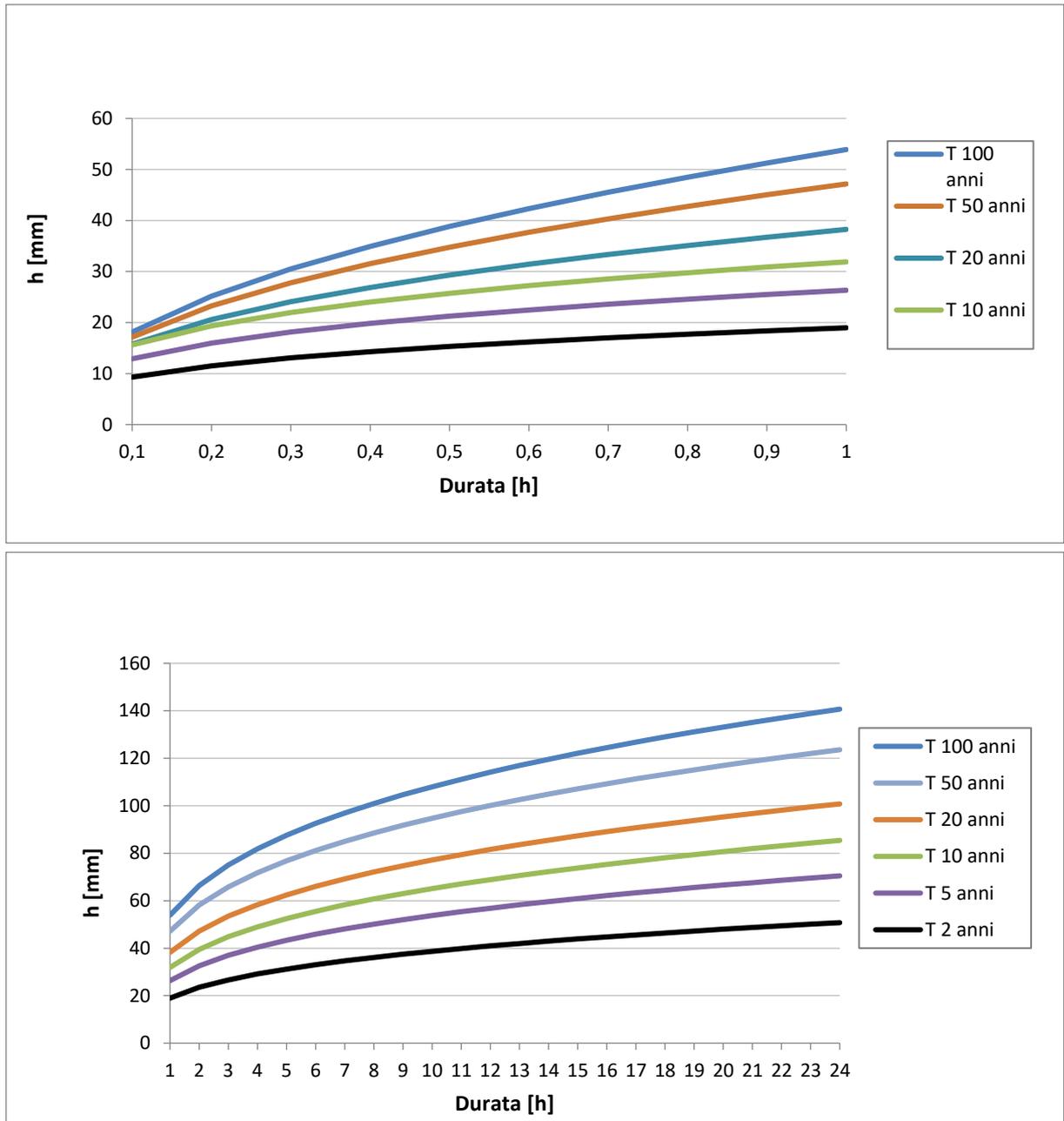


Figura 6.5: Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno da 2 a 100 anni e per durate di pioggia maggiori o minori di 1 ora.

Infine, si riportano in Tabella 6.1 i corrispondenti valori di altezza di precipitazione $h_T(t)$.

Tabella 6.1: Altezza di pioggia per le diverse durate per i diversi tempi di ritorno.

Durata evento critico [h]	ALTEZZA PIOGGIA CRITICA AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO E DELLA DURATA H [mm]					
	T=2 anni	T=5 anni	T=10 anni	T=30 anni	T=50 anni	T=100 anni
0,5	16	22	27	33	36	40
1	19	26	32	42	47	54
2	24	33	40	52	58	66
3	27	37	45	59	66	75
4	29	40	49	64	72	82
5	31	43	53	69	77	88
6	33	46	56	73	81	93
7	35	48	58	76	85	97
8	36	50	61	79	89	101
9	37	52	63	82	92	105
10	39	54	65	85	95	108
11	40	55	67	87	98	111
12	41	57	69	90	100	114
13	42	58	71	92	103	117
14	43	60	72	94	105	120
15	44	61	74	96	107	122
16	45	62	75	98	109	124
17	46	63	77	100	111	127
18	46	64	78	102	113	129
19	47	66	79	103	115	131
20	48	67	81	105	117	133
21	49	68	82	106	119	135
22	49	69	83	108	120	137
23	50	70	84	109	122	139
24	51	70	85	111	124	141

6.2.4 Valutazione della pioggia efficace (netta)

La determinazione della pioggia efficace ovvero della porzione di volume della precipitazione che contribuisce effettivamente alla formazione dell'onda di piena è stata eseguita applicando il "metodo percentuale" ϕ .

Questo metodo ipotizza che le perdite costituiscano una percentuale costante della quantità di pioggia durante l'evento.

Si considera il coefficiente di deflusso ϕ , caratteristico dell'evento nella sua totalità, come rapporto tra il volume di precipitazione netta (P_{netta}) ed il volume di precipitazione totale (P):

$$\phi = \frac{P_{netta}}{P}$$



Secondo il metodo SCS-NC, il coefficiente ϕ dipende dalla copertura del suolo, dal tipo idrologico di suolo e dallo stato di imbibimento iniziale. Il metodo SCS-CN assume che la pioggia netta, P_{netta} , rappresentata come volume specifico di deflusso superficiale, sia proporzionale al volume di pioggia lorda P , depurato delle perdite idrologiche iniziale IA , dal volume infiltrato e del volume specifico S che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno ed è stimato dal parametro adimensionale CN . Per i bacini naturali, in prima approssimazione si può assumere $IA = 0.2 \cdot S$; in tal caso CN diventa quindi l'unico parametro da tarare. Infine, il coefficiente di deflusso può essere stimato dalla relazione sottoscritta, valida per la condizione $P > IA$.

$$\phi = \frac{1}{1 + \frac{S}{P - IA}}$$

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

$$IA = 0,2 \cdot S$$

Nei casi dove $P < IA$ il coefficiente di deflusso è assunto pari a zero.

Al fine di ottenere lo ietogramma di pioggia netta, la pioggia sintetica “di progetto” viene moltiplicata per il parametro ϕ , ammettendosi così che i fenomeni di infiltrazione e perdita idrica siano costanti durante tutta la durata dell'evento piovoso.

Le aree allo stato ante-operam non risultano impermeabilizzate e sono prevalentemente coltivate. Come descritto in precedenza, l'area di progetto si sviluppa su aree seminative non irrigue, colture temporanee e piccole aree boschive. Il valore di CN secondo il metodo SCS-CN è riportato del geoportale della regione Sardegna, presenta una variazione da CN pari a 36 nelle aree di boschi di latifoglie a CN pari a 81 nelle aree seminative.

Si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena.

A seconda di tale valore, vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

A favore di sicurezza, nelle successive fasi di calcolo sarà considerata la classe AMC III. Il valore del CN_{III} corrispondente può essere derivato grazie alla seguente equazione:

$$CN (III) = \frac{23 CN (II)}{10 + 0.13 CN (II)}$$

Il coefficiente di deflusso ϕ può essere calcolato dal rapporto tra la precipitazione lorda P e quella netta SR dell'evento meteorico.

6.2.5 Valutazione post-operam e fase di cantiere

In merito alle aree prevalentemente permeabili è stato valutato l'impatto delle opere permanenti e temporanee, ovvero la piazzola intorno alla torre, la strada di accesso e la piazzola di cantiere.

Si è valutata arealmente l'incidenza delle acque meteoriche e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili.



Le strade di accesso e le piazzole di cantiere saranno pavimentate con misto granulare stabilizzato, a tal proposito si è reso necessario un aumento cautelativo del coefficiente di deflusso per tali aree, pari a **0,7**.

Per quanto riguarda le piazzole permanenti intorno alla WTG, l'impermeabilizzazione consiste nel basamento della torre avente diametro 6 metri e un'area rettangolare intorno al basamento in misto granulare stabilizzato. Nel calcolo della pioggia netta è stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale sulla base delle precedenti assunzioni portando ad un aumento cautelativo del coefficiente di deflusso per l'intera piazzola permanente pari a **0,77**.

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo durante l'evento intenso di progetto nello scenario post-operam, valutando inoltre la capacità idraulica dei canali esistenti e in progetto.

6.2.6 *Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto post-operam*

Per calcolare le portate di scolo dai bacini imbriferi costituiti dai singoli settori in cui è prevista l'area di progetto, si è determinato per ognuno di essi l'evento critico, cioè l'evento meteorico che produce la massima portata al colmo (portata critica). A tal fine si è adottato il modello cinematico (o della corrivazione).

Ipotizzando che la precipitazione sia a intensità costante e che la curva tempi aree del bacino sia lineare, la durata critica coincide con il tempo di corrivazione del bacino e la portata critica (portata di progetto) è data dall'espressione:

$$Q_P = \phi \cdot \frac{i(T_0, t_C) \cdot A}{360}$$

Dove:

Q_P = portata critica (netta) [m³/s];

ϕ = coefficiente di deflusso, mediante il quale si tiene conto delle perdite per infiltrazione e detenzione superficiale [adimensionale];

$i(T_0, t_C)$ = intensità media della precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino (t_C - min) ed avente un tempo di ritorno (T - anni) [mm/h];

A = superficie del bacino [ha].

Il valore del tempo di corrivazione è stato calcolato come somma del tempo di entrata in rete più il tempo di rete.

6.3 **CALCOLI E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI**

Attraverso l'analisi TauDEM rielaborata in ambiente GIS è stato indentificato un reticolo idrografico principale caratterizzato da corsi preferenziali che non presentano un alveo ben definito, ma possono raggiungere portate significative in seguito ad eventi di pioggia intensi non ordinari.

Il progetto ha previsto una sistemazione del drenaggio oggi assente al fine di indirizzare e distribuire le portate, costituita da canalette di forma trapezoidale scavate nel terreno naturale.

Tra i vantaggi idraulici essi immagazzinano e convogliano le acque scolanti meteoriche favorendo la riduzione dei picchi di deflusso, l'infiltrazione e il rallentamento dei flussi, a seconda della pendenza.

Per le piazzole di cantiere e permanenti si prevede un fosso di guardia perimetrale in terra. Per le piazzole permanenti si prevede inoltre l'installazione di trincee drenanti, con l'obiettivo di ridurre i picchi di deflusso che gravano sullo scarico finale con conseguente erosione potenziale. Inoltre, le trincee drenanti riducono il carico inquinante, sfruttando i processi naturali di abbattimento degli stessi, andando a contribuire alla riduzione dell'impatto ambientale delle opere di progetto. Le trincee drenanti

saranno costituite da scavi riempiti con materiale con ottima capacità drenante del tipo ghiaia/ciottolato.

La viabilità di accesso sarà corredata da un fosso di guardia lato monte, con tubazioni sotto il piano stradale nel caso di versanti ripidi e bacini di scolo significativi gravanti sul piano stradale.

6.3.1 Fosso di guardia e tubazioni

Il presente paragrafo presenta lo studio preliminare dei fossi di guardia delle piazzole e delle strade. Nelle fasi di progettazione successive, sulla base del sopralluogo in sito e rilievo aggiornato, sarà possibile definire la sezione idraulica più adatta alla regimazione del deflusso meteorico per ogni strada e piazzola.

La capacità di convogliamento della sezione idraulica è stata calcolata attraverso una verifica idraulica in regime di moto uniforme, secondo la normale prassi progettuale, utilizzando la nota formula di Chezy con il coefficiente di scabrezza di Manning:

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

Dove:

- Q : portata di riferimento [m^3/s];
- A : area della sezione bagnata [m^2];
- R : raggio idraulico [m] (rapporto tra A e il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- i : pendenza dell'alveo [m/m];
- n : coefficiente di conduttanza idraulica di Manning.

I fossi saranno realizzati in scavo con una sezione trapezoidale di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di 45° .

In corrispondenza di interferenze tra corsi d'acqua esistenti e viabilità di progetto si sono previsti dei tratti interrati composti da scatolati in c.a. carrabili o da tubazioni in CLS/HDPE carrabili.

Nei rami di significativa lunghezza, al fine di ridurre la velocità di scorrimento in occasione di eventi con tempo di ritorno 2-5 anni, saranno inseriti dei salti di fondo.

Lo scopo delle canalette e dei condotti interrati è quello di permettere il deflusso dell'intera portata di progetto, relativa a un tempo di ritorno di **30 anni** per le piazzole permanenti e per le strade, ed un tempo di ritorno di **2 anni** per le piazzole di cantiere.

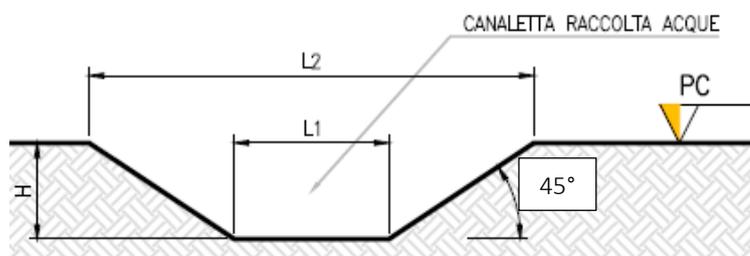


Figura 6.6: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

Per quanto riguarda le tubazioni sotto il piano stradale, avranno una spaziatura tale da assicurare il corretto deflusso delle acque di pioggia provenienti da parte del manto stradale e dal versante (ove

presente), e assicurare un'interferenza con l'idrografia esistente quanto più minima tra ante- e post-operam. Per il dimensionamento delle tubazioni e la spaziatura si rimanda al paragrafo 6.4.

Gli scarichi della rete di drenaggio post-operam, sia per le strade sia per le piazzole, convergeranno ai ricettori esistenti ante-operam.

6.3.2 Trincea drenante

Una trincea drenante è un sistema lineare di gestione dell'acqua piovana costituita da una trincea sotterranea riempita di ghiaia ricoperta di geotessile, in grado di smaltire acqua nei terreni circostanti attraverso i lati e il fondo della trincea, e di abbattere i picchi di deflusso.

Questa tipologia di sistemi di drenaggio sostenibile (SuDS) sono generalmente realizzati con forme differenti in funzione del volume necessario e degli aspetti paesaggistico/architettonici.

Oltre ai vantaggi in materia idraulica già descritti precedentemente, la scelta di inserimento di queste vasche consentirà di ridurre il carico inquinante, sfruttando i processi naturali di abbattimento degli stessi, andando a contribuire alla riduzione dell'impatto ambientale delle opere di progetto.

Gli scavi sono in genere di sezione rettangolare, riempiti con materiale inerte naturale ghiaioso e sabbioso, ad elevata permeabilità.

L'acqua infiltrata viene trasportata lungo la trincea attraverso il materiale di riempimento o utilizzando una tubazione drenante collocata alla base della trincea. Per evitare l'intasamento del corpo drenante da parti fini, lo scavo sarà completamente rivestito da strati di tessuto non tessuto.

Sono previsti pozzetti di ispezione e manutenzione.

Di seguito si riporta un'immagine esemplificativa dell'opera in oggetto.

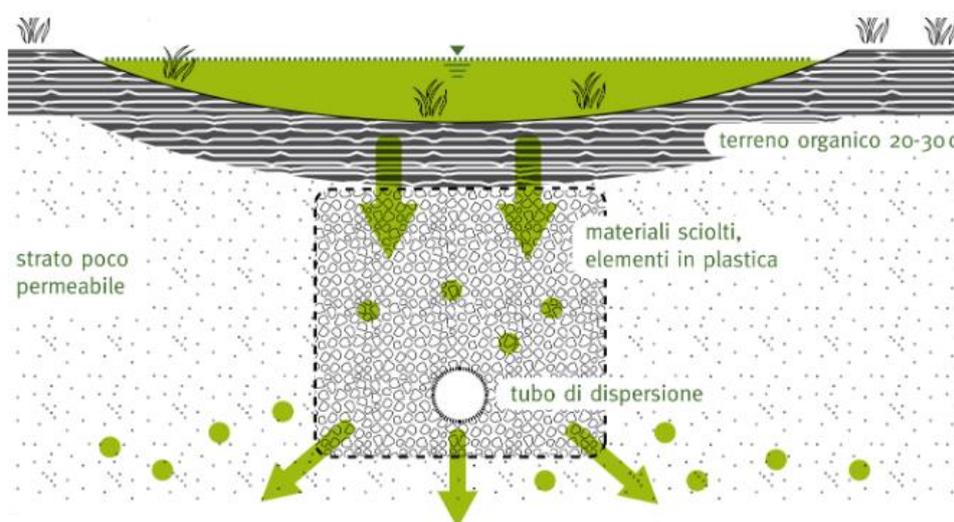


Figura 6.7: Schema esemplificativo di trincea di infiltrazione

Il dimensionamento è stato condotto secondo le linee progettuali de "Sistemi di Fognatura Manuale di Progettazione – HOEPLI" sulla base della legge di Darcy.

$$Q_f = k \cdot J \cdot A$$

Dove:

- Q_f : portata di infiltrazione [m^3/s];
- k : coefficiente di permeabilità [m/s];
- J : cadente piezometrica [m/m];
- A : superficie netta d'infiltrazione [m^2].

Al fine di tener conto che gli strati di terreno in questione si trovano spesso in condizioni insature, è opportuno ridurre del 50% il valore della permeabilità che compare nella legge di Darcy [Sieker, 1984].

Per il dimensionamento della trincea si rimanda al paragrafo 6.5.2.

6.4 SISTEMA DI GESTIONE ACQUE METEORICHE - VIABILITÀ

Il presente paragrafo identifica gli interventi necessari per garantire il corretto deflusso delle piste di accesso, il minimo impatto delle stesse sull'idrografia esistente e l'eventuale attraversamento in sicurezza di corsi d'acqua minori.

6.4.1 Sistema di gestione acque meteoriche: strade

Sulla base della pratica e di fonti di letteratura, la deviazione del deflusso inalveato al di fuori del suo naturale percorso ha conseguenze considerevoli sull'assetto esistente dei solchi di drenaggio e, nel caso di pendenze elevate, del versante.

Una volta arrivato sulla sede stradale, infatti, il deflusso che eccede la capacità di smaltimento del manufatto, in genere non prosegue nel suo percorso rientrando in alveo, ma segue la strada fino a sfociare sul versante in una porzione non protetta, saturandolo, ed in generale predisponendolo al dissesto. Questo tipo di fenomeno è molto spesso la fonte primaria di detrito e la causa principale di cedimento delle strade.

Le opere di regimazione delle acque superficiali si rendono quindi necessarie e determinanti nell'ottica di una riduzione dell'impatto ambientale e nel limitare gli interventi di manutenzione e, quindi, i costi di gestione.

La viabilità seguirà percorsi esistenti eventualmente con solchi di drenaggio già esistenti o in altri casi da eseguire o ripristinare.

Al fine di gestire correttamente il deflusso superficiale devono essere realizzati dei manufatti che consentano di intercettare l'acqua ed indirizzarla opportunamente sui versanti, o verso la rete idrografica. Tutte le strade di accesso saranno di tipo permeabile con cassonetto in tout venant dallo spessore di 40 cm e uno strato di finitura in ghiaia o pietrisco dallo spessore di 10 cm.

A seconda della morfologia del terreno, sarà introdotto un sistema diverso di gestione del deflusso secondo quattro casistiche:

1. Strada in piano: Strade realizzate in piano con manto a schiena d'asino con pendenza minima pari a circa il 2%; posto che non vi siano bacini scolanti gravanti sulle strade non sarebbe necessaria la realizzazione di fossi laterali, tuttavia, questa tipologia di strada è stata comunque dotata di due canalette a sezione trapezia a lato. (Figura 6.8)
2. Strada a mezza costa: casistica dove sulla strada grava non solo il deflusso della stessa, ma anche quello derivante dal lato di monte. In questo caso si gestiscono le acque con due fossi, uno sul lato di monte e uno sul lato di valle. Gli scarichi per questa tipologia costruttiva sono situati al di sotto del manto stradale. La pendenza del manto stradale è variabile a seconda della morfologia del terreno. (Figura 6.9)
3. Strada in rilevato: strada realizzata mediante un riporto di altezza variabile, le cui scarpate hanno pendenza variabile; anche in questo caso è prevista la realizzazione di due canalette a

- lato della strada, in corrispondenza del piede della sponda. In questo caso lo scarico avviene a lato seguendo la pendenza del versante, secondo l'idrografia del terreno. (Figura 6.10)
4. Strada in trincea: costruite previa realizzazione di una trincea le cui scarpate hanno pendenza variabile; sono previste due canalette a lato della strada posizionate all'interno della trincea. Essendo le canalette posizionate ad una quota inferiore al piano campagna, esse scaricheranno le acque raccolte non appena la morfologia e la pendenza del terreno consentono lo scarico a gravità. (Figura 6.11)

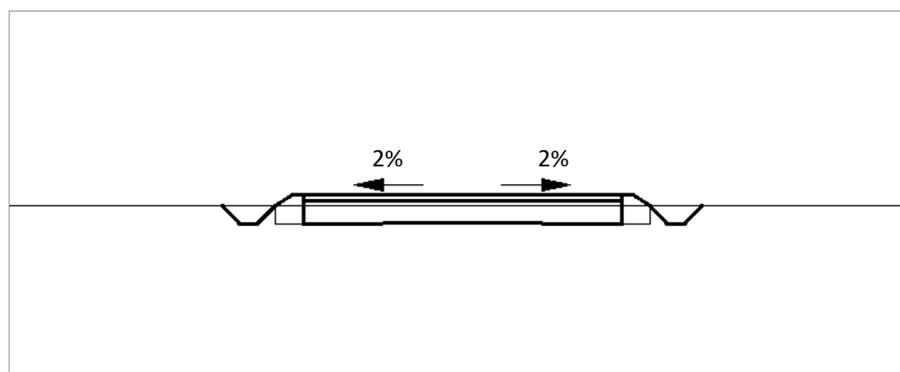


Figura 6.8: Sezione trasversale per strada in piano.

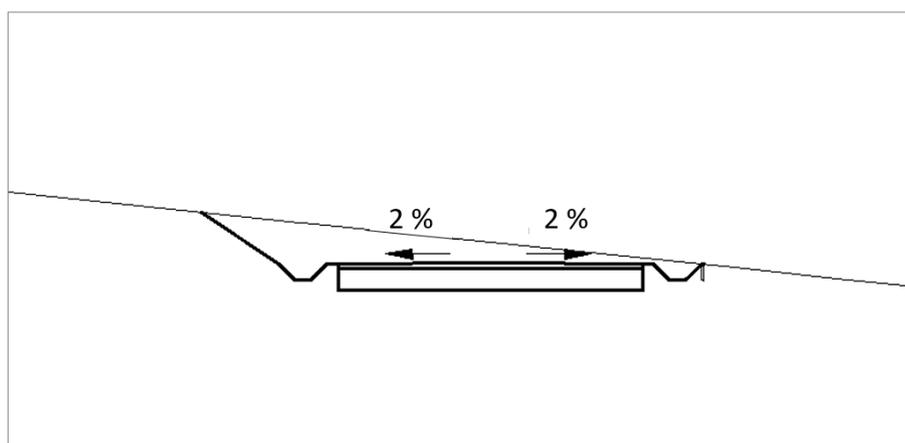


Figura 6.9: Sezione trasversale per strada a mezza costa

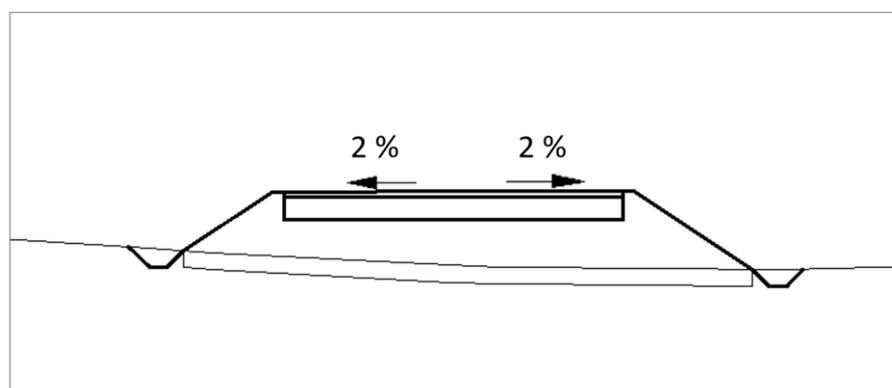


Figura 6.10: Sezione trasversale per strada in rilevato.

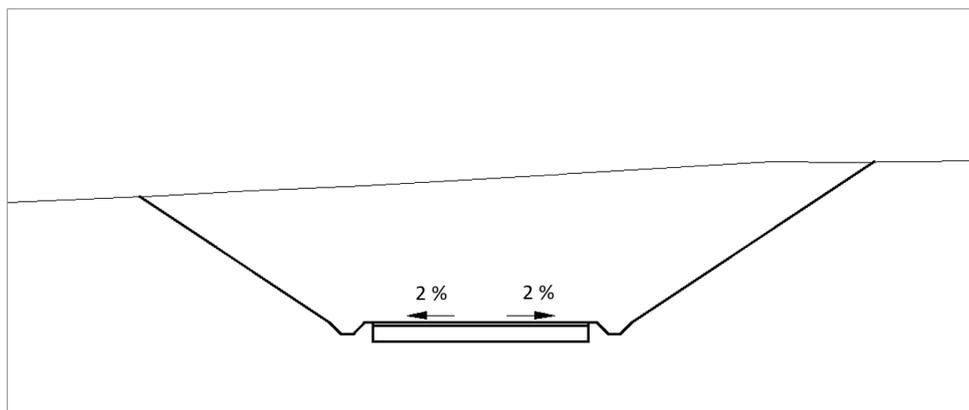


Figura 6.11: Sezione trasversale per strada in trincea.

A causa della morfologia del terreno e delle esigenze pratiche del progetto in questione, le strade di accesso alle piazzole non saranno realizzate secondo un'unica tipologia ma possono contenere molteplici casistiche.

Sulla base della simulazione del modello digitale del terreno condotta mediante algoritmi TauDEM, delle immagini satellitari e dell'idrografia del Geoportale della Regione, dei Piani PGRA, PSFF e PAI, con relative fasce di prima salvaguardia, non sono emerse interferenze con corsi d'acqua nelle viabilità da realizzare.

Nel paragrafo 6.4.3 si studia la risoluzione delle potenziali interferenze con eventuali solchi di drenaggio naturali, che possono essere individuati nelle successive fasi di progetto, in seguito a sopralluogo in sito e rilievo aggiornato. Tali percorsi preferenziali, che non presentano un alveo ben definito, saranno in ogni caso tutelati in fase costruttiva al fine di mantenerne la continuità idraulica.

6.4.2 Tipologico - fosso di guardia e tubazioni

In combinazione con la sagomatura del piano stradale, saranno realizzati una serie di manufatti che consentano di intercettare l'acqua ed indirizzarla opportunamente verso la rete idrografica esistente.

Si prevede un fosso di guardia lungo le strade di accesso lato monte, così da prevenire fenomeni di dissesto idrogeologico innescati dall'alterazione della naturale circolazione idrica dei versanti interessati dalla viabilità e della rete idrografica che vi sottende.

Nel caso delle strade a mezza costa il fosso permetterà di intercettare il deflusso dal versante di monte e il deflusso prodotto su parte del piano stradale, essendo quest'ultimo con baulatura.

Tali fossi, che confluiscono in tombini, si raccorderanno a tubazioni che sottopassano la sede stradale e smaltiscono il deflusso verso i punti di scarico.

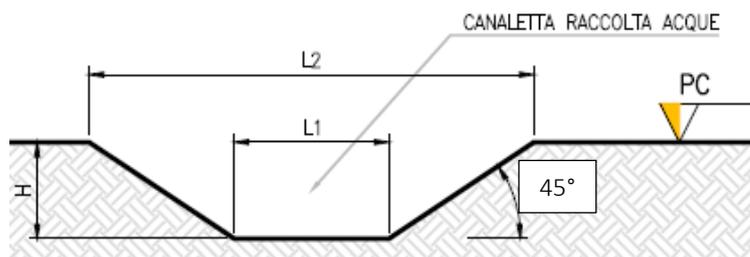


Figura 6.12: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo, le dimensioni saranno ricalcolate nel corso delle successive fasi progettuali per ogni accesso alle WTG.

Tabella 6.2: Dimensioni sezione tipo canaletta di drenaggio.

TABELLA DIMENSIONI SCHEMA TIPO CANALETTA		
L1 [m]	L2 [m]	H [m]
0,3	0,9	0,3

Il raccordo tra fosso di drenaggio e tombino che sottopassa la strada, avviene per mezzo di un pozzetto d'ispezione e raccordo, così anche da ridurre la quantità di sedimento a valle. Al fine di garantire una maggiore efficienza del deflusso, è opportuno operare con protezione dei punti di ingresso e di uscita dei tombini, così da ridurre o evitare intasamenti ed erosione sulla scarpata di valle o sul versante. Tali protezioni si possono realizzare in modo semplice ed efficace, con pietre di grosse dimensioni e tondame, come mostrato in Figura 6.13.

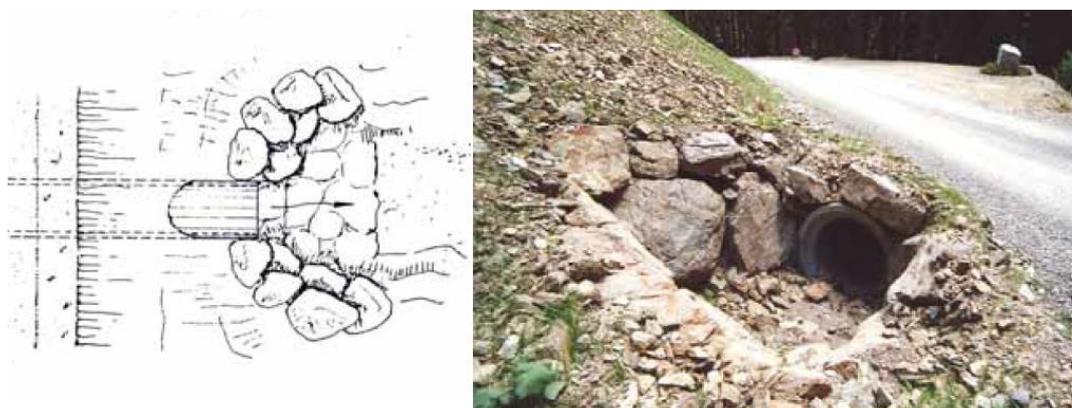


Figura 6.13: Pozzetti in legname e in massi (fonte: "Viabilità forestale regionale" Bortoli, P.L. 2001).

In corrispondenza dei punti di scarico saranno realizzati locali protezione antierosive e dissipazioni in pietrame.

In questa fase preliminare è stato valutato il caso di strada a mezza costa, avendo quale area scolante non solo la strada di progetto, ma anche il versante.

In questa fase preliminare è stato valutato, a titolo di esempio, il caso di un tratto di strada a mezza costa, avendo quale area scolante non solo la strada di progetto, ma anche il versante.

Sulla base dell'analisi idrologica e del modello digitale del terreno con risoluzione spaziale 10x10 m (ottenuto dal portale dell'INGV dal progetto Tinality), e in relazione alle considerazioni idrauliche al

paragrafo 6.3, considerando un'area scolante di versante di circa **10000 m²**, un tempo di ritorno di **30 anni** ed una lunghezza del tratto di nuova viabilità di **100 m**, è prevista una spaziatura delle tubazioni di circa **50 metri** con un diametro dei tubi di **300 mm**.

Il posizionamento degli scarichi lungo la viabilità di accesso e per le piazzole è visibile nell'elaborato grafico 2799_4965_CHR_PFTE_R09_T01_Rev0_PLANIMETRIADRENAGGI.

Vista l'incertezza legata all'uso del modello digitale del terreno il dimensionamento sarà soggetto a verifica e, se necessario, verrà adeguato nel corso delle successive fasi progettuali, in seguito a rilevamento topografico di dettaglio, sopralluogo e studio idraulico di dettaglio per ogni strada di accesso.

6.4.3 Risoluzione delle potenziali interferenze con eventuali solchi di drenaggio naturali

Sulla base della simulazione del modello digitale del terreno condotta mediante algoritmi TauDEM, delle immagini satellitari, dell'idrografia del Geoportale della Regione, dei Piani PGRA, PSFF e PAI, con relative fasce di prima salvaguardia, non sono riscontrate alcuna interferenza tra la viabilità esistente e da realizzare corsi d'acqua significativi (ordine Strahler > 2).

Nella necessità di superare un'eventuale interferenza tra la strada di accesso e l'idrografia esistente (solchi di drenaggio senza alveo definito e non soggetti a pianificazione di rischio), non al momento rilevata, al fine di garantire la continuità idraulica del reticolo naturale, si rende utile l'utilizzo di tombotti, per piccoli corsi d'acqua ed impluvi.

Si è considerato di evitare la soluzione del guado poiché costituirebbe un ostacolo per il transito dei mezzi logistici durante la fase di cantiere.

Al fine di evitare che all'ingresso del tombotto si possano formare rallentamenti del deflusso e ristagni che causano la deposizione di materiale e quindi ne riducono l'efficienza fino ad intasarlo, saranno implementate 3 soluzioni:

1. Evitare allargamenti dell'alveo in prossimità dell'imboccatura;
2. Evitare diminuzioni di pendenza in prossimità dell'imboccatura;
3. Raccordare alveo e tombotto con angoli quanto più ottusi.

Nelle successive fasi di progetto, qual ora si riscontrasse la presenza di un solco di drenaggio lungo le strade di accesso, il tombotto dovrà essere dimensionato, da un punto di vista idraulico, in relazione ad una portata di un evento di pioggia con tempo di ritorno pari a minimo **100 anni**.



Figura 6.14: Esempi tombotto.

Si rimanda al Capitolo 7 per l'identificazione e la verifica di compatibilità idraulica in caso di interferenze con corpi idrici superficiali.

6.5 SISTEMA DI GESTIONE ACQUE METEORICHE - PIAZZOLE

Il presente paragrafo identifica gli interventi necessari per garantire il corretto deflusso delle piazzole permanenti e quelle della fase di cantiere ed il minimo impatto delle stesse sull'idrografia esistente.

A favore di sicurezza è stata valutata anche la fase di cantiere, nonostante questa occuperà un intervallo temporale molto breve e transitorio.

6.5.1 Fase di cantiere/montaggio

Al fine di garantire il corretto smaltimento del deflusso superficiale prodotto dall'area di cantiere, si prevede un fosso di guardia perimetrale scavato nel terreno naturale, al fine di raccordare il deflusso delle acque meteoriche interne all'area di cantiere unitamente a quelle esterne gravanti sull'area di progetto. Al paragrafo 6.3.1 il dimensionamento del fosso.

Le opere idrauliche in progetto, avendo queste il solo scopo di garantire la viabilità di passaggio e trasporto durante la fase di cantiere e per le attività di manutenzione durante l'esercizio, saranno progettate al fine di minimizzare l'alterazione al naturale deflusso dell'area di progetto.

Al fine di non modificare la rete naturale allo stato attuale e definire un sistema di drenaggio con il minor impatto è stata eseguita una simulazione del modello digitale del terreno disponibile con lo scopo di identificare le principali informazioni morfologiche e idrologiche a scala di bacino nello stato di fatto (pendenze e isoipse, delimitazione del bacino idrografico, rete principale e secondaria).

A tal proposito, lo scarico delle acque superficiali avverrà in conformità con la rete idrografica esistente, desunta dallo studio del modello digitale del terreno.

La seguente Figura 6.15 mostra un tipologico dell'area scolante esterna gravante sull'area di cantiere (B1) e l'area scolante interna (B2). Il fosso di guardia perimetrale andrà a scaricare in modo da assecondare l'idrografia esistente nel punto indicato in figura.

Si rimanda al capitolo 7 per l'identificazione e la verifica di compatibilità idraulica in caso di interferenze con corpi idrici superficiali.

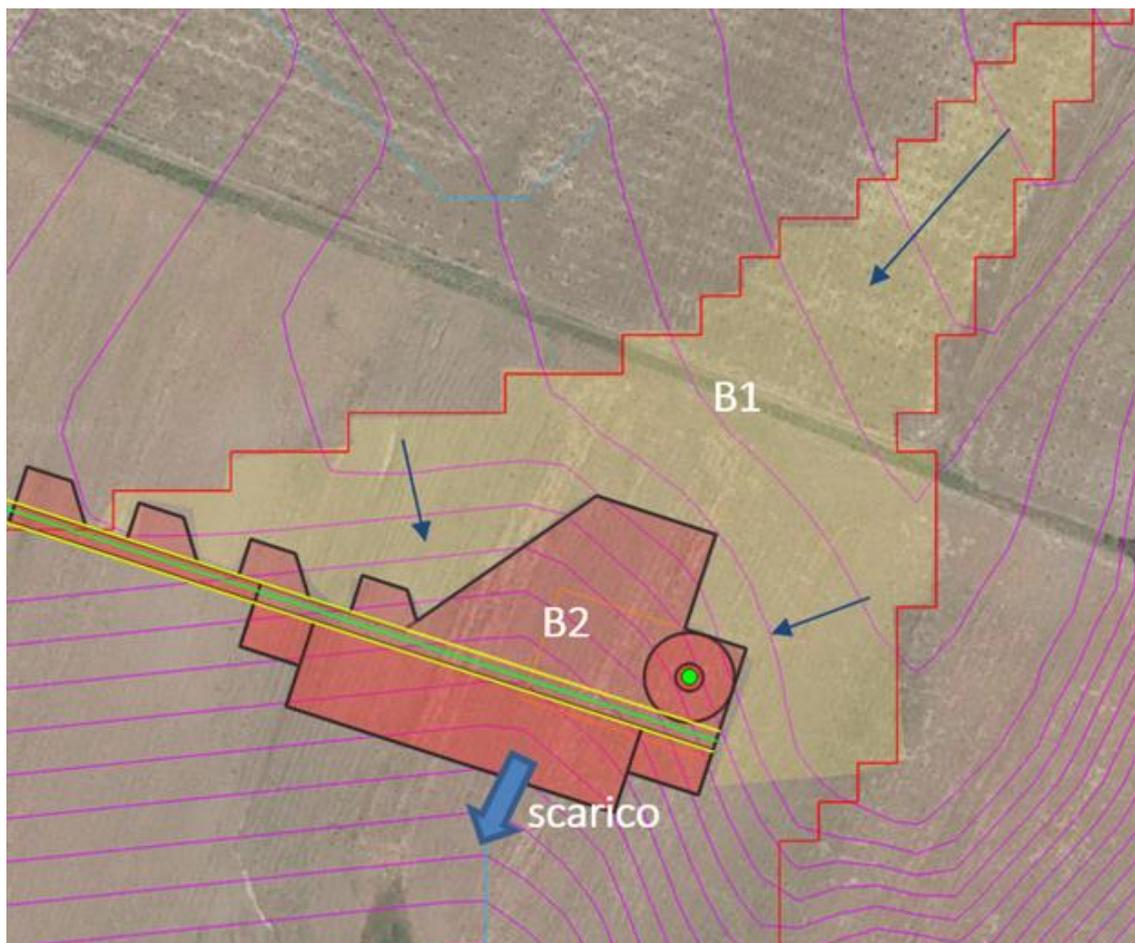


Figura 6.15: Esempio delimitazione bacini scolanti esterni (giallo - B1) ed interni (rosso - B2) e direzione del deflusso (frecche blu), displuviale (rosso), isoipse passo 1m (magenta), strada di accesso (verde), reticolo idrografico (celeste) e punto di scarico.

Al fine di proteggere il suolo da fenomeni erosivi provocati dalla corrente uscente dall'area di cantiere, saranno posizionati dei letti in **riprap** di dissipazione, disposti su stese in geotessuto.

Si tratta di difese con materiali inerti naturali caratterizzate dall'essere permeabili ed in grado di subire assestamenti senza danni. La granulometria nominale risulta dimensionata sulla base dei risultati della modellazione idraulica per garantire la stabilità.

Le regole generali di progettazione di protezioni con pietrame sciolto prevedono uno spessore minimo di **30 cm**, anche per ragioni pratiche di realizzazione e di posa. Le dimensioni degli elementi lapidei saranno maggiori rispetto a quelle che la corrente è in grado di trascinare e deve essere fatta in funzione delle sollecitazioni meccaniche a cui verranno sottoposte in esercizio, ovvero le forze di trascinamento dovute alla corrente.

Nelle fasi di progettazione successiva sulla base di sopralluogo in sito, rilievo aggiornato e studio idraulico di dettaglio, sarà possibile definire con maggior accuratezza i punti di scarico idonei e conformi alla topografia esistente.

6.5.2 Piazzole definitive

Durante la vita utile, la situazione post operam consisterà in una piazzola, non oggetto di rinverdimento, nell'intorno della torre di dimensioni pari a circa 158 metri.



Le medesime considerazioni applicate alla fase di cantiere (6.5.1 Fase di cantiere) si applicano alla piazzola in fase di vita utile: è previsto un fosso di guardia perimetrale, al fine di raccordare il deflusso superficiale interno ed esterno, punto di scarico conforme all'idrografia esistente per minimizzare l'impatto delle opere di progetto e, infine, letto in riprap per difendere il suolo al punto di scarico dalla possibile erosione provocata dalla corrente in uscita. Al paragrafo 6.3.1 il dimensionamento del fosso.

Nelle fasi di progettazione successiva sulla base di sopralluogo in sito, rilievo aggiornato e studio idraulico di dettaglio, sarà possibile definire con maggior accuratezza i punti di scarico idonei e conformi all'idrografia esistente.

Per le piazzole permanenti, unitamente al fosso perimetrale, si prevede l'installazione di trincee drenanti, con l'obiettivo di ridurre i picchi di deflusso che gravano sullo scarico finale con conseguente erosione potenziale.

Il paragrafo seguente descrive il dimensionamento della trincea inserita nel sistema di drenaggio.

Trincee drenanti

La realizzazione delle piazzole prevede opere di regimazione idraulica di acque meteoriche tali da garantire il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali esistenti, mitigando gli impatti attraverso l'implementazione di una trincea drenante.

L'acqua infiltrata viene trasportata lungo la trincea attraverso il materiale di riempimento o utilizzando una tubazione drenante collocata alla base della trincea. Per evitare l'intasamento del corpo drenante da parti fini, lo scavo sarà completamente rivestito da strati di tessuto non tessuto.

Sono previsti pozzetti di ispezione e manutenzione.

Si prevede l'utilizzo di una trincea drenante di larghezza minima pari a 1,5 metri e altezza pari a 1 metro. La lunghezza longitudinale, invece, sarà di circa 160 metri pari al perimetro della piazzola.



7. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

7.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA

Il capitolo 4 individua i possibili punti/tratti di interferenza tra le opere in progetto e aree a pericolosità idraulica. Per la classificazione delle aree si è fatto riferimento al PSFF (aggiornato al 2022), al PGRA (aggiornato al 2022), al PAI (aggiornato al 2022) e alle fasce di prima salvaguardia legate alla gerarchizzazione di Horton-Strahler.

Al fine di valutare la compatibilità idraulica, sono state analizzate le interferenze con reticoli idrografici secondo l'ordinamento di Horton e fasce di rispetto delle aste fluviali secondo i piani PAI, PGRA e PSFF con i seguenti elementi:

- Tracciato del cavidotto di connessione;
- Viabilità di nuova realizzazione;
- Viabilità esistente da adeguare;
- Piazzole di cantiere;
- Piazzole permanenti e aerogeneratori.

Relativamente ai piani PAI, PSFF e PGRA, come evidenziato nel capitolo 4, non vi è alcuna interferenza con le piazzole permanenti degli aerogeneratori, vincolo indispensabile per la realizzazione di tali impianti, e con le piazzole di cantiere.

Sono tuttavia presenti interferenze con la viabilità esistente da adeguare e col tracciato del cavidotto di connessione. Nello specifico, un totale di n. 16 interferenze lungo il tracciato del cavidotto di connessione e 1 con la viabilità esistente da adeguare. Non sono riscontrate interferenze tra le viabilità di nuova realizzazione, le piazzole di cantiere e le piazzole definitive

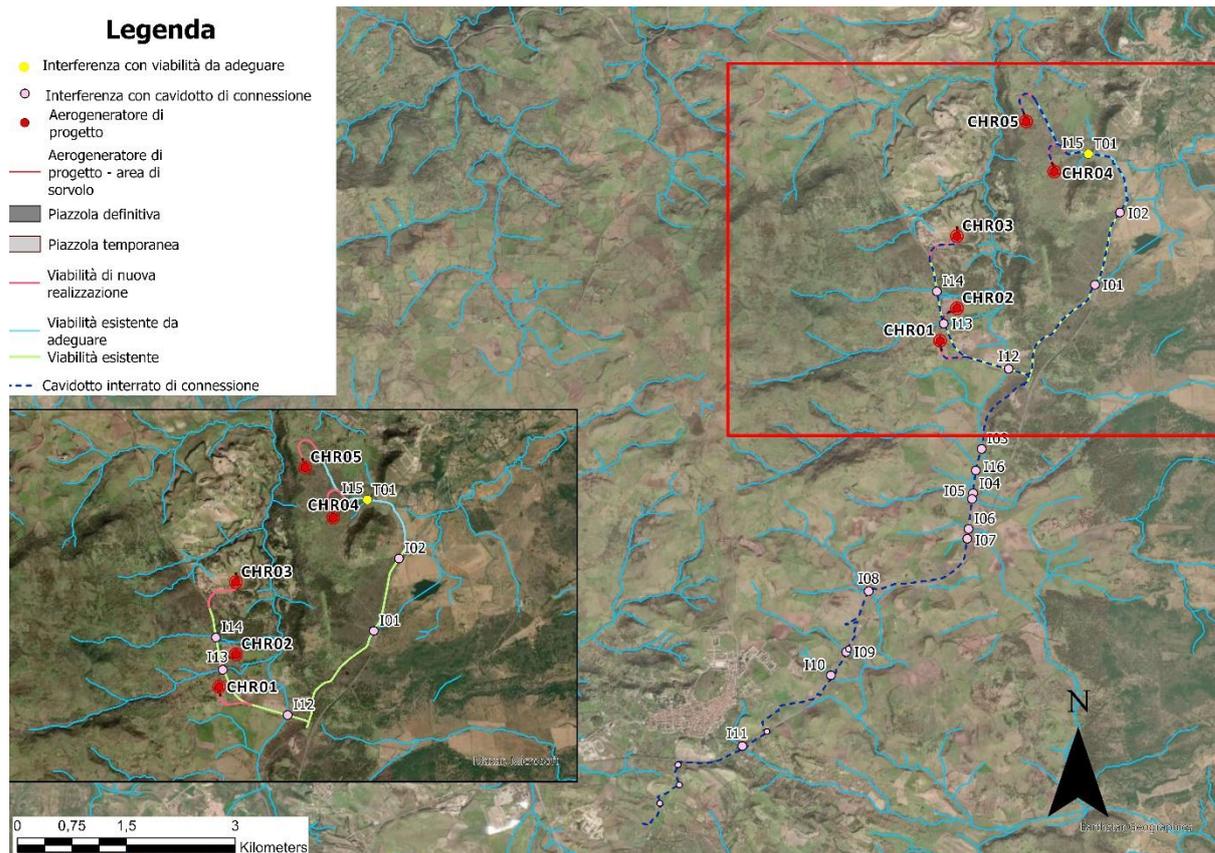


Figura 7.1: Interferenze tra la viabilità esistente da adeguare e l'idrografia (reticolo idrografico ufficiale della Sardegna (denominato «04_ELEMENTO_IDRICO»).

7.2 INTERFERENZE CON VIABILITÀ DI NUOVA REALIZZAZIONE

Sulla base della simulazione del modello digitale del terreno condotta mediante algoritmi TauDEM, delle immagini satellitari, dell'idrografia del Geoportale Nazionale, dei Piani PGRA e PAI, non si è riscontrata alcuna interferenza tra le viabilità di nuova realizzazione con corsi d'acqua significativi e fasce di pericolosità idraulica.

7.3 INTERFERENZE CON VIABILITÀ ESISTENTE DA ADEGUARE

La viabilità esistente da adeguare interferisce in 1 punto con il reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna rappresentato nella. Figura 7.2 come T01.

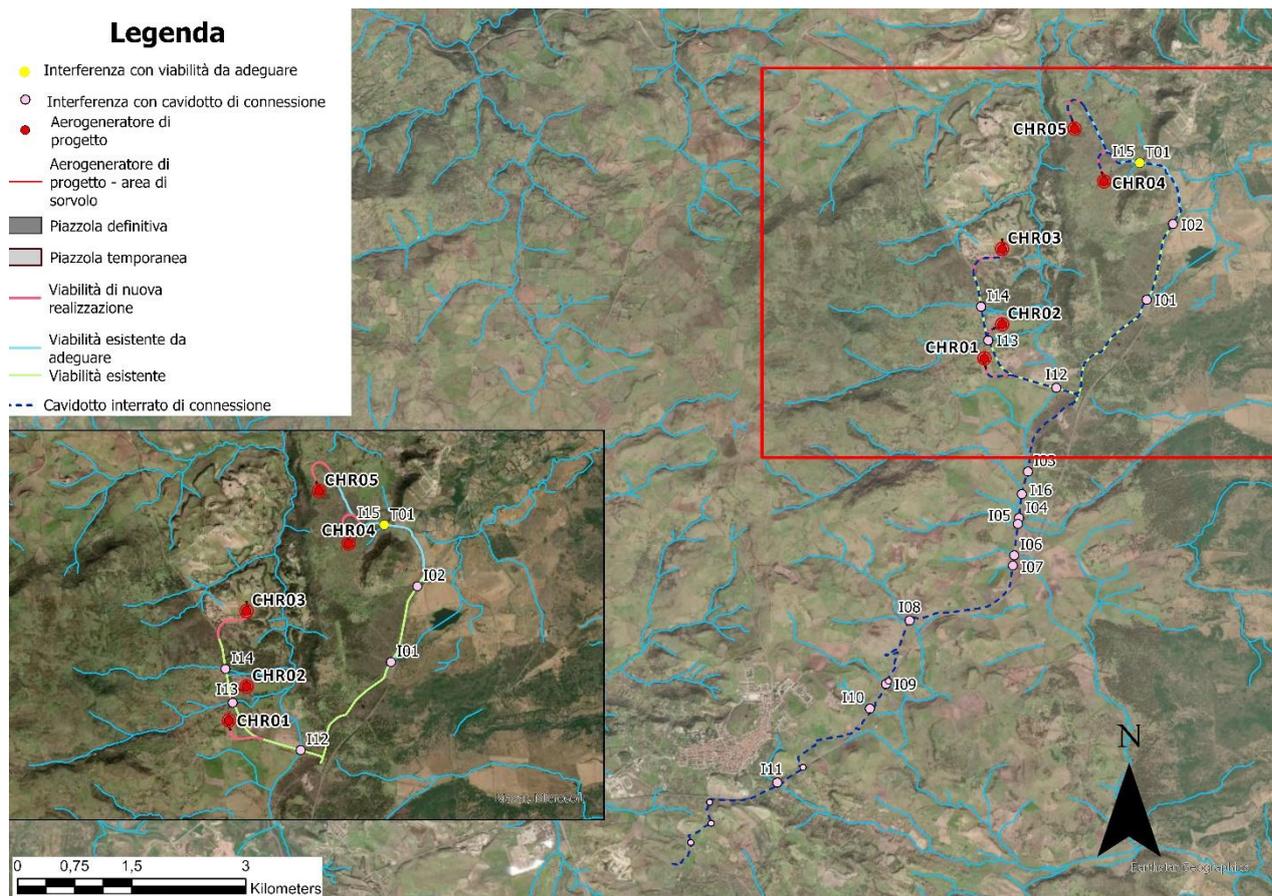


Figura 7.2: Interferenze tra cavidotti di connessione e viabilità e l'idrografia (reticolo idrografico ufficiale della Sardegna (denominato «04_ELEMENTO_IDRICO»)).

L'interferenza T01 avviene con un elemento idrico di ordine 2 identificato come FIUME_140239. Allo stato di fatto è già presente un tombotto che permette il passaggio del deflusso superficiale. Per rendere la fase post operam il più possibile simile allo stato di fatto, si è previsto di superare tale interferenza estendendo il tombotto esistente per l'intero tratto di viabilità da adeguare; si rimanda alla fase esecutiva per la verifica idraulica del tombotto per eventi meteorici con tempo di ritorno di 100 anni.

7.3.1 Viabilità di accesso alle WTG CHR04 e CHR05 - Interferenza T01

Si riporta di seguito l'ubicazione su ortofoto dell'interferenza n.1 tra la viabilità esistente da adeguare e l'idrografia.

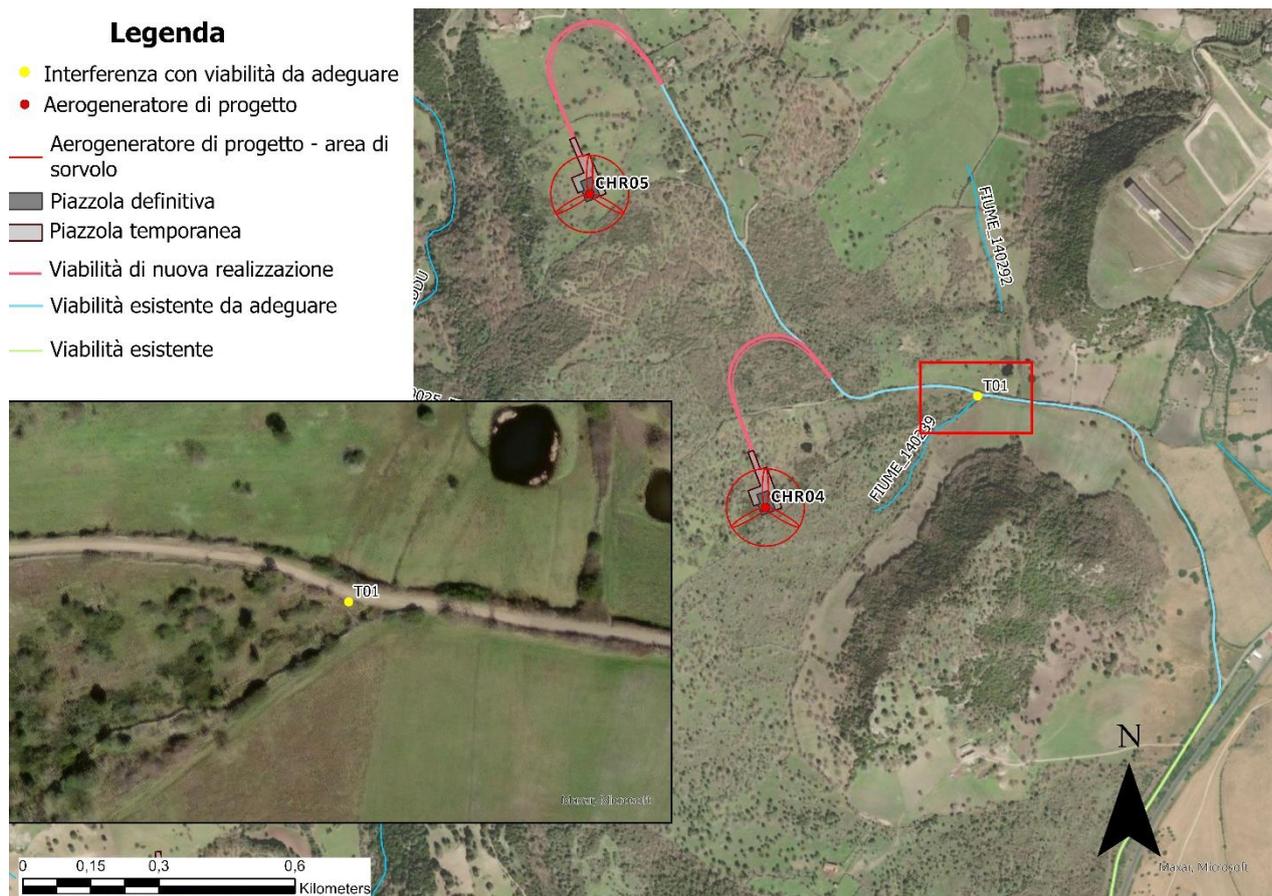


Figura 7.3: Interferenza n.1, tra la viabilità esistente da adeguare e l'idrografia.

Allo stato di fatto, in corrispondenza dell'interferenza n.1, è già presente un tombotto che permette il passaggio del deflusso superficiale. Per rendere la fase post operam il più possibile simile allo stato di fatto, si è previsto di superare l'interferenza n.1 estendendo il tombotto esistente per l'intero tratto di viabilità da adeguare

In corrispondenza dell'attraversamento, sarà prevista una riprofilatura dell'alveo e la posa di pietrame e/o riprap come opera di rinforzo strutturale delle sponde, al fine di prevenire fenomeni erosivi contrastando l'azione idrodinamica della corrente, e andando a ridurre eventuali fenomeni di instabilità gravitativa.

Si rimanda alla fase esecutiva di progetto per il dimensionamento della pezzatura necessaria e la verifica idraulica del tombotto.

7.4 INTERFERENZE CON IL TRACCIATO DEL CAVIDOTTO DI CONNESSIONE

L'identificazione delle interferenze sul tracciato di connessione si è basata sull'analisi del reticolo idrografico disponibile dal Geoportale Nazionale. Sulla base di queste analisi, sono stati individuati 16 punti di interferenza con l'idrografia, i dettagli grafici sono riportati nell'elaborato 2799_4965_CHR_PFTE_R09_T02_Rev0_ATTRAVERSAMENTIIDRAULICI.

Per le interferenze con corsi d'acqua minori, le soluzioni adottate sono di tipo 'trenchless', ovvero una tipologia di interrimento del cavo che non prevede il tradizionale scavo a cielo aperto. Tra le tipologie di *trenchless* vi sono: TOC, microtunnel, spingitubo, ecc.



Tuttavia, non è sempre necessario interrare i cavi con un metodo *trenchless*. Nei lunghi periodi di secca, tipici delle stagioni estive, sono consentiti gli scavi tradizionali purché il cavo venga interrato almeno di 1.5 metri dal punto di impluvio, mentre nelle stagioni critiche più piovose, è opportuno affidarsi ai *trenchless*. Dove è specificato l'impiego di una TOC, è sempre necessario adoperare questa tecnica e si prevede una profondità minima di posa del cavo di 2 metri dal punto più depresso dell'alveo, mentre nelle altre interferenze minori, in piccoli alvei spesso asciutti è sufficiente un cavo interrato alla profondità specificata per le stagioni non piovose. Si tratta dei casi, identificati in Tabella 7.1, con risoluzione "*trenchless/cavo interrato*".

In particolare, quando si riscontrano interferenza con corsi d'acqua significativi (ordine Strahler > 2) la risoluzione utilizzata è la TOC.

Nei casi in cui non è necessaria la tecnologia *trenchless* e la profondità di interro da normativa risulta più restrittiva rispetto a quella dei calcoli idraulici, si potrà adottare la soluzione di interramento.

Il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale ad una profondità minima tra 1,20 m e 1,45 m in funzione del numero di terne presenti nello scavo. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione. Inoltre, nella fase post operam della posa del cavo, non vi sarà ostacolo al deflusso naturale delle acque meteoriche e non si riscontrerà una riduzione delle capacità di invaso delle aree interessate.

Il cavidotto di connessione interferisce nel punto ID 17 con area a pericolosità moderata (Hi1) del PAI. Gli interventi consentiti e non consentiti nella fascia di pericolosità idraulica moderata sono esplicitati nell'NTA del PAI (aggiornamento 2022) dal seguente articolo di interesse:

- ARTICOLO 30: Disciplina delle aree di pericolosità idraulica moderata (Hi1).

Alla luce degli elementi sopra riportati, in conformità con le NTA del PAI, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di alta tensione.

La tabella di seguito riporta un riepilogo per i punti analizzati nel layout di progetto, indicando la tecnologia prevista per la risoluzione dell'interferenza ove presente.

Durante la fase progettuale successiva saranno calcolate le profondità di posa tubazione unitamente al regime idraulico dei corsi d'acqua attraversati.

Legenda

- Interferenza con cavidotto di connessione
- Aerogeneratore di progetto
- Aerogeneratore di progetto - area di sorvolo
- Cavidotto interrato di connessione
- Nuova Stazione Elettrica (SE) Terna con ampliamento a 36 kV

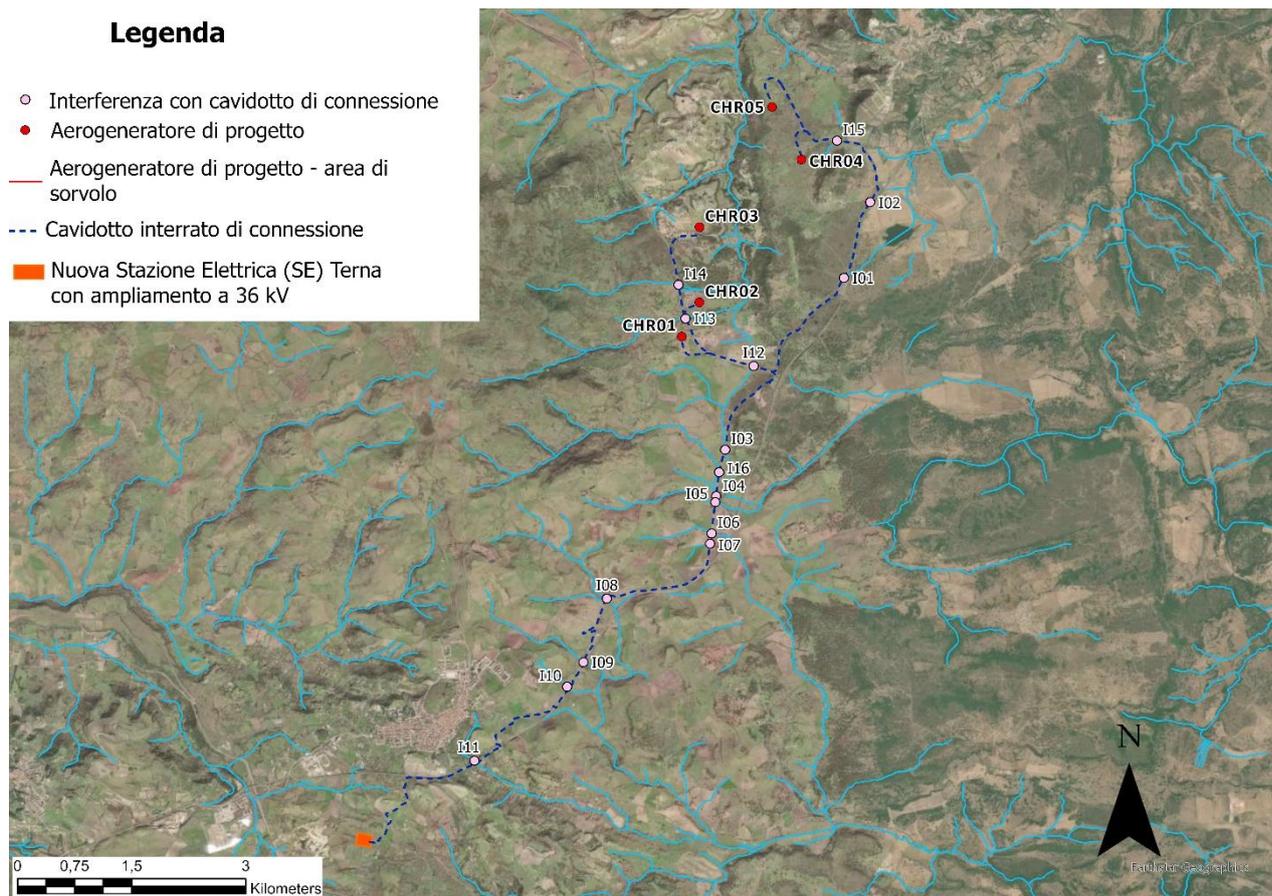


Figura 7.4: Interferenze con l'idrografia lungo il tracciato di connessione.

Tabella 7.1: Elenco interferenze linea connessione

ID INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE	CORSO D'ACQUA ATTRAVERSATO
I01	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	Trenchless / Cavo interrato	Riu Funtana
I02	Interferenza elemento idrico	Trenchless / Cavo interrato	Corso d'acqua non demaniale rilevato da IGM
I03	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	Trenchless / Cavo interrato	Riu Cannedas
I04	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	Trenchless / Cavo interrato	Riu Simeone
I05	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	Trenchless / Cavo interrato	090057_FIUME_70970
I06	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	Trenchless / Cavo interrato	Riu Ena de Pruna
I07	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	Trenchless / Cavo interrato	090057_FIUME_76625
I08	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	Trenchless / Cavo interrato	Riu Pala de Chercu
I09	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	Trenchless / Cavo interrato	Riu Ludu Nieddu
I10	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	Trenchless / Cavo interrato	090057_FIUME_70804
I11	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	Trenchless / Cavo interrato	Riu Badde Josso
I12	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	Trenchless / Cavo interrato	Riu Cannedas
I13	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2; Pericolosità idraulica moderata - PAI	Trenchless / Cavo interrato	Riu Nigolittu
I14	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	Trenchless / Cavo interrato	Riu Badde Olostiu
I15	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	Trenchless / Cavo interrato	FIUME_140239
I16	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	Trenchless / Cavo interrato	Riu Simeone

7.5 INTERFERENZE CON PIAZZOLE DI CANTIERE E DEFINITIVE

Sulla base della simulazione del modello digitale del terreno condotta mediante algoritmi TauDEM, delle immagini satellitari, dell'idrografia del Geoportale Nazionale, dei Piani PGRA e PAI, non si è riscontrata



alcuna interferenza tra le piazzole di cantiere e le piazzole definitive con corsi d'acqua significativi e fasce di pericolosità idraulica.



8. CONCLUSIONE

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto di viabilità e delle piazzole ha analizzato le possibili interferenze con le aree a pericolosità idraulica (Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI, aggiornato al 2020), nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF, aggiornato al 2022) e nel Piano di Gestione Rischio Alluvioni - PGRA, aggiornato al 2020).

Si evidenzia che l'approccio utilizzato nello studio ha posto grande attenzione non solo alla progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche, ma soprattutto all'integrazione delle opere con lo stato di fatto. Si sono quindi minimizzate le interferenze con l'idrografia esistente, sostituendo l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile (infrastrutture grigie) con le infrastrutture verdi, che mitigano gli impatti biofisici delle opere in progetto, riducendo il potenziale rischio idrogeologico, creando benefici ecosistemici e promuovendo gli obiettivi della politica comunitaria.

Questo studio ha messo a confronto lo scenario ante-operam e quello post-operam, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

Si è valutato inoltre che il progetto rispetta i principi dell'invarianza idraulica.

Ciononostante, ai sensi delle migliori pratiche progettuali sono state previste opere di laminazione e infiltrazione (trincee drenanti) nei sistemi di gestione acque meteoriche delle piazzole in progetto.

Nel confronto tra la rete di drenaggio naturale dello stato di fatto e di progetto si segnala che si è prevista una sistemazione del drenaggio oggi assente al fine di indirizzare e distribuire le portate, costituita da canalette di forma trapezia scavate nel terreno naturale. Tra i vantaggi idraulici essi immagazzinano e convogliano le acque scolanti meteoriche favorendo la riduzione dei picchi di deflusso, l'infiltrazione e il rallentamento dei flussi, a seconda della pendenza. La viabilità di accesso sarà corredata da un fosso di guarda per ogni lato della carreggiata, con tubazioni sotto il piano stradale nel caso di versanti ripidi e bacini di scolo significativi gravanti sul piano stradale. Tali scelte consentono di evitare di modificare la rete naturale, senza interferenze nella costruzione della viabilità e nella disposizione delle piazzole.

Tali scelte consentono di evitare di modificare la rete naturale, senza interferenze nella costruzione della viabilità e nella disposizione delle piazzole.

Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'ingegneria naturalistica.

Nel mantenimento dei limiti della profondità di interrimento, ai sensi delle norme vigenti in materia di cavidotti elettrici, la distanza tra fondo alveo e cielo tubazione posata potrà essere ricalcolata nella fase successiva progettuale, in seguito a raccolta di campioni granulometrici e dettaglio delle sezioni topografiche di impalcato e sezioni naturali.