

OTTOBRE 2022



Sardeolica S.r.l. - Gruppo SARAS
PARCO EOLICO ON-SHORE "ASTIA"

POTENZA NOMINALE 31,7 MWp

COMUNE DI VILLAMASSARGIA (Sulcis Iglesiente)

Montana

ELABORATO R31

**RELAZIONE IDROLOGICA E
IDRAULICA**

Progettista

Ing. Laura Conti / Ordine Ing. Prov. Pavia n.1726

Coordinamento

Riccardo Festante

Eleonora Lamanna

Carla Marcis

Codice elaborato

*2527-4953-VM_VIA_R31_Rev0_Relazione idrologica e
idraulica.docx*

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2527-4953-VM_VIA_R31_Rev0_Relazione idrologica e idraulica.docx	31/10/2022	Prima emissione	SMo/MI	EL/CM	L.Conti

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Conti	Direttore Tecnico - Progettista	Ord. Ing. Prov. PV n. 1726
Riccardo Festante	Coordinamento Progettazione, Tecnico competente in acustica	ENTECA n. 3965
Eleonora Lamanna	Coordinamento Studi Specialistici, Studio di Impatto Ambientale	
Carla Marcis	Coordinamento Progettazione, Ingegnere per l'Ambiente ed il Territorio, Tecnico competente in acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 6664 – Sez. A ENTECA n. 4200
Ali Basharзад	Progettazione civile e viabilità	Ord. Ing. Prov. PV n. 2301
Massimiliano Kovacs	Geologo - Progettazione Civile	Ord. Geologi Lombardia n. 1021
Massimo Busnelli	Geologo – Progettazione Civile	
Giuseppe Ferranti	Architetto – Progettazione Civile	Ord. Arch. Prov. Palermo – Sez. A Pianificatore Territoriale n. 6328
Fabio Lassini	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Vincenzo Gionti	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Lia Buvoli	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	
Sonia Morgese	Ingegnere Civile Ambientale – Esperto Ambientale Idraulica 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





<i>Lorenzo Griso</i>	<i>Esperto GIS - Esperto Ambientale Junior</i>	
<i>Sara Zucca</i>	<i>Architetto – Esperto GIS - Esperto Ambientale</i>	
<i>Andrea Mastio</i>	<i>Ingegnere per l’Ambiente e il Territorio - Esperto Ambientale Junior</i>	
<i>Andrea Fronteddu</i>	<i>Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica</i>	<i>Ord. Ing. Cagliari n. 8788 – Sez. A</i>
<i>Matthew Piscedda</i>	<i>Esperto in Discipline Elettriche</i>	
<i>Francesca Casero</i>	<i>Architetto – Esperto GIS - Esperto Ambientale Junior</i>	

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 GENERALE	6
1.1 PRESENTAZIONE DEL PROGETTO.....	6
1.2 LOCALIZZAZIONE AREA DI INTERVENTO	6
1.3 DATI GENERALI DEL PROGETTO	7
1.4 SCOPO DEL DOCUMENTO	8
2. DATI DI RIFERIMENTO	9
2.1 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO (DTM)	9
2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO	9
3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	10
3.1 COPERTURA DEL SUOLO	10
3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	12
3.2.1 Inquadramento geomorfologico.....	12
3.2.2 Inquadramento geologico	12
3.2.3 Inquadramento idrogeologico	15
3.3 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....	18
3.3.1 Idrografia superficiale.....	18
4. STUDIO PRELIMINARE DELLA COMPATIBILITÀ E INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL’AREA DI PROGETTO	21
4.1 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....	21
4.2 PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF)	22
4.3 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA).....	23
4.4 RETICOLO IDROGRAFICO: FASCE DI PRIMA SALVAGUARDIA	25
4.5 INVARIANZA IDRAULICA.....	28
4.6 CONCLUSIONI	28
5. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI	29
5.1 AEROGENERATORI	29
5.2 VIABILITÀ.....	29
5.3 PIAZZOLE	29
6. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO	31
6.1 CRITERI DI PROGETTO	31
6.2 CALCOLI IDROLOGICI	32
6.2.1 Considerazioni climatiche.....	32
6.2.2 Scelta del tempo di ritorno.....	33
6.2.3 Analisi probabilistica delle precipitazioni intense	34
6.2.4 Valutazione della pioggia efficace (netta)	39
6.2.5 Valutazione post operam e fase di cantiere.....	40
6.2.6 Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto post-operam	41
6.3 CALCOLI E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI	41
6.3.1 Fosso di guardia e tubazioni.....	42
6.3.2 Trincea drenante.....	43
6.4 SISTEMA DI GESTIONE ACQUE METEORICHE - VIABILITÀ	44



6.4.1 Sistema di gestione acque meteoriche: strade	44
6.4.2 Tipologico-Fosso di guardia e tubazioni	45
6.4.3 Risoluzione delle potenziali interferenze con eventuali solchi di drenaggio naturali	47
6.5 SISTEMA DI GESTIONE ACQUE METEORICHE - PIAZZOLE	48
6.5.1 Fase di cantiere	48
6.5.2 Piazzole definitive	50
7. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	53
7.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA	53
7.2 INTERFERENZA CON LINEA DI CONNESSIONE.....	53
7.2.1 Metodologia di verifica profondità di sicurezza posa toc.....	56
7.2.2 P01	59
7.2.3 P02	60
7.2.4 P03	62
7.2.5 P04	63
7.2.6 P05	65
7.2.7 P06	66
7.2.8 P07	69
7.2.9 P08	71
7.2.10 P09	73
7.2.11 P10	75
7.2.12 P11	76
7.2.13 P12	78
7.2.14 P13	79
7.2.15 P14	81
7.2.16 PSFF.....	82
7.2.17 P15	83
7.2.18 P16	85
7.2.19 P17	87
7.2.20 P18	90
7.2.21 P19	91
7.2.22 T01	93
7.2.23 Altre interferenze.....	97
7.3 INTERFERENZA CON PIAZZOLE DI CANTIERE	99
8. CONCLUSIONE	100

1. PREMESSA GENERALE

1.1 PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

Il presente documento costituisce parte integrante del progetto definitivo per la realizzazione di un nuovo Parco eolico della potenza complessiva di 31,7 MW, che prevede l'installazione di 5 aerogeneratori (di cui 4 da 6,8 MW e 1 da 4,5 MW), nel territorio comunale di Villamassargia (Sulcis-Iglesiente), la realizzazione delle relative opere di connessione nei comuni di Villamassargia e Musei (cavidotto interrato e cabina di consegna), nonché la predisposizione della viabilità, delle opere di regimentazione delle acque meteoriche e delle reti tecnologiche a servizio del Parco.

La Società proponente è la Sardeolica S.r.l., con sede legale in VI strada Ovest, Z. I. Macchiareddu 09068 Uta (Cagliari) e sede amministrativa in Milano, c/o Saras S.p.A., Galleria Passarella 2, 20122 – Milano.

1.2 LOCALIZZAZIONE AREA DI INTERVENTO

L'area oggetto di studio ricade nei comuni di Villamassargia (aerogeneratori, cavidotto interrato e cabina di smistamento) e Musei (cavidotto interrato e cabina di consegna), in un territorio caratterizzato da rilievi boscosi, tra la pianura campidanese e le aree montuose dell'Iglesiente. La successiva illustra l'inquadramento territoriale dell'area di interesse su ortofoto.

I Comuni di Villamassargia e di Musei cadevano nella Provincia Sud Sardegna, secondo la riforma della L.R. n. 2 del 4 febbraio 2016 - "Riordino del sistema delle autonomie locali della Sardegna". La LR n.7 del 12 aprile 2021 riorganizza la Regione in 8 Province: Città metropolitana di Sassari, Città metropolitana di Cagliari, Nord-Est Sardegna, Ogliastra, Sulcis Iglesiente, Medio Campidano, Nuoro e Oristano; sulla base di questa legge il Comune di Villamassargia rientra nella Provincia Sulcis Iglesiente.

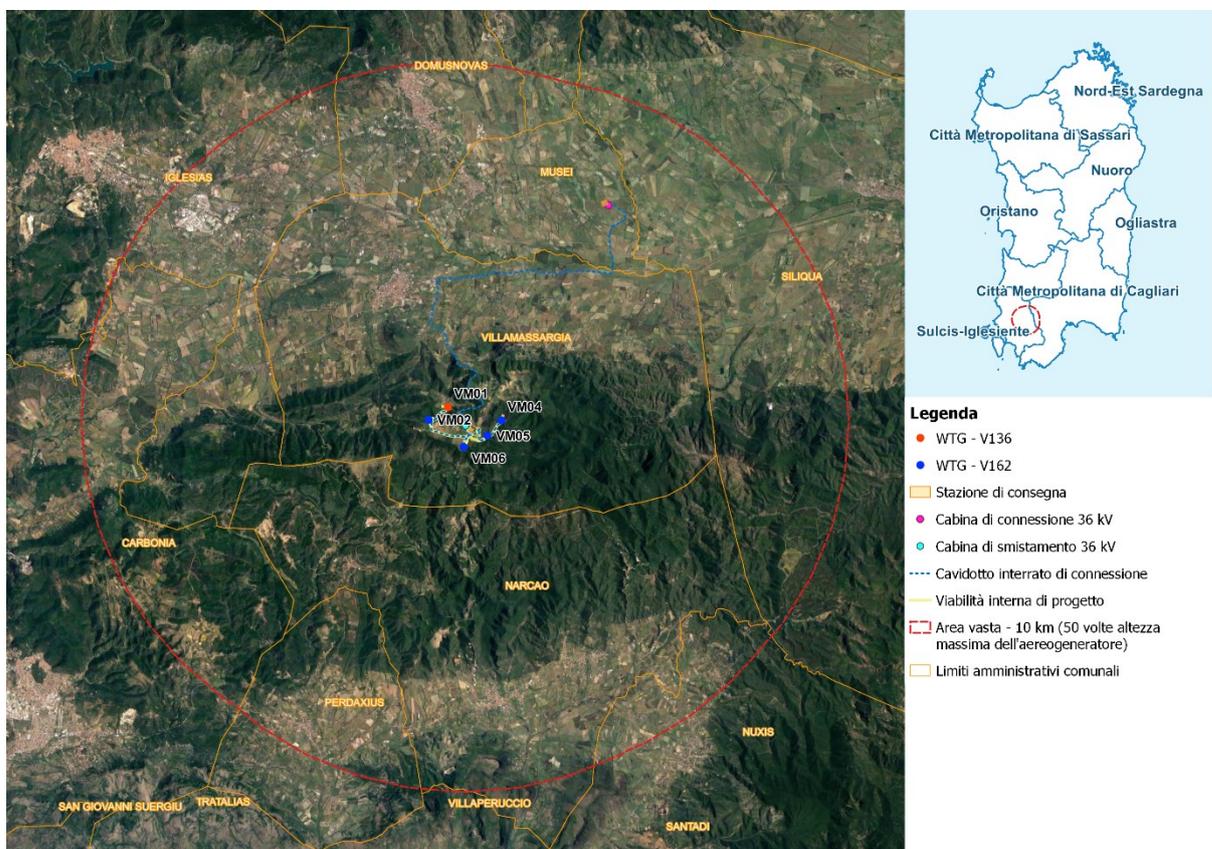


Figura 1.1: Inquadramento generale dell'area di progetto

Allo stato attuale, la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata, prevede che l’impianto eolico venga collegato in antenna a 36 kV alla sezione 36 kV della Stazione Elettrica (SE) di successiva realizzazione, ipotizzata nel territorio comunale di Musei.

La connessione alla suddetta Stazione elettrica sarà realizzata mediante una linea elettrica 36 kV di circa 100 m in partenza da una cabina denominata di connessione e raccolta; a quest’ultima arriveranno le linee di alimentazione da una seconda cabina, detta di smistamento, in cavo interrato 36 kV posizionata ad una distanza di circa 14 km dalla prima. Alla cabina di smistamento arriveranno le linee a servizio delle WTG collegate tra loro in configurazione entra-esce.

1.3 DATI GENERALI DEL PROGETTO

Nella Tabella 1-1.1 sono riepilogati i dati principali del progetto, mentre in Tabella 1-1.2, in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell’impianto e delle singole WTG che si prevede di installare.

Tabella 1-1.1: Dati di progetto

PARAMETRO	DESCRIZIONE
Richiedente	Sardegolica S.r.l.
Luogo installazione parco eolico	Territorio comunale di Villamassargia
Denominazione impianto	Astia
Potenza nominale parco eolico	31,7 MW
Numero aerogeneratori	5
Connessione	Interfacciamento alla rete mediante connessione in MT su stazione elettrica (SE) della RTN da realizzare (STMG prot. N. GRUPPO TERNA/P20210104707-23/12/2021)
Area interessata dall’intervento	Territori comunali di Villamassargia (WTG e opere di connessione) e Musei (opere di connessione)
Coordinate impianto (wgs84) (accesso al sito)	39°14'14.54"N 8°39'57.64"E

Tabella 1-1.2: Coordinate WTG proposte (sistema di coordinate Monte Mario – fuso ovest – EPSG 3003) e principali caratteristiche degli aerogeneratori

WTG	COORDINATE GEOGRAFICHE		TIPOLOGIA E CARATTERISTICHE AEROGENERATORE				
	Latitudine N	Longitudine E	Modello	Potenza nominale [MW]	Altezza al mozzo [m]	Diametro rotore [m]	Altezza totale [m]
VM01	4343971	1470579	Vestas V136	4,5	82	136	150
VM02	4343602	1470021	Vestas V162	6,8	119	162	200
VM04	4343588	1472121	Vestas V162	6,8	119	162	200
VM05	4343143	1471713	Vestas V162	6,8	119	162	200
VM06	4342815	1471030	Vestas V162	6,8	119	162	200

1.4 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica per la realizzazione di un nuovo parco eolico ‘on-shore’ denominato “ASTIA”, 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 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 ricevitore 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 (DTM)

Attraverso il portale dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è stato ottenuto, dal progetto “Tinity”, 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:

- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- 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;
- 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;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010;
- 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;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate Irrigation - FAO – HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual pubblicato da FHWA (Federal highway administration-US Department of transportation).
- 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.

3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

3.1 COPERTURA DEL SUOLO

Nell’ambito dello studio idrologico e del calcolo è stata valutata sia la copertura del terreno sia l’uso del suolo dell’area di ubicazione delle opere dell’impianto eolico.

Le WTG hanno un’elevazione compresa tra i 415 e i 480 metri s.l.m. Secondo il progetto CORINE Land Cover, l’area di interesse è occupata da colture agrarie estensive (Figura 3.1). Nelle aree limitrofe, il suolo è occupato da vegetazione sclerofilla.

Nelle figure seguenti si illustrano l’uso del suolo aggiornato al 2018 CORINE Land Cover (Figura 3.1) ed alcune immagini di foto effettuate durante un sopralluogo in data 13 Aprile 2022 (Figura 3.2 e Figura 3.3).

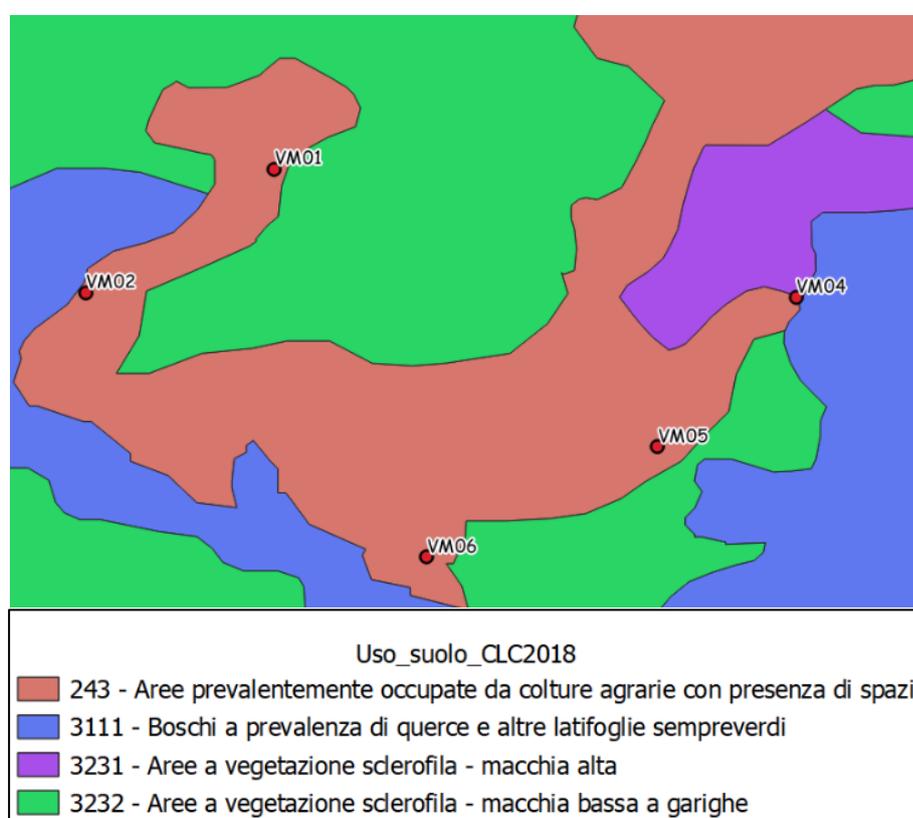


Figura 3.1: Stralcio carta uso del suolo 2018, CORINE Land Cover.



Figura 3.2: paesaggio intorno alla torre WM02.



Figura 3.3: Paesaggio intorno alla torre VM04.

Come illustrato nelle figure le aree in progetto sono situate in prossimità delle colline circondate da terreni coltivati e non, caratterizzati da piccoli arbusti.

3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.2.1 Inquadramento geomorfologico

La geomorfologia dell’area è fortemente influenzata dall’assetto strutturale e dalle caratteristiche litologiche del substrato. Non si hanno indizi, almeno nell’area esaminata, dell’attività di movimenti neotettonici presenti lungo il bordo del Campidano o del Cixerri che sono classicamente considerate fosse tettoniche con attività plio-pleistocenica.

Un ruolo erosivo importante è stato operato dal modellamento di una superficie di spianamento che caratterizza la parte più elevata del Sulcis e dunque tutti i rilievi che delimitano a N e a S il bacino del Cixerri.

Sui rilievi che delimitano il bacino questa superficie ha dato vita ad ampie spianate modellate quasi ovunque sul basamento paleozoico a quote medie di 500-600 m.

Sui rilievi lo spianamento ha condotto all’erosione i sedimenti terziari, e quelli vulcanici oligo-miocenici, sempre assenti sui rilievi. Localmente i processi di erosione areale hanno riesumato la superficie di discordanza presente alla base della formazione del Cixerri. L’importanza dell’erosione selettiva è inoltre responsabile della presenza della genesi dei picchi quali M. Gioiosa Guardia, Castello Acquafredda, il M. Sa Pibionada ed il M. Niu de Crobu.

La maggiore impronta nel modellamento dell’area è però dovuta ai processi fluviali che nei bacini del Campidano e del Cixerri hanno dato origine ai depositi di pianura e di conoide alluvionale, più o meno terrazzati.

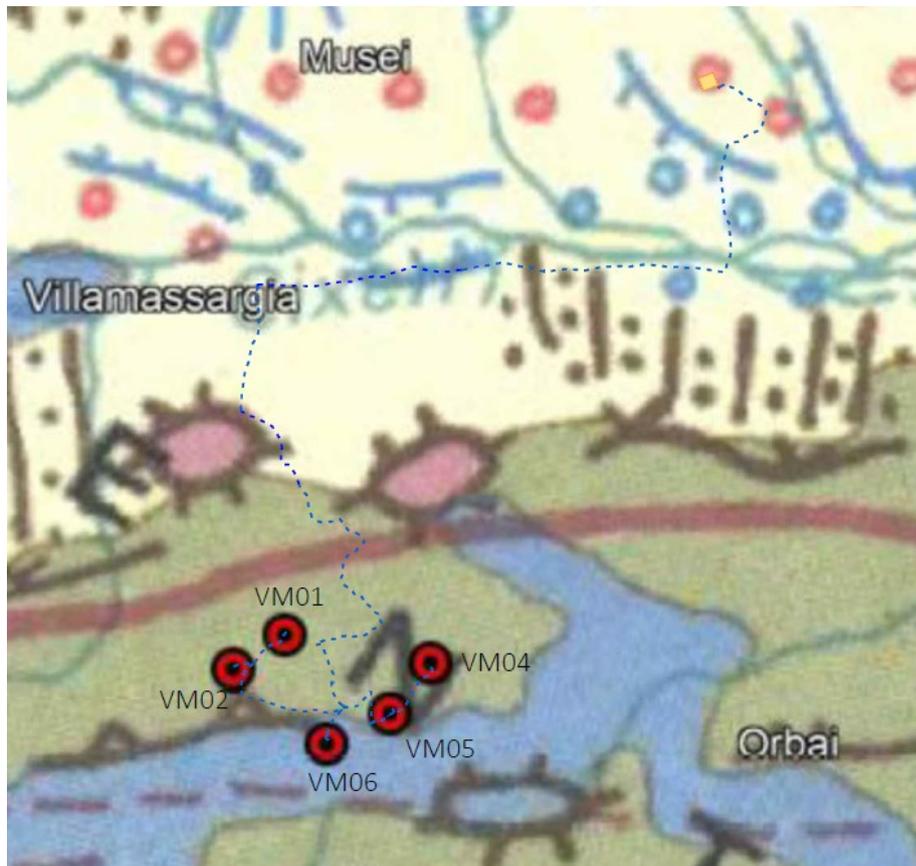


Figura 3.4: Stralcio carta geomorfologica (fonte www.geonico.it)



3.2.2 Inquadramento geologico

L’assetto geologico e stratigrafico del Sulcis è molto complesso, poiché affiorano successioni sedimentarie e corpi magmatici di età molto antica, alcuni dei quali sono interessati da due eventi deformativi orogenici (orogenesi caledoniana e orogenesi varisica) che hanno prodotto intense deformazioni, fenomeni di metamorfismo e hanno prodotto intrusioni di corpi granitoidi.

A questi importanti eventi geologici sono seguiti altri eventi deformativi di minore intensità, legati alla complessa ed articolata evoluzione geologica successiva all’orogenesi ercinica (di età mesozoica e cenozoica), che hanno prodotto deformazioni soprattutto di tipo fragile, con sviluppo di faglie trascorrenti e di faglie dirette.

Dal punto di vista geologico-stratigrafico, l’area è costituita prevalentemente da rocce metamorfiche paleozoiche, da subordinati depositi sedimentari di età terziaria e da coperture alluvionali ed eluviocolluviali di età quaternaria.

La successione stratigrafica circostante l’area di interesse inizia con rocce metamorfiche di età cambriana appartenenti alla Formazione di Nebida, sormontate dalla potente successione carbonatica della Formazione di Gonnese (“Metallifero”, Auct.). Si passa quindi prima alla formazione carbonatica terrigena di Campo Pisano (“Calcescisti”, Auct.) e poi a quella terrigena di Cabitza.

La successione descritta è interessata da una importante fase deformativa di età ordoviciana media (“Fase Sarda”, Auct.) che ha prodotto deformazioni, un blando metamorfismo, intrusioni di rocce granitoidi (gli Ortogneiss di Capo Spartivento) e la famosa discordanza (“Discordanza Sarda”) tra la successione Pre-Ordoviciana medio e quella dell’Ordoviciano superiore-Carbonifero inferiore che caratterizza la parte alta della successione paleozoica del Sulcis e dell’Iglesiente.

Dal punto di vista strutturale, i caratteri principali del basamento paleozoico sardo e quindi pure quello del Sulcis-Iglesiente, derivano soprattutto dall’orogenesi ercinica, che ha prodotto importanti deformazioni, metamorfismo e magmatismo (*Figura 3.5*).

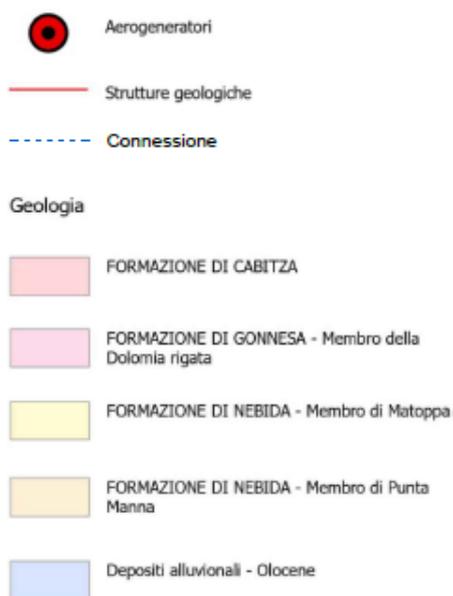
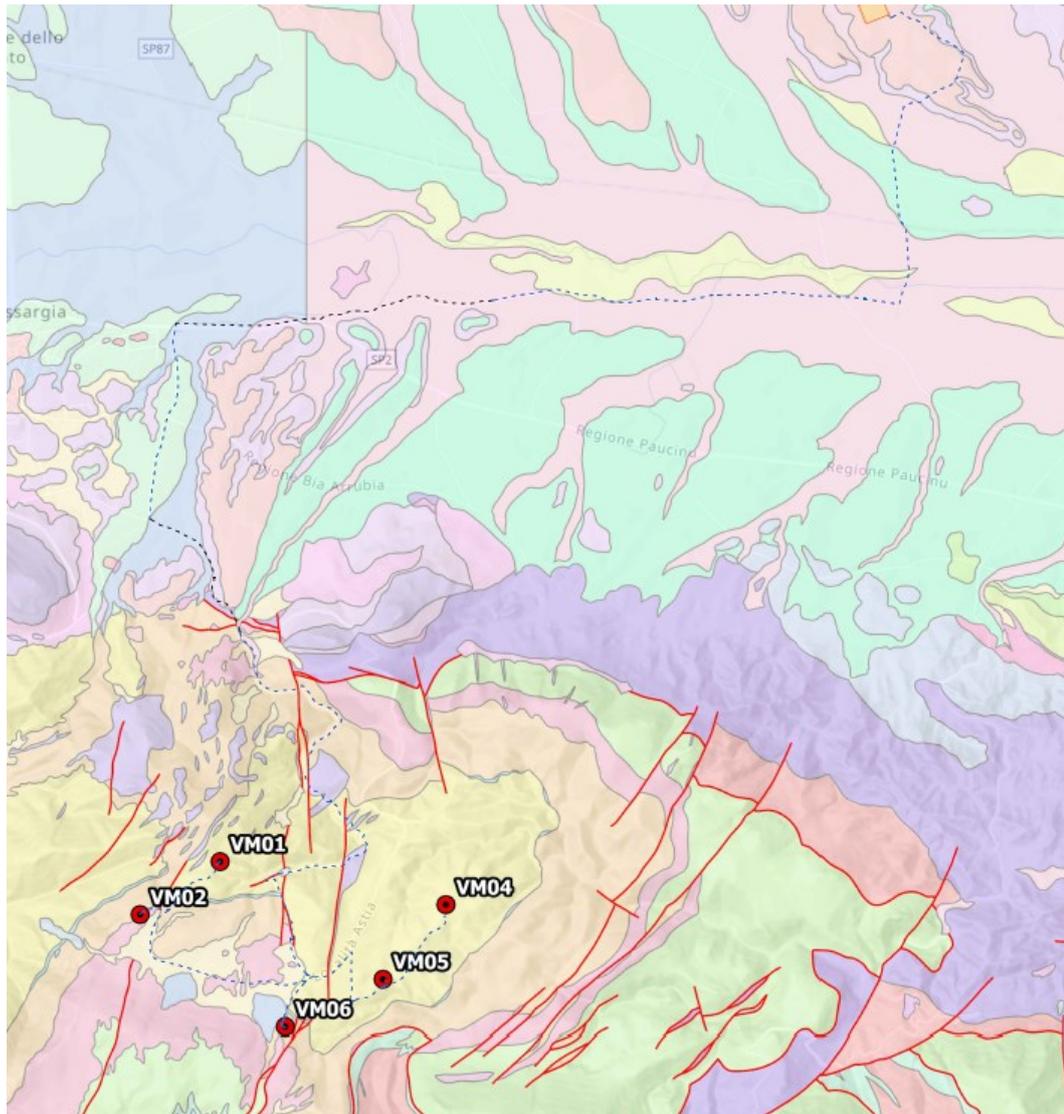


Figura 3.5: stralcio carta geologica

3.2.3 Inquadramento idrogeologico

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio sono molto variabili in rapporto alla variabilità delle caratteristiche litologiche o giaciture dei terreni presenti.

Le Unità Idrogeologiche rappresentano domini omogenei dal punto di vista stratigrafico e strutturale, con caratteristiche di permeabilità uniformi (grado e tipo), con comportamento analogo nei confronti dell’infiltrazione e dell’immagazzinamento, tra loro idraulicamente indipendenti e definite sulla base dei litotipi e dell’assetto geo-strutturale dell’area in oggetto e di considerazioni concernenti i meccanismi idraulici ed i parametri petrofisici caratteristici, tenendo comunque presente il loro grado di eterogeneità ed anisotropia.

Il tipo di permeabilità (porosità, fessurazione e/o carsismo) attribuito alle Unità Idrogeologiche dipende dalla natura dei litotipi che la costituiscono.

La permeabilità per porosità è tipica di rocce clastiche (siano esse sciolte, semicoerenti o coerenti), caratterizzate da meccanismi di circolazione negli interstizi intercomunicanti (porosità primaria o secondaria).

La permeabilità per fratturazione è tipica di rocce detritico-sedimentarie, carbonatiche, magmatiche (siano esse vulcaniche o intrusive) e metamorfiche. In esse i meccanismi di circolazione sono impostati lungo fratture primarie (fratture di ritenzione termica, clivaggio, etc.) o secondarie (fratture tettoniche, fratturazione da pressione di fluidi epitermali circolanti). I litotipi carbonatici sono inoltre generalmente caratterizzati dallo sviluppo di fenomeni carsici che inducono la creazione di una rete di fratture comunicanti.

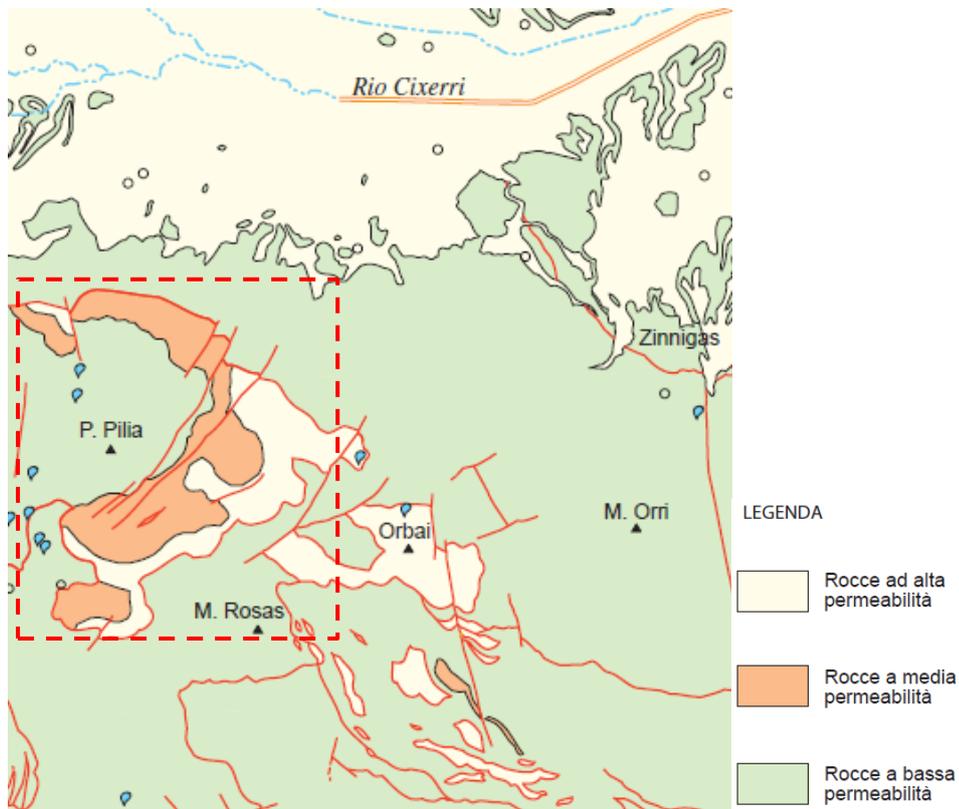


Figura 3.6: Stralcio carta della permeabilità, nel rettangolo tratteggiato in rosso l’area di progetto

Con riferimento alla Figura 3.7, in corrispondenza dell’area di studio sono presenti fondamentalmente le seguenti unità idrogeologiche:



SIGLA	Nome Unità Idrogeologica	Litologia	Descrizione permeabilità
OI-M 	Unità dei detriti di versante e dei depositi antropici minerari olocenica	Discariche minerarie, abbancamenti di fini di laveria, bacini di decantazione.	Tipo di permeabilità: porosità primaria. Grado di permeabilità: MEDIO-BASSO, localmente MEDIO nei livelli a matrice più grossolana.
OI-A 	Unità delle alluvioni quaternarie olocenica - pleistocenica	Alluvioni ciottolose con intercalazioni sabbiose terrazzate, depositi dei letti fluviali attuali.	Tipo di permeabilità: porosità primaria. Grado di permeabilità: MEDIO-BASSO, localmente MEDIO nei livelli a matrice più grossolana.
OIM-V 	Unità delle vulcaniti oligo-mioceniche	Lave andesitiche cupoliformi.	Tipo di permeabilità: fratturazione. Grado di permeabilità: BASSO, localmente MEDIO in corrispondenza delle aree più fratturate.
EO-Dt 	Unità detritica eocenico-oligocenica	Alternanze di conglomerati, arenarie, argille e subordinati calcari.	Tipo di permeabilità: fratturazione. Grado di permeabilità: MEDIO-BASSO localmente MEDIO nei livelli a matrice più grossolana.
CP-SB 	Unità silicea e basica idrotermale-tardoercinica	Filoni di quarzo, filoni lamprofirici, filoni basici, "quarziti" Auct.	Tipo di permeabilità: fratturazione. Grado di permeabilità: BASSO, localmente MEDIO in corrispondenza delle aree più fratturate.
COr-Me 	Unità metamorfica cambro-ordoviciana	Metarenarie, metasiltiti, metavulcaniti basiche, metavulcanoclastiti, metacalcari silicizzati, metaconglomerati, quarziti, microconglomerati quarzosi.	Tipo di permeabilità: fratturazione. Grado di permeabilità: BASSO, localmente MEDIO in corrispondenza delle aree più fratturate.
C-Ca 	Unità carbonatica cambriana	Metacalcari micritici generalmente massivi, dolomie massive, dolomie e metacalcari dolomitici sottilmente laminati, metacalcari nodulari in alternanza con metargilliti.	Tipo di permeabilità: fratturazione e carsismo. Grado di permeabilità: MEDIO-ALTO
C-Me 	Unità metamorfica cambriana inferiore	Metarenarie, metargilliti, metasiltiti, metacalcari in lenti e banchi.	Tipo di permeabilità: fratturazione e subordinato carsismo nei livelli carbonatici. Grado di permeabilità: BASSO, localmente MEDIO in corrispondenza delle aree più fratturate e nei livelli carbonatici.

In dettaglio gli aerogeneratori ricadono in:

- VM01 – VM04 – VM05: unità metamorfica denominata C-Me
- VM02: unità carbonatica denominata C-Ca
- VM06: unità silicea e basica idrotermale denominata CP-SB

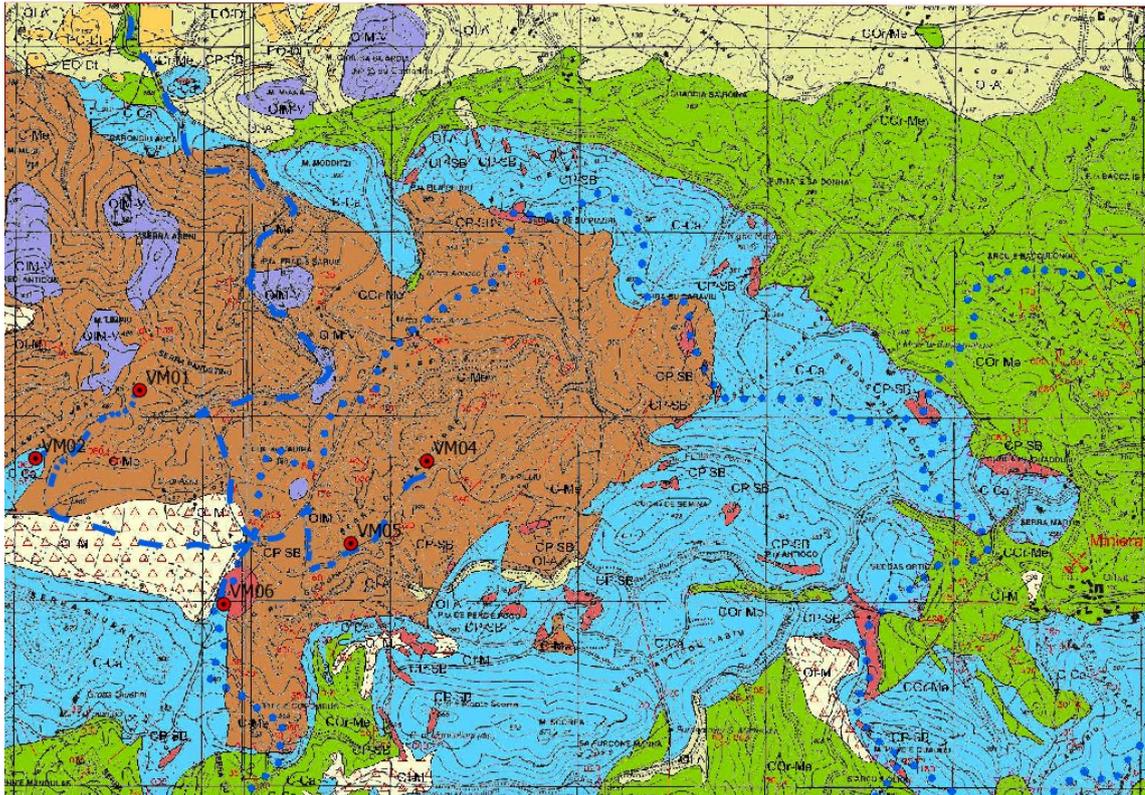


Figura 3.7: Stralcio carta idrogeologica (fonte: Piano ulla caratterizzazione dell'area mineraria dismessa di Orbai – tavola n. 3 redatto da Progemisa nel settembre 2006)

Nell'area in oggetto è presente un solo acquifero principale, costituito dall'Unità carbonatica cambriana, che nell'area in studio rappresenta, per estensione areale e potenza, l'acquifero più importante. Tale acquifero, generalmente confinato, è definibile come una serie di serbatoi semidipendenti separati da discontinuità strutturali, riempimenti di fratture e cavità carsiche; in ciascuno di essi, il deflusso delle acque è condizionato dalla direzione prevalente e dalla frequenza delle fratture e subordinatamente dai giunti di stratificazione.

Per ulteriori dettagli circa l'inquadramento geologico si rimanda all'elaborato tecnico 2527-4953-VM VIA R25 Rev0 Relazione geologica.

3.3 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

3.3.1 Idrografia superficiale

Con deliberazione in data 30.10.1990 n. 45/57, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987. L'intero territorio della Sardegna è suddiviso in sette sub-bacini, ognuno dei quali caratterizzato in grande da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale.

Secondo la classificazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) aggiornato al 2015 della Regione Autonoma Sardegna, l'area di progetto è inclusa nel sub-bacino num. 07 Flumendosa – Campidano – Cixerri. Il Sub_Bacino si estende per 5960 Km², pari al 24.8 % del territorio regionale; è l'area più antropizzata della Sardegna ed il sistema idrografico è interessato da diciassette opere di regolazione in esercizio e otto opere di derivazione. I bacini idrografici di maggior estensione sono costituiti dal Flumendosa, dal Flumini Mannu, dal Cixerri, dal Picocca e dal Corr'e Pruna; numerosi bacini minori risultano compresi tra questi e la costa.

Nell'ambito del seguente studio si considera il Riu Cixerri.

Il riu Cixerri, di lunghezza totale pari a circa 42 km, nasce poco a sud di Iglesias e percorre l'omonima valle in direzione W-E, con un andamento a tratti monocursale artificializzato; confluisce nella piana del Campidano dopo aver oltrepassato la soglia di Siliqua sfociando nello Stagno di Santa Gilla. L'asta del Cixerri si sviluppa all'interno di un dominio prevalentemente alluvionale in una valle ampia (depressione di origine tettonica), debolmente incisa, delimitata da bordi netti e ripidi con un alveo a debole pendenza caratterizzato da un ridotto trasporto solido.

L'analisi su ortofotocarta, riportata nella relazione monografica del sub-bacino, effettuata lungo il riu Cixerri ha evidenziato dal punto di vista geomorfologico cinque tratti omogenei ben distinti.

Il comune di Villamassargia è localizzato a monte del fiume Cixerri, per cui è bene considerare i primi due tratti geomorfologici.

Il primo tratto si presenta interamente rettificato e canalizzato, con sezione trapezia, per una lunghezza di circa 7 km dalla località Furriadroxu Cadeddu fino alla confluenza con il riu Arriali, affluente secondario di sinistra. Non sono presenti paleoalvei potenzialmente riattivabili, mentre sono invece frequenti e fittamente distribuiti i canali e i solchi di erosione, riattivabili in caso di eventi di piena eccezionale. In corrispondenza della confluenza in sinistra idrografica con il riu Arriali, si riscontra un consistente allargamento della piana alluvionale, fino a 1.500 m circa, che ospita numerose forme di erosione testimonianti il passaggio delle correnti di piena.

Il secondo tratto si estende dalla confluenza con il riu Arriali alla località Campu Foras. Il tratto ha la conformazione di un corso d'acqua naturale, privo di opere idrauliche, che scorre all'interno di una vasta valle (larga circa 1.000 m) con debole pendenza, definita dai versanti che delimitano la Fossa del Cixerri. L'alveo tende alle caratteristiche di tipo ramificato e risultano individuabili sul fondovalle numerose evidenze di canali di erosione, canali riattivabili e di forme relitte.

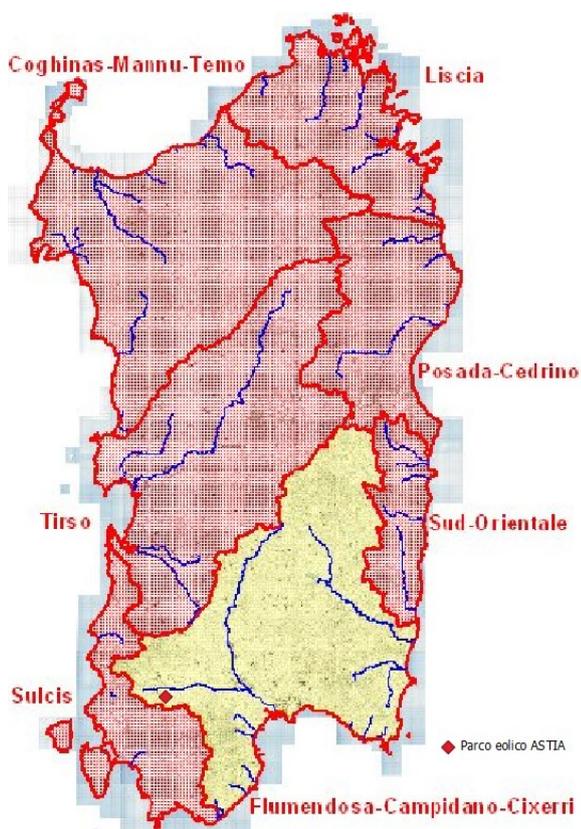


Figura 3.8: Bacini idrografici della regione Sardegna (in linea rossa) e localizzazione del parco eolico di ASTIA.

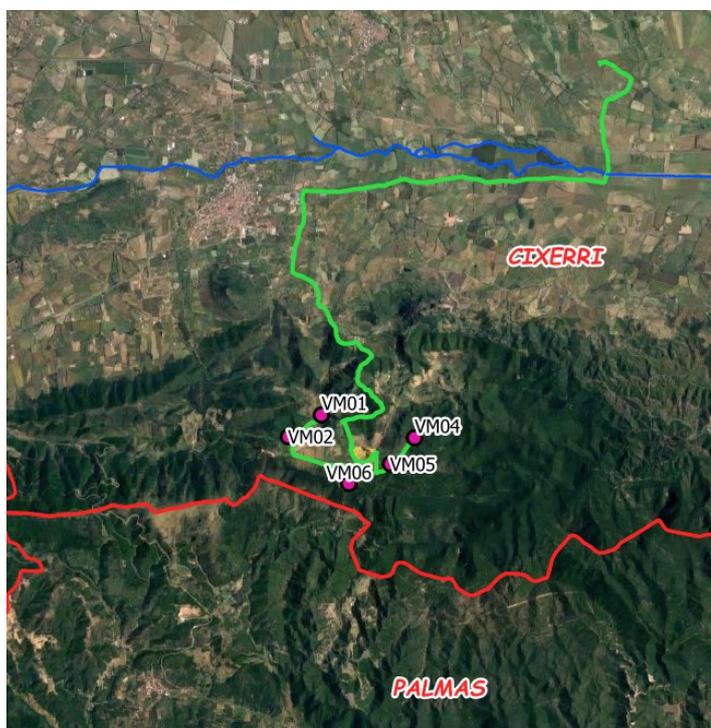


Figura 3.9: Sub-bacini idrografici della regione Sardegna (in rosso), tratto del Riu Cixerri (in blu), WTGs (in magenta) e tracciato del cavidotto di connessione (in verde).

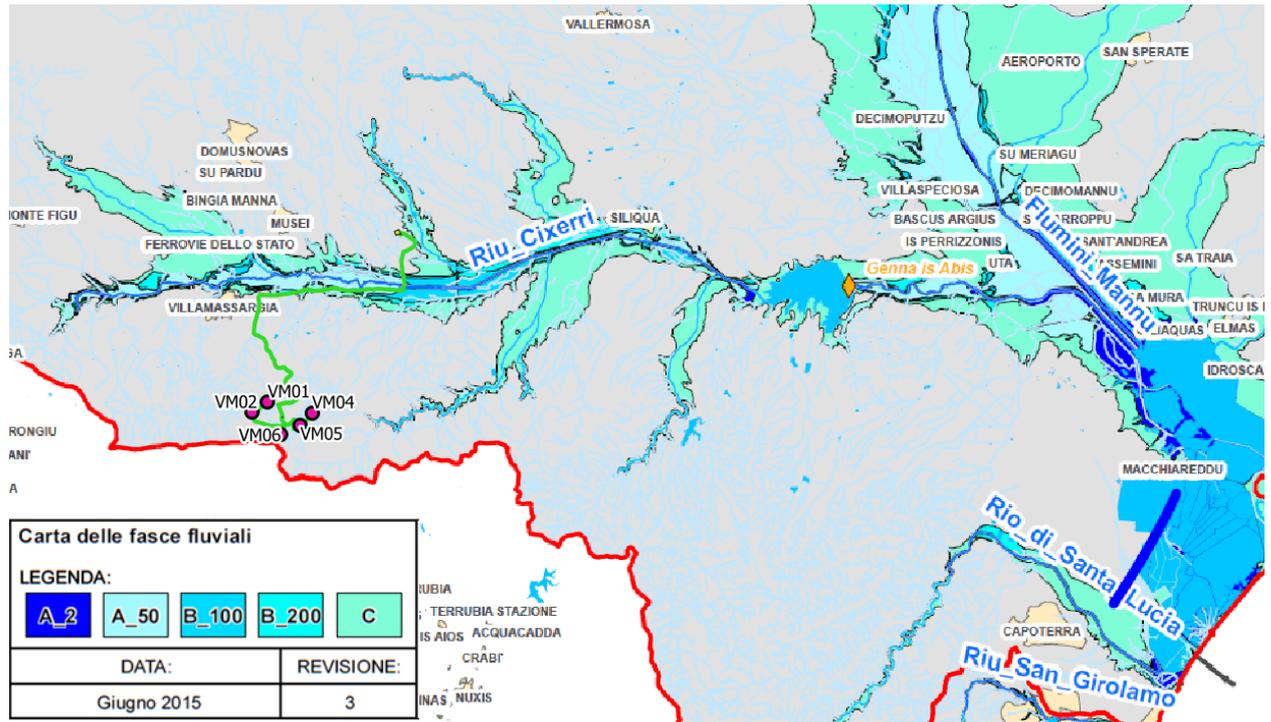


Figura 3.10: Carta Fasce Fluviali Regione Autonoma Sardegna – Stralcio Relazione Monografica P.S.F.F. aggiornamento 2015, WTG (in magenta) e tracciato del cavidotto di connessione (in verde).

Lo studio ha inoltre considerato il reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna, adottato con deliberazione n.3 del 30/07/2015 dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino, basato sul Geodatabase Topografico alla scala 1: 10.000 (DGBT_10k).

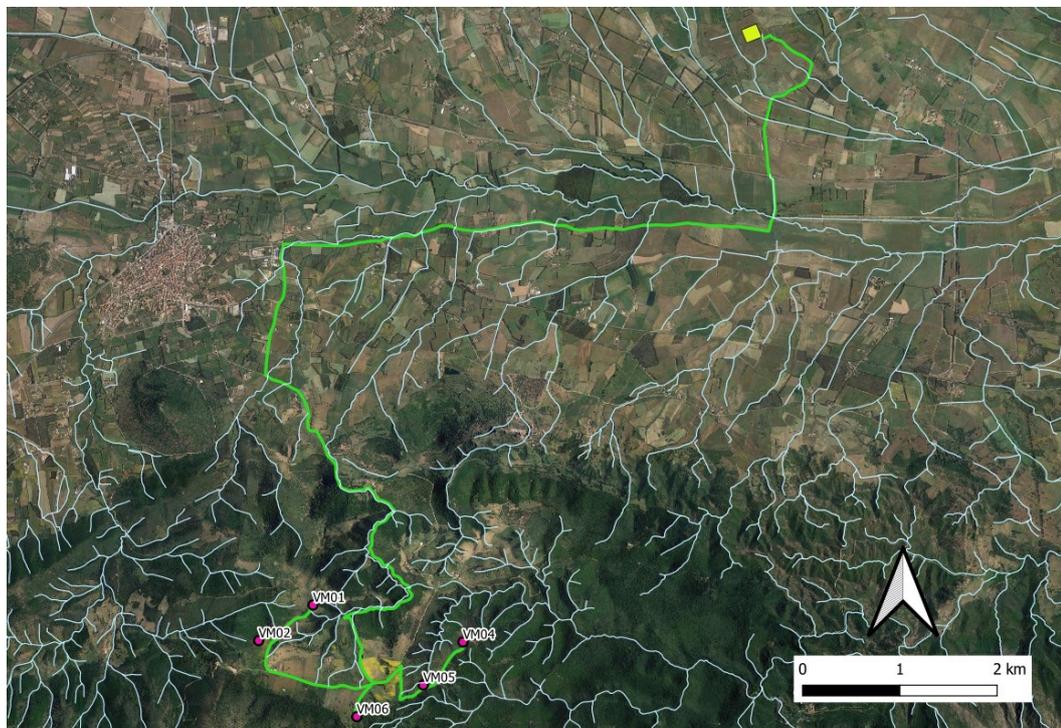


Figura 3.11: Reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna, in magenta le WTG, in verde il tracciato del cavidotto di connessione e in giallo la stazione di consegna.

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 e il tracciato del cavo di connessione.

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

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-Cedrina, sub-bacino n.6 Sud-Orientale, sub-bacino n.7 FlumendosaCampidano-Cixerri.

Le mappe PAI disponibili sul geoportale della regione Sardegna sono aggiornate al 2020.

Tra gli articoli dello Studio di Compatibilità redatto ai sensi dell'art. 24 delle **Norme di Attuazione** del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Autonoma della Sardegna (Aggiornamento 2020 e secondo i criteri illustrati nell'**Allegato E** alle suddette norme, è importante sottolineare:

- **Art 21** Indirizzi per la progettazione, realizzazione e manutenzione delle infrastrutture, comma 2, lettera c

"Per le opere di attraversamento trasversale di tutti i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico, le disposizioni e norme tecniche tendono a stabilire principi generali e prescrizioni affinché le attività di progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture a rete o puntuali di cui al precedente comma: prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale, con la condizione che tra fondo alveo e estradosso della condotta ci sia almeno un metro di ricoprimento. Per tali attraversamenti in sub-alveo non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme e il soggetto attuatore è tenuto a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese le condotte qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico"

- **Art 27** Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), comma 3, lettera h

"In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti; nel caso di condotte e di cavidotti, non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme qualora sia rispettata la condizione che tra piano di campagna e estradosso ci sia almeno un metro di ricoprimento, che eventuali opere connesse emergano dal piano"

di campagna per una altezza massima di 50 cm e che il soggetto attuatore provveda a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese tali elementi qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico”

Tuttavia, in questo caso il Piano di Assetto Idrologico della Sardegna non interessa l’area di progetto. Il percorso della linea di connessione interferisce con aree a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1), mappate dal PAI, come mostrato in Figura 4.1.

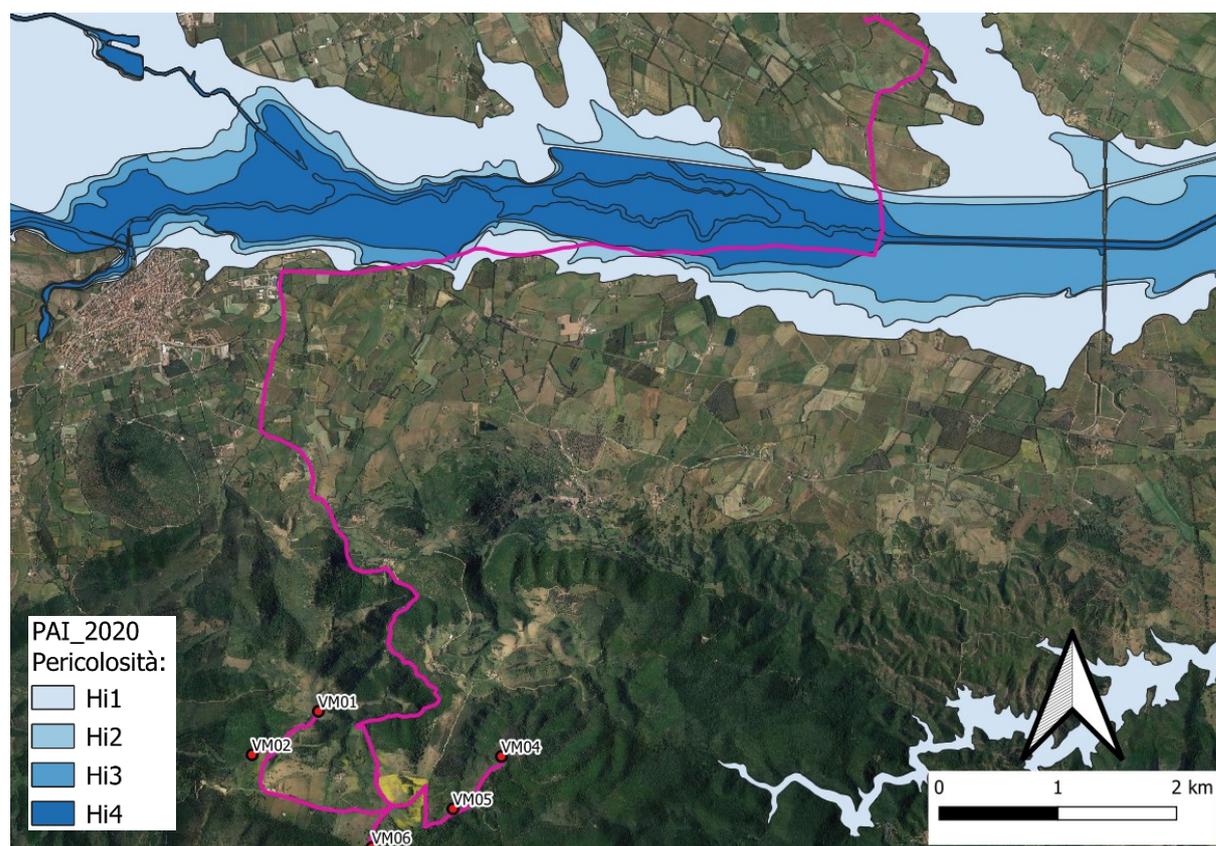


Figura 4.1: PAI, fasce di pericolosità idraulica, agg. 2020. In rosso le WTG e in magenta il cavidotto interrato per la connessione alla rete elettrica nazionale

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 del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, approvato in via definitiva per l'intero territorio regionale dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna con Delibera n. 2 del 17 dicembre 2015, ai sensi dell'art. 9 delle L.R. 19/2006 come da ultimo modificato con L.R. 28/2015, sono aggiornate al 2020 e suddividono il territorio nelle seguenti aree alluvionali:

- 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.

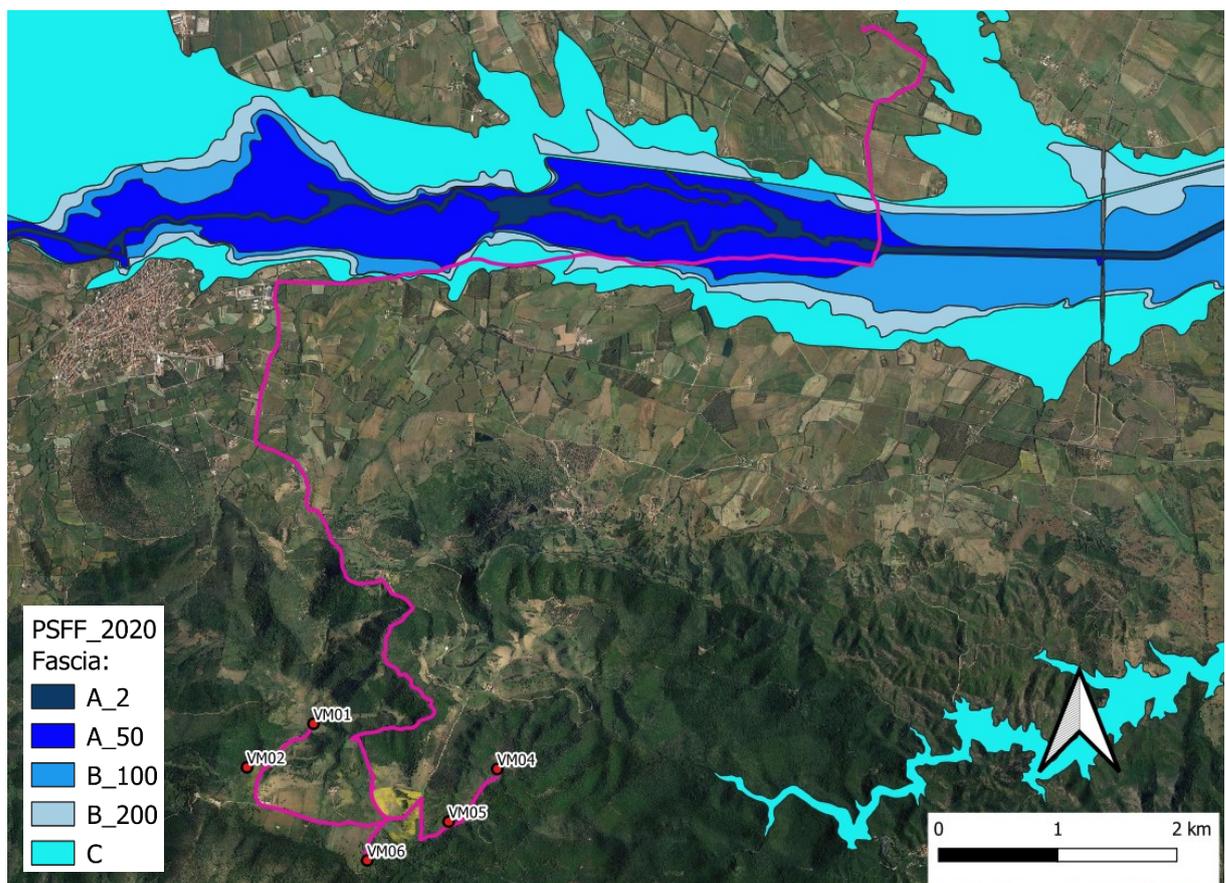


Figura 4.2: PSFF, fasce di inondabilità, aggiornamento 2020. In rosso le WTG e in magenta il cavidotto interrato per la connessione alla rete elettrica nazionale

Tuttavia, in questo caso le perimetrazioni del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali della Sardegna non interferiscono con le WTG di progetto ma, solo con il tracciato del cavidotto di connessione (Figura 4.2), e pertanto tale interferenza si ritiene nulla in quanto le restrizioni normative vengono applicate secondo le NTA del PAI (Rif. Paragrafo 4.1).

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.

La cartografia riportata in seguito è riferita all’ultimo aggiornamento delle perimetrazioni delle aree caratterizzata de fasce pericolo idraulico del secondo ciclo, datato nell’anno 2020 . Come si evince dalla Figura 4.3, **non vi sono interferenze con le fasce del PGRA.**

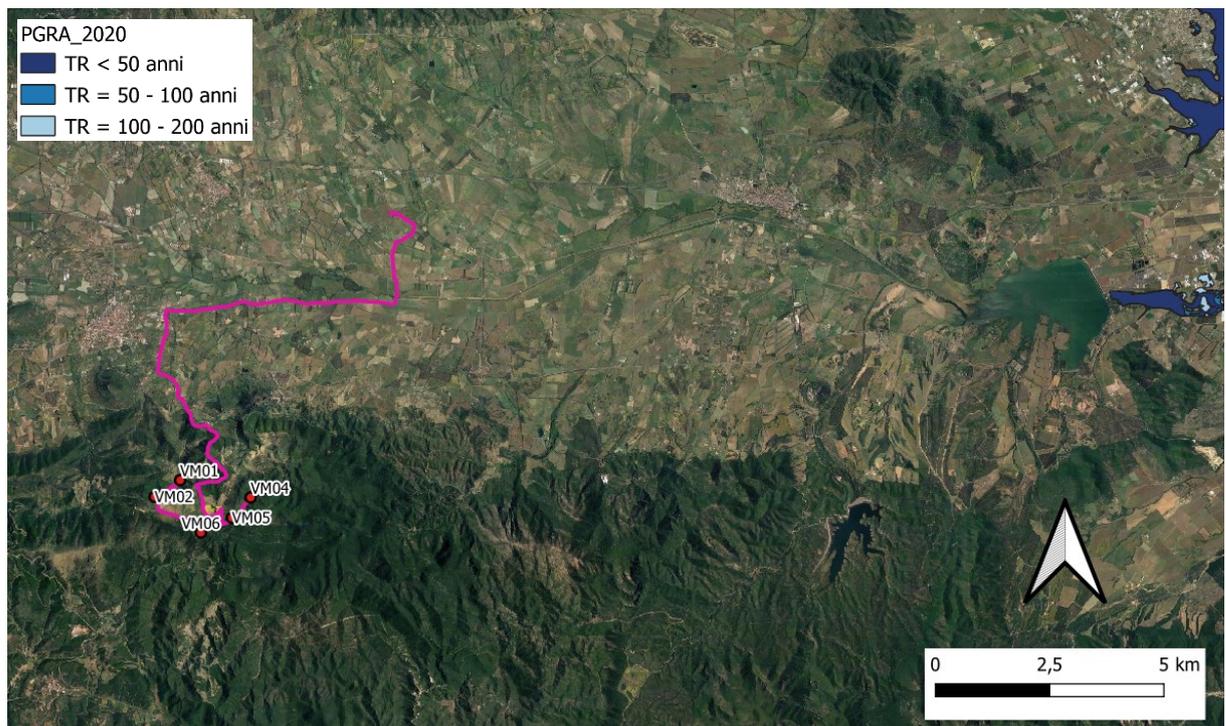


Figura 4.3: PGRA, fasce di pericolosità idraulica, agg.2020. In rosso le WTG e in magenta il cavidotto interrato per la connessione alla rete elettrica nazionale.

4.4 RETICOLO IDROGRAFICO: FASCE DI PRIMA SALVAGUARDIA

Con la deliberazione del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino n. 1 del 27 febbraio 2018 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.”

Non vi sono dirette interferenze del reticolo di Strahler con le aree di progetto, ma sono presenti interferenze tra reticolo di Strahler e tracciato della linea di connessione. La Figure 4.4- 4.6 mostrano il tracciato della linea di connessione e il layout di progetto rispetto al reticolo di Strahler, e le corrispettive fasce di prima salvaguardia.

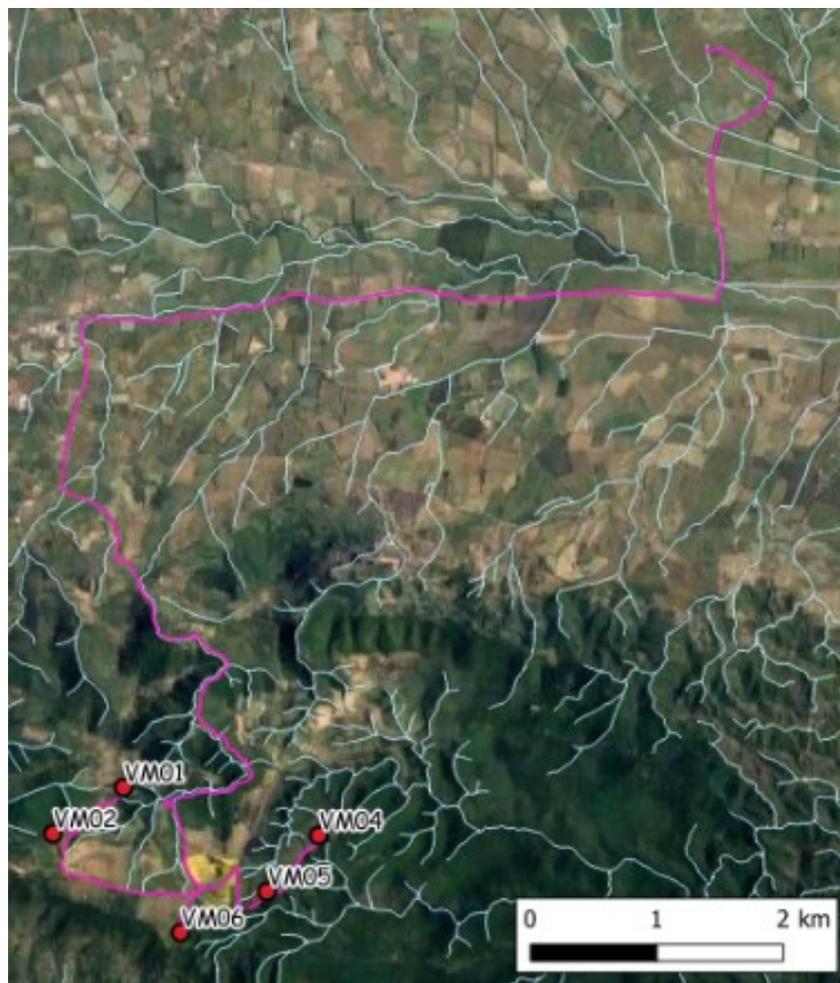


Figura 4.4: Reticolo di Strahler nel layout di progetto. I cerchi in rosso le WTG e magenta il cavo interrato per la connessione alla rete elettrica nazionale.

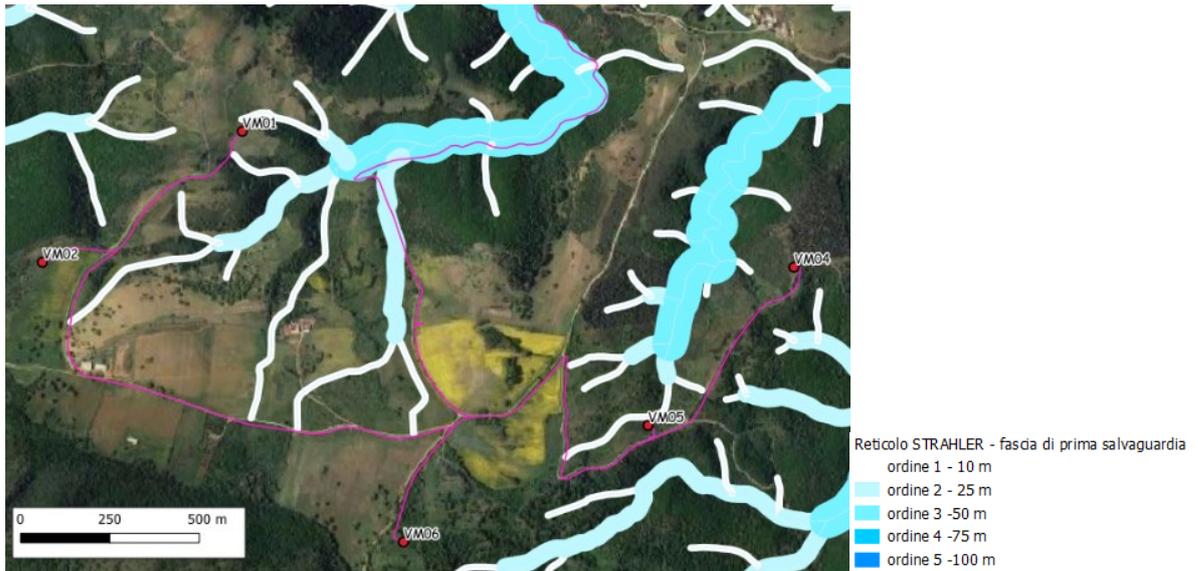


Figura 4.5: Reticolo di Strahler e corrispettive fasce di prima salvaguardia nei pressi dell'area di progetto.

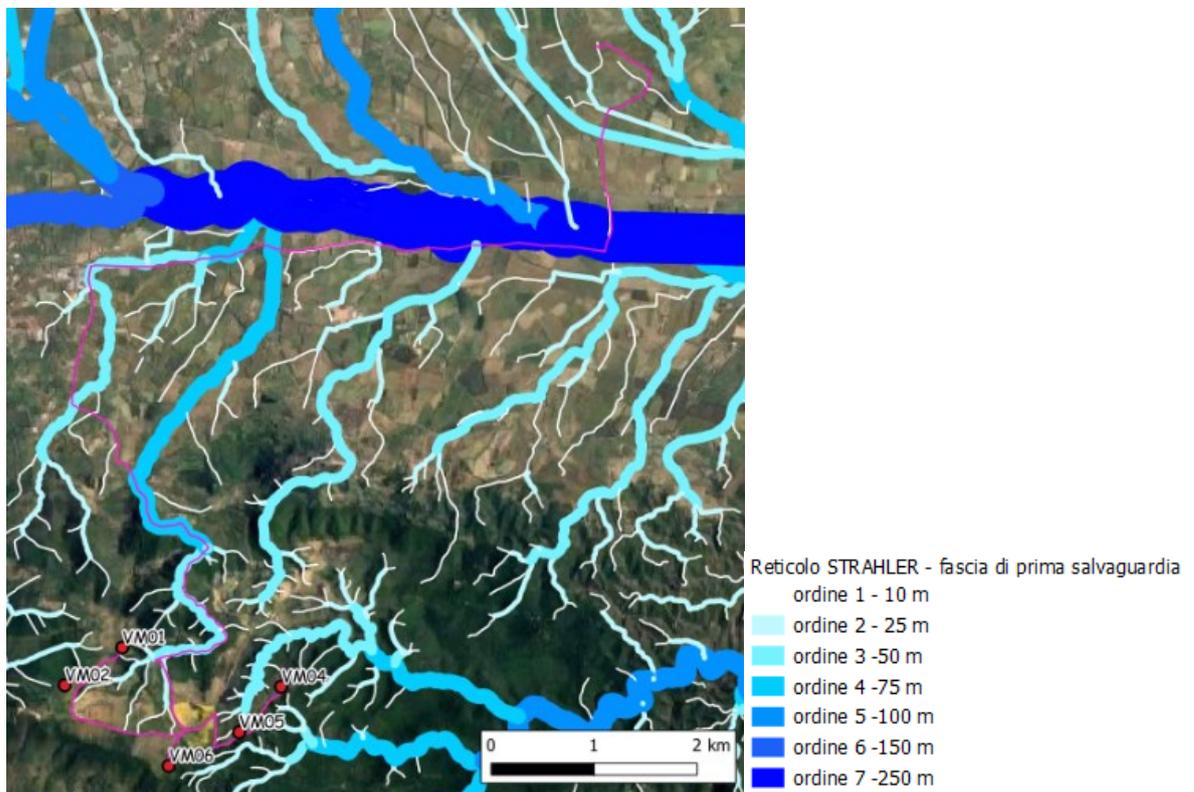


Figura 4.6 Reticolo di Strahler e corrispettive fasce di prima salvaguardia nei pressi dell'area di progetto e del cavidotto interrato per la connessione alla rete elettrica nazionale(in magenta)

4.5 INVARIANZA IDRAULICA

L'invarianza idraulica è regolamentata dall'articolo 47 delle NA del PAI, secondo le seguenti assunzioni:

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.

Il presente studio ha quindi verificato, anche con la realizzazione di opportune misure di compensazione, attraverso la realizzazione di fossi di guardia perimetrali alle piazzole permanenti collegate a trincee drenanti (vedere paragrafo 6.5.2), 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.

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 le WTG, ma si individuano interferenze con la linea di connessione; mentre è stata individuata un'interferenza con la una piazzola di progetto per la sola fase cantieristica (e quindi temporanea) secondo il 20 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.

Analizzando le opere in progetto, per quanto riguarda la viabilità, le strade saranno permeabili, mentre le piazzole definitive, aventi area inferiore ai 1000 mq, saranno semipermeabili.

Secondo la normativa, per le superfici al di sotto dei 1000 mq non sono previste opere di mitigazione, tuttavia per le piazzole permanenti è stata progettata un'opera di mitigazione (trincea drenante), adottando le migliori pratiche, al fine di compensare l'eventuale incremento del coefficiente di deflusso e ridurre il picco di piena, andando a minimizzare l'impatto post-operam.

5. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI

5.1 AEROGENERATORI

Le opere di progetto riguardano la realizzazione di strade di accesso e piazzole per l'installazione di n.5 aerogeneratori della potenza di 4,5 MW o 6,8 MW, per una potenza totale di 31,7 MW. Il progetto include 4 WTG modello V162, da 6,8 MW (VM02, VM04, VM05, VM06) e 1 WTG modello V138, da 4,5 MW (WM01).

L'aerogeneratore sarà ancorata al terreno mediante fondazioni dirette. Lo schema “tipo” della struttura principale di fondazione per la torre di sostegno prevede la realizzazione in opera di un plinto isolato in conglomerato cementizio armato a sezione circolare delle seguenti dimensioni indicative: diametro di 21,4 m (V136) e 30 m (V162) e profondità dell'intradosso di circa 3,00 m (V136) e 4,00 m (V162) circa dal piano di campagna.

L'altezza del mozzo sarà di 82 metri e 119 metri, rispettivamente per i modelli V136 e V162.

5.2 VIABILITÀ

La viabilità interna al parco eolico sarà costituita da una serie di infrastrutture, in gran parte esistenti e adeguate alle attività previste, in parte da adeguare e/o da realizzare ex-novo, che consentiranno di raggiungere agevolmente tutte le postazioni in cui verranno installati gli aerogeneratori. Fra la viabilità di progetto si distinguono due categorie di strade: strade di cantiere, realizzate unicamente per il trasporto dei materiali e la costruzione di piazzole ed aerogeneratori e strade di progetto, che in parte andranno dismesse dopo la fase di cantiere e in parte andranno ad integrare la viabilità esistente e rimarranno anche dopo la realizzazione dell'impianto eolico, in quanto al momento non vi sono strade esistenti per la tratta.

La realizzazione di nuovi tratti stradali sarà contenuta e limitata ai brevi percorsi che vanno dalle strade esistenti all'area di installazione degli aerogeneratori; i percorsi stradali ex novo saranno genericamente realizzati in massicciate tipo macadam (oppure cementata nei tratti in cui le pendenze dovessero diventare rilevanti) similmente alle carrarecce esistenti.

La viabilità di progetto interna al parco eolico avrà una larghezza netta della carreggiata pari a 5,00 mt. La fondazione stradale sarà di tipo drenante con materiale arido di cava dello spessore di 50 cm posato su geotessile con sovrastante strato in misto granulare stabilizzato dello spessore di 10 cm. Il pacchetto fondale sarà compattato.

La realizzazione delle strade di accesso prevede opere di regimazione idraulica tali da garantire il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali esistenti, prevenendo dannosi fenomeni di dilavamento del terreno.

Per tali opere si fa riferimento al paragrafo 6.1 per i criteri di progetto, e al paragrafo 6.3 per i dimensionamenti idraulici.

5.3 PIAZZOLE

Ogni aerogeneratore è collocato su una piazzola contenente la struttura di fondazione delle turbine e gli spazi necessari alla movimentazione dei mezzi e delle gru di montaggio.

Le piazzole di montaggio dei vari componenti degli aerogeneratori sono poste in prossimità degli stessi e devono essere realizzate in piano o con pendenze minime (dell'ordine del 1-2% al massimo) che favoriscano il deflusso delle acque e riducano i movimenti terra. Le piazzole saranno realizzate con materiali selezionati dagli scavi, adeguatamente compattati per assicurare la stabilità della gru, e dimensionate in modo tale da contenere un'area sufficiente a consentire sia lo scarico che lo stoccaggio dei vari elementi dai mezzi di trasporto, sia il posizionamento delle gru (principale e secondarie).



Infine, 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.

Per tali opere si fa riferimento al paragrafo 6.1 e 6.5 per i criteri di progetto, e al paragrafo 6.3 per i dimensionamenti idraulici.

6. STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

In questo capitolo 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;
- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnaletiche di Possibilità Pluviometriche (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30, e 50 anni;
- Costruzione dello ietogramma di progetto;
- Stima del processo di infiltrazione e determinazione dello ietogramma netto di progetto;
- 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

Da una analisi dei dati pluviometrici pubblicati dall’Ente Idrografico della Sardegna risulta che le località meno piovose dell’isola sono situate nel settore centro-meridionale; la zona di Cagliari, infatti presenta la più bassa piovosità di tutta l’isola, seguita da Oristano.

La maggior parte della precipitazione è concentrata durante la stagione invernale e autunnale (seconda metà di ottobre prima metà di novembre).

Di seguito si riporta l’andamento delle precipitazioni medie nel territorio regionale, dove si può notare che la precipitazione media annuale nel comune di Villamassargia si attesta intorno tra gli 800 – 900 mm.

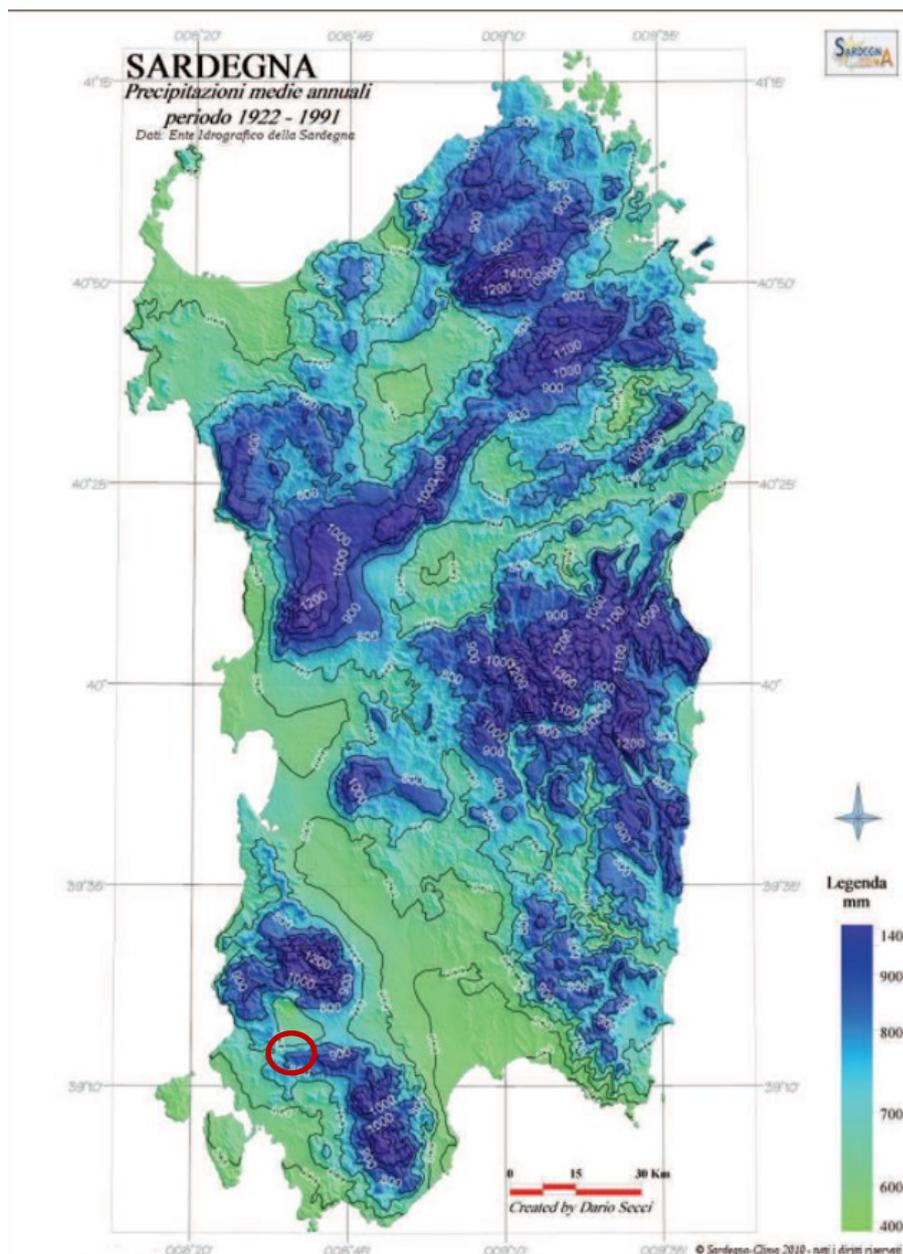


Figura 6.1: Precipitazioni medie annuali, periodo 1922-1991.

6.2.2 Scelta del tempo di ritorno

L’evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e della simulazione/dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto di tempo 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.

Oltre al concetto di tempo di ritorno vi è poi 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.

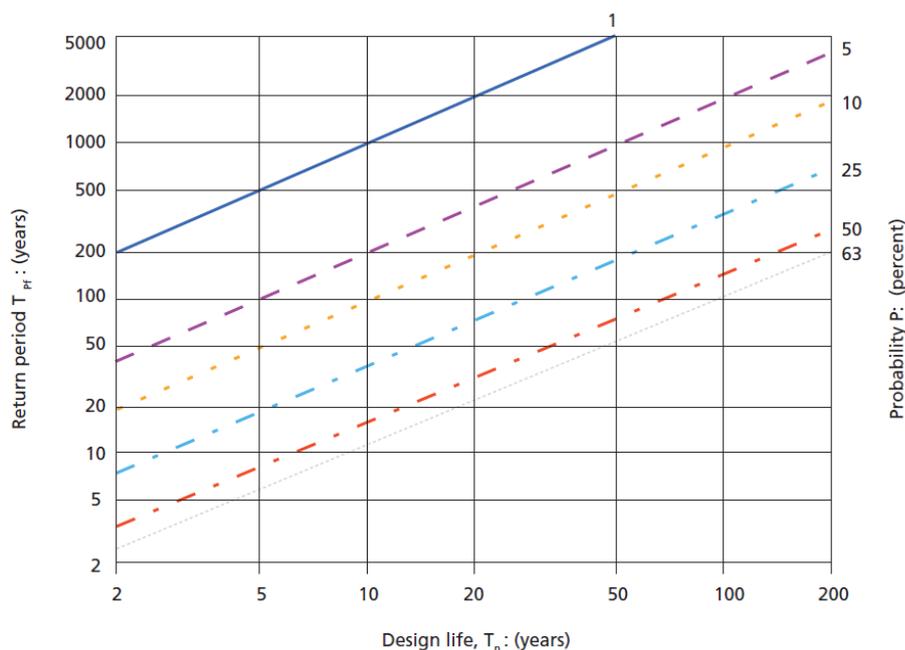


Figura 6.2: Probabilità che un evento con determinato Tempo di ritorno si verifichi in N anni.

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 50 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'intensità di precipitazione che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che, com'è noto, esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, d , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T . Tale curva è riportata dalla letteratura tecnica come:

$$h(T) = a \cdot d^n$$

Gli studi per la Sardegna¹ presi in esame mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche, motivo per il quale è stato adottato nella procedura VAPI per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica.

La metodologia regionale di calcolo si basa sull'inferenza statistica del modello TCEV della variabile aleatoria adimensionale:

$$h' = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)}$$

che è il massimo annuale di pioggia per assegnata durata, d , normalizzato rispetto alla media h e successivamente sul calcolo della $h(d)$ per le diverse durate.

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è per ciascun tempo di ritorno, T :

$$h'(T) = a \cdot d^n$$

dove i parametri della curva, $a(T)$ ed $n(T)$, vengono definiti per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (SZO), per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni.

¹ DEIDDA R., PIGA E., SECHI G.M. - Studio regionale delle massime precipitazioni giornaliere in Sardegna, Quaderni ricerca, 9, 30 pp.c, 1997;

Tabella 6.1: Parametri di calcolo della curva di possibilità pluviometrica (CPP).

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata >1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18488+0.22960*\text{Log}(T)-3.3216*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-1.0469*10^{-2}-7.8505*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18722+0.24862*\text{Log}(T)-3.36305*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-6.3887*10^{-3}-4.5420*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$
	$n=-0.19060+0.264438*\text{Log}(T)-3.8969*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=1.4929*10^{-2}+7.1973*10^{-3}*\text{Log}(T)$

Per la zona oggetto di studio (SZO2), l'altezza di pioggia giornaliera h_T con assegnato tempo di ritorno T in anni è data da:

$$h(T) = \mu_g K_T = \mu_g [0.60937 + 0.91699 * \log_{10} T + 3.9932 * 10^{-2} (\log_{10} T)^2]$$

La pioggia indice giornaliera μ_g è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera. K_T è il coefficiente (adimensionale) di crescita espresso in funzione del tempo di ritorno T.

Assumendo μ_g pari a 55 mm (Figura 6.3), nella tabella sottostante sono riportati i valori di $h(T)$ e K_T relativi al tempo di ritorno stabilito.

Tabella 6.2: Altezza di pioggia giornaliera.

	ALTEZZA DI PIOGGIA GIORNALIERA				
	Tr 2 [anni]	Tr 5 [anni]	Tr 10 [anni]	Tr 30 [anni]	Tr 50 [anni]
K_T [-]	0,89	1,27	1,57	2,05	2,28
$h(T)$ [mm]	49	70	86	113	126

La pioggia indice $\mu(t)$ di durata t (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata t) può essere espressa in forma monomia:

$$\mu(t) = a_1 t^{n_1}$$

dove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g :

$$a_1 = \mu_g / (0.886 * 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \text{Log}_{10} \mu_g$$

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 $K_T(T) = a_2 t^{n_2}$:

$$h_T(t) = \mu(t) K_T(T) = (a_1 a_2) t^{(n_1+n_2)}$$

dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano con le relazioni seguenti per differenti T e t

a) per tempi di ritorno T ≤ 10 anni

$$a_2 = 0,64767 + 0,89360 \text{Log}_{10} T$$

$$n_2 = -6,0189 \cdot 10^{-3} + 3,2950 \cdot 10^{-4} \text{Log}_{10} T$$

b) per tempi di ritorno $T > 10$ anni

$$a_2 = 0,44182 + 1,0817 \text{Log}_{10} T$$

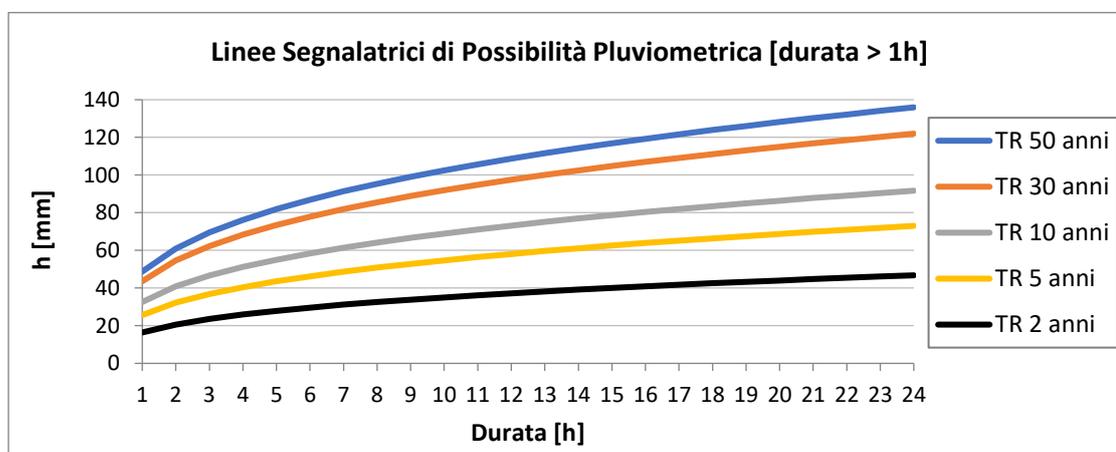
$$n_2 = -0,18676 + 0,24310 \text{Log}_{10} T - 3,5453 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2 \quad (\text{per } t \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -5,6593 \cdot 10^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} \text{Log}_{10} T \quad (\text{per } t \geq 1 \text{ ora})$$

Nella sottostante tabella vengono riportati i parametri di calcolo a e n delle curve di possibilità in relazione al tempo di ritorno di progetto.

Tabella 6.3: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica.

PARAMETRI CPP						
$\mu_g = 55,0 \text{ [mm]}$						
Tempo di ritorno [anni]	a_1	n_1	a_2	$n_2(t > 1h)$	$n_2(t \leq 1h)$	$n_2(T \leq 10 \text{ anni})$
2	21,38	0,34	0,77	-0,007	-0,117	-0,00592
5	21,38	0,34	1,20	-0,009	-0,034	-0,00579
10	21,38	0,34	1,52	-0,010	0,021	-0,00569
30	21,38	0,34	2,04	-0,012	0,095	-
50	21,38	0,34	2,28	-0,013	0,124	-



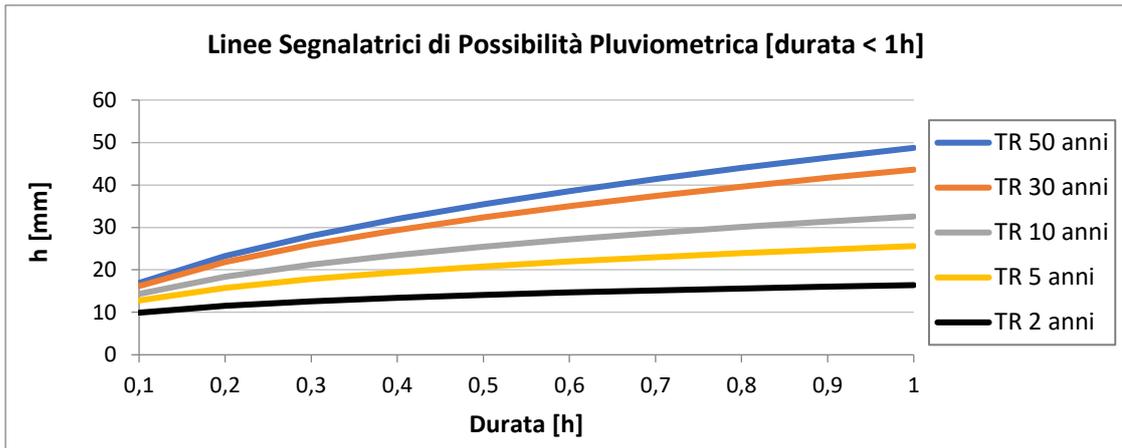


Figure 6.1: Curve di possibilità pluviometrica legate a diversi tempi di ritorno per diverse durate di pioggia.

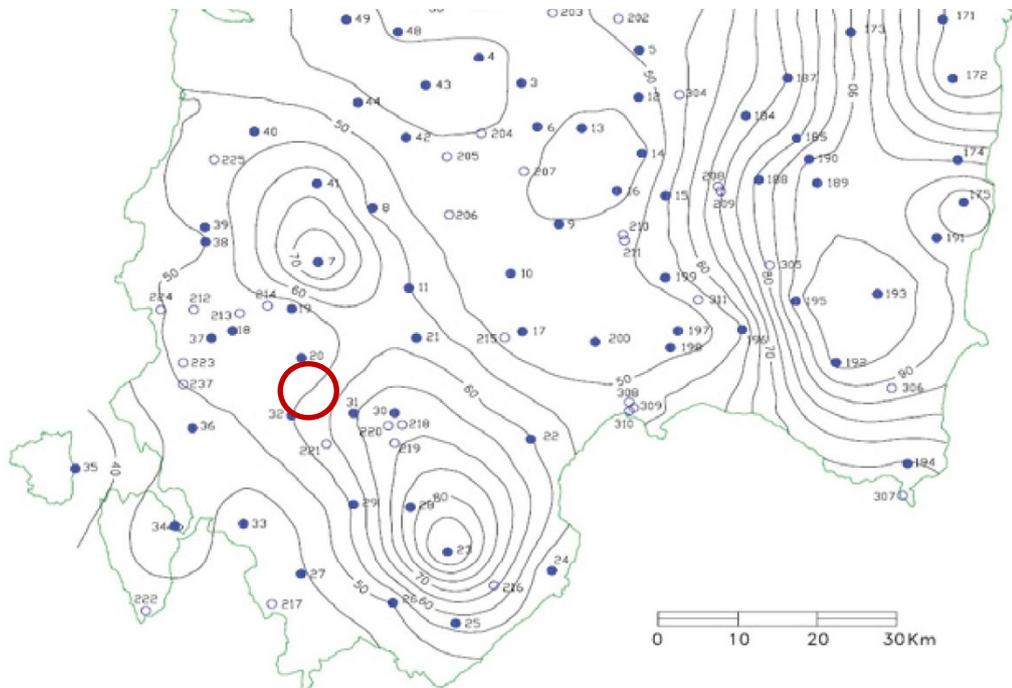


Figura 6.3: Zonizzazione PAI Regione Sardegna – Stralcio carta delle isoiete (pioggia indice giornaliera).



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

Nella tabella seguente si riportano inoltre, per diverse durate (0,5 -24 h) e tempi di ritorno (2, 5, 10, 30, e 50 anni), i valori delle altezze di precipitazione $h_T(t)$ espresse in mm.

Tabella 6.4: 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]				
	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 30 anni	TR 50 anni
0,5	14	21	25	32	35
1	16	26	33	44	49
2	21	32	41	55	61
3	24	37	47	62	69
4	26	40	51	68	76
5	28	44	55	73	82
6	30	46	58	78	87
7	31	49	61	82	91
8	33	51	64	85	95
9	34	53	67	89	99
10	35	55	69	92	102
11	36	56	71	95	106
12	37	58	73	97	109
13	38	60	75	100	112
14	39	61	77	102	114
15	40	63	79	105	117
16	41	64	80	107	119
17	42	65	82	109	122
18	43	66	83	111	124
19	43	68	85	113	126
20	44	69	86	115	128
21	45	70	88	117	130
22	45	71	89	119	132
23	46	72	90	120	134
24	47	73	92	122	136

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):

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

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. L’area di progetto si sviluppa su aree seminative non irrigue e pascoli naturali.

Secondo il metodo SCS-NC, in base alla perimetrazione del CN ottenuta del geoportale della regione Sardegna, sono state individuati diversi valori nell’area di progetto, che hanno portato ad un valore medio ponderale del CN pari a **77**.

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.

Nell’ipotesi di ACM III il CN corrispondente risulta pari a **89**.

Nella figura di seguito si riporta il grafico di correlazione CN-SCS/coefficiente di deflusso.

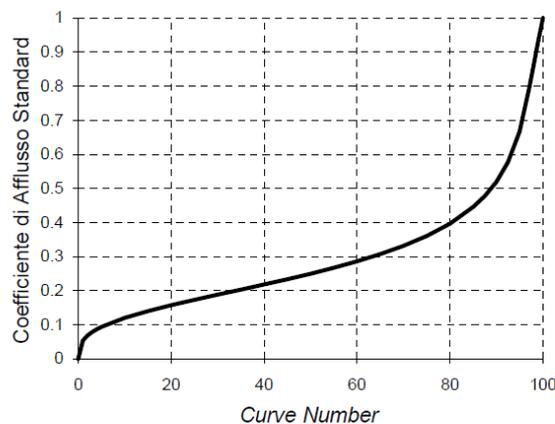


Figura 6.5: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. coeff. afflusso/deflusso.

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro ϕ è stato quindi assunto pari a **0,5**.

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 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.

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 successiva, 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 (parametro che si usa nello studio dei flussi dei canali e che varia rispetto alla natura della superficie di riferimento):

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

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 trapezia di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di 30° .

In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità si sono previsti dei tratti interrati composti da scatolati in c.a. carrabili o da tubazioni in HDPE carrabili.

Nei rami di significativa lunghezza, al fine di ridurre la velocità di scorrimento in occasione di eventi di 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.

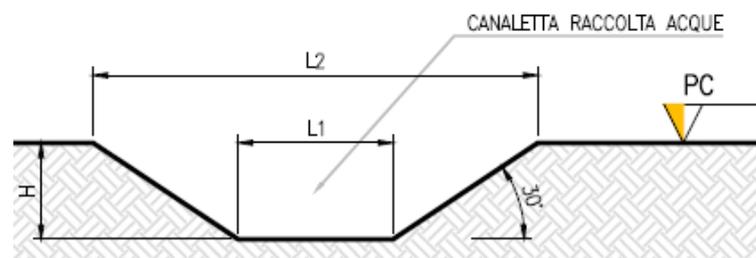


Figura 6.6: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

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 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.

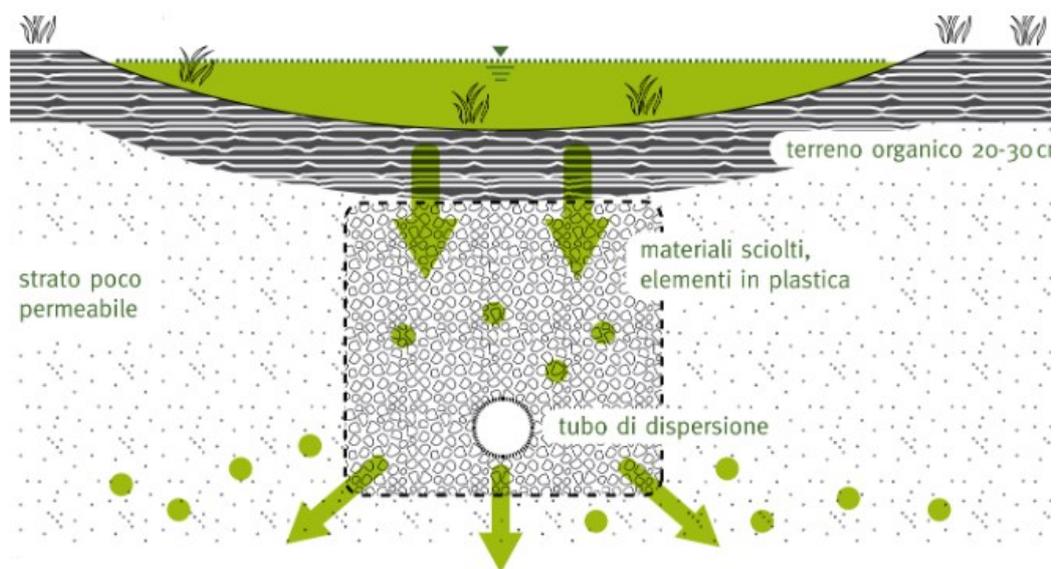


Figura 6.3: Schema esemplificativa di trincea di infiltrazione

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 e piano con baulatura, ed a seconda della morfologia del terreno, sarà introdotto un sistema diverso di gestione del deflusso secondo due casistiche:

1. Strada a mezza costa: casistica schematizzata nella Figura 6.10, 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 un fosso (Figura 6.9) posto sul lato di monte, unito a tubazioni sotto il pacchetto stradale che andranno a scaricare le acque sul lato di valle, compatibilmente all’idrografia esistente ed i solchi naturali esistenti. Per lo studio di questo caso si rimanda al successivo paragrafo 6.4.2.
2. Strada in rilevato in piano o assenza di versante: caso di strade in terreno pianeggiante ed in rilevato. Dato il piano stradale con baulatura e la permeabilità del pacchetto stradale, posto che non vi siano bacini scolanti gravanti sulle strade, non si riconosce la necessità di scavare dei fossi a lato della strada. Sulla base del progetto di dettaglio unitamente ad un rilievo dell’esistente sarà possibile valutare necessità di semplici fossi di guardia.

Per la realizzazione delle strade del tipo rappresentato in Figura 6.10 occorre scavare o riportare del terreno al fine di livellare la superficie stradale, in modo tale che non risenta della forte pendenza da monte verso valle.

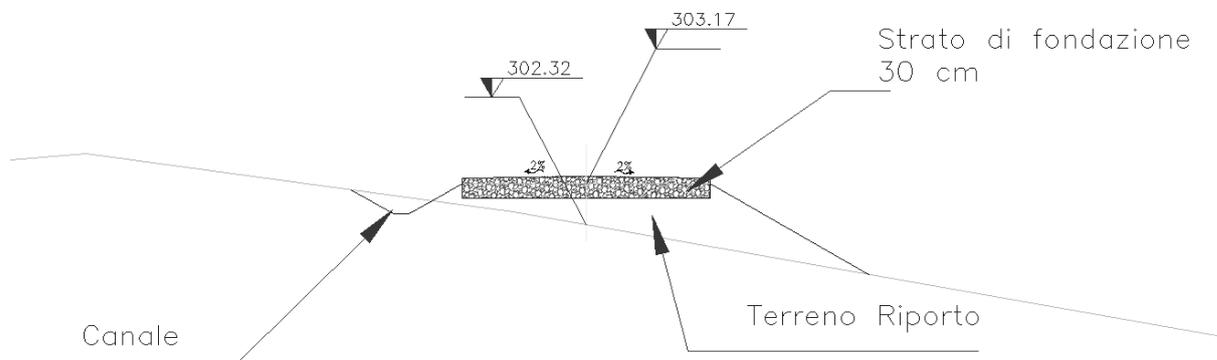


Figura 6.7: Esempio progettazione strada con Terreno di Riporto.

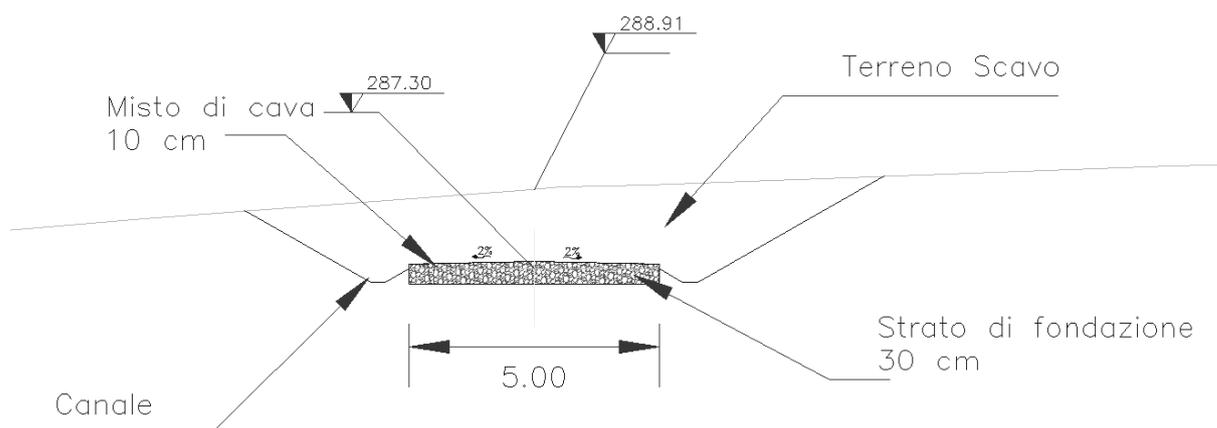


Figura 6.8: Esempio progettazione strada con Terreno da scavo.

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, sono emerse interferenze con corsi d'acqua.

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 sui versanti o verso la rete idrografica.

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. 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 sui versanti, come mostrato nello schema in Figura 6.10.

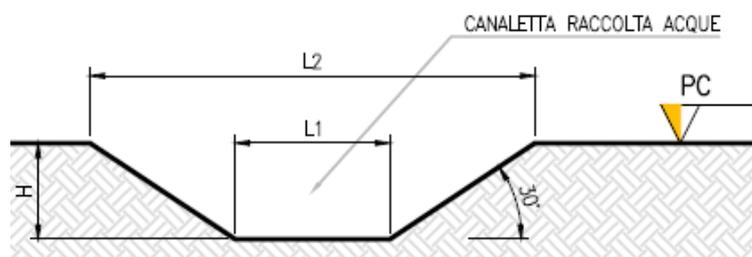


Figura 6.9: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo, le dimensioni saranno ricalcolate nel corso delle successive fasi progettuali per ogni accesso alle WTG.

Tabella 6.5: Dimensioni sezione tipo canaletta.

TABELLA DIMENSIONI SCHEMA TIPO CANALETTA		
L1 [m]	L2 [m]	H [m]
0,3	1,0	0,2

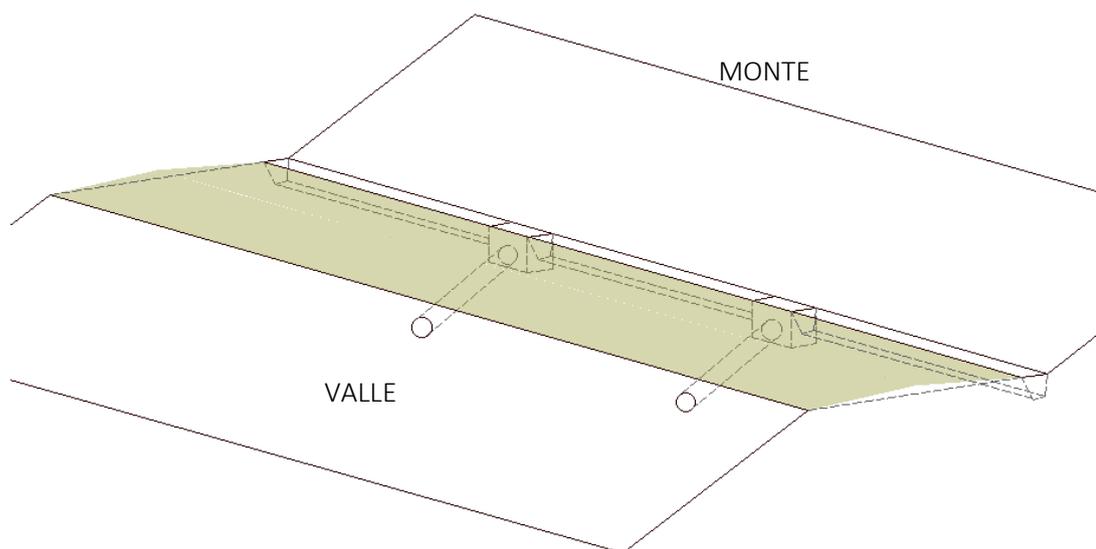


Figura 6.10: Caso mezzacosta con versante: schema strada con baulatura, fosso lato di monte e tombinature.

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 6.11.



Figura 6.11: Pozzetti in legname e in massi (fonte: “Viabilità forestale regionale” Bortoli, P.L. 2001).

Sulla base dell’analisi idrologica e del modello digitale del terreno del progetto “Tinality”, e in relazione alle considerazioni idrauliche al paragrafo 6.3, considerando un’area scolante media pari ad una superficie di **5.000 mq** (area basata su una casistica delle aree scolanti nell’area di progetto desunte dal DEM nei tratti di mezzacosta) e un tempo di ritorno di **30 anni**, è prevista una spaziatura delle tubazioni pari a **50 metri**, con un diametro dei tubi di **300 mm**.

Tali dimensioni saranno ricalcolate 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 e dell’idrografia del Geoportale della Regione, dei Piani PGRA, PSFF e PAI, con relative fasce di prima salvaguardia, non si è riscontrata alcuna interferenza tra i corsi d’acqua e la viabilità da adeguare e di progetto.

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 6.12: 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

Durante la fase di cantiere, il sito interesserà un'area complessiva relativa alle piazzole di circa 16,33 metri quadrati.

Al fine di garantire il corretto smaltimento del deflusso superficiale prodotto dall'area di cantiere e di raccordare il deflusso delle acque meteoriche interne all'area di cantiere unitamente a quelle esterne gravanti sull'area di progetto si prevede un fosso di guardia perimetrale scavato nel terreno naturale, al fine. 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 con lo scopo 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 6.13*, a titolo esemplificativo, mostra l'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.

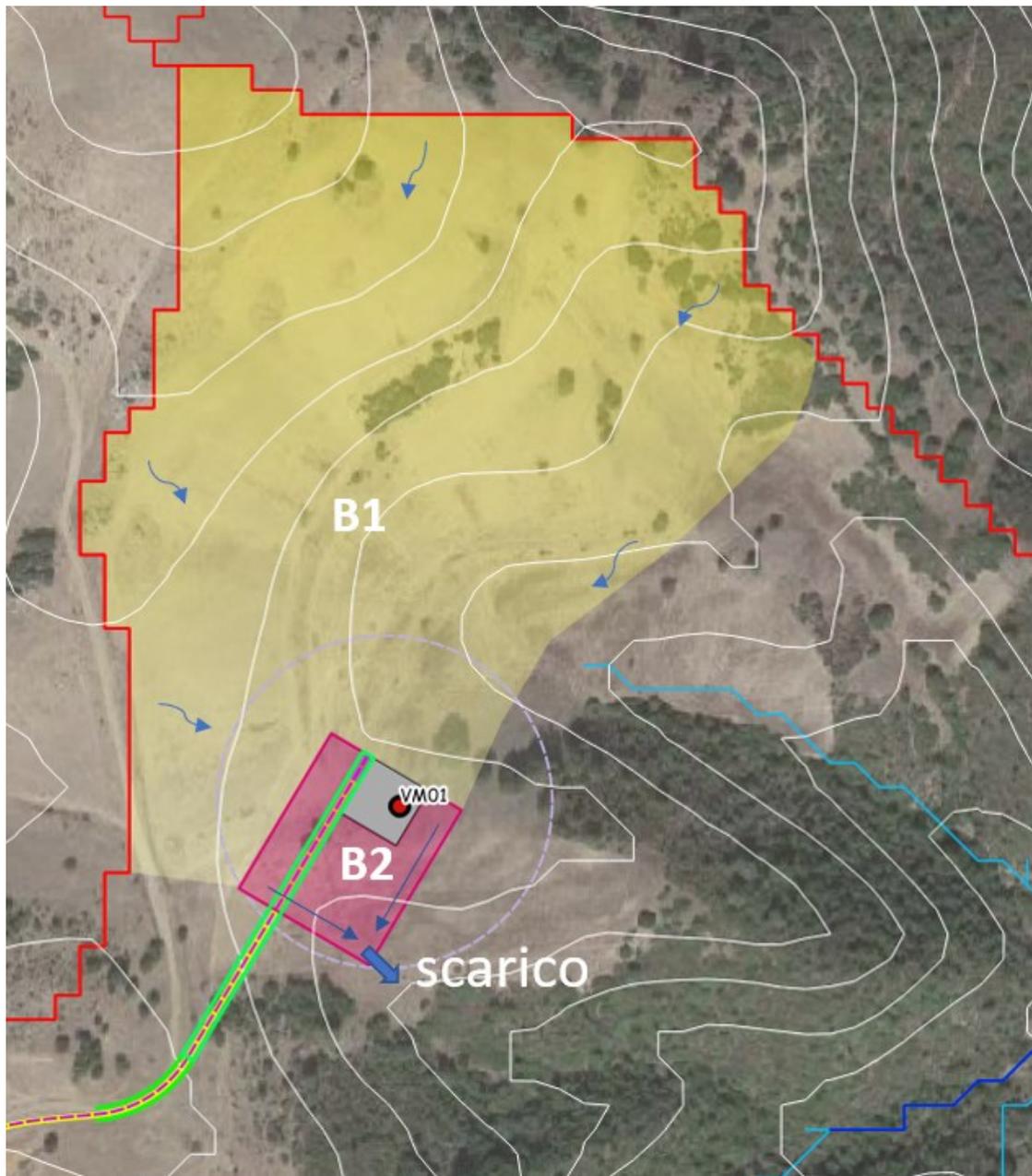


Figura 6.13: Delimitazione bacini scolanti esterni (B1) ed interni (B2) e direzione del deflusso (freccette blu), displuviale (rosso), isoipse passo 10m (bianco), strada di accesso (verde), area di cantiere (magenta) e reticolo idrografico (celeste).

Al fine di difendere il suolo dalla possibile erosione provocata 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, il post operam consisterà in piazzole nell'intorno delle torri di dimensioni complessive superficiali pari a circa 3,93 metri cubi.

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

Considerando le caratteristiche litologiche di cui al paragrafo 0 e la definizione di discreta permeabilità, si è proceduto alla verifica della capacità di assorbimento del terreno assumendo un preliminare valore di permeabilità pari a $2E-04$ m/s. Tale valore dovrà essere verificato con prove di permeabilità Lefranc, durante la successiva fase progettuale.

Gli esatti valori di permeabilità del substrato e la soggiacenza della falda andranno in ogni caso verificati in sede esecutiva. Si consiglia in ogni caso di verificare, in fase esecutiva, la presenza del livello superficiale arenaceo che possa compromettere il corretto funzionamento dell'opera disperdente.

Come è possibile osservare dai risultati riportati nella Tabella 6.6, la trincea con dimensioni $1 \times 1 \times 13$ m di superficie è in grado di smaltire circa 4,1 l/s. La trincea è stata dimensionata per eventi con tempo di ritorno di 30 anni. In aggiunta, con il metodo delle sole piogge ed una portata in uscita costante calcolata su 50 l/s per ettaro impermeabile, si è ottenuto il volume necessario per la laminazione e l'infiltrazione al fine di gestire eventi con tempo di ritorno 30 anni.

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].

Tabella 6.6: Dimensionamento della trincea drenante.

DETERMINAZIONE DELLA PORTATA INFILTRANTE			
Determinazione portata critica			
k_{sat}	2,00E-04	[m/s]	Permeabilità del mezzo saturo in situ
H	1	[m]	Tirante idrico strato drenante
B	1	[m]	Larghezza
L	13	[m]	Lunghezza
Calcoli preliminari			
k_{insat}	1,00E-04	[m/s]	Permeabilità del mezzo insaturo
$A_{f,m \text{ lineare}}$	3,15	[m ² /m]	Superficie drenante m lineare del bacino
$Q_{F,T}$	0,32	[l/s/m]	Portata infiltrante per metro lineare
Output			
Q_{inf}	4,1	[l/s]	Portata infiltrante nell'intera trincea
Φ	0,4	[-]	Porosità
V_{lordo}	13,0	[m ³]	Volume lordo
V_{netto}	5,2	[m ³]	Volume netto

Le trincee drenanti saranno costituite da scavi riempiti con materiale con ottima capacità drenante del tipo ghiaia/ciottolato lavati e, se necessario, in pietra. Per ogni piazzola, sarà necessario una trincea con volume di scavo pari a **13 m³**.

Per la realizzazione delle trincee, il terreno viene dapprima scavato secondo la dimensione di progetto seguendo le indicazioni del paragrafo 6.3.2. Il terreno viene scompattato per migliorare e ristabilire il tasso di infiltrazione. Uno strato di geotessile non tessuto filtrante è posto sulle pareti in fondo e ai lati della trincea per evitare l'intasamento da parte di particelle fini. Lo scavo viene riempito con ghiaia/ciottoli lavati fino a raggiungere circa la metà della profondità della buca e si crea uno strato di sabbia sul fondo.

Nelle fasi di progettazione successiva sulla base di sopralluogo in sito, rilievo aggiornato e studio idraulico di dettaglio, sarà possibile definire con maggior accuratezza il volume necessario.

La Figura 6.14 illustra uno schema di piazzola permanente con fosso di guardia perimetrale, trincea drenante e scarico con protezione all'erosione in riprap.

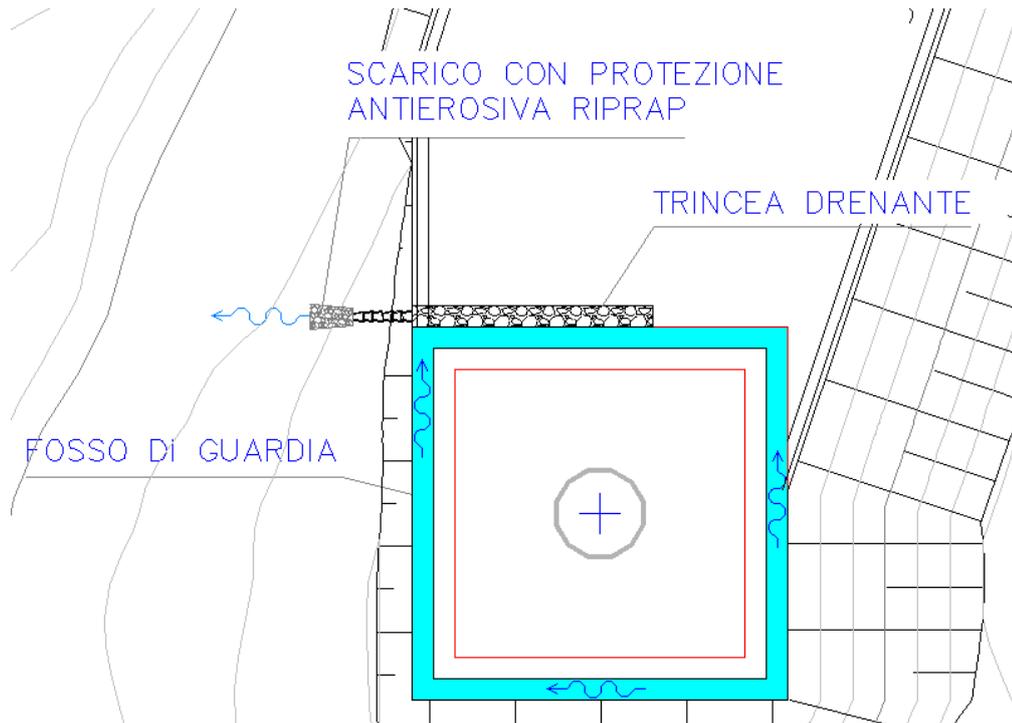


Figura 6.14: Schema piazzola definitiva con fosso di guardia, trincea drenante e materasso in riprap.

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 variante 2020, al PGRA variante 2020 e 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:

- Tracciato della linea di connessione
- Strade di cantiere
- Strade di progetto permanenti
- Piazzole di cantiere
- Piazzole permanenti e aerogeneratori

Come si nota dalla Figura 4.1 alla Figura 4.6, non vi è alcuna interferenza con le piazzole permanenti degli aerogeneratori, vincolo indispensabile per la realizzazione di tali impianti, e con le strade di progetto permanenti e di cantiere.

Sono presenti interferenze degli altri elementi (connessione, viabilità principale e piazzole di cantiere) con l'idrografia esistente.

7.2 INTERFERENZA CON LINEA DI CONNESSIONE

La linea di connessione interferisce in 19 punti con il reticolo idrografico, e in una fascia di pericolosità alta dovuta all'interferenza col Riu Cixerri (T01). I dettagli grafici sono riportati nell'elaborato '2527-4953-VM_VIA_T39_Rev0_Carta della Rete idrografica e delle Interferenze'. Oltre alle interferenze idrauliche, il tracciato della linea di connessione interseca la strada Provinciale SP2 (T03) ed un'infrastruttura ferroviaria della Rete Ferroviaria dello Stato (T02). In questi ultimi due tratti e per l'attraversamento col Riu Cixerri è dunque prevista una TOC.

Per i reticoli di Strahler di ordine 1 e 2, 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, 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".

La risoluzione adottata per superare tali discontinuità lungo il percorso del cavo di connessione è stata studiata caso per caso tramite opportune considerazioni anche in considerazione dalla possibile variazione delle aree nei tempi.

Il cavo a media tensione sarà posizionato ai sensi della normativa vigente. Nel corso della relazione, è stata verificata la profondità di rinterro tale per cui l'opera in progetto risulta non interferente con la dinamica fluviale.

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 interrimento.

La tabella di seguito riporta un riepilogo per i punti analizzati nel layout di progetto, indicando il livello di pericolosità individuato e la tecnologia prevista per la risoluzione dell’interferenza ove presente. Il paragrafo 7.2.1 riporta la metodologia di analisi qualitativa e quantitativa per la definizione della minima profondità di posa. In particolare, la metodologia di analisi quantitativa è stata applicata nei casi in cui il percorso di connessione risulti interferente con elementi del reticolo idrografico con ordine gerarchico pari o superiore a 3, secondo la classificazione di Horton-Strahler.

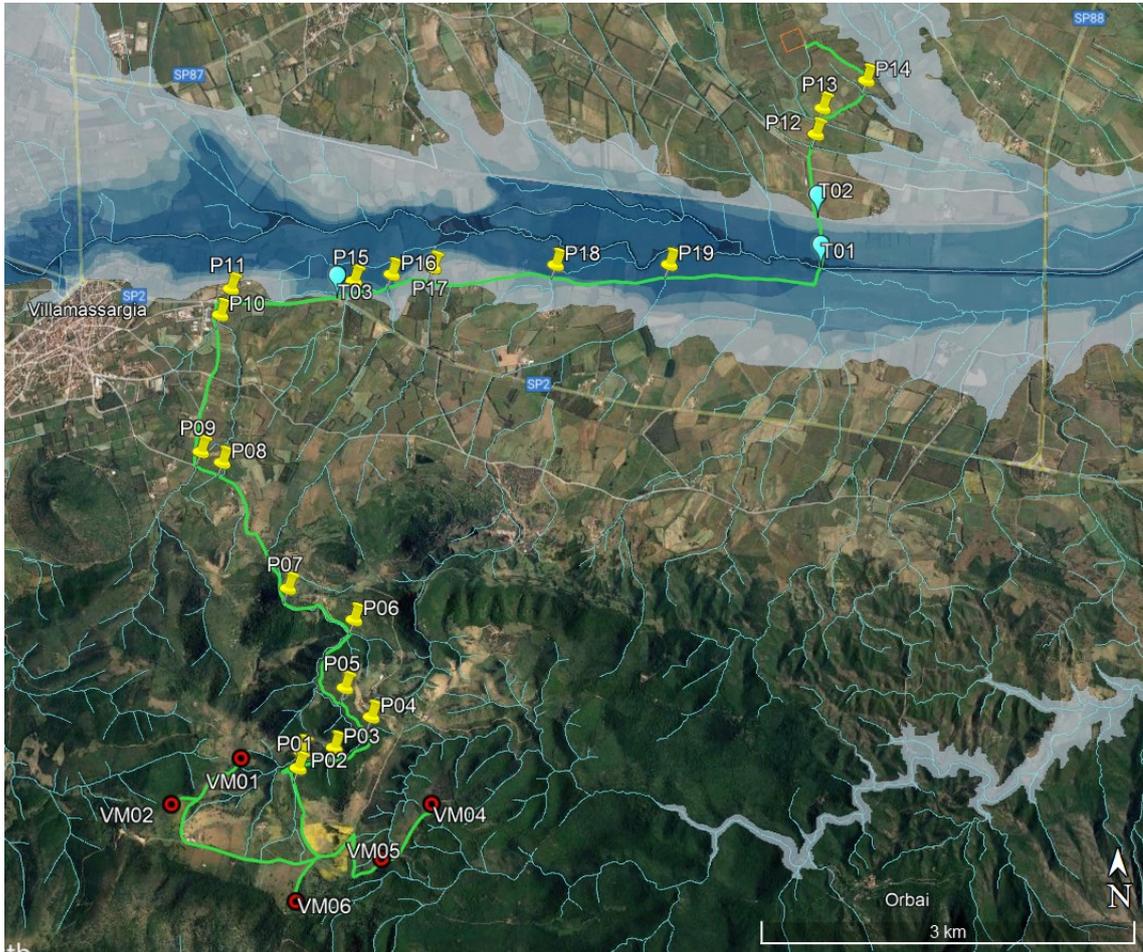


Figura 7.1: Interferenze con Linea di connessione (in verde), rispetto al reticolo di Horton-Strahler (celeste) e fasce di pericolosità moderata, media, elevata e molto elevata del PSFF 2015. Indicatore ciano: soluzioni TOC; Indicatore giallo: soluzioni trenchless o tradizionali

Tabella 7.1: elenco interferenze linea connessione

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P01	107022_FIUME_17594	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	Trenchless/cavo interrato
P02	107022_FIUME_17594	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	Trenchless/cavo interrato
P03	107022_FIUME_4270	Interferenza elemento idrico -	Trenchless/cavo interrato



		Strahler Ordine 1	
P04	107022_FIUME_10336	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	<i>Trenchless/cavo interrato</i>
P05	107022_FIUME_9436	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	<i>Trenchless/cavo interrato</i>
P06	107022_FIUME_30547	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 3	Trenchless/ cavo interrato
P07	Riu Guttus	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 4	Trenchless
P08	Riu Aconi	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	<i>Trenchless/cavo interrato</i>
P09	Arriu Caro Riugoro	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 3	Trenchless
P10	Riu Su Pardu	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	<i>Trenchless/cavo interrato</i>
P11	Riu Aconi	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 3	Trenchless
P12	Sa Gora Cea Seddori	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 3	Trenchless
P13	Riu Su Terrazzu	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2	<i>Trenchless/cavo interrato</i>
P14	107011_FIUME_3925	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1	<i>Trenchless/cavo interrato</i>
P15	Is Colus	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 3 Pericolosità moderata	Trenchless
P16	Riu Mussancaroni	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 1 Pericolosità moderata	<i>Trenchless/cavo interrato</i>
P17	Riu Guttus	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 4 Pericolosità bassa	Trenchless



P18	107022_FIUME_23335	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 2 Pericolosità moderata	Trenchless/cavo interrato
P19	Riu Santa Luxia	Interferenza elemento idrico - Strahler Ordine 3 Pericolosità alta	Trenchless
T01	Riu Cixerri	Pericolosità molto elevata	TOC
T02	Rete Ferrovie dello Stato	-	TOC
T03	Strada SP2	-	TOC

7.2.1 Metodologia di verifica profondità di sicurezza posa toc

Analisi qualitativa

In seguito all'identificazione dei punti di interferenza, per gli attraversamenti di corsi d'acqua naturali/antropici è stata effettuata un'analisi qualitativa di stabilità dei tratti di interesse. L'analisi è stata condotta sulla base delle indicazioni HEC-20 - Stream Stability at Highway Structures – FHWA.

Per ogni punto di interferenza è stato assegnato un valore numerico totale derivante dall'analisi qualitativa multicriteria al quale corrisponde una categoria di stabilità dell'alveo: eccellente, buono, moderato, cattivo stato.

Gli indicatori di stabilità considerati sono stati:

1. Caratteristiche e attività del bacino e delle golene: è stato valutato il grado di interferenze dovuto all'esercizio di attività come pascoli, allevamenti, costruzioni, infrastrutture, ecc.
2. Periodicità caratteristica: periodicità e frequenza del flusso (effimero, regolare, flash flood, ecc) e clima (umido, semiarido, arido);
3. Classificazione geomorfologica del canale;
4. Presenza e tipologia di aree golenali. Grado di confinamento, quindi se il canale è delimitato da argini, infrastrutture;
5. Materiale di fondo e granulometria tipologica;
6. Presenza delle barre e caratteristiche dell'asta (pendenza longitudinale, il rapporto tra larghezza/altezza della sezione di interesse);
7. Potenziali ostruzioni;
8. Caratteristiche dello stato delle golene e delle sponde;
9. Pendenza media delle sponde;
10. Grado di protezione delle sponde sulla base della copertura vegetale o di opere di ingegneria;
11. Valutazione del livello di frastagliamento della sponda;
12. Segni di cedimenti delle golene ed eventuali evidenze di trasporto di materiale;
13. Allineamento di eventuali ponti e pile rispetto al flusso.

Analisi quantitativa

L'analisi quantitativa ha seguito la metodologia HEC18 “Evaluating Scour at Bridges” FHWA-HIF-12-003 basata sulle portate caratteristiche idrologiche/idrauliche, le caratteristiche geometriche e granulometriche del corso d'acqua.

La granulometria assunta è quella caratteristica dello strato risultante dal modello geotecnico consistente al di sotto dei 3 metri da piano campagna in ciottoli di matrice sabbiosa-limosa.

Considerata la stabilità geomorfologica complessiva non è stata considerata la migrazione dell'alveo. A favore di sicurezza non sono stati considerati fenomeni di deposizione ma solo di erosione.

L'erosione totale potenziale è stata valutata come somma:

- a. Erosione a lungo termine;
- b. Erosione in corrispondenza di contrazioni;
- c. Erosioni locali in corrispondenza di pile di ponti.

Erosione a lungo termine

Il calcolo dell'erosione a lungo termine è stato condotto nell'ipotesi di formazione di uno strato di corazzamento “armoring”. L'erosione graduale dello strato attivo di fondo con il dilavamento dei sedimenti crea uno strato di corazzamento assunto quale condizione di stabilità.

Tale stabilità è mantenuta sino a nuovo evento che supera quello alla base del calcolo.

Non essendo possibile stabilire allo stato attuale se tale corazzamento sia avvenuto o in divenire, a favore di sicurezza il valore di escavazione calcolato è stato sommato interamente con le altre erosioni.

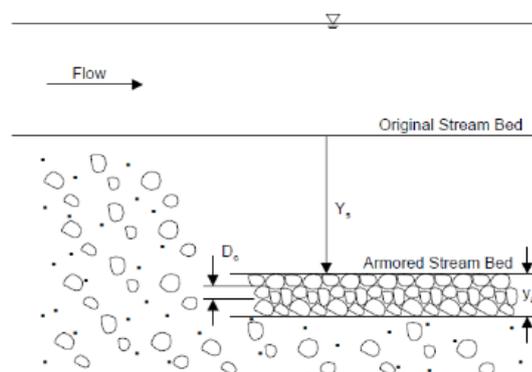


Figura 7.2: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (fonte FHWA).

La portata utilizzata per il calcolo dell'erosione a lungo termine è stata la portata formativa/dominante definita come quel valore teorico di portata che ha maggiori effetti sulla forma e sulle dimensioni dell'alveo.

Esistono tre possibili approcci per determinare tale portata “teorica” (Biedenharn et al., 2001):

- a. Portata ad alveo pieno (bankfull discharge);
- b. Portata con tempo di ritorno compreso tra 1 e 3 anni (il valore della portata con tempo di ritorno di 1.5 anni è quello più comunemente usato);
- c. Portata efficace (effective discharge), intesa come portata che trasporta più sedimenti in un intervallo temporale sufficientemente ampio.

Nel presente calcolo è stata assunta la portata con metodo b.

Erosione da contrazione e da pile in corrispondenza di ponti stradali

L'erosione dovuta alla presenza di un ponte di attraversamento stradale è calcolata come somma dell'erosione dovuta alla contrazione della vena più quella dovuta alla presenza di pile in alveo.

La portata alla base del calcolo a favore di sicurezza è quella con tempo di ritorno 200 anni.

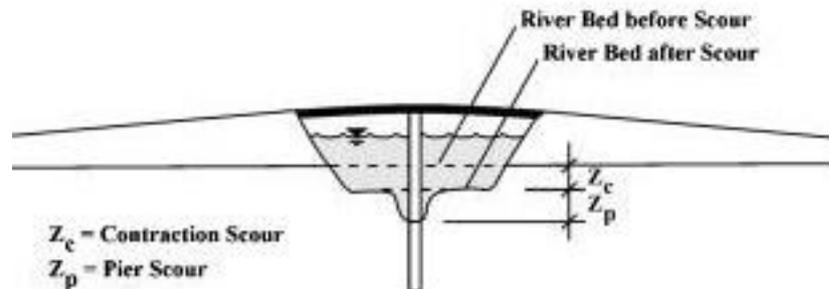


Figura 7.3: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

Contrazione

L'erosione da contrazione e da pile è diversa dal degrado a lungo termine, in quanto la contrazione si verifica in prossimità di restringimenti naturali o antropici quali ponti. Questa può essere ciclica e/o correlata al passaggio di una piena.

L'erosione dello strato attivo è tipicamente ciclica; ad esempio, durante la fase ascendente di evento di piena può creare erosioni che si riempiono poi nella fase discendente.

La natura ciclica incrementa la difficoltà nel determinare la profondità di escavazione dopo un'alluvione. A favore di sicurezza nel calcolo è assunta l'erosione totale calcolata quindi nel punto più critico della piena.

La contrazione del flusso può mediamente essere causata sia da una diminuzione naturale dell'area di flusso del torrente sia da restringimenti antropici.

Assumendo la possibilità di rimozione dello strato di corazzamento in occasione di eventi di piena la formulazione adottata per il calcolo ha previsto la condizione di Live Bed cioè di trasporto solido in atto e non di acqua limpida come indicato da linea guida FHWA.

Pile e spalle

Il meccanismo di base che causa l'erosione localizzata delle pile è rappresentato dalle correnti non lineari create dall'interazione tra flusso di monte e pila.

Il vortice a ferro di cavallo creato è il risultato dell'accumulo di acqua sulla superficie a monte dell'ostruzione con prima importante escavazione e della successiva accelerazione del flusso con creazioni di vortici a frequenza oscillatoria. L'azione di tali vortici rimuove il materiale del letto intorno alla base della pila.

Il tasso di trasporto dei sedimenti a valle del ponte è superiore al tasso di trasporto alla pila e, di conseguenza, si sviluppa un'erosione. Con l'aumento della profondità dell'escavazione, la forza del vortice a ferro di cavallo si riduce, riducendo così il tasso di trasporto dalla regione di base.

Ristabilito l'equilibrio tra l'afflusso e il deflusso del materiale del letto si crea una stabilità di fondo.

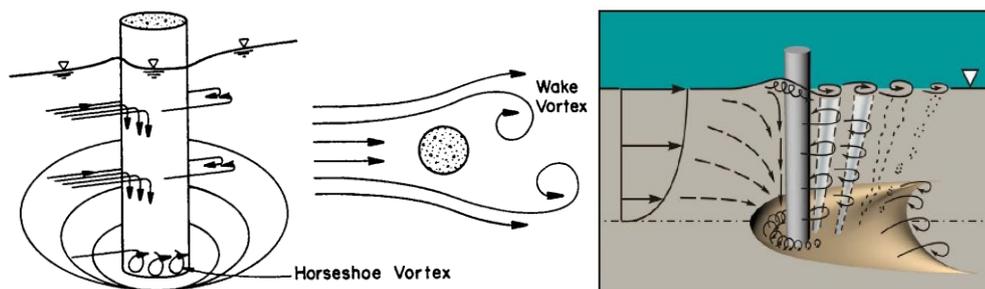


Figura 7.4: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FWHA).

7.2.2 P01

Identificazione

L'interferenza è situata poco a nord della cabina di smistamento, nei pressi dell'area agricola di interesse provinciale "Cu'ccuru Cadira". In P01, il cavo di connessione incontra l'elemento idrico di Strahler di ordine 2. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 25 m. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.2: Riepilogo interferenza P01

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P01	1072_FIUME_17594	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 2	Trenchless/Cavo interrato



Figura 7.5: Ubicazione interferenza P01, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 2).

Osservazioni

L'interferenza è legata ad un *elemento idrico di Strahler* (identificato col codice 107022_FIUME_17594), il quale convergerà nel Riu s'Arraxiu de Pintus (affluente del Cixerri) più a nord.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano molto rinverdate, in particolar modo con presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **64** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Poiché l'elemento idrico nel quale il cavo interferisce è di ordine 2, per la sua posa si dovrà garantire un passaggio a profondità **1.5 m** sull'alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.3 P02

Identificazione

L'interferenza P02 avviene più a valle dello stesso corso dell'interferenza P01. Quindi mantiene le stesse caratteristiche. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.3: Riepilogo interferenza P02

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P02	1072_FIUME_17594	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 2	Trenchless/Cavo interrato



Figura 7.6: Ubicazione interferenza P02, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 2).

Osservazioni

Come in P01, l'interferenza è legata ad un *elemento idrico di Strahler* (identificato col codice 107022_FIUME_17594), il quale convergerà nel Riu s'Arraxiu de Pintus (affluente del Cixerri) più a nord.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano molto rinverdite, in particolar modo con presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **60** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Poiché l'elemento idrico nel quale il cavo interferisce è di ordine 2, per la sua posa si dovrà garantire un passaggio a profondità 1.5 m sull'alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.4 P03

Identificazione

L’interferenza è situata in una strada sterrata. Il cavo di connessione incontra l’elemento idrico di Strahler di ordine 1. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 10 m. Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.4: Riepilogo interferenza P03

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P03	1072_FIUME_4270	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 1	Trenchless/Cavo interrato



Figura 7.7: Ubicazione interferenza P03, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 1).

Osservazioni

L’interferenza è legata ad un *elemento idrico di Strahler* (identificato col codice 107022_FIUME_4270), il quale convergerà nel Riu s’Arraxiu de Pintus (affluente del Cixerri) più a nord.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano molto rinverdite, è presente vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **59** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Poiché l’elemento idrico nel quale il cavo interferisce è di ordine 1, per la sua posa si dovrà garantire un passaggio a profondità 1.5 m sull’alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l’attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.5 P04

Identificazione

L’interferenza è situata in una strada sterrata ad ovest della Strada Località Astia. Il cavo di connessione incontra l’elemento idrico di Strahler di ordine 1. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 10 m. Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.5: Riepilogo interferenza P04

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P04	1072_FIUME_10336	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 1	Trenchless/Cavo interrato



Figura 7.8: Ubicazione interferenza P03, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 1).



Osservazioni

L'interferenza è legata ad un *elemento idrico di Strahler* (identificato col codice 107022_FIUME_10336), il quale convergerà nel Riu s'Arraxiu de Pintus ad ovest.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano molto rinverdite, è presente vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo , al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **65** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Poiché l'elemento idrico nel quale il cavo interferisce è di ordine 1, per la sua posa si dovrà garantire un passaggio a profondità **1.5 m** sull'alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.6 P05

Identificazione

L’interferenza è situata in una strada sterrata ad ovest della Strada Località Astia. Il cavo di connessione incontra l’elemento idrico di Strahler di ordine 1. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 10 m. Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.6: Riepilogo interferenza P05

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P05	1072_FIUME_9436	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 1	Trenchless/Cavo interrato



Figura 7.9: Ubicazione interferenza P05, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 1).

Osservazioni

L’interferenza è legata ad un *elemento idrico di Strahler* (identificato col codice 107022_FIUME_9436), il quale convergerà nel Riu s’Arraxiu de Pintus ad ovest.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano abbastanza rinverdite, con moderata presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, si apprezzano poche zone di erosione nei pressi della strada sterrata.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **56** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Poiché l'elemento idrico nel quale il cavo interferisce è di ordine 1, per la sua posa si dovrà garantire un passaggio a profondità **1.5 m** sull'alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.7 P06

Identificazione

L'interferenza è situata in una strada minore ad ovest della Strada Località Astia, nei pressi delle aree agricole di interesse provinciale *P.ta Fradis Sarius* e *M. Modditzi*. Il passaggio del corso idrico oltre l'infrastruttura stradale avviene tramite un ponte, visibile da immagini satellitari su Google-Earth. Il cavo di connessione incontra l'elemento idrico di Strahler di ordine 3. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 50 m. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.7: Riepilogo interferenza P06

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P06	1072_FIUME_30547	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 3	Trenchless/Cavo interrato

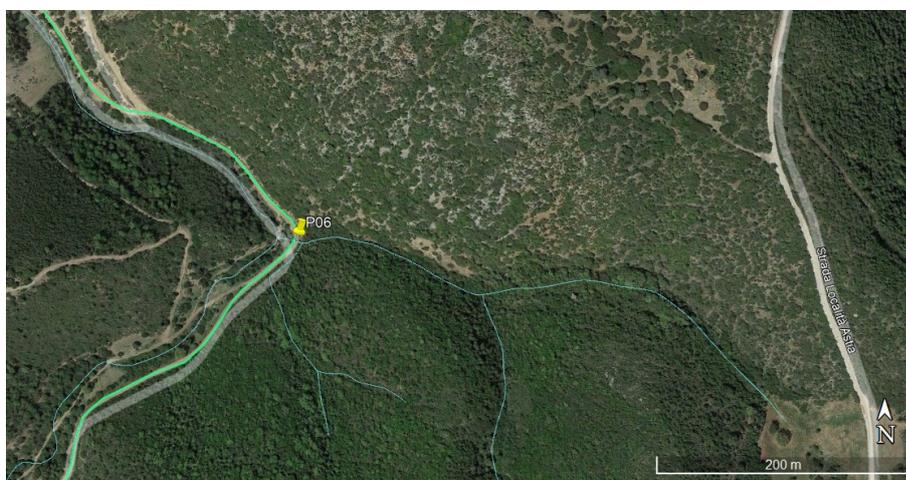


Figura 7.10: Ubicazione interferenza P03, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 1).

Osservazioni

L'interferenza è legata ad un *elemento idrico di Strahler* (identificato col codice 107022_FIUME_30547). Come si vede in figura, tale corso d'acqua nasce dall'unione di due rami di ordine 2.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano abbastanza rinverdite, con moderata presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.



Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si apprezzano zone di erosione nei pressi della strada sterrata.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **78** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Dai calcoli idraulici effettuati, utilizzando le formule apposite per la sottozona SZ2 della Sardegna, considerando una pluviometria media di 55 mm di altezza di precipitazione lorda all’anno, è stata valutata la portata critica per il sottobacino di T3 per un tempo di ritorno di 30 anni.

Nota la sezione dell’alveo e la pendenza longitudinale, ricavate dal modello digitale del terreno attorno alle fasce fluviali e nota la portata ricavata dalle linee di possibilità pluviometrica della Sardegna, è stato possibile valutare la compatibilità idraulica. È stata stimata una profondità di scavo minima di **2 metri**.

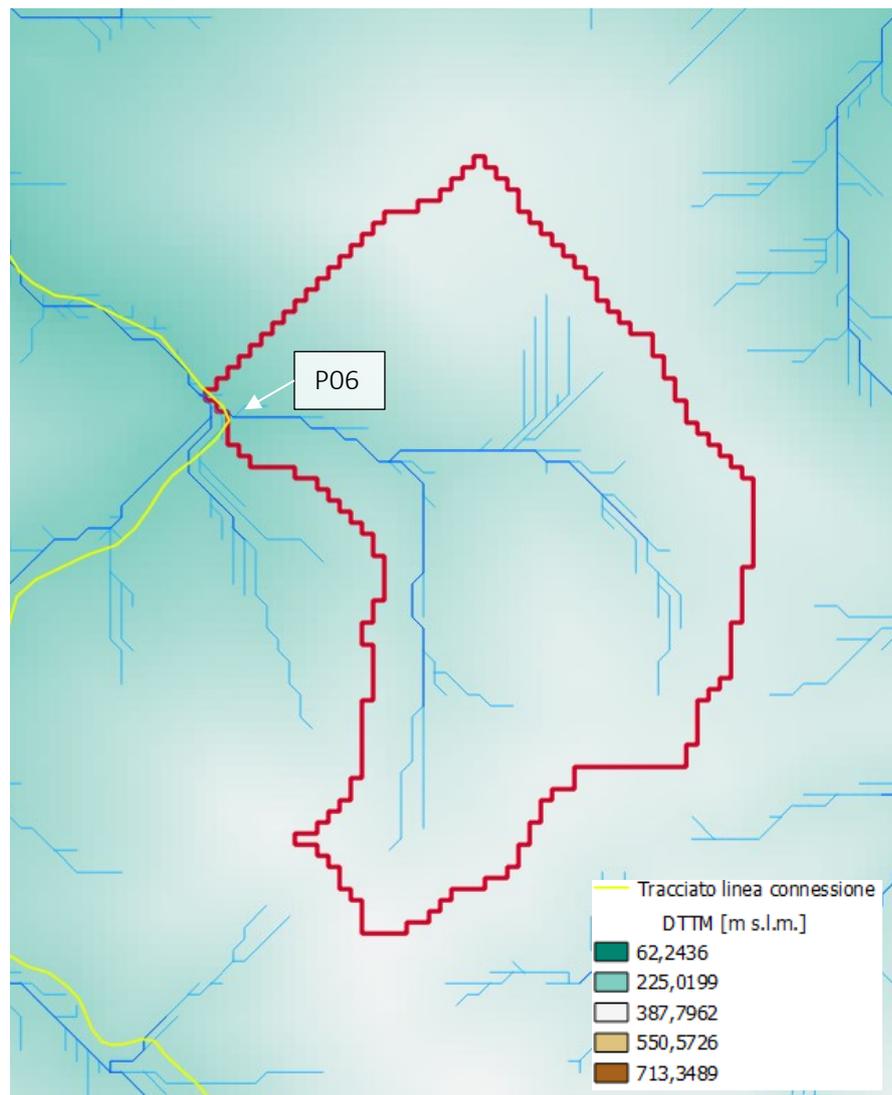


Figura 7.11: displuviale identificato con metodo TauDEM (rosso) rappresentante la superficie di influenza in P06. Tracciato connessione in giallo e rete idrografica estratta a partire dal DTM in blu-azzurro.

In considerazione della gerarchia dell'elemento idrico interferente (ordine n° 3 secondo gerarchizzazione Horton-Strahler), la posa del cavo verrà eseguita secondo tecnologie *trenchless*.

La determinazione della profondità minima di posa è stata eseguita mediante applicazione della metodologia di analisi quantitativa descritta al Paragrafo 7.2.1. Per l'interferenza in oggetto, la profondità di posa tra cielo tubazione ed il punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**. A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.8 P07

Identificazione

L'interferenza è situata in una strada minore, la stessa di P06, a sud della Strada Regionale Florisceddu, con la quale convergerà 300 più a nord. Il passaggio del corso idrico oltre l'infrastruttura stradale avviene tramite un ponte, visibile da immagini satellitari su Google-Earth. Il cavo di connessione incontra l'elemento idrico di Strahler di ordine 4. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 75 m. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.8: Riepilogo interferenza P07

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P07	Riu Guttus	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 4	Trenchless



Figura 7.12: Ubicazione interferenza P07, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 4).



Osservazioni

L'interferenza è legata al Riu Guttus. Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano abbastanza rinverdite, con moderata presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si apprezzano zone di erosione nei pressi della strada sterrata.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **61** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Dai calcoli idraulici effettuati, utilizzando le formule apposite per la sottozona SZ2 della Sardegna, considerando una pluviometria media di 55 mm di altezza di precipitazione lorda all'anno, è stata valutata la portata critica per il sottobacino di T3 per un tempo di ritorno di 30 anni.

Nota la sezione dell'alveo e la pendenza longitudinale, ricavate dal modello digitale del terreno attorno alle fasce fluviali e nota la portata ricavata dalle linee di possibilità pluviometrica della Sardegna, è stato possibile valutare la compatibilità idraulica. È stata stimata una profondità di scavo minima di **2.5** metri.

In considerazione della gerarchia dell'elemento idrico interferente (ordine n° 4 secondo gerarchizzazione Horton-Strahler), la posa del cavo verrà eseguita secondo tecnologie *trenchless*.

La determinazione della profondità minima di posa è stata eseguita mediante applicazione della metodologia di analisi quantitativa descritta precedentemente. Per l'interferenza in oggetto, la profondità di posa tra cielo tubazione ed il punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2.5 metri**. A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

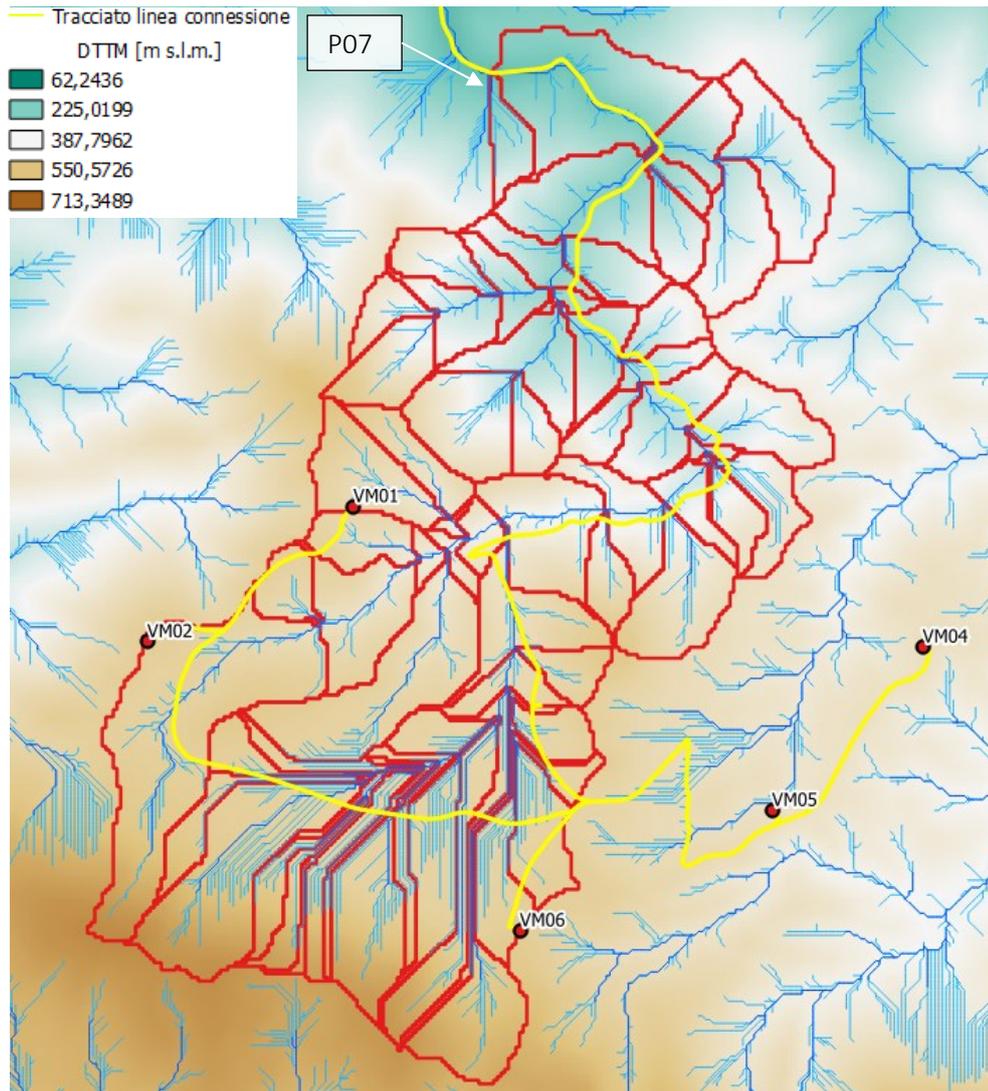


Figura 7.13: displuviali identificate con metodo TauDEM (rosso) rappresentanti le superficie di influenza in P07. Tracciato connessione in giallo e rete idrografica estratta a partire dal DTM in blu-azzurro.

7.2.9 P08

Identificazione

L’interferenza è situata nella Strada Regionale Florisceddu. Il cavo di connessione incontra l’elemento idrico di Strahler di ordine 1. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 10 m. Il passaggio del corso idrico oltre l’infrastruttura stradale avviene tramite un ponte, visibile da immagini satellitari su Google-Earth. Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.9: Riepilogo interferenza P08

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P08	Riu Aconi	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 1	Trenchless/Cavo interrato



Figura 7.14: Ubicazione interferenza P08, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 1).

Osservazioni

L'interferenza è legata al Riu Aconi, affluente del Riu Cixerri.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano abbastanza rinverdite, è presente vegetazione erbacea ed arbustiva nel tratto a valle del ponte sotto il manto stradale, mentre nel tratto di monte le sponde sono meno rinverdite.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **69** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Poiché l'elemento idrico nel quale il cavo interferisce è di ordine 1, per la sua posa si dovrà garantire un passaggio a profondità **1.5 m** sull'alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.10 P09

Identificazione

L’interferenza è situata nella Strada Regionale Florisceddu, a 20 metri dall’incrocio con Via Terreseo, a Villamassargia. Il passaggio del corso idrico oltre l’infrastruttura stradale avviene tramite un ponte, visibile da immagini satellitari su Google-Earth. Il cavo di connessione incontra l’elemento idrico di Strahler di ordine 3. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 50 m. Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.10: Riepilogo interferenza P09

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P09	Arriu Caro Riugiro	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 3	Trenchless



Figura 7.15: Ubicazione interferenza P09, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 3).



Figura 7.16: Passaggio dell'Arriu Caro Riugoro in corrispondenza della Strada Regionale Florisceddu-immagine da Google Earth.

Osservazioni

L'interferenza è legata all'Arriu Caro Riugoro. Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano abbastanza rinverdite, con moderata presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si apprezzano zone di erosione nei pressi della strada sterrata.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **70** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

In considerazione della gerarchia dell'elemento idrico interferente (ordine n° 3 secondo gerarchizzazione Horton-Strahler), la posa del cavo verrà eseguita secondo tecnologie *trenchless*. Nel paragrafo 7.2.1, viene analizzata la compatibilità idraulica rispetto ad un elemento idrico di Strahler di ordine 3. Ricadendo nella stessa area di interesse, appartenente alla medesima SZO, con le stesse normative, si ritengono valide le considerazioni sulla posa del cavo precedentemente descritte.

Per l'interferenza in oggetto, la profondità di posa tra cielo tubazione ed il punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**. A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.11 P10

Identificazione

L'interferenza è situata 250 metri a sud della Strada Provinciale 2, nei pressi della zona industriale di Villamassargia. In P10, il cavo di connessione incontra l'elemento idrico di Strahler di ordine 2. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 25 m. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.11: Riepilogo interferenza P10

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P10	Riu Su Pardu	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 2	Trenchless/Cavo interrato



Figura 7.17: Ubicazione interferenza P10, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 2).

Osservazioni

L'interferenza è legata alla presenza del Riu Su Pardu, affluente del Riu Cixerri.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano abbastanza rinverdite.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **68** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Poiché l’elemento idrico nel quale il cavo interferisce è di ordine 2, per la sua posa si dovrà garantire un passaggio a profondità **1.5 m** sull’alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l’attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.12 P11

Identificazione

L’interferenza è situata nella SP2. Il tracciato della linea di connessione segue il percorso della strada provinciale e in P11 incontra un elemento idrico di Strahler di ordine 3, denominato Riu Aconi. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 50 m. Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.12: Riepilogo interferenza P11

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P11	Riu Aconi	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 3	Trenchless

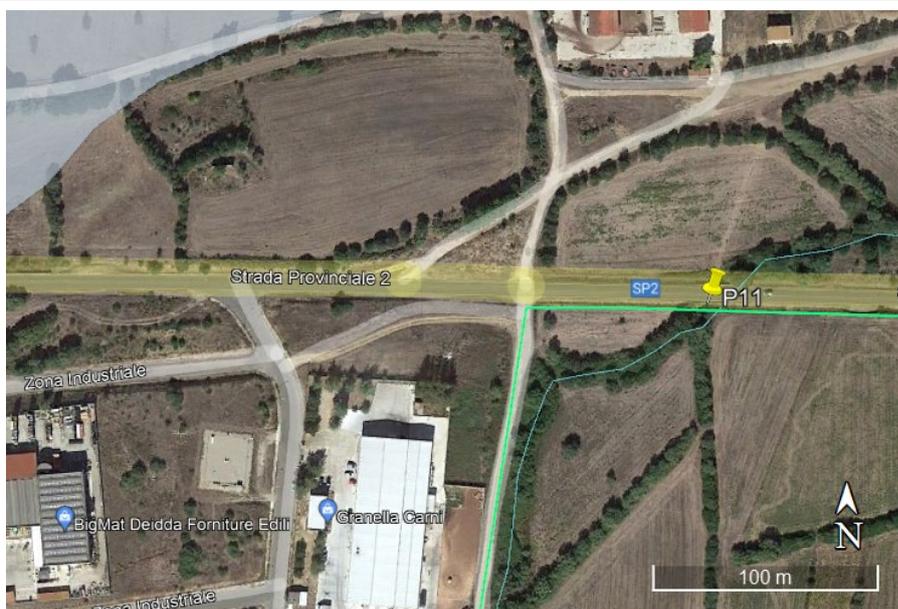


Figura 7.18: Ubicazione interferenza P11, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 3).

Osservazioni

L’interferenza è legata Al Riu Aconi.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano abbastanza rinverdate, con moderata presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si apprezzano zone di erosione nei pressi della strada sterrata.



Figura 7.19. Passaggio del Riu Aconi in corrispondenza della SP2 -immagine da Google Earth.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **68** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

In considerazione della gerarchia dell’elemento idrico interferente (ordine n° 3 secondo gerarchizzazione Horton-Strahler), la posa del cavo verrà eseguita secondo tecnologie *trenchless*.

Nel paragrafo 7.2.1, viene analizzata la compatibilità idraulica rispetto ad un elemento idrico di Strahler di ordine 3. Ricadendo nella stessa area di interesse, appartenente alla medesima SZO, con le stesse normative, si ritengono valide le considerazioni sulla posa del cavo precedentemente descritte.

Per l’interferenza in oggetto, la profondità di posa tra cielo tubazione ed il punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**. A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione.

Si ritiene che a tale profondità l’attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.13 P12

Identificazione

L’interferenza è situata a circa 800 metri, in linea d’aria, dalla stazione Terna, a Nord-Ovest. Il cavo di connessione incontra l’elemento idrico di Strahler di ordine 3. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 50 m. Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.13: Riepilogo interferenza P12

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P12	Sa Gora Cea Seddori	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 3	Trenchless

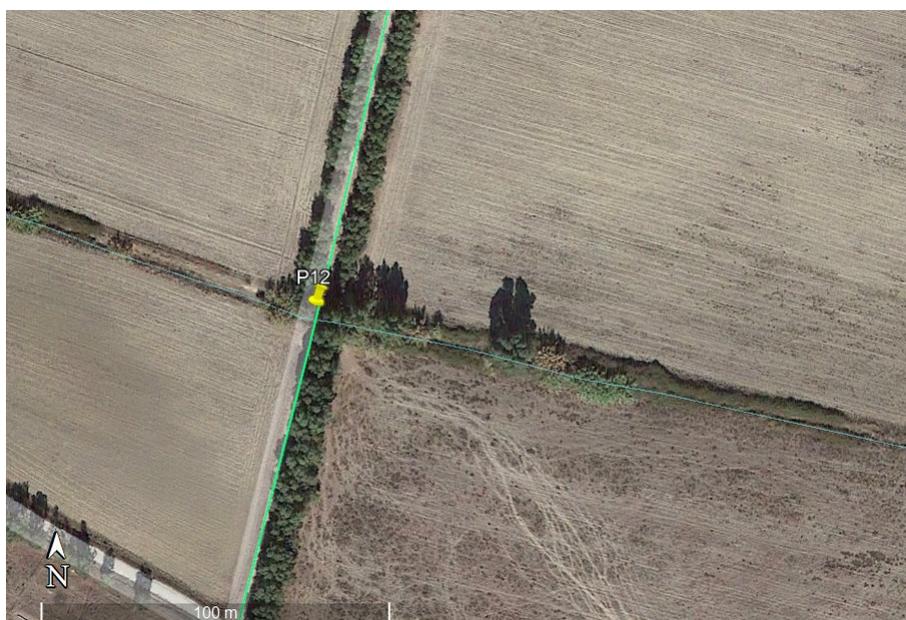


Figura 7.20: Ubicazione interferenza P09, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 3).

Osservazioni

L’interferenza è legata al corso idrico chiamato Sa Gora Cea Seddori.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano abbastanza rinverdite, con moderata presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, si evidenziano segni di erosione a sud-est di P12.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **54** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

In considerazione della gerarchia dell'elemento idrico interferente (ordine n° 3 secondo gerarchizzazione Horton-Strahler), la posa del cavo verrà eseguita secondo tecnologie *trenchless*.

Nel paragrafo 7.2.1, viene analizzata la compatibilità idraulica rispetto ad un elemento idrico di Strahler di ordine 3. Ricadendo nella stessa area di interesse, appartenente alla medesima SZO, con le stesse normative, si ritengono valide le considerazioni sulla posa del cavo precedentemente descritte.

Per l'interferenza in oggetto, la profondità di posa tra cielo tubazione ed il punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**. A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.14 P13

Identificazione

L'interferenza è situata a circa 700 metri, in linea d'aria, dalla stazione Terna esistente, alla quale si allaccerà il cavo di connessione. P13, il cavo di connessione incontra l'elemento idrico di Strahler di ordine 2. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 25 m. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.14: Riepilogo interferenza P13

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P13	Riu Su Rerrazzu	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 2	Trenchless/Cavo interrato



Figura 7.21: Ubicazione interferenza P10, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 2).



Osservazioni

L’interferenza è legata al Riu Su Terrazzu, affluente del Riu Cixerri. Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano molto rinverdite, con vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **57** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Poiché l’elemento idrico nel quale il cavo interferisce è di ordine 2, per la sua posa si dovrà garantire un passaggio a profondità **1.5 m** sull’alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l’attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.15 P14

Identificazione

L’interferenza è situata in una strada sterrata, prossima alla stazione Terna. Il cavo di connessione incontra l’elemento idrico di Strahler di ordine 1. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 10 m. Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

Tabella 7.15: Riepilogo interferenza P14

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P14	107011_FIUME_3925	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 1	Trenchless/Cavo interrato

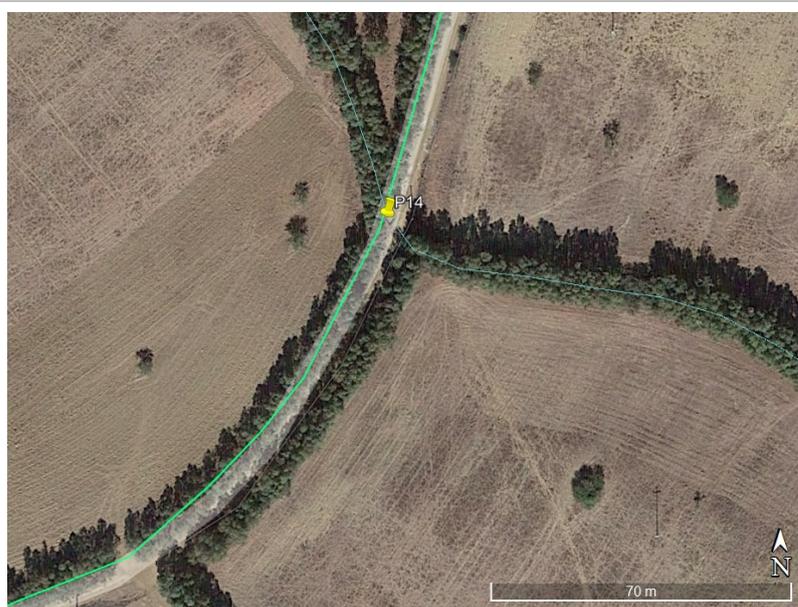


Figura 7.22: Ubicazione interferenza P14, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 1).

Osservazioni

L’interferenza è legata ad un *elemento idrico di Strahler* (identificato col codice 107011_FIUME_3925), affluente del Riu Cixerri.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano abbastanza rinverdite, è presente vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, si evidenziano deboli segni di erosione a sud-est di P14.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 0, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **65** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Poiché l'elemento idrico nel quale il cavo interferisce è di ordine 1, per la sua posa si dovrà garantire un passaggio a profondità **1.5 m** sull'alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.16 PSFF

Circa 4.7 km di tracciato del cavo di connessione interferiscono con le fasce di pericolosità idraulica del PSFF bassa, moderata, media, elevata e molto elevata. L'interferenza con la fascia di pericolosità molto elevata avviene in corrispondenza del passaggio del Riu Cixerri e tale discontinuità sarà analizzata nel paragrafo 7.2.22.

Tabella 7.16: Riepilogo interferenza

INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
Fascia PSFFattorno Riu Cixerri	Moderata - Alta	Trenchless/ cavo interrato

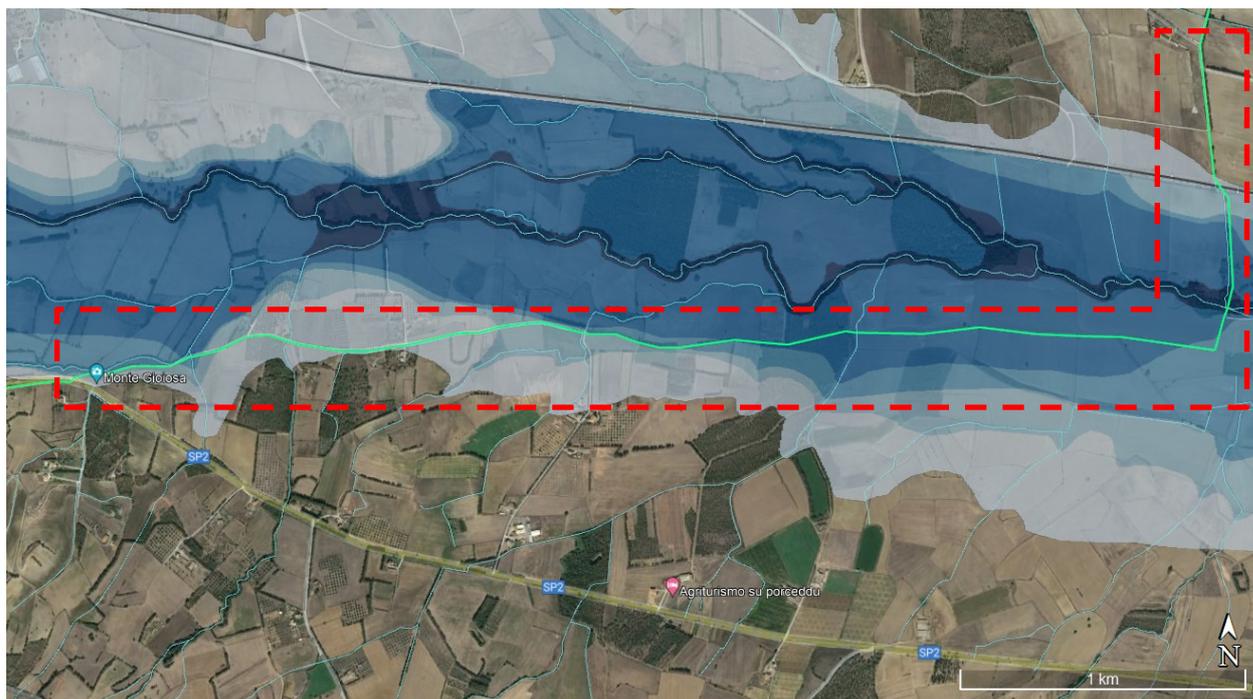


Figura 7.23: interferenza del tracciato del cavo di connessione con fasce di inondabilità moderata, media, elevata e molto elevata (PSFF 2020).

Il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale, che risulta in parte asfaltato e in parte rivestito da ghiaia a permeabilità molto bassa. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione.

A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione.

Si ritiene quindi superata l’interferenza ed idraulicamente compatibile.

In questa zona si sviluppa il reticolo di Strahler intersecando in diversi punti il tracciato della linea di connessione, si tratta delle interferenze comprese tra P15-P19 e T01.

7.2.17 P15

Identificazione

L’interferenza è situata poco a sud della Strada Provinciale SP2, ad est dal punto panoramico ‘Monte Gioiosa’ di Villamassargia. Il cavo di connessione incontra l’elemento idrico di Strahler di ordine 3 fascia di prima salvaguardia di 50 m) e ricade nella fascia di pericolosità moderata del PSFF. Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione, reticolo idrografico secondo Horton-Strahler e stralcio PSFF.

Tabella 7.17: Riepilogo interferenza P15

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P15	Is Colus	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 3 Pericolosità moderata	Trenchless





Figura 7.24: Ubicazione interferenza P15, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 3).



Figura 7.25: Passaggio di Is Colus in P15 -immagine da Google Earth.

Osservazioni

L'interferenza è legata all'elemento idrico Is Colus, affluente di Riu Aconi. Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano abbastanza rinverdate, con moderata presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si apprezzano zone di erosione nei pressi della strada sterrata.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 0, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **70** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

In considerazione della gerarchia dell'elemento idrico interferente (ordine n° 3 secondo gerarchizzazione Horton-Strahler), la posa del cavo verrà eseguita secondo tecnologie *trenchless*. Nel paragrafo 7.2.1, viene analizzata la compatibilità idraulica rispetto ad un elemento idrico di Strahler di ordine 3. Ricadendo nella stessa area di interesse, appartenente alla medesima SZO, con le stesse normative, si ritengono valide le considerazioni sulla posa del cavo precedentemente descritte.

Per l'interferenza in oggetto, la profondità di posa tra cielo tubazione ed il punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**. A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.18 P16

Identificazione

L'interferenza è situata nella medesima strada di P15. Il cavo di connessione incontra l'elemento idrico di Strahler di ordine 1 (fascia di prima salvaguardia di 10 m) e ricade in una zona di pericolosità media secondo il PSFF. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato il tracciato di connessione, il reticolo idrografico secondo Horton-Strahler e stralcio PSFF 2015.

Tabella 7.18: Riepilogo interferenza P16

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P16	Riu Mussancaroni	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 1 Pericolosità media	<i>Trenchless/Cavo interrato</i>



Figura 7.26: Ubicazione interferenza P16, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 1) e stralcio PSFF (pericolosità media).



Figura 7.27: Alveo in P16 – immagine da Google Earth

Osservazioni

L'interferenza è legata al Riu Mussancaroni. Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano molto rinverdite, è presente vegetazione erbacea ed arbustiva.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 0, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **65** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Poiché l'elemento idrico nel quale il cavo interferisce è di ordine 1, per la sua posa si dovrà garantire un passaggio a profondità **1.5 m** sull'alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.19 P17

Identificazione

L'interferenza è situata nella medesima strada di P15 e P16. Nei pressi vi è una struttura abitativa. Il passaggio del corso idrico oltre l'infrastruttura stradale avviene tramite un ponte, visibile da immagini satellitari su Google-Earth. Il cavo di connessione incontra l'elemento idrico di Strahler di ordine 4 (fascia di prima salvaguardia di 75 m) e la fascia di pericolosità bassa del PSFF. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione, reticolo idrografico secondo Horton-Strahler e stralcio PSFF.

Tabella 7.19: Riepilogo interferenza P17

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P17	Riu Guttus	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 4 Pericolosità bassa	Trenchless



Figura 7.28: Ubicazione interferenza P17, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 4) e stralcio PSFF 2015.



Figura 7.29: Alveo in P17 - immagine da Google Earth

Osservazioni

L'interferenza è legata al Riu Guttus, stesso corpo idrico dell'interferenza P07. Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano abbastanza rinverdite, con moderata presenza di vegetazione erbacea, arbustiva e cacti.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si apprezzano zone di erosione nei pressi della strada sterrata.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 0, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **61** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

In considerazione della gerarchia dell'elemento idrico interferente (ordine n° 4 secondo gerarchizzazione Horton-Strahler), la posa del cavo verrà eseguita secondo tecnologie *trenchless*. Nel paragrafo 0, viene analizzata la compatibilità idraulica rispetto ad un elemento idrico di Strahler di ordine 4. Trattandosi del medesimo corpo idrico (Riu Guttus) in un tratto più a valle, si ritengono valide le considerazioni fatte in precedenza.

Per l'interferenza in oggetto, la profondità di posa tra cielo tubazione ed il punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2.5 metri**. A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.20 P18

Identificazione

L’interferenza è situata nella medesima strada di P15, P16 e P17 e, da questo punto in avanti fino alla stazione di connessione, il tracciato della linea di connessione passerà per strade di campi sterrate e non più per strada asfaltata. Il cavo di connessione incontra l’elemento idrico di Strahler di ordine 2 (fascia di prima salvaguardia di 25 m) e ricade in fascia di pericolosità idraulica moderata secondo il PSFF. Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e reticolo idrografico secondo Horton-Strahler e stralcio PSFF 2015.

Tabella 7.20: Riepilogo interferenza P18

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P18	1071022_FIUME_23335	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 2 Pericolosità moderata	Trenchless/Cavo interrato



Figura 7.30: Ubicazione interferenza P18, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 2) e stralcio PSFF 2015.

Osservazioni

L'interferenza è legata ad un *elemento idrico di Strahler* (identificato col codice 107022_FIUME_23335), affluente del Riu Cixerri.

Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano poco rinverdite.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 0, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **68** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Poiché l'elemento idrico nel quale il cavo interferisce è di ordine 2, per la sua posa si dovrà garantire un passaggio a profondità **1.5 m** sull'alveo attivo.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.21 P19

Identificazione

L'interferenza è situata in una strada sterrata, di campo, a circa 250 metri a sud del Riu Cixerri. Il cavo di connessione incontra l'elemento idrico di Strahler di ordine 3. Secondo la normativa vigente, la profondità della fascia di prima salvaguardia è pari a 50 m. Data la vicinanza col Riu Cixerri, tale interferenza ricade anche in fascia di pericolosità alta secondo il PSFF. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione, reticolo idrografico secondo Horton-Strahler e stralcio PSFF 2015.

Tabella 7.21: Riepilogo interferenza P19

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P19	Riu Santa Luxia	Interferenza elemento idrico -Strahler Ordine 3	<i>Trenchless</i>



Figura 7.31: Ubicazione interferenza P19, in verde il tracciato della linea di connessione, in celeste il reticolo secondo Strahler (ordine 3), fascia di pericolosità alta.

Osservazioni

L'interferenza è legata al Riu Santa Luxia. Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde sono esenti dalla presenza di vegetazione.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, si nota la progressiva riduzione di aree rinverdite, anche nelle sponde e nel letto del rigagnolo. Si evidenziano anche zone di erosione a nord di P19.



Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **70** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

Verifica di compatibilità idraulica

Il punto P19 ricade in una fascia di pericolosità alta, data la vicinanza al Riu Cixerri. Nonostante ciò, la piana alluvionale è molto estesa e pianeggiante, quindi velocità e tiranti, per eventi più critici, saranno in ogni caso moderati. Ciò rende la posizione del tracciato del cavo di connessione compatibile col vincolo idraulico, seguendo le opportune considerazioni riportate in seguito.

In considerazione della gerarchia dell'elemento idrico interferente (ordine n° 3 secondo gerarchizzazione Horton-Strahler), la posa del cavo verrà eseguita secondo tecnologie *trenchless*. Nel paragrafo 7.2.1, viene analizzata la compatibilità idraulica rispetto ad un elemento idrico di Strahler di ordine 3. Ricadendo nella stessa area di interesse, appartenente alla medesima SZO, con le stesse normative, si ritengono valide le considerazioni sulla posa del cavo precedentemente descritte.

Per l'interferenza in oggetto, la profondità di posa tra cielo tubazione ed il più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **2 metri**. A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.22 T01

Identificazione

L'interferenza è collocata a circa 2 km ad ovest dalla Strada Provinciale 88 e 500 metri a sud dall'infrastruttura ferroviaria della RFS. Il cavo interferisce con il Riu Cixerri, a monte di un'opera di regimazione, tale interferenza ricade in una fascia alta di pericolosità idraulica secondo il PGRA ed il PSFF e in un reticolo di Strahler di ordine 7 (fascia di prima salvaguardia di 250 metri). Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in blu il tracciato di connessione e stralcio del PGRA.

Tabella 7.22: Riepilogo interferenza T01

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
T01	Riu Cixerri	Alta	TOC

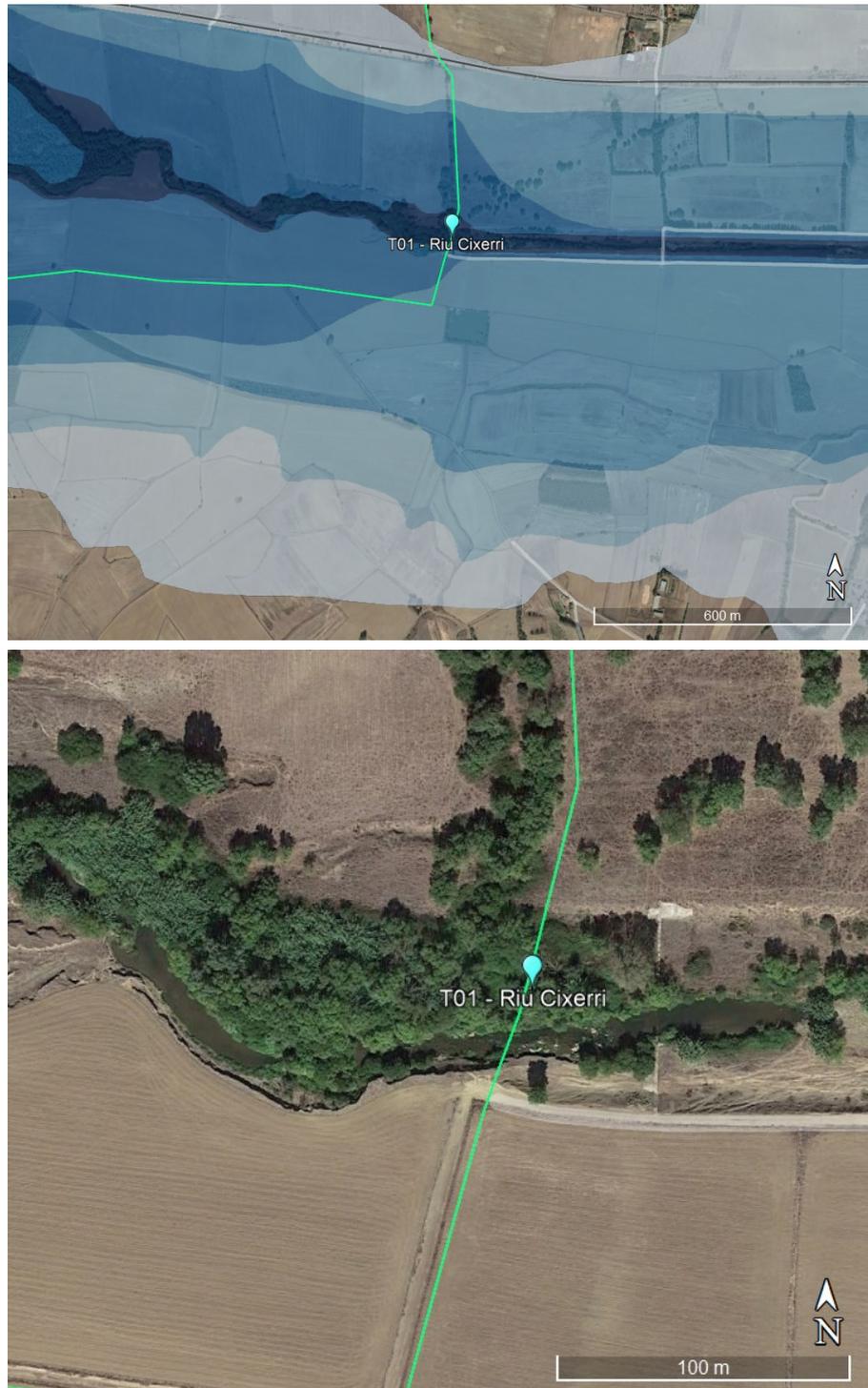


Figura 7.32: Ubicazione interferenza T01, in verde il percorso di connessione, in blu la fascia di pericolosità alta (dovuta al Riu Cixerri) e le fasce di minor pericolosità nelle gradazioni di blu più chiare, secondo il PSFF aggiornato al 2015.

Osservazioni

L’interferenza è legata al Riu Cixerri. Le sezioni risultano regolari ed il letto e le sponde risultano rinverdate, con presenza di vegetazione erbacea e arbustiva. Le caratteristiche di tale corso idrico sono descritte al paragrafo 3.3.1, T01 si trova nel secondo tratto geomorfologico del Riu Cixerri.

A valle dal tracciato della linea di connessione sono presenti opere antropiche di regimazione (briglia). Essendo collocata a monte dell’opera idraulica, il cavo di connessione si trova in una zona a minor rischio erosione e a velocità minori (1-2 m/s), per cui in una zona stabile per garantire la posa del cavo.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano segni di erosione. Il tracciato risulta stabile e la fascia geomorfologica non è evoluta negli anni.

Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 7.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **65** rientrando così nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.



Figura 7.33: sezione T01 – fonte Google Earth



Figura 7.34: briglia a valle di T01 - fonte Google-Earth



Figura 7.35: stato attuale della briglia – rilevamento maggio '22

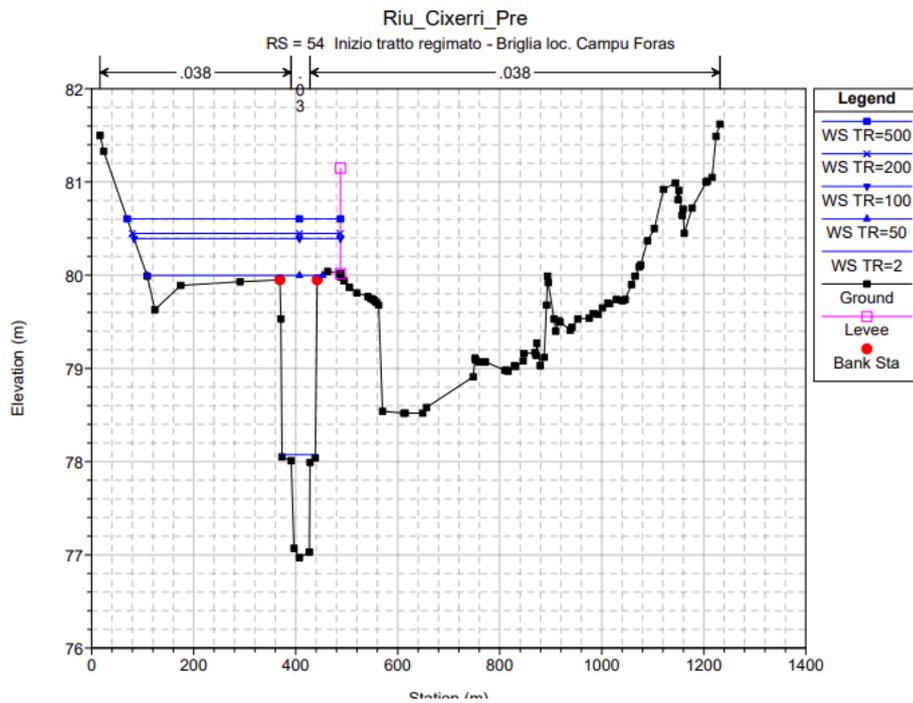


Figura 7.36: Sezione e tiranti critici in T01 (Relazione monografica PSFF)

fiume
Riu Cixerri

tipo opera
Briglia o soglia

funzione
Controllo dell'erosione di fondo e del trasporto solido

lunghezza [m]	chilometrica [km]	rilevatore	data
73	28740,00	Art	02/12/2006

Vista da monte.

foto: CXBR0008-1

Vista da sponda.

foto: CXBR0008-2

Codice opera **CXBR0008**

CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE

funzione specifica **Controllo**

materiale della struttura **Calcestruzzo**

altezza sul fondo alveo a monte [H1] [m] |

altezza sul fondo alveo a valle [H2] [m] |

presenza di interrimento a monte

schema tipo

presenza materiale

rivestimento

controbiglia

opere sponda sinistra **Calcestruzzo**

opere sponda destra **Calcestruzzo**

platea **Calcestruzzo**

bacino dissipazione

STATO DELL'OPERA

diseño strutturale

localizzazione diseño **fondazioni**

estensione diseño

OSSERVAZIONI **Platea 10m.**

lunghezza [L] [m]

Figura 7.37: scheda tecnica dell'opera idraulica a valle di T01

Verifica di compatibilità idraulica - Analisi quantitativa

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento T01. È stato effettuato uno studio di compatibilità idraulica al fine di valutare la profondità di scavo minima richiesta per la posa del cavo.

Dai calcoli effettuati, al fine di proteggere il cavo dalla potenziale erosione a lungo termine (paragrafo 7.2.1), risulta una profondità di interrimento di 1.78 metri dall'impluvio, ma data l'importanza e le elevate dimensioni del fiume, si ritiene più adatto e a favore di sicurezza posare il cavo ad almeno **3 metri dall'alveo attivo**.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7.2.23 Altre interferenze

In Tabella 7.1 sono elencate le interferenze riscontrate lungo la linea di connessione. Nei paragrafi sovrastanti sono state affrontate le principali interferenze, ovvero quelle riguardanti l'intersezione con un elemento idrico associato ad una pericolosità idraulica o alla gerarchia di Horton-Strahler.

Le restanti interferenze non hanno richiesto un'analisi qualitativa e/o quantitativa per asserire la compatibilità idraulica.

- L'interferenza T02 riguarda l'attraversamento di un binario della Rete Ferroviaria dello Stato. In questo punto, la posa del cavo avverrà tramite tecnologia TOC. Sia fatto presente che il

tratto ferroviario in questione ricade in una fascia di pericolosità idraulica secondo il PGRA e PSFF moderata-media.

- L'interferenza T03 riguarda l'attraversamento della Strada Provinciale SP2. Data l'importanza e le dimensioni dell'infrastruttura, larga circa 8 metri, si è scelto di adottare una soluzione di tipo TOC. In tale interferenza vi è anche la presenza di una fascia di inondabilità moderata-media.
- Se dovessero riscontrarsi rogge, piccoli fossi di guardia o altri corpi idrici minori non segnalati dalla carta dell'Istituto Geografico Militare o dal reticolo idrografico di Strahler, si raccomanda attenzione alla stabilità dell'alveo. La posa del cavo dovrà avvenire ad almeno 1 metro di profondità dall'alveo attivo, adottando tecnica *trenchless*, o tramite scavo tradizionale se garantita la sua esecuzione in sicurezza.



Figura 7.38: Interferenza con ferrovia



Figura 7.39: Interferenza con strada provinciale

7.3 INTERFERENZA CON PIAZZOLE DI CANTIERE

Dall’analisi delle interferenze tra le piazzole definitive e di cantiere (Rif. 2527-4953-VM_VIA_T08_Rev0_Regimazione acque) si può notare che la superficie di una piazzola da costruire in fase di cantiere per la realizzazione della WTG VM05 interferisce con un reticolo idrografico di Strahler di ordine 1.

Va progettato dunque anche un sistema di collettamento acque superficiali per la gestione del rigagnolo interferente. Il punto di scarico delle canalette da costruire attorno alla piazzola sarà dove tende a convergere naturalmente.



- Elemento idrico di STRAHLER
- Layout Astia
- WTGs
- - - Viabilità
- Piazzole_definitive
- Piazzole_cantiere
- Tracciato_cavidotto di connessione

Figura 7.40: Interferenza con piazzola di cantiere (in rosso). La freccia bianca indica lo scarico.

L’interferenza si ritiene superata, in quanto la piazzola è prevista solo in fase di cantiere.

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 2020) 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 rete costituita da fossi in terra non rivestiti, realizzati 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.

Nel mantenimento dei limiti della profondità di interramento, 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.