

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ED ECONOMICA

Interventi di mitigazione del rischio idrogeologico nell'ambito della predisposizione del piano nazionale per la ripresa e la resilienza: Lotto 2 - Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri - Comune di Illorai - CUP C29I20000100002

GRUPPO DI LAVORO		TITOLO DELL'ELABORATO								
Ing. Maurizio BOI Ing. Giancarlo ROSSELLI Ing. Beatrice MAJONE Dott. Geol. Mauro POMPEI Dott.ssa Archeol. Cristiana CILLA Dott. Agro. Valerio BOI Arch. Anna Camoglio (Giovane Professionista)		STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE								
PROGETTISTA (firmatario dell'elaborato)		SPECIALIZZAZIONE			NUMERO ELAB.					
Dott.ssa Biologa Elisabetta Bina		Architettura		Cantieri	6.1					
		Strutture		Particolari						
COLLABORATORI		Impianti		Topografia				6.1		
Dott. Matteo Sollai										
		Nome File	Codice Archivio 212059							
		DATA:		10/2023						
DIRETTORE TECNICO		EMISSIONI/REVISIONI								
Dott. Ing. Maurizio BOI		Rev.	Zona	Descrizione		Eseg.	Verif.			
		0		Emissione		EB	SF	MB	10/2023	
		1								
		2								
COMMITTENTE		3								
Opere e Infrastrutture della Sardegna R.U.P. Ing. Alessia Frau		4								
		5								



LEONARDO
consorzio europeo
per l'ingegneria e l'architettura

Capogruppo
via Peretti 11 09126 Cagliari
P. Iva 02870650369
T. +39 070 380044
F. +39 070 7732441
info@consorzio-leonardo.eu
consorzio-leonardo.eu

TECNOLAV
engineering

per ECL Leonardo



Dott. Mauro Pompei
geologo



Project Partners Ltd
Consulting Engineers

Dott. Geol.
Cristiana Cilla

Dott. Agr.
Valerio Boi



 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 1 di 88

Indice

1. PREMESSA	5
2. LA VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ A V.I.A.	8
3. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	10
3.1. ATMOSFERA	10
3.1.1. <i>Atmosfera – Normativa comunitaria</i>	10
3.1.2. <i>Atmosfera – Normativa nazionale</i>	10
3.2. AMBIENTE IDRICO – ACQUE SUPERFICIALI E ACQUE SOTTERRANEE	12
3.2.1. <i>Acque – Normativa comunitaria</i>	12
3.2.2. <i>Acque – Normativa nazionale</i>	12
3.2.3. <i>Acque – Normativa regionale</i>	13
3.2.4. <i>Acque – Linee guida</i>	14
3.2.5. <i>Acque – Standard per gli aggiornamenti</i>	14
3.2.6. <i>Acque – Norme ISO</i>	14
3.3. SUOLO	14
3.3.1. <i>Suolo – Normativa nazionale</i>	14
3.3.2. <i>Suolo – Normativa regionale</i>	15
3.3.3. <i>Suolo – Linee guida</i>	15
3.4. RUMORE	15
4. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO	17
4.1. PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE (P.P.R.)	17
4.2. PIANO URBANISTICO COMUNALE (P.U.C.)	21
4.3. IL PIANO STRALCIO DI BACINO DELL'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)	21
4.4. PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (P.S.F.F.)	24
4.5. REGIO DECRETO-LEGGE N. 3267/1923 – VINCOLO IDROGEOLOGICO	25
4.6. VINCOLI AMBIENTALI	26

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 2 di 88

4.6.1.	<i>Rete Natura 2000</i>	26
4.6.2.	<i>Important Bird Area</i>	27
4.6.3.	<i>Aree naturali protette.....</i>	28
5.	OBIETTIVI DELLA PROGETTAZIONE	29
5.1.	INTERVENTI DI MITIGAZIONE PREVISTI DAL D.I.P.	29
5.1.1.	<i>Mitigazione del rischio e messa in sicurezza nel centro edificato - nn. 1-2-5-6-7 (a-b-c-d-e).....</i>	29
5.1.2.	<i>Messa in sicurezza dell'area sportiva lungo il rio Tialei - n. 8.....</i>	30
5.1.3.	<i>Messa in sicurezza dell'impianto di depurazione - n. 9</i>	30
5.1.4.	<i>Messa in sicurezza della viabilità di accesso al centro abitato – S.P. 40 - n. 10</i>	30
5.1.5.	<i>Messa in sicurezza dei versanti nelle Vie Vittorio Emanuele (n. 11), Umberto (n. 14), Su Turchi (n. 15) e S.P. 40 (n. 16)</i>	30
5.1.6.	<i>Messa in sicurezza dei muri di contenimento lungo la Via Gramsci (nn. 12 e 13).....</i>	30
5.2.	ITER PROGETTUALE ED EVOLUZIONE DEGLI INTERVENTI OGGETTI DI PROGETTAZIONE.....	30
6.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E IDROGRAFICO	33
6.1.	IL CONTESTO TERRITORIALE.....	33
6.2.	ANALISI PLUVIOMETRICA.....	35
6.2.1.	<i>Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica procedura VAPI</i>	35
6.2.2.	<i>Ragguaglio spaziale delle piogge all'area</i>	38
7.	ASPETTI PROGETTUALI	39
7.1.	DESCRIZIONE GENERALE DELLO STATO DI FATTO	39
7.2.	STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO	40
7.2.1.	<i>Individuazione delle sezioni di interesse</i>	40
7.2.2.	<i>Il tempo di corrivazione</i>	42
7.2.3.	<i>Il modello di pioggia netta del Curve Number (SCS-CN)</i>	44
7.2.4.	<i>Calcolo delle portate di piena</i>	46
7.3.	SOLUZIONE PROGETTUALE.....	47
7.3.1.	<i>Interventi 1 e 2: adeguamento e funzionalizzazione dei canali di gronda Est e Ovest esistenti.....</i>	48

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 3 di 88

7.3.2.	<i>Intervento 3: drenaggio delle strade canale</i>	51
7.3.3.	<i>Intervento 4: nuovo canale di gronda ai piedi del versante</i>	53
7.3.4.	<i>Intervento 5: conversione del tratto di monte del canale tombato in un nuovo canale a cielo aperto</i>	55
7.3.5.	<i>Intervento 6: manufatto per il controllo del trasporto solido e per la dissipazione dell'energia</i>	57
7.3.6.	<i>Intervento 7: sistemazione del canale tombato</i>	60
7.3.7.	<i>Intervento 8: sistemazione a cielo aperto dell'impiuvio naturale del Rio Furzagamanna a valle del centro abitato</i>	61
7.3.8.	<i>Intervento 9: manufatto di sfioro e condotta di derivazione verso il depuratore</i>	62
7.3.9.	<i>Intervento 10: adeguamento dell'attraversamento idraulico esistente sulla SP40</i>	63

8. INQUADRAMENTO AMBIENTALE64

8.1.	SUOLO E SOTTOSUOLO	64
8.1.1.	Geologia	64
8.1.1.	Geomorfologia	65
8.1.2.	Inquadramento geotecnico	68
8.2.	ATMOSFERA	70
8.2.1.	Clima	70
8.3.	IDROSFERA	71
8.3.1.	Inquadramento idrografico	72
8.3.2.	Rio Furzagamanna	73
8.3.3.	Rio Tialei	75
8.3.4.	Rio Nicola Planu	75
8.4.	FLORA	75
8.5.	FAUNA	78
8.6.	PAESAGGIO	80
8.7.	PATRIMONIO STORICO, CULTURALE, ARCHITETTONICO E ARCHEOLOGICO	80
8.7.1.	Inquadramento storico-archeologico generale	80
8.7.2.	Modalità operative	81

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 4 di 88

8.7.3. Valutazione del rischio archeologico.....	81
--	----

9. MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI..... 83

9.1. SUOLO E SOTTOSUOLO	83
-------------------------------	----

9.2. ATMOSFERA	84
----------------------	----

9.3. AMBIENTE IDRICO.....	84
---------------------------	----

9.4. COMPONENTE BIOTICA	84
-------------------------------	----

9.4.1. Flora e Fauna.....	84
---------------------------	----

9.4.1.1. Fase di cantiere	85
---------------------------------	----

9.4.2. Fase di gestione.....	86
------------------------------	----

9.4.2.1. Flora e Fauna.....	86
-----------------------------	----

9.5. PAESAGGIO	87
----------------------	----

9.6. PATRIMONIO STORICO, CULTURALE, ARCHITETTONICO E ARCHEOLOGICO	87
---	----

10. CONCLUSIONI..... 88

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 5 di 88

1. Premessa

Con determinazione a contrarre n. 8 AU/2021 del 03.02.2021 è stata indetta la gara per l'affidamento dei servizi tecnici relativi alla redazione del progetto di fattibilità tecnica economica e della progettazione definitiva degli *“Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri”*, mediante procedura ordinaria aperta e secondo il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, con riserva di affidamento, ai sensi dell'art. 63 co. 5, dell'art. 157 co.1 e dell'art. 106 co.1 lett. a) del D.Lgs. 50/2016, di ulteriori servizi definiti nel C.S.D.P. A seguito dell'espletamento della procedura di affidamento è risultata aggiudicataria l'Associazione temporanea fra le Imprese composta da Leonardo Consorzio Europeo per l'ingegneria e l'architettura (capogruppo), Project Partners Consulting: Engineers, Studio Majone Ingegneri Associati, Dott. Geol. Mauro Pompei, Dott. Agr. Valerio Salvatore Boi, Dott.ssa Archeol. Cristiana Cilla (mandanti).

Come previsto nel Documento di Indirizzo alla Progettazione (nel seguito DIP) si è proceduto alla redazione del presente elaborato denominato *“Documento di fattibilità delle alternative progettuali”* (DOCFAP) che approfondisce le analisi già avviate in occasione della redazione dello *“Studio idrologico, idraulico e geologico per la mitigazione del rischio idrogeologico a carico del centro abitato”* (nel seguito SdF) del 2016 redatto dall'Ing. Fabio Cambula e dal Geol. Andrea De Santis posto a base di gara e parte integrante del DIP.

Il gruppo di progettazione in data 06/04/2022 ha consegnato la “revisione 0” del DOCFAP; la Stazione Appaltante e alcuni enti regionali coinvolti hanno successivamente chiesto alcune modifiche ed integrazioni di seguito sintetizzate:

- con nota Prot. n. 203U del 18.05.2022 è stato richiesto di valutare l'ipotesi di delocalizzare alcune abitazioni per riportare ove possibile a cielo aperto il corso del Rio Furzagamanna; tale ipotesi avrebbe previsto una fascia di rispetto di 5 metri per lato con conseguente delocalizzazione di circa 30 immobili;
- con nota Prot. n. 345U del 26.08.2022 è stata chiesta la rivalutazione dell'intervento con lo scopo di limitare al massimo la sezione di ingombro del canale e quindi la delocalizzazione degli immobili.

Per la stesura del presente documento è stata reperita ed analizzata la seguente documentazione:

- cartografia dell'assetto geologico-stratigrafico in scala 1:25.000 estratta dal Geoportale della R.A.S.;
- indagini di cui alla Relazione Finale (1998) a firma dei Proff. Pecorini e Balia con informazioni relative a depositi detritici di versante e di fondovalle rilevati attraverso sondaggi effettuati nelle vie Filia e Su Turchi e presso la Scuola Materna;
- *“Studio idrologico, idraulico e geologico per la mitigazione del rischio idrogeologico nel centro abitato”*, marzo 2016, Cambula e De Santis”: privo dell'analisi di compatibilità idraulica del Rio Furzagamanna e di rilievi di dettaglio lungo l'intero corso del Rio Furzagamanna (e Rio Tialei);
- *“Studio di assetto idrogeologico ai sensi dell'art.8 comma 2 bis e variante ai sensi dell'art. 37 comma 3 lettera “b” delle N.A. del P.A.I. - Parte idraulica”*, settembre 2020, Cambula e De Santis privo dell'analisi di compatibilità idraulica del Rio Furzagamanna e di rilievi di dettaglio lungo l'intero corso del Rio Furzagamanna (e Rio Tialei);
- rilievi topografici effettuati dal presente RTP;

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 6 di 88

- documentazione integrale in formato digitale “*Intervento: SS014A/10 opere di consolidamento nell'abitato intervento sul canale tombato- progetto definitivo 1° lotto*” - marzo 2021 ad opera del comune di Illorai che ha permesso di ricostruire la geometria del canale tombato esistente e quindi l'implementazione di un modello idraulico;
- progetto di stombamento del Rio Tialei nei pressi dell'area sportiva – Opere di mitigazione del rischio idrogeologico – Razionalizzazione del sistema di collettamento delle acque meteoriche dell'abitato di Illorai REV, maggio 2021.

Sono inoltre state segnalate alcune aree adiacenti le scuole di via San Pietro come vie preferenziali per il deflusso superficiale in concomitanza di eventi meteorici intensi (**Figura 1**) e caratterizzate inoltre da emergenze sorgentizie.



Figura 1 – Aree di deflusso superficiale segnalate

In considerazione della complessità del problema e della delicatezza della soluzione sono definiti quattro ambiti di intervento per facilitarne la trattazione:

- **AMBITO 1**: **interventi di captazione delle acque in arrivo dal versante**: con la finalità di raccogliere le acque meteoriche che ruscellano lungo il versante e di drenare le acque di falda che sub-affiorano nella parte bassa del versante a monte del centro abitato in prossimità della scuola dell'infanzia e del centro sportivo;
- **AMBITO 2**: **interventi sulla rete fognaria**: con la finalità di migliorare il sistema di raccolta acque del centro abitato e di eliminare gli scarichi della fognatura nera che recapitano impropriamente nel canale tombato esistente;
- **AMBITO 3**: **interventi a valle del centro abitato**: con la finalità di sistemare e convogliare le acque nell'alveo naturale del Rio Furzagamanna e adeguare l'attraversamento della S.P. 40;

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 7 di 88

- **AMBITO 4: proposte alternative per gli interventi di gestione delle acque meteoriche di versante in corrispondenza del centro abitato:** con la finalità di trasportare le acque captate ai piedi del versante convogliandole nell'alveo naturale sistemato del Rio Furzagamanna stesso a valle del centro abitato. Nella presente revisione dell'elaborato sono state individuate le seguenti due alternative progettuali:
 - **Alternativa A:** realizzazione di una galleria idraulica di by-pass del paese;
 - **Alternativa B:** risezionamento del canale tombato esistente portandolo, ove possibile, a cielo aperto.
 - **Alternativa C:** mitigazione della pericolosità per tempi di ritorno inferiori a 200 anni.

La realizzazione degli interventi appartenenti agli ambiti 1, 2 e 3 è indipendente dalla scelta tra le alternative A, B e C.

In linea con quanto indicato dalla Stazione Appaltante è stata esclusa dall'analisi delle alternative fattibili l'ipotesi di realizzare una galleria idraulica di by-pass del paese con recapito nel Rio Nicola Planu, definita nella precedente revisione del DOCFAP.

Infine, a seguito del terzo tavolo tecnico svoltosi in data 02.05.2023, il cui obiettivo era la scelta dell'alternativa da adottare fra le tre proposte A, B e C, è stata identificata come alternativa preferenziale l'**Alternativa C**.

Di seguito si riporta una parte del testo "Sintesi della riunione di chiusura del tavolo tecnico del 02.05.2023": *Il tavolo tecnico si conclude individuando come alternativa preferenziale l'Alternativa C: mitigazione della pericolosità per tempi di ritorno inferiori a 200 anni, attraverso la manutenzione straordinaria del canale tombato esistente, caratterizzata dalla rimozione di tutte le interferenze e sottoservizi presenti al suo interno, e di altre opere di manutenzione ordinaria e straordinaria che prevede anche interventi di tipo strutturale corredata dalle altre opere di captazione sia delle acque di versante che di quelle riferite alla captazione del materiale solido ovvero della realizzazione di una nuova rete di scarico (acque bianche e acque nere), così come individuato nel documento DOCFAP REV1 integrato e modificato con gli elaborati presentati con nota 302 del 02.03.2023.*

L'articolazione in ambiti appena descritta è relativa al DOCFAP, ma nel PFTE in esame si è proceduto ad una suddivisione in *interventi*, i quali sono descritti in maniera più dettagliata al Capitolo 7 "Aspetti progettuali" del presente elaborato e nelle relazioni descrittive allegate al progetto.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 8 di 88

2. La verifica di assoggettabilità a V.I.A.

La verifica di assoggettabilità a V.I.A. è una procedura da applicare allo scopo di valutare se determinati progetti di opere o impianti, possono avere impatti negativi e significativi sull'ambiente ed eventualmente devono essere sottoposti successivamente alla fase di Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.). Questa procedura è disciplinata dal Decreto Legislativo 152/2006 *“Norme in materia ambientale”* e a livello regionale in Sardegna dalla Delibera della Giunta Regionale n. 11/75 del 24.03.2021 *“Direttive regionali in materia di V.I.A. e di provvedimento unico regionale in materia ambientale (P.A.U.R.)”*.

Questa verifica riguarda solo determinati progetti o impianti che sono elencati all'interno di due allegati:

- Allegato IV della Parte seconda del D.Lgs. 152/2006 *“Norme in materia ambientale”*;
- Allegato B1 *“Categorie di opere da sottoporre alla procedura di verifica di assoggettabilità alla V.I.A. regionale”* della Delibera della Giunta Regionale della Regione Sardegna n. 11/75 del 24.03.2021 *“Direttive regionali in materia di VIA e di provvedimento unico regionale in materia ambientale”*.

Lo Studio Preliminare Ambientale (S.P.A.) è l'elaborato necessario per la verifica di assoggettabilità alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.), poiché contiene le informazioni necessarie sulle caratteristiche del progetto, necessarie per valutare i possibili effetti che l'opera può avere sull'ambiente. Questa analisi viene fatta andando a valutare la conformità dell'intervento con gli strumenti urbanistici di pianificazione e programmazione, con il regime vincolistico e infine andando a valutare i possibili impatti con a seguire le relative misure di mitigazione ambientale.

I contenuti dello S.P.A. sono descritti nell'allegato B3 della D.G.R. n. 11/75 del 24.03.2021 della Regione Sardegna e si riportano di seguito:

1. Lo Studio Preliminare Ambientale (S.P.A.), di cui all'art. 3 delle Direttive regionali in materia di V.I.A., riporta:
 - a. la descrizione del progetto, comprese in particolare:
 - i. la descrizione delle caratteristiche fisiche dell'insieme del progetto e, ove pertinente, dei lavori di demolizione;
 - ii. la descrizione della localizzazione del progetto, in particolare per quanto riguarda la sensibilità ambientale delle aree geografiche che potrebbero essere interessate;
 - b. la descrizione delle componenti dell'ambiente sulle quali il progetto potrebbe avere un impatto rilevante;
 - c. la descrizione di tutti i probabili effetti rilevanti del progetto sull'ambiente, nella misura in cui le informazioni su tali effetti siano disponibili, risultanti da:
 - i. i residui e le emissioni previste e la produzione di rifiuti, ove pertinente;
 - ii. l'uso delle risorse naturali, in particolare suolo, territorio, acqua e biodiversità.
2. Nella predisposizione delle informazioni e dei dati di cui al punto 1 lett. a), b) e c) del presente allegato si tiene conto, se del caso, dei criteri contenuti nell'allegato B4;

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 9 di 88

3. Lo S.P.A. tiene conto, se del caso, dei risultati disponibili di altre pertinenti valutazioni degli effetti sull'ambiente effettuate in base alle normative europee, nazionali e regionali e può contenere una descrizione delle caratteristiche del progetto e/o delle misure previste per evitare o prevenire quelli che potrebbero altrimenti rappresentare impatti ambientali significativi e negativi.
4. Ove necessario, lo studio di incidenza integrato, o meno, nell'ambito dello S.P.A. deve contenere le informazioni relative alla localizzazione ed alle caratteristiche del progetto e la stima delle potenziali interferenze dello stesso in rapporto alle caratteristiche degli habitat e delle specie tutelati nei siti Natura 2000, facendo riferimento all'Allegato G del D.P.R. n. 357/1997 e s.m.i. e agli indirizzi di cui alle Linee Guida Nazionali per la Valutazione di Incidenza (V.Inc.A.) - Direttiva 92/43/CEE "HABITAT" articolo 6, paragrafi 3 e 4, (GU Serie Generale n. 303 del 28.12.2019). È condizione fondamentale che le analisi svolte tengano in considerazione:
 - a. gli obiettivi di conservazione dei siti Natura 2000 interessati dal progetto;
 - b. lo stato di conservazione delle specie e degli habitat di interesse comunitario presenti nei siti Natura 2000 interessati;
 - c. le Misure di Conservazione dei siti Natura 2000 interessati e la coerenza delle azioni di progetto con le medesime;
 - d. tutte le potenziali interferenze dirette e indirette generate dal progetto sui siti Natura 2000, sia in fase di realizzazione che di attuazione.

Nel caso in esame l'intervento ricade negli interventi da sottoporre a verifica di assoggettabilità a V.I.A. regionale, in particolare rientra tra le opere elencate nell'allegato B1 della Delibera della Giunta Regionale n. 11/75 del 2021 al comma 7, lettera n "Opere di canalizzazione e di regolazione dei corsi d'acqua".

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 10 di 88

3. Quadro normativo di riferimento

Elenco delle normative di riferimento, con esplicito richiamo ai parametri prestazionali o prescrittivi adottati per il progetto di fattibilità tecnica ed economica, in relazione ai vari ambiti normativi cogenti o comunque presi a riferimento, quali azioni e loro combinazioni, tempi di ritorno, classi di esposizione, scenari di evento.

3.1. Atmosfera

3.1.1. Atmosfera – Normativa comunitaria

- Direttiva 2008/50/CE del 21.05.2008: qualità dell'aria ambiente e per un'aria pulita in Europa;
- Direttiva 2002/3/CE del 12.02.2002: valori bersaglio dell'ozono 26;
- Direttiva 2000/69/CE del 16.11.2000: valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente;
- Direttiva 1999/30/CE del 22.04.1999: valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo;
- Direttiva 1996/62/CE del 27.09.1996: valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente.

3.1.2. Atmosfera – Normativa nazionale

- D.Lgs. 4 marzo 2014, n. 46 *"Attuazione della direttiva 2010/75/UE relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento)"*;
- D.M. Ambiente 22 febbraio 2013 *"Formato per la trasmissione del progetto di adeguamento della rete di misura ai fini della valutazione della qualità dell'aria"*;
- D.M. Ambiente 13 marzo 2013 *"Individuazione delle stazioni per il calcolo dell'indicatore d'esposizione media per il PM_{2,5} di cui all'articolo 12, comma 2, del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155"*;
- D.M. Ambiente 29 novembre 2012 che, in attuazione del Decreto Legislativo n. 155/2010, individua le stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria;
- D.Lgs. 24 dicembre 2012 n. 250, che modifica ed integra il Decreto Legislativo n. 155/2010 definendo anche il metodo di riferimento per la misurazione dei composti organici volatili;
- D.Lgs. 7 luglio 2011 n. 121 *"Attuazione della direttiva 2008/99/CE sulla tutela penale dell'ambiente – Attuazione della direttiva 2003/123/CE – Modifiche alla parte IV del D.Lgs. 152/2006 – Modifiche al D.Lgs. 231/2001"*;
- D.Lgs. 13 agosto 2010 n. 155: *"Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"*;
- D.Lgs. 29 giugno 2010, n. 128 *"Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, a norma dell'articolo 12 della legge 18 giugno 2009, n. 69"*;
- D.Lgs. 09 aprile 2008 n. 81: *"Tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro - Attuazione articolo 1 della legge 123/2007 - Abrogazione D.Lgs. 626/1994"*;

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 11 di 88

- D.L. 03 agosto 2007, n. 152: *"Attuazione della Direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente"*;
- D.Lgs. 03 aprile 2006, n. 152: *"Norme in materia di ambiente così come modificato dal D.Lgs. 16.01.2008 n. 4 Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 03.04.2006 n. 152 recante norme in materia di ambiente"*;
- Testo unico ambientale: D.Lgs. del 03 aprile 2006 n. 152: parte quinta;
- D.Lgs. 21 maggio 2004, n. 183: *"Attuazione della Direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria"*;
- D.M. 1 ottobre 2002, n. 261 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio *"Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 9 del D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351"*;
- D.M. 02 aprile 2002, n. 60: *"Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22.04.1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di Zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio"*;
- D.M. 25 agosto 2000: *"Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 24.05.1988, n. 203"*;
- D.L. 04 agosto 1999, n. 351: *"Attuazione della direttiva CEE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente"*;
- D.M. 21 aprile 1999, n. 163: *"Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione"*;
- D.M. 14 maggio 1996: *"Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257"*;
- D.M.A. 25 novembre 1994: *"Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale 15.04.1994"*;
- D.M. 06 settembre 1994: *"Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27.03.1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto"*;
- D.M. 15 aprile 1994: *"Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del D.P.R. 24.05.1988, n. 203, e dell'art. 9 del D.M. 20.05.1991"*;
- D.M.A. 12 novembre 1992: *"Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria"*;
- D.M.A. 06 maggio 1992: *"Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio"*;
- D.M.A. 20 maggio 1991: *"Criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria"*;
- D.P.C.M. 28 marzo 1983, n. 30: *"Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativa agli inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno"*.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 12 di 88

3.2. Ambiente idrico – Acque superficiali e acque sotterranee

3.2.1. Acque – Normativa comunitaria

- Direttiva 2000/60/CE (Water Framework Directive, WFD) del 23.10.2000;
- Decisione 2001/2455/CE Parlamento Europeo e Consiglio del 20.11.2001: istituzione di un elenco di sostanze prioritarie in materia di acque che modifica la direttiva 2000/60/CE (GUCE L.15/12/2001, n. 331);
- Direttiva 91/676/CEE del 12.12.1991: protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole;
- D.Lgs. 11.05.99, n. 152 *"Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento dei nitrati provenienti da fonti agricole"*, aggiornato ed integrato con il Decreto Legislativo 18.08.2000 n. 258;
- Decisione 2001/2455/CE Parlamento Europeo e Consiglio del 20.11.2001: istituzione di un elenco di sostanze prioritarie in materia di acque e che modifica la direttiva 2000/60/CE (GUCE L 15/12/2001, n. 331).

3.2.2. Acque – Normativa nazionale

- D.Lgs. 02/02/2001 n. 31 - Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano;
- D.Lgs. 2 febbraio 2002, n. 27 - Modifiche ed integrazioni al D.Lgs. 2 febbraio 2001, n. 31, recante attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano;
- Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 19.08.2003 - Modalità di trasmissione delle informazioni sullo stato di qualità dei corpi idrici e sulla classificazione delle acque;
- Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 06.11.2003 n. 367 - Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152;
- Direttiva 27 maggio 2004 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Disposizioni interpretative delle norme relative agli standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose;
- Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 28.07.2004 – Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del deflusso minimo vitale, di cui all'articolo 22, comma 4 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152;
- D.Lgs. 03.04.2006 n. 152 - Norme in materia ambientale;
- D.Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4 - Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale;

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 13 di 88

- D.Lgs. 30 maggio 2008, n. 116 - Attuazione della direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione e abrogazione della direttiva 76/160/CEE;
- Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 16 giugno 2008, n. 131. *“Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: «Norme in materia ambientale», predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto”;*
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 14.4.2009, n. 56 - Regolamento recante *“Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo”;*
- D.Lgs. 30/2009 Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento;
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 8 novembre 2010, n. 260 - Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75 comma 3, del medesimo decreto legislativo;
- D.Lgs. 10.12.2010 n. 219 Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque.

3.2.3. Acque – Normativa regionale

- Legge Regionale 19 luglio 2000, n. 14 - Attuazione del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, sulla tutela delle acque dall'inquinamento, modifica alle leggi regionali 21 settembre 1993, n. 46 e 29 luglio 1998, n. 23 e disposizioni varie;
- Legge Regionale del 06.12.2006 n. 19 *“Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici. Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006. Le Norme di Attuazione del P.A.I. sono state aggiornate e approvate con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.35 del 21 marzo 2008”;*
- Piano stralcio di bacino regionale per l'utilizzo delle risorse idriche adottato con Deliberazione n. 17/15 del 26.4.2006;
- Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.), piano stralcio del Piano di Bacino, approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n. 14/16 del 4 aprile 2006;

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 14 di 88

- Delibera Giunta Regionale del 4 dicembre 2009, n. 53/24 Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE). Caratterizzazione dei Corpi Idrici Superficiali del distretto idrografico della Sardegna. Identificazione dei corpi idrici per le diverse categorie dell'analisi delle pressioni e degli impatti;
- Delibera Giunta Regionale del 4 dicembre 2009, n. 53/22 Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE). Programma di monitoraggio dei Corpi Idrici Superficiali del distretto idrografico della Sardegna.

3.2.4. Acque – Linee guida

- Commissione Speciale di Valutazione di Impatto Ambientale, *"Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (P.M.A.) delle infrastrutture strategiche ed insediamenti produttivi di cui al D.lgs. n.163 del 12/04/06"*, Rev. 2 del 23 luglio 2007.

3.2.5. Acque – Standard per gli aggiornamenti

- Norme IRSA-CNR;
- Norme UNICHIM-UNI;
- APAT – IRSA 9010 vol. 29/2003.

3.2.6. Acque – Norme ISO

- ISO 5667-1/1980 (Guidance on the design of sampling programmes);
- ISO 5667-2/1991 (Guidance on sampling techniques);
- ISO 5667-3/1985 (Guidance on the preservation and handling of samples);
- ISO 5667-10/1992 (Guidance on sampling of waste waters);
- ISO/TC 147 (Water quality);
- ISO Standards compendium-environment/water quality.

3.3. Suolo

3.3.1. Suolo – Normativa nazionale

- D.M. Politiche Agricole 11 maggio 1992 - Approvazione dei *"Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo"*;
- D.M. 25 ottobre 1999, n. 471 - Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni;
- D.M. Politiche Agricole 13.09.1999 - Approvazione dei *"Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo"*;
- D.M. Politiche Agricole e Forestali 25.03.2002 - Rettifiche al decreto ministeriale 13 settembre 1999 riguardante l'approvazione dei metodi ufficiali di analisi chimica del suolo;

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 15 di 88

- D.M. Politiche Agricole e Forestali 8 luglio 2002 - Approvazione dei metodi ufficiali di analisi microbiologica del suolo;
- D.M. Politiche Agricole e Forestali 23 febbraio 2004 - Approvazione dei metodi ufficiali di analisi biochimica del suolo;
- D.Lgs. 03.04.2006 n. 152 - Norme in materia ambientale.

3.3.2. Suolo – Normativa regionale

- Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006. Le Norme di Attuazione del P.A.I. sono state aggiornate e approvate con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 35 del 21 marzo 2008.

3.3.3. Suolo – Linee guida

- FAO, ISRIC (1990): Guidelines for soil description;
- Commissione Speciale di Valutazione di Impatto Ambientale, *“Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA) delle infrastrutture strategiche ed insediamenti produttivi di cui al D.Lgs. n. 163 del 12.04.06”, Rev. 2 del 23 luglio 2007;*
- Standard per gli accertamenti: Norme IRSA-CNR, Norme UNICHIM-UNI.

3.4. Rumore

- D.M. n. 588 del 28.11.1987: *“Attuazione delle direttive CEE n. 79/113, n. 81/1051, n. 85/405, n. 84/533, n. 85/406, n. 84/534, n. 84/535, n. 85/407, n. 84/536, n. 85/408, n. 84/537 e n. 85/409 relative al metodo di misura del rumore, nonché del livello sonoro o di potenza acustica di motocompressori gru a torre, gruppi elettrogeni di saldatura, gruppi elettrogeni e martelli demolitori azionati a mano, utilizzati per compiere lavori nei cantieri edili e di ingegneria civile”;*
- D.P.C.M. 01.03.91 *“Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno”;*
- D.L. 27.01.1992 n. 135: *“Attuazione delle direttive 86/662/CEE e 89/514/CEE in materia di limitazione del rumore prodotto dagli escavatori idraulici e a funi, apripista e pale caricatrici”;*
- D.M. 04.03.1994 n. 316: *“Regolamento recante norme in materia di limitazione del rumore prodotto dagli escavatori idraulici e a funi, apripista e pale caricatrici”;*
- Legge 26.10.95 n. 447: *“Legge quadro sull'inquinamento acustico”;*
- Decreto del Ministero dell'Ambiente 11.12.96: *“Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo”;*
- D.P.C.M. 14.11.97: *“Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”;*
- D.M. Ambiente 16.03.98 *“Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico”;*

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 16 di 88

- Ministero dell'industria del commercio e dell'artigianato Decreto 26.06.1998 n. 308: *“Regolamento recante norme di attuazione della direttiva 95/27/CE in materia di limitazione del rumore prodotto da escavatori idraulici, a funi, apripista e pale caricatrici”*;
- D.P.R. 01.06.04 n. 142: *“Regolamento recante disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447”*;
- Raccomandazione ISO 1996 Parti 1, 2 e 3 *“Caratterizzazione e misura del rumore ambientale”*;
- Norma UNI 9433 *“Valutazione del rumore negli ambienti abitativi”*;
- Norma UNI 9884 *“Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale”*.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			6.1	Rev. 0
				Data: Ott. 2023	Pag. 18 di 88

In base a questa suddivisione appena descritta, l'area in esame non ricade all'interno degli ambiti costieri, vista la sua posizione all'interno dell'entroterra della Sardegna, ma risulta inquadrata all'interno del Foglio 498 sezione I e dal Foglio 499 sezione IV del Piano Paesaggistico Regionale. Nella **Figura 2** si riporta l'unione dei due fogli in modo da avere un inquadramento complessivo dell'area in esame.

Art. 17 – Assetto ambientale. Generalità ed individuazione dei beni paesaggistici

3. *Rientrano nell'assetto territoriale ambientale regionale le seguenti categorie di beni paesaggistici, tipizzati e individuati nella cartografia del P.P.R. di cui all'art. 5 e nella tabella Allegato 2, ai sensi dell'art. 143, comma 1, lettera i) del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, come modificato dal decreto legislativo 24 marzo 2006, n. 157:*

- a) *Fascia costiera, così come perimetrata nella cartografia del P.P.R. di cui all'art. 5;*
- b) *Sistemi a baie e promontori, falesie e piccole isole;*
- c) *Campi dunari e sistemi di spiaggia;*
- d) *Aree rocciose di cresta ed aree a quota superiore ai 900 metri s.l.m.;*
- e) *Grotte e caverne;*
- f) *Monumenti naturali ai sensi della L.R. n. 31/89;*
- g) *Zone umide, laghi naturali ed invasi artificiali e territori contermini compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi;*
- h) *Fiumi torrenti e corsi d'acqua e relative sponde o piedi degli argini, per una fascia di 150 metri ciascuna, e sistemi fluviali, ripariali, risorgive e cascate, ancorché temporanee;*
- i) *Praterie e formazioni steppiche;*
- j) *Praterie di posidonia oceanica;*
- k) *Aree di ulteriore interesse naturalistico comprendenti le specie e gli habitat prioritari, ai sensi della Direttiva CEE 43/92 ;*
- l) *Alberi monumentali.*

4. *Rientrano nell'assetto territoriale ambientale regionale le seguenti categorie di beni paesaggistici, ai sensi dell'art. 142 del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 e s.m.i.:*

- a) *I territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dall'articolo 2, commi 2 e 6, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 227;*
- b) *I parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi;*
- c) *Le aree gravate da usi civici;*
- d) *I vulcani.*

In relazione all'area in esame, l'intervento risulta ricadere all'interno di due categorie individuate dall'articolo 17:

- comma 3 lett. h "Fiumi torrenti e corsi d'acqua e relative sponde o piedi degli argini, per una fascia di 150 metri ciascuna, e sistemi fluviali, ripariali, risorgive e cascate, ancorché temporanee": l'area interessata dalla presente categoria risulta essere una parte dell'intervento a nord-est del centro abitato;

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 19 di 88

- comma 4 lett. b “*I parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi*”: in questo caso l'area interessata riguarda gli interventi previsti da progetto nell'area sud-ovest del centro abitato di Illorai.

Di seguito in **Figura 3** si riporta l'inquadramento rispetto alle suddette categorie identificare dall'articolo 17.

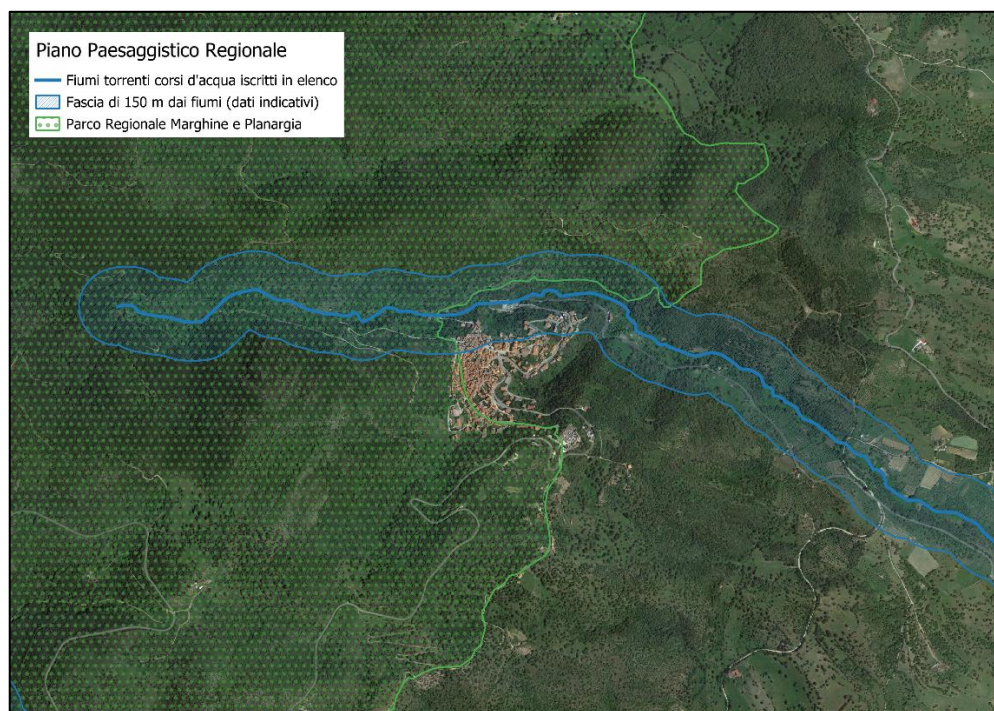


Figura 3 – Inquadramento rispetto alla fascia di rispetto dei 150 m dai corsi d'acqua e al Parco Regionale Marghine e Planargia

Art. 21 – Componenti di paesaggio con valenza ambientale

1. *L'assetto ambientale regionale è costituito dalle seguenti componenti di paesaggio, [...]:*
 - 1) *Aree naturali e subnaturali;*
 - 2) *Aree seminaturali;*
 - 3) *Aree ad utilizzazione agro-forestale.*

Le tre tipologie di componenti di paesaggio appena elencate, sono riportate nella cartografia del P.P.R. secondo la seguente rappresentazione:

1. *Aree naturali e subnaturali:* vegetazione a macchia e in aree umide, boschi;
2. *Aree seminaturali:* praterie, sugherete, castagneti da frutto;
3. *Aree ad utilizzazione agroforestale:* colture specializzate e arboree, impianti boschivi artificiali, colture erbacee specializzate, aree agroforestali e aree incolte.

Nelle Norme Tecniche di Attuazione (N.T.A.) del Piano Paesaggistico Regionale queste tre aree vengono definite come segue:

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 20 di 88

1. **Aree naturali e subnaturali** (art. 22 delle N.T.A. del P.P.R.)

Le aree naturali e subnaturali dipendono per il loro mantenimento esclusivamente dall'energia solare e sono ecologicamente in omeostasi, autosufficienti grazie alla capacità di rigenerazione costante della flora nativa. Le aree naturali e subnaturali includono falesie e scogliere, scogli e isole minori, complessi dunali con formazioni erbacee e ginepreti, aree rocciose e di cresta, grotte e caverne, emergenze geologiche di pregio, zone umide temporanee, sistemi fluviali e relative formazioni riparali, ginepreti delle montagne calcaree, leccete e formazioni forestali in struttura climatica o sub-climatica, macchia foresta, garighe endemiche su substrati di diversa natura, vegetazione alopsamofila costiera, aree con formazioni steppiche ad ampelodesma.

2. **Aree seminaturali** (art. 25 delle N.T.A. del P.P.R.)

Le aree seminaturali sono caratterizzate da utilizzazione agro-silvopastorale estensiva, con un minimo di apporto di energia suppletiva per garantire e mantenere il loro funzionamento. Esse includono in particolare le seguenti categorie che necessitano, per la loro conservazione, di interventi gestionali: boschi naturali (comprensivi di leccete, quercete, sugherete e boschi misti), ginepreti, pascoli erborati, macchie, garighe, praterie di pianura e montane secondarie, fiumi e torrenti e formazioni riparie parzialmente modificate, zone umide costiere parzialmente modificate, dune e litorali soggetti a fruizione turistica, grotte soggette a fruizione turistica, laghi e invasi di origine artificiale e tutti gli habitat dell'All.to I della Direttiva 92/43/CEE e s.m.i.

3. **Aree ad utilizzazione agro-forestale** (art. 28 delle N.T.A. del P.P.R.)

Sono aree con utilizzazioni agro-silvo pastorali intensive, con apporto di fertilizzanti, pesticidi, acqua e comuni pratiche agrarie che le rendono dipendenti da energia suppletiva per il loro mantenimento e per ottenere le produzioni quantitative desiderate. In particolare, tali aree comprendono rimboschimenti artificiali a scopi produttivi, oliveti, vigneti, mandorleti, agrumeti e frutteti in genere, coltivazioni miste in aree periurbane, coltivazioni orticole, colture erbacee incluse le risaie, prati sfalciabili irrigui, aree per l'acquicoltura intensiva e semi-intensiva ed altre aree i cui caratteri produttivi dipendono da apporti significativi di energia esterna.

Rientrano tra le aree ad utilizzazione agro-forestale le seguenti categorie:

- a. colture arboree specializzate;*
- b. impianti boschivi artificiali;*
- c. colture erbacee specializzate.*

In base alla classificazione delle componenti di paesaggio con valenza ambientale appena descritte, per i quali si rimanda alla **Figura 2**, i vari Ambiti di intervento ricadono principalmente in *Aree naturali e subnaturali*, *Aree ad utilizzazione agro-forestale* e in *Aree antropizzate*.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 21 di 88

4.2. Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.)

Per quanto riguarda il Piano Urbanistico Comunale, il comune di Illorai è dotato di un proprio P.U.C. e nel mese di ottobre 2017 ha avviato del procedimento di Valutazione Ambientale Strategica (V.A.S.) per il Nuovo Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.), in adeguamento al Piano Paesaggistico Regionale (P.P.R.), al Piano dell'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) ed al Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.).

Di seguito si riporta la tavola relativa alla zonizzazione individuata dal P.U.C. e si individuano le diverse destinazioni urbanistiche delle aree interessate dagli interventi.

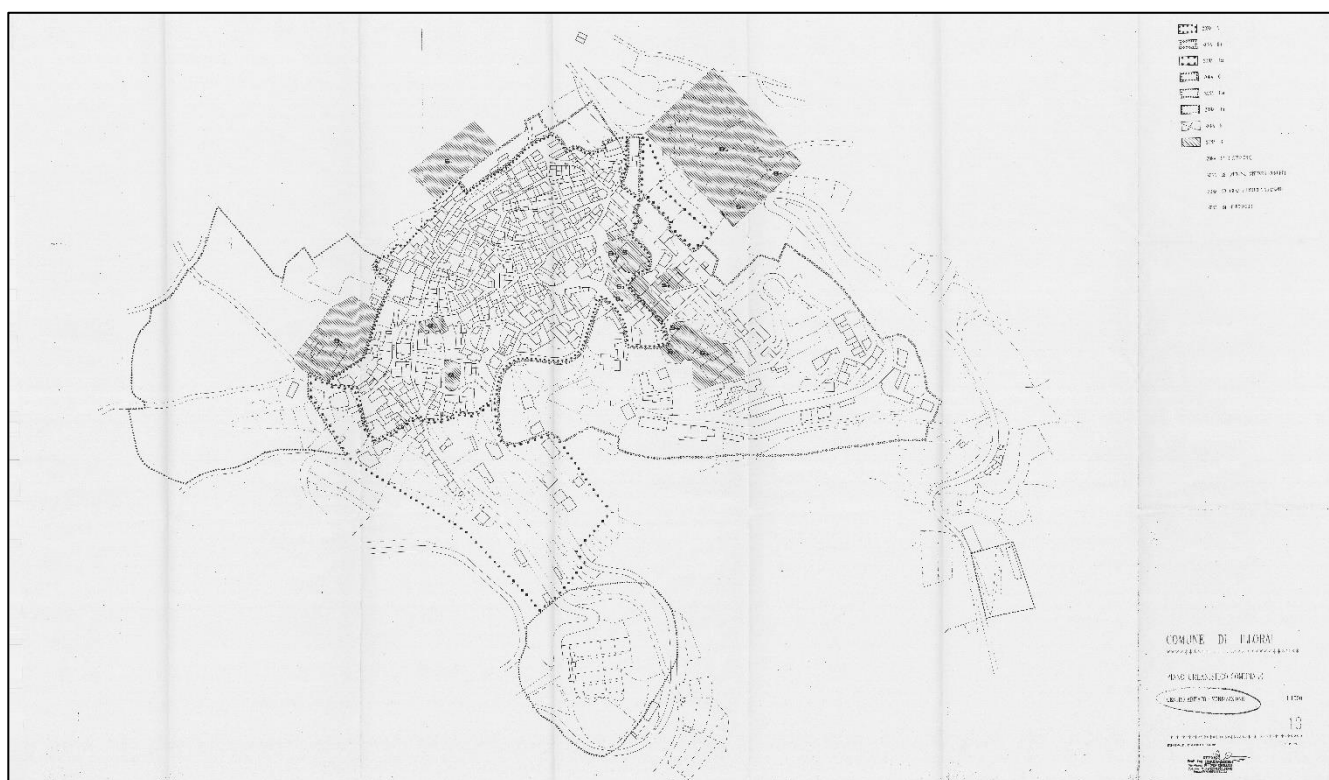


Figura 4 – Estratto Tav. 13 - Centro abitato - Zonizzazione

Come si evince da **Figura 4**, gli interventi rientranti in ambito urbano ricadono all'interno delle zone omogenee A, B1, B2, mentre gli interventi esterni all'area dell'abitato interessano invece in particolare le zone classificate come C e E. In conclusione, gli interventi in progetto risultano compatibili con le prescrizioni dettate relative a queste aree.

4.3. Il Piano stralcio di bacino dell'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico è lo strumento mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 22 di 88

Il P.A.I. è applicato al bacino idrografico unico regionale della Regione Sardegna, coincidente con l'intero territorio regionale, il quale è suddiviso in sette sottobacini:

- sub-bacino n.1 Sulcis;
- sub-bacino n.2 Tirso;
- sub-bacino n.3 Coghinas-Mannu-Temo;
- sub-bacino n.4 Liscia;
- sub-bacino n.5 Posada-Cedrino;
- sub-bacino n.6 Sud-Orientale;
- sub-bacino n.7 Flumendosa-Campidano-Cixerri.

All'interno del P.A.I. sono presenti gli indirizzi, le azioni settoriali, le norme tecniche, le prescrizioni generali per la prevenzione dei pericoli e rischi idrogeologici e geomorfologici, di quelle aree che sono state studiate.

Il Piano disciplina:

- le aree considerate a pericolosità idraulica, classificate in: molto elevata (**Hi4**), elevata (**Hi3**), media (**Hi2**) e moderata (**Hi1**);
- le aree considerate pericolosità da frana, classificate in: molto elevata (**Hg4**), elevata (**Hg3**), media (**Hg2**) e moderata (**Hg1**).

Ognuna delle aree identificate viene a sua volta classificata secondo i quattro livelli di intensità e sulla base dei quali vengono definite le azioni pianificatorie riportate nelle Norme Tecniche di Attuazione (N.T.A.) del P.A.I.

Si ricorda che essendo degli interventi necessari per il superamento delle problematiche idrauliche, ovviamente parte dell'intervento risulta interessato da aree che sono perimetrate da pericolosità idraulica da **Hi4** a **Hi1**. Nella pagina seguente si riporta la mappa della perimetrazione idraulica relativa al comune di Illorai (**Figura 5**).

Invece, in relazione al pericolo geomorfologico, l'intero intervento risulta compreso nella perimetrazione **Hg2**, in particolare nell'abitato del paese, e **Hg3** nelle restante zone interessate dall'intervento (**Figura 6**).

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 23 di 88

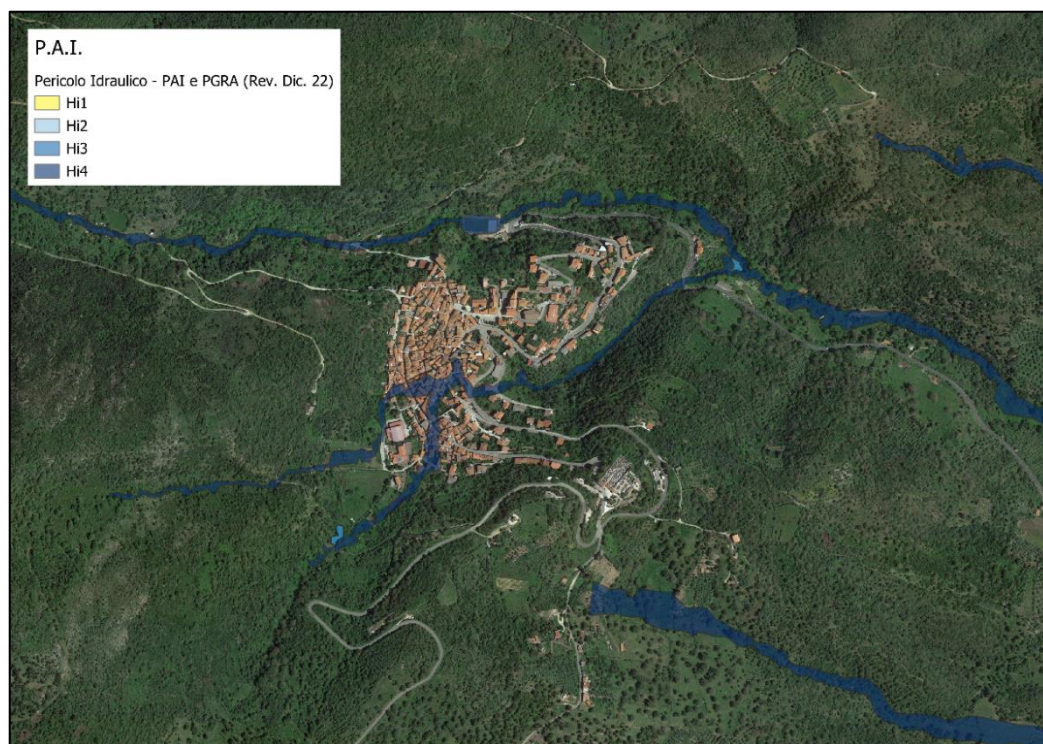


Figura 5 – Perimetrazione P.A.I. - Pericolo Idraulico (Rev. Dicembre 2022)

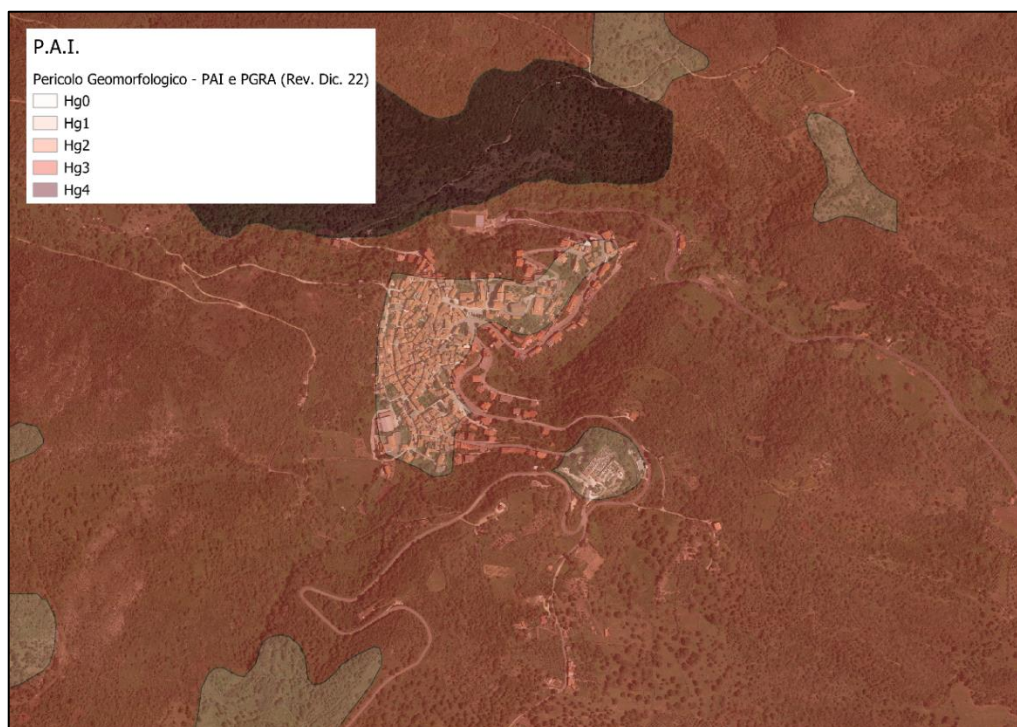


Figura 6 – Perimetrazione P.A.I. - Pericolo Geomorfologico (Rev. Dicembre 2022)

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 24 di 88

4.4. Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) 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. Questo Piano può essere definito come un approfondimento ed una integrazione al P.A.I., in quanto è lo strumento che permette l'identificazione e la delimitazione delle regioni fluviali. La loro identificazione permette, tramite la programmazione di azioni, il perseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Per facilitare il perseguimento degli obiettivi del Piano appena descritti, nel P.S.F.F. vengono definite le cosiddette *fasce di inondabilità*, cioè quelle porzioni di territorio costituite dall'alveo del corso d'acqua e dalle aree limitrofe caratterizzate da uguale probabilità di inondazione. La delimitazione delle fasce sarà effettuata in corrispondenza di portate di piena convenzionalmente stabilite in relazione al corrispondente tempo di ritorno.



Figura 7 – Inquadramento rispetto al P.S.F.F.

L'articolazione delle aree inondabili in fasce è eseguita attraverso la suddivisione in aree ad alta, media e bassa probabilità di inondazione e di seguito si riporta questa suddivisione:

- *Fascia A_2*: aree inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=2$ anni;
- *Fascia A_50*: aree inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=50$ anni;

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 25 di 88

- *Fascia B_100*: 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;
- *Fascia B_200*: aree esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=200$ 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.

In riferimento alle aree interessate dagli interventi in progetto, queste non risultano ricade nelle perimetrazioni identificate dal P.S.F.F. relativamente alle fasce di inondabilità per il comune di Illorai (**Figura 7**).

4.5. Regio Decreto-Legge n. 3267/1923 – Vincolo idrogeologico

Il Vincolo Idrogeologico, istituito con il R.D.L. 30 dicembre 1923 n. 3267 “*Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani*” e il successivo regolamento di attuazione R.D. 1126/1926, norma le aree interessate da dissesto idrogeologico, soprattutto nei territori montani, ed istituisce questo vincolo come strumento di prevenzione e difesa del suolo. Questi due decreti hanno come scopo principale quello di preservare l'ambiente fisico e quindi di impedire forme di utilizzazione del territorio che possano determinare denudazione, innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità, turbamento del regime delle acque ecc., con possibilità di danno pubblico.

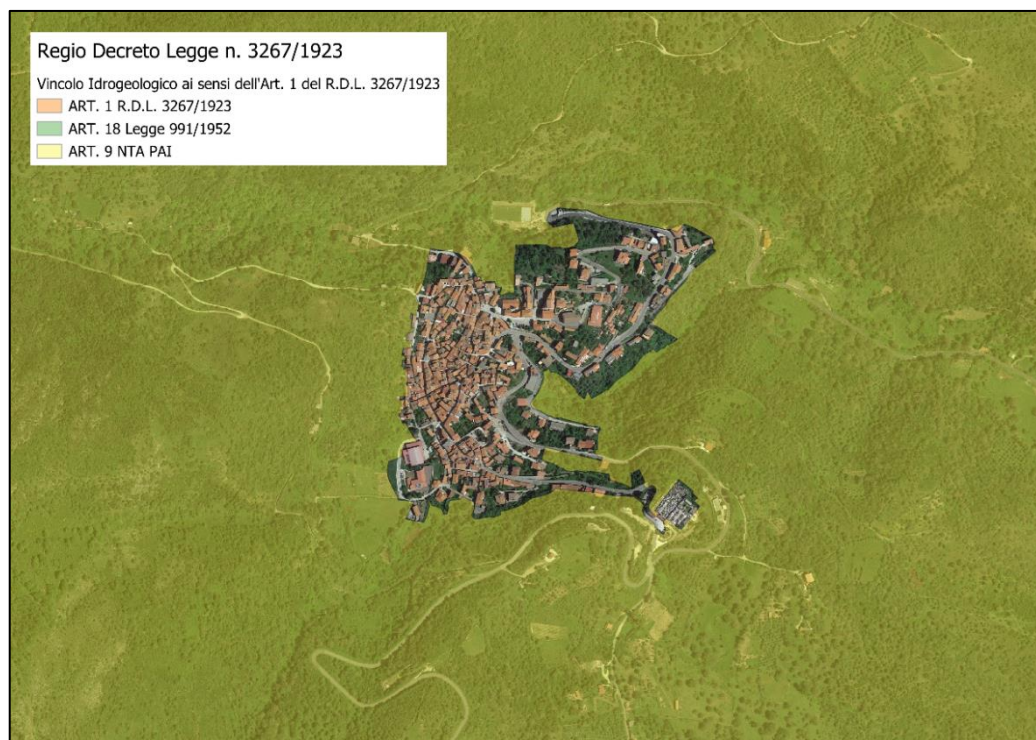


Figura 8 – Inquadramento rispetto al R.D.L. n. 3267/1923

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 26 di 88

Detto ciò, in generale, il Vincolo non preclude la possibilità di intervenire sul territorio, ma ogni intervento di trasformazione è subordinato da una relativa autorizzazione forestale e paesaggistica, necessaria per la realizzazione dell'opera.

Come si evince dalla **Figura 8**, estrapolata dalla cartografia del Geoportale della Regione Sardegna, l'area in progetto risulta ricadere nella sua quasi totalità all'interno vincolo in esame.

4.6. Vincoli ambientali

4.6.1. Rete Natura 2000

La Rete Natura 2000 è lo strumento adottato a livello europeo per garantire la conservazione della biodiversità in tutto il territorio dei vari Stati dell'Unione. Questa Rete è stata istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE, "*Direttiva Habitat*", con lo scopo di assicurare il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna rare e/o minacciate a livello comunitario in tutti gli Stati dell'U.E.

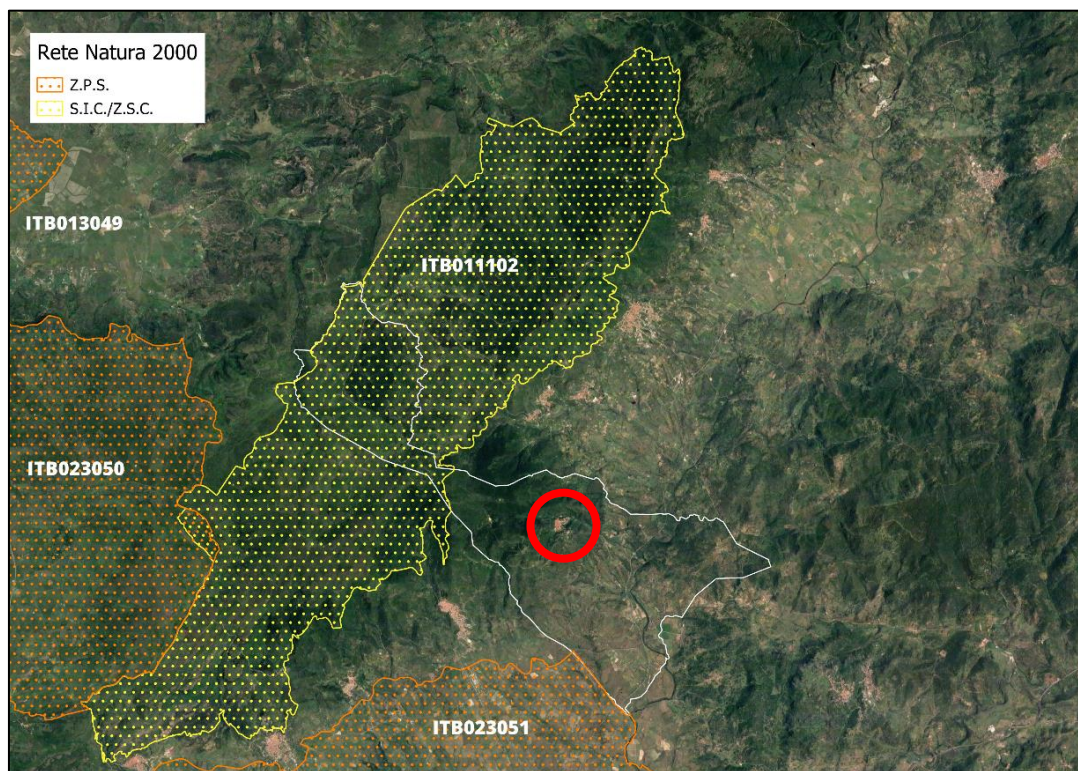


Figura 9 – Inquadramento rispetto alle aree della Rete Natura 2000

La Rete Natura 2000 definisce:

- *Siti di Interesse Comunitario (S.I.C.) / Zone Speciali di Conservazione (Z.S.C.):* i S.I.C. sono identificati dagli Stati europei in base ai criteri stabiliti dalla Direttiva "Habitat" e questi Siti vengono successivamente designati come Z.S.C.;

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 27 di 88

- *Zone di Protezione Speciale (Z.P.S.):* istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE e comprendono le aree nelle quali si vuole garantire la salvaguardia e conservazione dell'avifauna selvatica.

Come si evince dalla **Figura 9** l'area interessata dai presenti interventi non risulta ricadere all'interno delle zone facenti parte della Rete Natura 2000 e la distanza dal sito più vicino è di circa 4 km. Per completezza, si riporta di seguito l'inquadramento con le Z.P.S. e S.I.C./Z.S.C. più prossime all'area d'intervento.

- S.I.C. ITB011102 "Catena del Marghine e del Goceano";*
- Z.P.S. ITB013049 "Campu Giavesu";*
- Z.P.S. ITB023050 "Piana di Semestene, Bonorva, Macomer e Bortigali";*
- Z.P.S. ITB023051 "Altopiano di Abbasanta".*

4.6.2. Important Bird Area

Le *Important Bird Areas (I.B.A.)* vengono identificate per la necessità di individuare, tramite dei criteri comuni e standardizzati, le Zone di Protezione Speciali (Z.P.S.) per le quali la normativa inizialmente non era esaustiva. Queste aree sono state individuate a livello internazionale dal BirdLife International e sono nate per garantire la salvaguardia degli uccelli e della biodiversità e successivamente utilizzate per definire le Z.P.S.

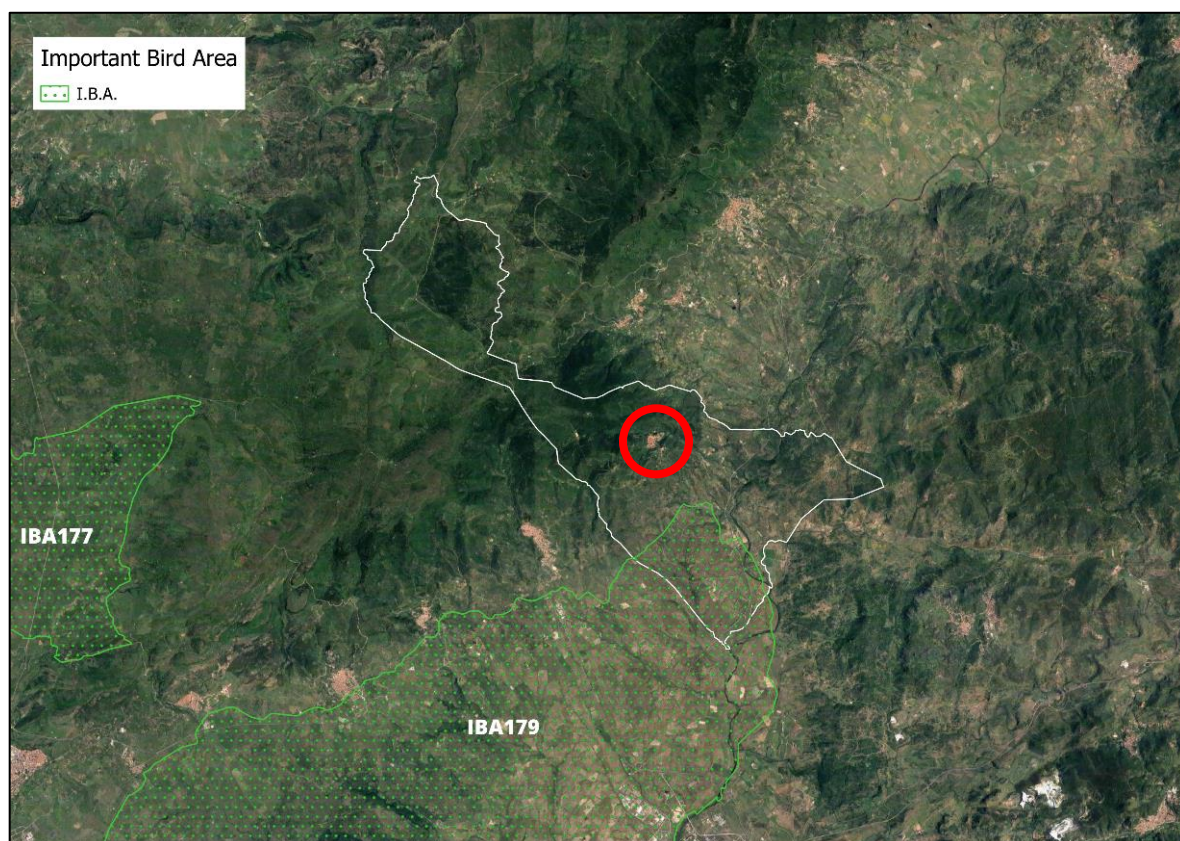


Figura 10 – Inquadramento rispetto alle Important Bird Area (I.B.A.)

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 28 di 88

Come si può vedere dalla **Figura 10**, l'area di intervento risulta esterna rispetto alle aree I.B.A. più prossime al territorio del comune di Illorai, della quali si riporta il codice e il nome di seguito:

- IBA 177 "Altopiano di Campeda";
- IBA 179 "Altopiano di Abbasanta".

4.6.3. Aree naturali protette

Le Aree Naturali Protette sono istituite e gestite in Italia da due leggi: la Legge Quadro 394/91 e la Legge n. 979/82 "Disposizioni per la difesa del mare" e con le loro successive modifiche ed integrazioni. Queste due normative costituiscono il quadro di riferimento legislativo per tutte le aree protette terrestri e marine, nazionali e regionali, e costituiscono la base per la loro classificazione, individuazione, istituzione, regolamentazione e gestione. Le aree protette a livello regionale sono normate dalla Legge Regionale n.31 del 1989, che fissa le procedure per la istituzione di un'area protetta e individua gli strumenti per la pianificazione e la gestione sostenibile dell'area. Tramite questa legge sono state individuate le perimetrazioni per l'istituzione dei parchi e delle altre aree protette su tutto il territorio sardo. Tra questi parchi individuati vi è anche il *Parco Regionale Marghine e Planargia* (**Figura 11**), già individuato in precedenza dall'analisi sulla cartografia del P.P.R. (**Figura 2**), che risulta individuato dalla L.R. 31/1989, ma non ancora ufficialmente istituito.

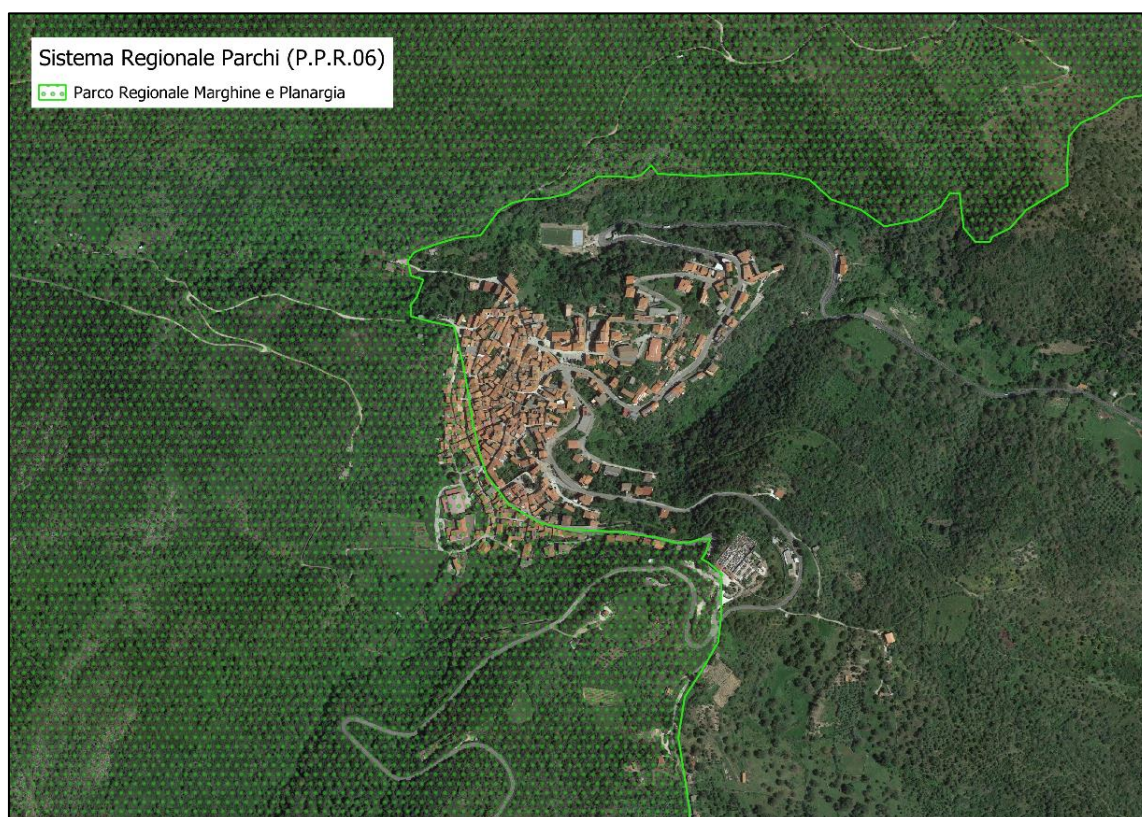


Figura 11 – Inquadramento rispetto al Parco Regionale Marghine e Planargia

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 29 di 88

5. Obiettivi della progettazione

L'intervento in oggetto ha lo scopo di mitigare e mettere in sicurezza idraulica e idrogeologica il Comune di Illorai nel rispetto degli equilibri dell'assetto geomorfologico e geologico-geotecnico, superando le problematiche idrauliche del canale coperto Musuri ed integrando nuove opere con strutture esistenti in un contesto caratterizzato da elevato pregio ambientale e paesaggistico.

L'intervento dovrà assicurare la mitigazione del rischio idrogeologico nell'area interessata, in relazione all'esigenza di garantire la tutela delle vite umane, degli insediamenti abitativi, produttivi e delle infrastrutture dagli effetti di eventi alluvionali di carattere eccezionale.

La strategia di raggiungimento dell'obiettivo consiste nello sviluppo e nell'approfondimento progettuale delle linee di intervento individuate nello Studio indicato in premessa e descritte nel capitolo relativo alla Progettazione (DIP), e in particolare:

- e) Mitigazione del rischio idraulico e messa in sicurezza del centro urbano;
- f) Mitigazione del rischio di frana.

5.1. Interventi di mitigazione previsti dal D.I.P.

Gli interventi di mitigazione e le metodologie di studio sono stati definiti nell'elaborato allegato al D.I.P. *"Allegato B – Relazione Generale"* dello *"Studio idrologico, idraulico e geologico per la mitigazione del rischio idrogeologico a carico del centro abitato"*, in particolar modo ai punti:

- g) Mitigazione del rischio e messa in sicurezza nel centro edificato - nn. 1-2-5-6-7 (a-b-c-d-e) ;
- h) Messa in sicurezza dell'area sportiva lungo il rio Tialei - n. 8 (con Determina n. 151 del 31.08.2020 pubblicata il 17.09.2020 il Comune di Illorai ha indetto la Conferenza di servizi decisoria dell'intervento *"Opere di mitigazione del rischio idrogeologico - razionalizzazione del sistema di collettamento delle acque meteoriche dell'abitato di Illorai"*, che racchiude l'intervento al punto n. 8, a seguito di richiesta di integrazioni la CdS è stata sospesa, attualmente non è conclusa);
- i) Messa in sicurezza dell'impianto di depurazione - n. 9;
- j) Messa in sicurezza della S.P. 40 (accesso all'abitato) - n. 10;
- k) Messa in sicurezza dei versanti nelle vie Vittorio Emanuele (n. 11), Umberto (n. 14), Su Turchi (n. 15) e S.P. 40 (n. 16);
- l) Messa in sicurezza dei muri di contenimento lungo la via Gramsci (nn. 12 e 13).

5.1.1. Mitigazione del rischio e messa in sicurezza nel centro edificato - nn. 1-2-5-6-7 (a-b-c-d-e)

Obiettivo degli interventi 1, 2, 5, 6 e 7 per la mitigazione del rischio idraulico è l'annullamento o la sostanziale riduzione dell'apporto d'acque piovane proveniente dal settore di monte (Ovest) verso il centro edificato, al fine di evitare l'impiego del canale tombato se non per il mantenimento del deflusso minimo utile per scopi conservativi,

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 30 di 88

armonizzazione ed equilibrio, a seguito di captazione delle acque e riversamento delle stesse verso il Rio Nicola Planu tramite la realizzazione di una galleria scolmatrice.

5.1.2. Messa in sicurezza dell'area sportiva lungo il rio Tialei - n. 8

L'attività è in capo al Comune di Illorai e non è oggetto del presente progetto.

5.1.3. Messa in sicurezza dell'impianto di depurazione - n. 9

La finalità dell'intervento è salvaguardare l'impianto del depuratore e relativamente alla realizzazione della sezione a cielo aperto in prossimità del campo sportivo questa permetterà di contenere le portate di piena con tempo di ritorno di 200 anni nel rispetto dei franchi idraulici di sicurezza.

5.1.4. Messa in sicurezza della viabilità di accesso al centro abitato – S.P. 40 - n. 10

L'intervento permetterà un adeguato franco di sicurezza idraulica ed il passaggio delle portate con un tempo di ritorno di 200 anni.

5.1.5. Messa in sicurezza dei versanti nelle Vie Vittorio Emanuele (n. 11), Umberto (n. 14), Su Turchi (n. 15) e S.P. 40 (n. 16)

L'intervento prevedrà la messa in sicurezza delle pareti mediante disgaggio e rimozione degli elementi instabili, utilizzando attrezzature meccaniche, e mediante realizzazione di reti metalliche in aderenza per le porzioni di versante caratterizzate da detriti grossolani.

5.1.6. Messa in sicurezza dei muri di contenimento lungo la Via Gramsci (nn. 12 e 13)

Le finalità dell'intervento sono: la messa in sicurezza del muro di contenimento, il ripristino della funzionalità statica e la salvaguardia dello stesso.

5.2. Iter progettuale ed evoluzione degli interventi oggetti di progettazione

Con delibera di Giunta n. 56/45 del 13.11.2020 sono stati finanziati i progetti degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico in aree perimetrate P.A.I. per il triennio 2020-2022.

A seguito della suddetta deliberazione e a seguito della convenzione sottoscritta in data 14.12.2020 tra l'Assessorato ai lavori Pubblici e la Società Opere e infrastrutture della Sardegna S.r.l., in data 07.05.2021 è stato aggiudicato il servizio di ingegneria oggetto del presente lavoro.

Con nota PEC del 25/03/2022 è stato trasmesso il fascicolo componente una prima versione della DOCFAP del presente intervento.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 31 di 88

Tale versione prevedeva sostanzialmente 2 alternative:

- a) RF1-captazione Acque + RF2a-galleria idraulica di bypass del centro abitato;
- b) RF1-captazione Acque + RF2b-galleria idraulica verso il Rio Nicola Planu.

La sopra citata versione è stata oggetto di un tavolo tecnico aperto ai principali stakeholders istituzionali in data 11.04.2022, durante il quale sono state analizzate le diverse problematiche e criticità, a valle del quale su richiesta del SOI, è stata elaborata una terza opzione relativa allo stombamento del canale interrato previa delocalizzazione degli edifici e delle infrastrutture esistenti.

L'analisi delle tre alternative ha comportato un importante incremento del costo stimato dell'opera rispetto a quanto finanziato con la citata delibera di giunta con la conseguenza di sviluppare le successive fasi di progettazione

Per quanto sopra, Con nota del 12.08.2022 prot. RAS n. 32388, recepita dalla società Opere e Infrastrutture della Sardegna con nota del 26.08.2022 prot. N. 345U, il S.O.I. ha espresso la necessità di adeguare il DOCFAP, integrandolo con l'esecuzione di rilievi di dettaglio dell'alveo e dei canali tombati esistenti, al fine di redigere delle carte di pericolosità idraulica ante e post operam e solo successivamente dare avvio allo sviluppo del PFTE sull'intero bacino, stralciando le opere ritenute secondarie quali:

- Messa in sicurezza dell'impianto di depurazione (n. 9);
- Messa in sicurezza dei versanti nelle vie Vittorio Emanuele (n. 11), Umberto (n. 14), Su Turchi (n. 15) e S.P. 40 (n. 16);
- Messa in sicurezza dei muri di contenimento lungo la via Gramsci (nn. 12 e 13).

Con perizia di variante del 15 settembre 2022, la società opere Infrastrutturali della Sardegna ordina ai progettisti di eseguire i rilievi di dettaglio, elaborare le carte di pericolosità idraulica e di approfondire lo studio dell'alternativa relativa allo stombamento del canale interrato, concentrandosi sull'analisi costi benefici delle diverse alternative orientate all'adeguamento del canale tombato esistente. Analisi trasmesse in data 28.10.2022 a seguito delle quali è stato trasmesso la versione definitiva del DOCFAP in data 25.11.2022 che tra le alternative progettuali per la gestione delle acque meteoriche diversante sinteticamente prevedeva:

1. Alternativa A – galleria scolmatrice di by-pass del paese
2. Alternativa B – risezionamento del canale tombato esistente

Tal versione del DOCFAP veniva adottata dalla Società opere infrastrutturali con determinazione DAU del 07.12.2022.

A seguito di una riunione svoltasi tra la suddetta società e il S.O.I. il 12.01.2023, in data 07.02.2023 viene emesso un O.d.S. n. 6 nel quale viene dato mandato ai progettisti di inserire tra le alternative progettuali anche il mantenimento dell'attuale sezione del canale tombato.

In data 10.03.2023 e 02.05.2023 viene convocato un ulteriore tavolo tecnico per la discussione dell'ulteriore alternativa, che ha portato alla conclusione di individuare come alternativa preferenziale l'Alternativa C: *“mitigazione della pericolosità per tempi di ritorno inferiori a 200 anni, attraverso la manutenzione straordinaria del*

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 32 di 88

canale tombato esistente, caratterizzati dalla rimozione di tutte le interferenze e sottoservizi presenti al suo interno, e di altre opere di manutenzione ordinaria e straordinaria che prevede anche interventi di tipo strutturale corredata dalle altre opere di captazione sia delle acque di versante che di quelle riferite alla captazione del materiale solido ovvero della realizzazione di una nuova rete di scarico (acque bianche e acque nere), così come individuato nel documento DOCFAP REV1 integrato e modificato con gli elaborati presentati con nota 302 del 02.03.2023." dando atto di avviare la progettazione del PFTE e degli elaborati da presentarsi in sede di verifica di assoggettabilità alla VIA.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 33 di 88

6. Inquadramento territoriale e idrografico

6.1. Il contesto territoriale

Il Comune di Illorai è uno dei nove comuni della regione storica del Goceano e ha una superficie complessiva di 57,04 km². Il territorio del Goceano è un'area di media montagna situata fra il Monte Acuto a nord, i monti della Barbagia di Bitti a est, il Marghine a sud ovest e il Meilogu ad ovest. Gli elementi che caratterizzano il territorio sono l'altopiano dell'Alta Valle del Tirso ed i rilievi che lo coronano, fra cui emerge il Monte Rasu, che con i suoi 1.259 m è la cima più alta dell'attuale Provincia di Sassari.

A sud est il confine è costituito dalla piana del Tirso, e valicato questo arriva fino alle prime propaggini collinari che ad est chiudono la valle. L'abitato è a mezza costa (503 m s.l.m.), in una posizione seminascosta nella prima valle laterale che troviamo entrando nel Goceano da sud. Dalla valle del Tirso (230 m s.l.m.) il territorio si restringe sempre più, passando da 6,9 km a S.E. fino a raggiungere una larghezza minima di 380 m circa nei pressi del piccolo sistema di creste del monte Senzolo (941-957 m s.l.m.) e riallargandosi a N.O. fino a circa 4 km.

Localmente si usa il toponimo Monte Artu per l'area che si affaccia invece sul versante est di queste creste, e che sostanzialmente risulta compresa all'interno del *S.I.C. ITB011102 Catena del Marghine e del Goceano*. Monte Artu è il toponimo di un rilievo presente nell'area (880 m quota massima) da cui poi prende nome tutta questa zona. Il toponimo Monte Bassu viene invece utilizzato per indicare il versante ovest del monte, da sopra il paese fino a questa strettoia, in un'area compresa fra gli 800 ed i 940 m.

L'alta valle del Tirso, nei tratti fra Benetutti e Bono e fra Illorai e Bolotana, è un'ampia piana alluvionale pedemontana modellata a terrazzi dai suoi 12 affluenti di destra, le cui testate risalgono con forti pendenze le imponenti scarpate morfostutturali della catena. Il territorio è essenzialmente destinato ad uso agricolo o pascolativo nella piana ed in prossimità del Tirso mentre è più destinato all'allevamento o ad uso boschivo nella zona collinare.

Proprio per il carattere torrentizio e gli elevati dislivelli che caratterizzano il versante Ovest della catena del Goceano, attorno e dentro al centro abitato sono presenti delle opere di regimazione idraulica che nel tempo si sono rese necessarie per diminuire il rischio idrogeologico. A monte dell'abitato abbiamo la presenza di un canale di guardia, e lo stesso sul versante est della valle. Questo canale in particolare, con lo sviluppo urbano degli ultimi 30-40 anni è stato inglobato all'interno dell'edificato ed in diversi tratti è stato tombato per consentirne l'attraversamento.

Nell'ortofoto seguente (**Figura 12**) è identificata con un cerchio rosso l'area di intervento.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 34 di 88

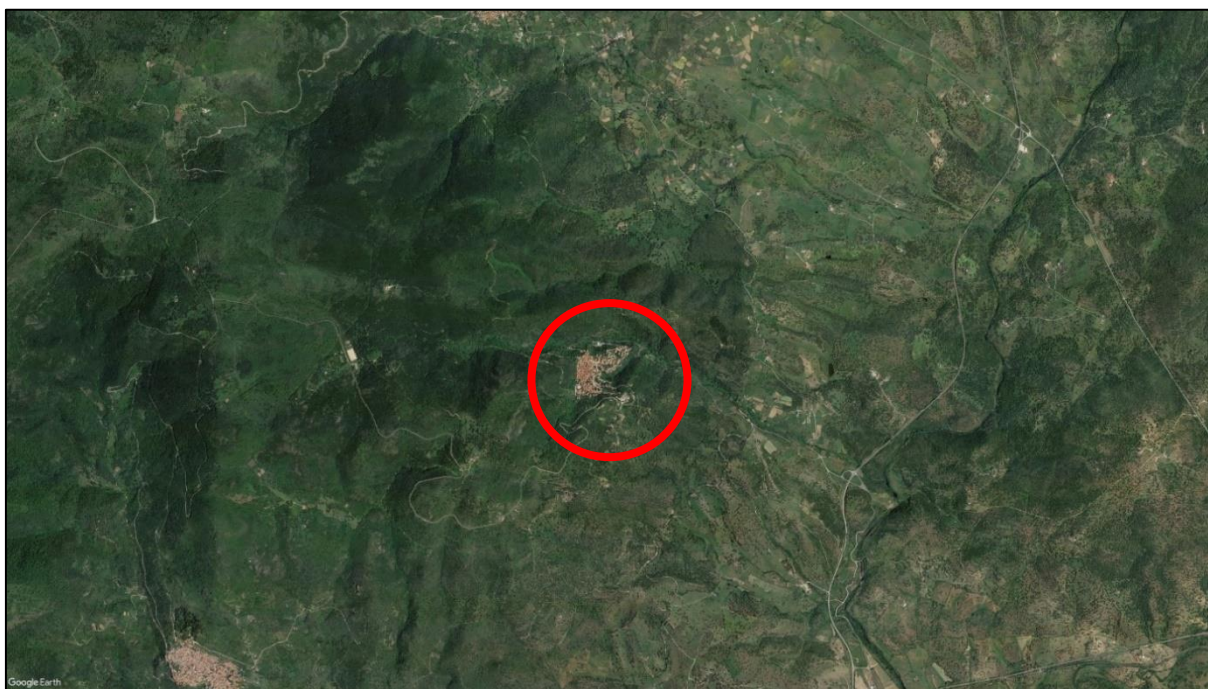


Figura 12 – Inquadramento generale su Ortofoto

In base all'inquadramento da cartografia I.G.M. in scala 1:25.000 (**Figura 13**), il territorio di Illorai è inquadrato al confine tra il Foglio 498 sezione I "Bolotana" e il Foglio 499 sezione IV "Orotelli".

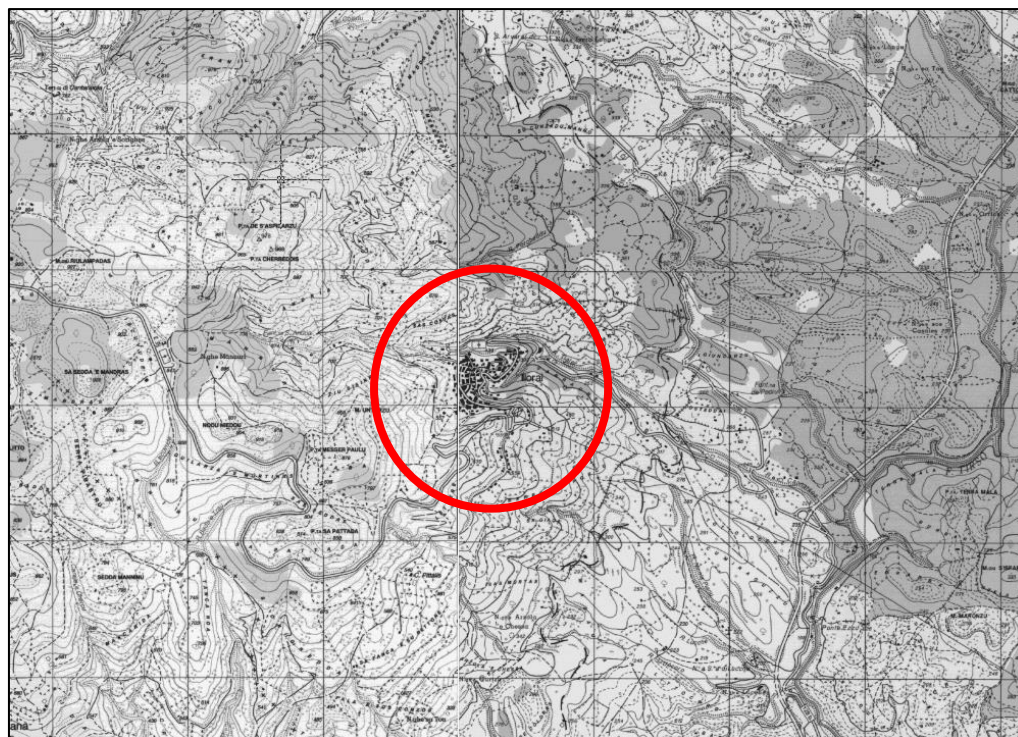


Figura 13 – Stralcio carta I.G.M. in scala 1:25.000

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 35 di 88

6.2. Analisi pluviometrica

L'analisi seguente è stata estrapolata dalla *“Relazione tecnica idrologico-idraulica”* in Rev.1 della documentazione prodotta per la consegna del DOCFAP. La stima delle portate di progetto è svolta mediante metodi indiretti con modelli di trasformazione afflussi - deflussi. La definizione della precipitazione critica che determina la massima portata è stimata attraverso le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (L.S.P.P.) che esprimono la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, per assegnato tempo di ritorno T. Nel presente studio la stima delle LSPP è stata effettuata mediante la procedura VAPI indicata nelle linee guida del P.A.I. e utilizzata nello *“Studio di assetto idrogeologico ai sensi dell'art.8 comma 2 bis e variante ai sensi dell'art. 37 comma 3 lettera "b" delle N.A. del PAI”* revisionato nel mese di Settembre dall'Ing. Fabio Cambula e dal Geol. Andrea De Santis.

6.2.1. Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica procedura VAPI

Le linee guida del P.A.I. della Sardegna per l'utilizzo dei metodi indiretti della stima delle portate propongono l'utilizzo della procedura VAPI, con elaborazione regionale delle LSPP tramite la distribuzione TCEV.

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

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

Il quale rappresenta il massimo annuale di pioggia per assegnata durata, d , normalizzato rispetto alla media 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 $a(T)$ e $n(T)$, vengono definiti per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (S.Z.O.) per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni.

Dalla **Figura 14** si evince che i bacini di interesse ricadono all'interno della S.Z.O. n. 2 per la quale il parametro a della curva di possibilità pluviometrica è dato dalla seguente equazione:

$$a(T) = 0.43797 + 1.0890 \cdot \text{Log}(T)$$

mentre il parametro n :

$$n(T) = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T) \quad \text{per durate maggiori o uguali a 1 ora}$$

$$n(T) = -0.18722 + 0.24862 \cdot \text{Log}(T) - 3.36305 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T) \quad \text{per durate inferiori ad 1 ora}$$

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 36 di 88

La pioggia media per diverse durate $\bar{h}(d)$, detta anche pioggia indice, è funzione della pioggia media giornaliera \bar{h}_g secondo l'espressione:

$$\bar{h}(d) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 \cdot 24^{(-0.493+0.476 \cdot \text{Log}(\bar{h}_g))}} \cdot d^{(-0.493+0.476 \cdot \text{Log}(\bar{h}_g))}$$

dove \bar{h}_g si ricava dalla distribuzione spaziale sull'intera Sardegna riportata nella **Figura 15** ed è pari a circa 50 mm.

Per i diversi tempi di ritorno considerati si ottengono le seguenti linee di possibilità pluviometrica (i tempi di corrivazione dei bacini oggetto di studio sono inferiori all'ora come calcolato nei paragrafi successivi).

<i>T</i>	<i>10</i>	<i>50</i>	<i>100</i>	<i>200</i>	<i>500</i>
a	31.60	47.35	54.13	60.91	69.88
n	0.34	0.45	0.49	0.52	0.55

Tabella 1 – LSPP ottenute mediante la procedura VAPI



Figura 14 – Sotto Zone Omogenee (S.Z.O) per le piogge brevi e intense in Sardegna (fonte P.A.I.)

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 37 di 88



Figura 15 – Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna (fonte P.A.I.)

Nella **Figura 16** si riportano le altezze di pioggia per le durate 1÷24 ore calcolate sulla base dei parametri della LSPP stimata mediante la procedura VAPI.

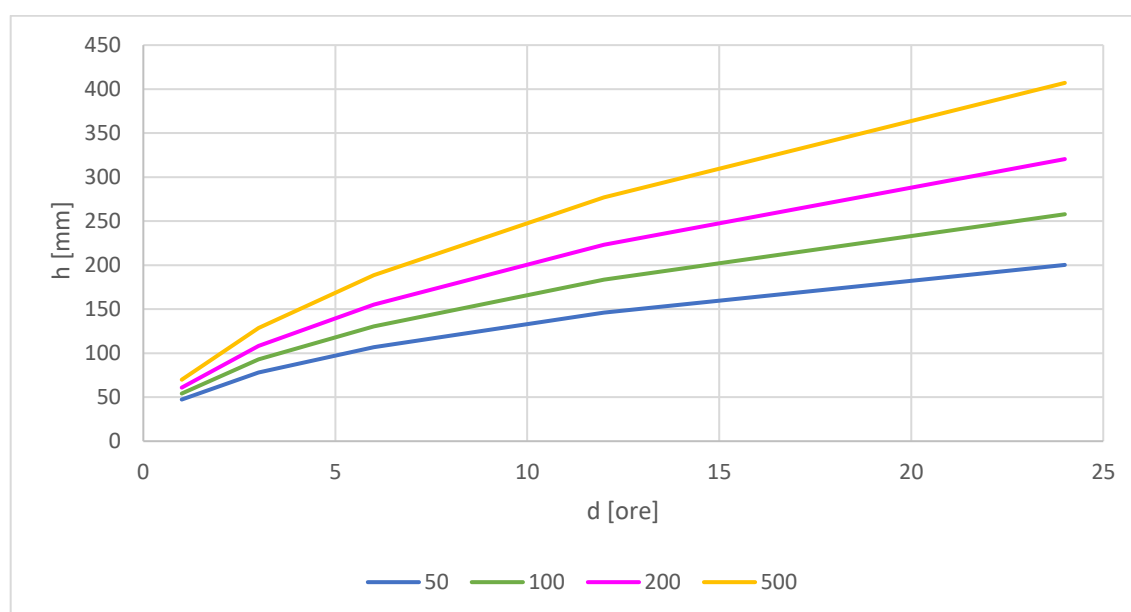


Figura 16 – LSPP stimata mediante la procedura VAPI per i diversi tempi di ritorno

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 38 di 88

6.2.2. Raggiungimento spaziale delle piogge all'area

Con raggiungimento spaziale delle piogge si intende la valutazione dell'altezza di pioggia media su un'area a partire da quella nota in un punto. Prende il nome di fattore di raggiungimento il rapporto R tra l'altezza media sull'area e l'altezza puntuale:

$$R = \frac{h_{\delta,S}}{h_{\delta}}$$

Il raggiungimento può essere inteso in due modi (Eagleson, 1970):

- rispetto al centro della pioggia;
- rispetto a un punto geografico fisso.

Il fattore di raggiungimento diminuisce all'aumentare dell'area e al diminuire della durata considerata. Ovviamente esso è, a parità di area, più vicino all'unità se riferito a un punto fisso, che non è necessariamente il centro di pioggia.

Nella definizione dei fattori di raggiungimento sussiste ancora una certa ambiguità. Per la correttezza metodologica occorrerebbe, infatti che la pioggia puntuale e quella raggiungita avessero lo stesso tempo di ritorno.

D'altra parte, in molti casi i fattori di raggiungimento sono stati determinati studiando singoli eventi, in cui il tempo di ritorno della pioggia areale non coincideva necessariamente con quello della pioggia puntuale.

Nel presente studio per la determinazione del coefficiente di raggiungimento si è utilizzata la metodologia proposta nelle linee guida del P.A.I. della Sardegna, che fa riferimento all'espressione proposta dall'United States Weather Bureau, dove il coefficiente di raggiungimento delle piogge all'area è legato alla durata critica e all'area del bacino dalla seguente espressione:

$$R(\delta, A) = 1 - e^{-1,1\delta^{-0,25}} + e^{-1,1\delta^{-0,25}} - 0,00386A$$

dove:

- δ è il tempo di corrivazione del bacino;
- A è la superficie del bacino.

Per bacini di piccole dimensioni, come nel caso in esame, tale formulazione fornisce valori prossimi all'unità per cui a favore di sicurezza non è stato assunto nessun raggiungimento.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 39 di 88

7. Aspetti progettuali

7.1. Descrizione generale dello stato di fatto

I **canali di gronda esistenti Ovest ed Est** sono ubicati in corrispondenza di uno strato di materiale detritico dello spessore di alcune decine di metri con permeabilità che lo rende assimilabile a sabbia molto fine. Da notizie raccolte in sito dai tecnici comunali e dalla popolazione, durante i sopralluoghi, emerge che l'acqua meteorica raramente viene intercettata dagli stessi, come testimoniato dallo stato di colorazione del calcestruzzo di cui è costituito.

Premesse tali informazioni, si ritiene che il malf funzionamento di tali opere siano ascrivibili alle cause che seguono in elenco:

- manufatti di presa in gabbioni senza muri d'ala che non raccolgono e quindi non convogliano le portate nei canali;
- murature spondali, lato versante, in gabbioni che non intercettano l'acqua di ruscellamento e, anche qualora la raccogliessero, ne favorirebbero la dispersione;
- murature spondali, lato versante, in cls, con la quota sommitale superiore alla quota del p.c. che ferma l'acqua di ruscellamento e non ne permette lo scarico nel canale per stramazzo sulla soglia della sponda;
- le caratteristiche geologiche del substrato ed il carattere di naturalità dei sotto-bacini 1a e 1b possono determinare un fenomeno di infiltrazione significativo nella porzione più alta del bacino che riduce le portate che procedono verso valle.

Il **tratto tombato del Rio Furzagamanna**, che corre sotto il paese, non è in grado di convogliare la portata duecentennale rispettando il franco idraulico.

In prossimità della scuola dell'infanzia e del centro sportivo, che sono le prime edificazioni a monte del paese, sono presenti **fenomeni sorgentizi**. Lo strato geologico detritico ha spessore inferiore rispetto alle aree a monte ed ospita una falda che è stata misurata ad una profondità di circa 8 m dal p.c.. Non può comunque escludersi che in caso di forti eventi meteorici si verifichi un fenomeno di infiltrazione non trascurabile nella porzione più alta del bacino che alimenta la falda che tende a saturare la coltre detritica e a rimpinguare le sorgenti a tergo del paese, laddove lo strato detritico si assottiglia. Al di sotto dei canali di gronda esistenti e lungo i versanti, destro e sinistro, del Rio Furzagamanna, sono presenti strade secondarie in trincea che durante eventi meteorici funzionano da **strade canale**, come è risultato evidente dalla presenza di erosione al piede delle scarpate laterali che insistono sulle strade. Le portate trasportate da tali strade, che hanno pendenze elevate, non vengono correttamente gestite e si sversano in maniera incontrollata nel centro abitato.

Il **sistema fognario** del centro abitato è misto e non esistono elaborati progettuali ed informazioni utili per comprenderne e valutarne il layout ed il funzionamento idraulico. Dai sopralluoghi emerge che le caditoie distribuite lungo le strade presentano evidenti limiti dimensionali anche in considerazione delle elevate pendenze delle strade. È noto invece che sono numerosi gli scarichi diretti nel Rio Furzagamanna.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 40 di 88

7.2. Stima delle portate di progetto

7.2.1. Individuazione delle sezioni di interesse

Al fine di stimare le portate di interesse per gli studi idraulici sono stati definiti 5 sotto-bacini:

1. **BACINO 1** – Il bacino 1 è costituito dai seguenti sottobacini:
 - a) **Bacino 1a:** bacino chiuso a monte dei canali di gronda esistenti;
 - b) **Bacino 1b:** bacino relativo alla strada canale che insiste sul canale tombato.

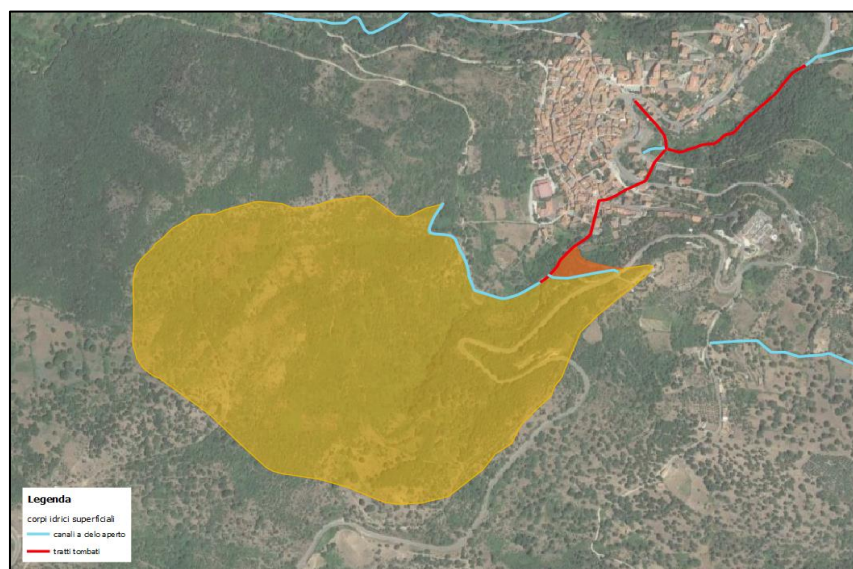


Figura 17 – Planimetria bacino 1a (in ocra) e bacino 1b (in arancione)

2. **BACINO 2** – Bacino residuo tra la gronda Ovest esistente e il canale di gronda proposto ai piedi del versante.

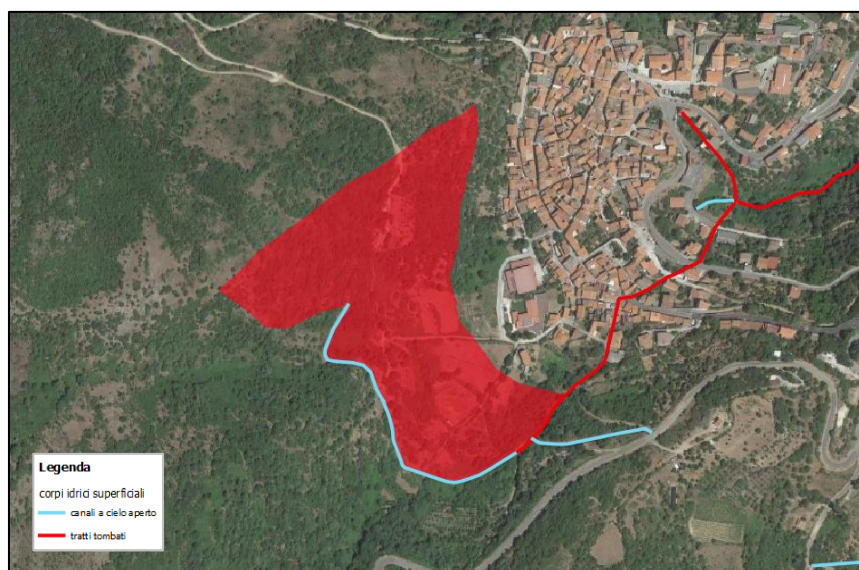


Figura 18 – Planimetria bacino 2 (in rosso)

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 41 di 88

3. **BACINO 3** – *Bacino complessivo del Rio Furzagamanna.*

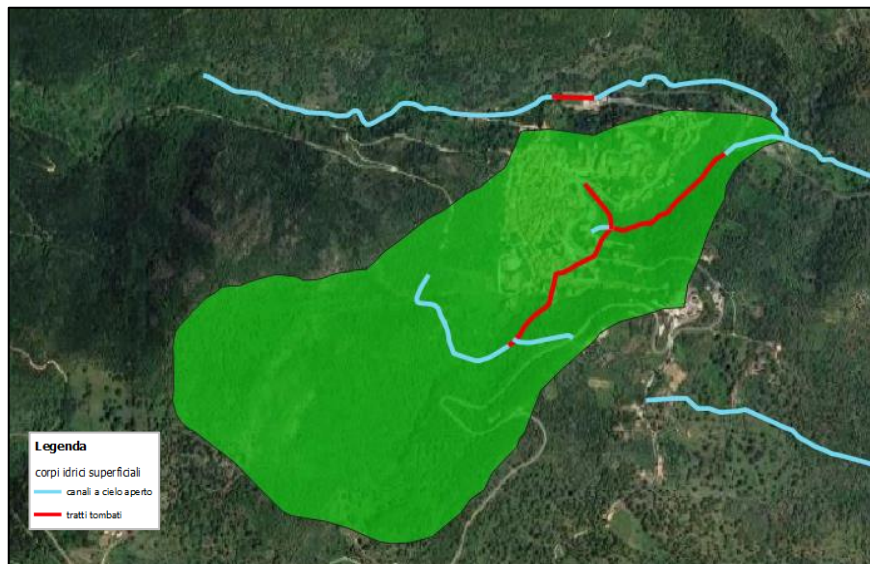


Figura 19 – Planimetria bacino 3 (in verde)

4. **BACINO 4** – *Bacino del canale tombato urbano esistente, cautelativamente si è considerato l'apporto di tutto il bacino urbano per tenere conto di un eventuale riassetto futuro della rete fognaria nell'ipotesi che tutte le acque vengano convogliate nel canale tombato esistente a monte dello sfioratore.*

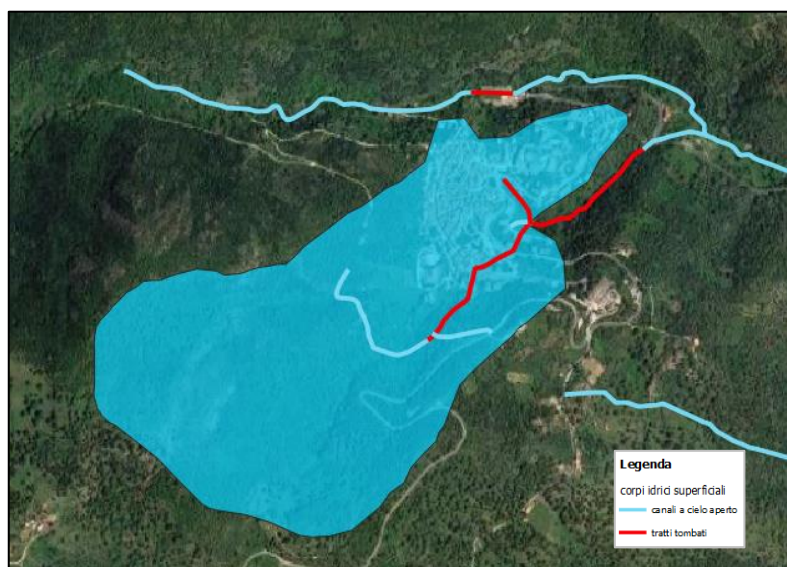


Figura 20 – Planimetria bacino 4 (in azzurro)

Nella tabella seguente sono sintetizzati i parametri morfologici dei bacini analizzati.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 42 di 88

BACINO	Lunghezza asta principale [km]	Area [km ²]	Quota media [m s.l.m.]	Pendenza media
BACINO 1a	0.3872	0.460	715	22.9%
BACINO 1b	0.1180	0.004	563	28.4%
BACINO 2	0.520	0.083	631	22.7%
BACINO 3	1.810	0.830	624	22.3%
BACINO 4	1.262	0.746	642	22.0%

Tabella 2 – Principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici individuati

7.2.2. Il tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione di un punto del bacino è il tempo necessario perché la goccia d'acqua caduta nel punto possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino considerato. Tra tutti i tempi di corrivazione possibili, nelle applicazioni riveste particolare interesse il valore massimo che viene denominato tempo di corrivazione del bacino t_c . Il tempo t_c è quello necessario alla goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino. Nell'individuazione del punto più remoto del bacino (idraulicamente più lontano) e nel calcolo della sua distanza effettiva dalla sezione di chiusura deve essere considerata, ovviamente, non solo la distanza planimetrica, che ne è la proiezione sul piano orizzontale di rappresentazione, ma anche la quota del punto stesso. In altri termini, a parità di distanza planimetrica deve essere considerato il punto di quota massima.

La definizione di tempo di corrivazione consente di spiegare perché la piena si verifica proprio se l'evento meteorico ha una durata almeno pari al tempo di corrivazione, dato che in questo caso tutta l'area scolante contribuisce ai fini del deflusso superficiale. Il concetto di tempo di corrivazione permette anche di giustificare perché nei piccoli bacini, aventi superficie dell'ordine di qualche decina di km², sono sufficienti piogge brevi (della durata di qualche ora) per determinare un evento di piena.

Per il calcolo del tempo di corrivazione [ore] sono state considerate 3 differenti formulazioni:

- **Viparelli** (*La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, 2006), il tempo di corrivazione è funzione del percorso idraulicamente più lungo (L) che deve percorrere la particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura:

$$t_c = L/V$$

considerando una velocità media [V], date le importanti pendenze, di 2m/s.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 43 di 88

- **Kirpich** (*La sistemazione dei bacini idrografici, McGraw-Hill, 2006*), il tempo di corrivazione è funzione della lunghezza del percorso idraulicamente più lungo (L) e della pendenza media (i_a) dell'asta principale:

$$t_c = 0.000325 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

- **Pasini** (*Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia – Linee guida, agosto 2000*), il tempo di corrivazione è funzione dell'area del bacino (A), della lunghezza dell'asta (L) e della pendenza media del reticolo idrografico (J_m):

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{J_m}}$$

Il tempo di corrivazione di ogni sottobacino è stato calcolato come media dei risultati delle formulazioni precedenti, i risultati sono sintetizzati nella tabella seguente.

BACINO	FORMULAZIONE	Tc [h]	Tc assunto [h]
BACINO 1A	Viparelli	0.138	0.140
	Kirpich	0.117	
	Pasini	0.166	
BACINO 1B	Viparelli	0.016	0.018
	Kirpich	0.021	
	Pasini	0.016	
BACINO 2	Viparelli	0.075	0.076
	Kirpich	0.073	
	Pasini	0.080	
BACINO 3	Viparelli	0.268	0.242
	Kirpich	0.196	
	Pasini	0.262	
BACINO 4	Viparelli	0.192	0.190
	Kirpich	0.153	
	Pasini	0.226	

Tabella 3 – Tempi di corrivazione assunti per i diversi bacini considerati

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 44 di 88

7.2.3. Il modello di pioggia netta del Curve Number (SCS-CN)

Di fondamentale importanza per la stima della portata di piena è la valutazione del coefficiente di deflusso ϕ che tiene conto delle perdite in funzione della copertura del bacino. Nel presente studio il valore di tale coefficiente è stato calcolato mediante il modello di pioggia netta del Curve Number (C.N.) proposto dal Soil Conservation Service (S.C.S.).

Tale modello ipotizza che tra il volume specifico di pioggia netta P_{net} , caduta all'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico t ed il volume specifico di pioggia lorda P (ambedue espressi in mm) caduta nel medesimo intervallo temporale, esista la relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)}$$

nella quale S è il massimo volume specifico d'acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione e I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia produzione di deflusso. Con l'introduzione di questo parametro si tiene quindi conto di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali, che ritardano la formazione del deflusso superficiale.

In mancanza di adeguate informazioni sul bacino di interesse, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

che sulla base di analisi di dati sperimentali condotte dal S.C.S., risulta verificata con buona approssimazione. Per la stima del parametro S invece si fa riferimento alla seguente espressione:

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

Nella quale S è espresso in mm, mentre l'indice di assorbimento CN è un parametro adimensionale compreso tra 0 e 100 che è funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione. Cautelativamente si è fatto riferimento al **GRUPPO D** ovvero ai suoli con bassa capacità di infiltrazione.

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di imbibimento del suolo all'inizio dell'evento meteorico, il metodo individua tre differenti condizioni iniziali (AMC, Antecedent Moisture Condition), a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei cinque giorni precedenti l'evento meteorico di riferimento. Nel presente studio i valori assunti per l'indice CN fanno cautelativamente riferimento alla condizione di umidità del suolo tipo AMC III (terreno fortemente imbibito), il **CN III** è calcolato come segue:

$$CN III = \frac{CN II}{0.43 + 0.0057 \cdot CN II}$$

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 45 di 88

Per quanto riguarda il tipo di copertura per i bacini di interesse, si è fatto riferimento alla Mappa del Curve Number a scala regionale scaricata dal Geoportale della Regione Sardegna, sviluppata e prodotta da Arpa Sardegna. Le tipologie di copertura presenti nei bacini in esame con i rispettivi **CN II** assegnati sono riportate in tabella e figura seguenti.

<i>Tipologia di copertura</i>	<i>CN II</i>
Gariga	77
Aree a pascolo naturale	84
Sugherete	79
Aree a pascolo naturale	84
Bosco di latifoglie	79
Colture temporanee associate ad altre colture permanenti	82
Macchia mediterranea	77
Tessuto residenziale rado	87
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti	82
Cimiteri	89
Oliveti	81
Sistemi colturali e particellari complessi	82
Tessuto residenziale compatto e denso	92
Aree a ricolonizzazione naturale	82

Tabella 4 – Valore del CN per le diverse tipologie di suolo presenti nell'area in oggetto

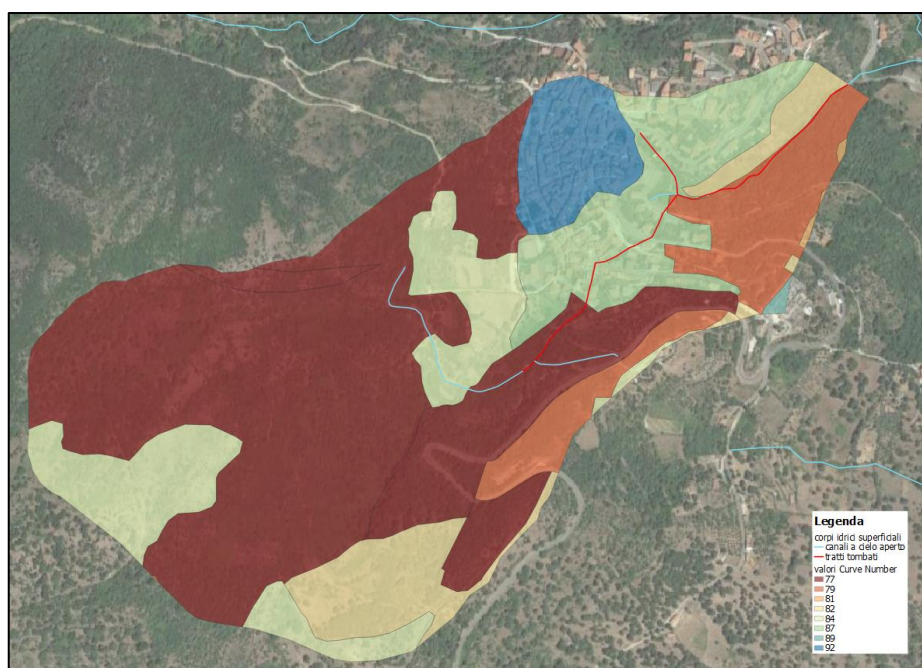


Figura 21 – Categorie di CN II individuate per l'area oggetto di studio, bacino Furzagamanna

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			6.1	Rev. 0
				Data: Ott. 2023	Pag. 46 di 88

Bacino	CN II medio pesato
BACINO 1a	78.58
BACINO 1b	78.58
BACINO 2	79.57
BACINO 3	80.48
BACINO 4	80.54

Tabella 5 – Valori del CN assunti nei calcoli per i diversi bacini

Una volta determinato il valore del CN si è proceduti al calcolo della pioggia netta P_{net} (mm) e della pioggia lorda P (mm) sulla base delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica precedentemente calcolate e quindi alla definizione del coefficiente di deflusso ϕ mediante la seguente relazione:

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

7.2.4. Calcolo delle portate di piena

La stima delle portate, per i tempi di ritorno considerati, è stata compiuta attraverso la formula razionale in accordo con quanto previsto nelle linee guida del Piano di Assetto Idrogeologico della Sardegna.

La formula razionale fornisce un procedimento particolarmente semplice ed efficace per il calcolo della portata al colmo di tempo di ritorno T alla sezione di chiusura considerata. Tale metodo assume la precipitazione uniformemente distribuita nello spazio e nel tempo e si basa sull'utilizzo della curva di possibilità climatica riferita al bacino di interesse. Fissato il tempo di ritorno T la portata al colmo maggiore è prodotta dall'evento avente durata pari al tempo di corrivazione t_c del bacino.

Sulla base delle curve segnalatrici di pioggia individuate al capitolo precedente è stata quindi calcolata la portata di piena nei bacini di interesse tramite la formula razionale:

$$Q(T) = a \cdot t_c^{n-1} \cdot A \cdot \phi \cdot R(\delta, A)$$

Dove:

- a e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica relativa al tempo di ritorno T ;
- t_c è il tempo di corrivazione del bacino chiuso alla sezione di interesse calcolato secondo quanto riportato nel paragrafo precedente;
- A è la superficie del bacino espressa in km² ;
- ϕ è il coefficiente di afflusso del bacino calcolato secondo la metodologia descritta nel paragrafo precedente;
- $R(\delta, A)$ è il coefficiente di ragguaglio delle piogge all'area, posto cautelativamente pari ad 1 per tutti i bacini.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 47 di 88

Per i bacini considerati sono quindi state stimate le portate di progetto per i diversi tempi di ritorno considerati così come riportato nella tabella seguente.

BACINO	$Q_{50} (mc/s)$	$Q_{100} (mc/s)$	$Q_{200} (mc/s)$	$Q_{500} (mc/s)$
BACINO 1a	3.75	4.34	4.95	5.85
BACINO 1b	0.11	0.12	0.13	0.14
BACINO 2	0.66	0.74	0.81	0.94
BACINO 3	7.83	9.19	10.57	12.53
BACINO 4	7.18	8.34	9.52	11.22

***Tabella 6** – Portate di progetto relative ai diversi tempi di ritorno considerati*

7.3. Soluzione progettuale

Al fine di facilitare la trattazione si raggruppano le lavorazioni progettate in dieci interventi funzionali:

- **INTERVENTO 1:** adeguamento e funzionalizzazione del canale di gronda EST esistente;
- **INTERVENTO 2:** adeguamento e funzionalizzazione del canale di gronda OVEST esistente;
- **INTERVENTO 3:** costruzione di dispositivi idonei per il **drenaggio delle strade canale** che dalla Strada Provinciale 112 scendono verso il centro abitato;
- **INTERVENTO 4:** realizzazione di un **nuovo canale di gronda ai piedi del versante** poco a monte del centro abitato come ultimo presidio a protezione del paese;
- **INTERVENTO 5:** **conversione del tratto di monte del canale tombato in un nuovo canale a cielo aperto** dimensionato per trasportare le portate di piena;
- **INTERVENTO 6:** costruzione nella sezione terminale del nuovo canale a cielo aperto (intervento 5) di un **manufatto per il controllo del trasporto solido e per la dissipazione dell'energia** prima di immettere le portate nel canale tombato.
- **INTERVENTO 7:** **sistemazione del canale tombato** (interventi di risanamento locali del calcestruzzo) + realizzazione di un manufatto di separazione delle acque nere.
- **INTERVENTO 8:** **sistemazione a cielo aperto dell'impiuvio naturale del Rio Furzagamanna a valle del centro abitato;**
- **INTERVENTO 9:** **manufatto di sfioro** (per la separazione delle acque nere) **e condotta di derivazione verso il depuratore;**
- **INTERVENTO 10:** **sistemazione dell'attraversamento idraulico esistente sulla SP 40**

Nei capitoli successivi sono descritte le opere proposte e per una disamina più approfondita si rimanda alla "Relazione illustrativa" e "Relazione tecnica" allegate al presente progetto.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 48 di 88

7.3.1. Interventi 1 e 2: adeguamento e funzionalizzazione dei canali di gronda Est e Ovest esistenti

Gli interventi di adeguamento e rifunzionalizzazione dei canali di gronda Est e Ovest esistenti hanno la finalità di eliminare i difetti delle opere esistenti che non permettono all'acqua di versante di essere captata dai canali stessi e comprendono:

- **nuovi manufatti di immissione nel canale di gronda Ovest** delle portate provenienti dai due compluvi naturali intercettati dai canali di gronda stessi (figure e scheda seguenti). I manufatti di confluenza interessano l'alveo per una lunghezza di circa 25 m e comprendono:
 - risagomatura e regolarizzazione dell'impluvio naturale: il talweg dell'impluvio viene sagomato a corda molla con pendenza del 2.5% verso il centro dell'alveo ed i versanti regolarizzati, inserimento di tre briglie con funzione di trattenuta del materiale solido;
 - posa di un geotessuto con funzione di ripartitore dei carichi per contrastare cedimenti differenziali del terreno d'imposta causati dalla natura geologica degli stessi;
 - costruzione di una sottofondazione in calcestruzzo magro dello spessore di circa 30 cm per regolarizzare la superficie;
 - costruzione di rivestimento in selciatoone costituito da pietrame ammorsato nel calcestruzzo;
 - costruzione di muri laterali di raccordo tra i versanti rivestiti con selciatoone ed il canale di gronda;
 - costruzione di blocchi di dissipazione nell'area di raccordo tra l'alveo dell'impluvio naturale sistemato e il canale di gronda esistente.

Gli interventi proposti sono riportati nelle tavole "9.1 – Planimetria delle opere in progetto" e "9.2 – Interventi 1 e 2: adeguamento e funzionalizzazione dei canali di gronda est e ovest esistenti - Planimetria e sezioni degli interventi puntuali e dei nuovi manufatti di immissione".

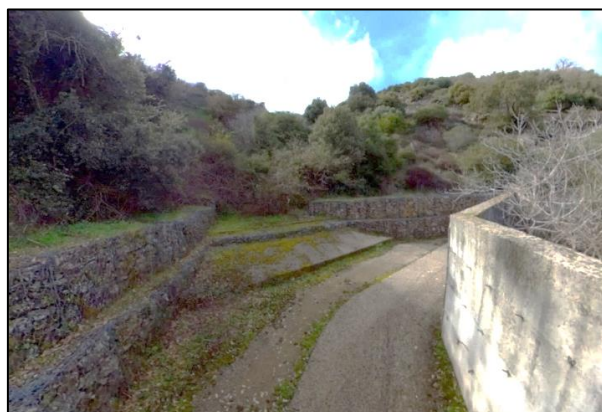


Figura 22 – Ubicazione dei due manufatti di immissione (rettangoli gialli a sinistra), fotografia stato di fatto di un manufatto di immissione (a destra)

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 49 di 88

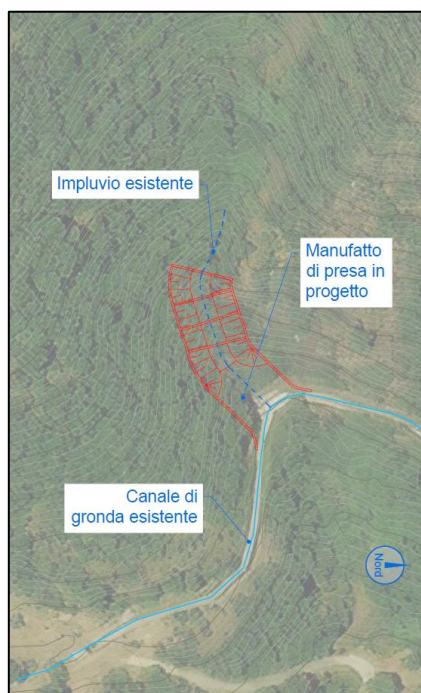


Figura 23 – Inserimento manufatto nell'impluvio esistente

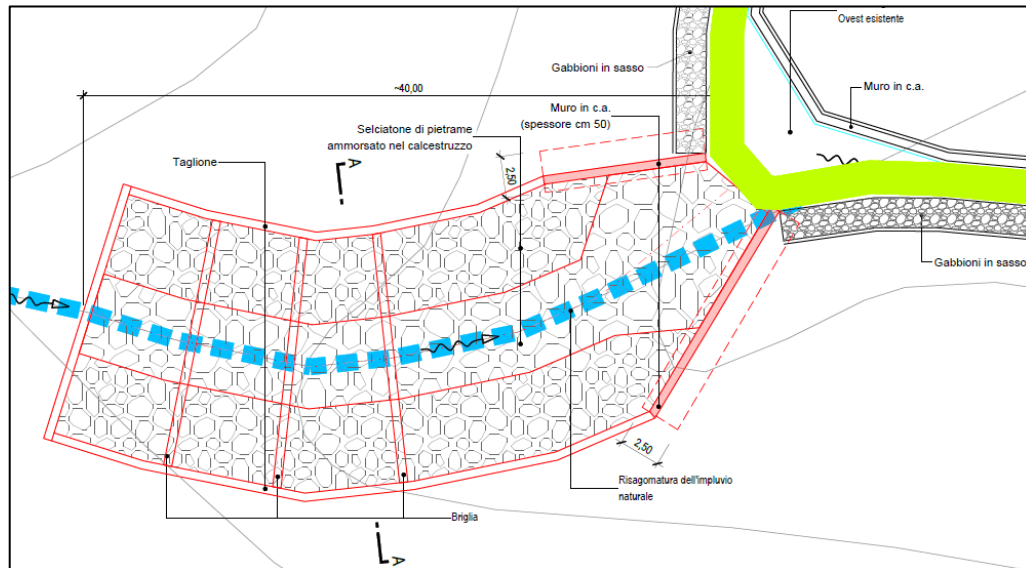


Figura 24 – Tipologica pianta manufatto di immissione

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 50 di 88

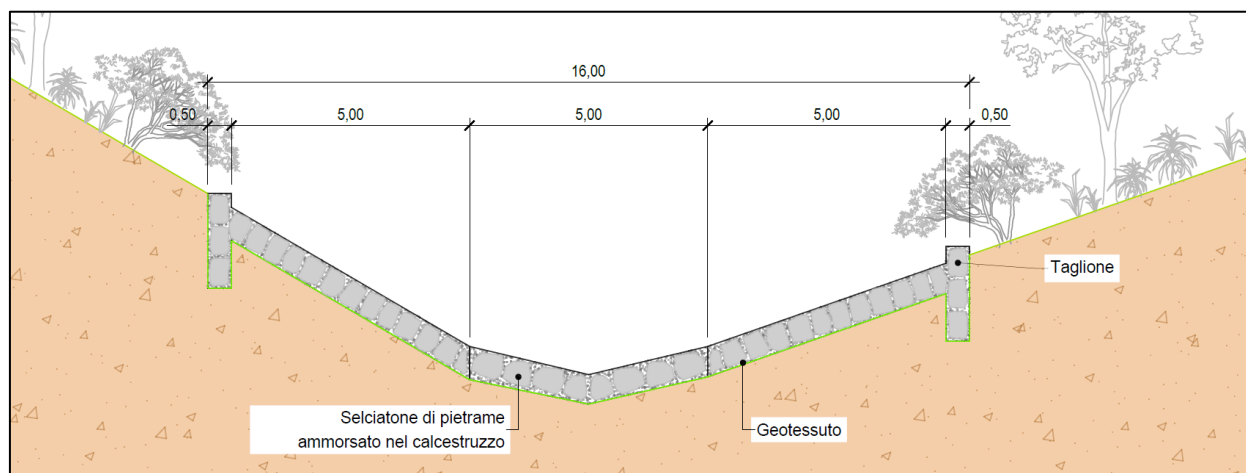


Figura 25 – Tipologico sezione manufatto di immissione

- **interventi puntuali** che comprendono:
 - risagomatura del versante prospiciente i canali est e ovest per portare il coronamento del muro di sponda alla stessa quota del versante e permettere all'acqua di fluire nel canale (**Figura 26**);
 - chiusura del canale di gronda ovest all'imboccatura di monte (**Figura 26**);
 - interventi di manutenzione straordinaria nei canali est e ovest che comprendono la rimozione del materiale depositato nel canale ed il ripristino puntuale di parti ammalorate.



Figura 26 – Canale di gronda ovest con muri di sponda lato versante più alti del versante

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 51 di 88



Figura 27 – Imboccatura di monte canale di gronda ovest (stato di fatto e intervento di progetto)

7.3.2. Intervento 3: drenaggio delle strade canale

Gli interventi riguardano la costruzione di dispositivi di drenaggio al servizio delle strade che si dipartono dalla SP 112. Tali strade funzionano da strade canale durante eventi meteorici intensi a causa della forte pendenza. In tal modo si evita lo sversamento incontrollato delle acque di versante a monte del centro abitato ed i fenomeni erosivi che colpiscono il piede dei versanti (**Figura 29**). Le strade oggetto di intervento sono tratteggiate in verde nella **Figura 28**.

L'intervento comprende la sistemazione della strada per conferire al piano stradale la pendenza uniforme del 2.5% verso uno dei due cigli stradali dove verrà costruito un fosso di guardia con sezione trapezia in pietrame e malta (**Figura 30**). La canaletta di drenaggio verrà immessa nel tratto di canale realizzato a cielo aperto in sostituzione del canale tombato.

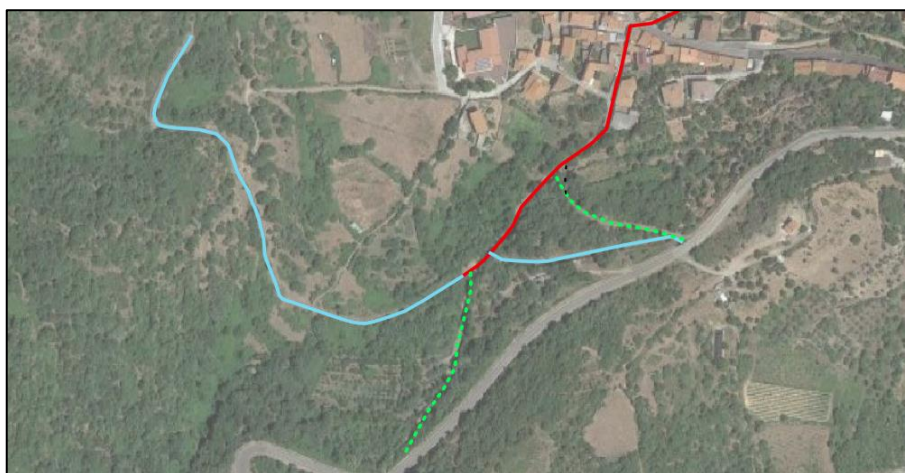


Figura 28 – Localizzazione planimetrica degli interventi in verde tratteggiato

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 52 di 88



Figura 29 – Strade canale con segni di erosione ai piedi del versante

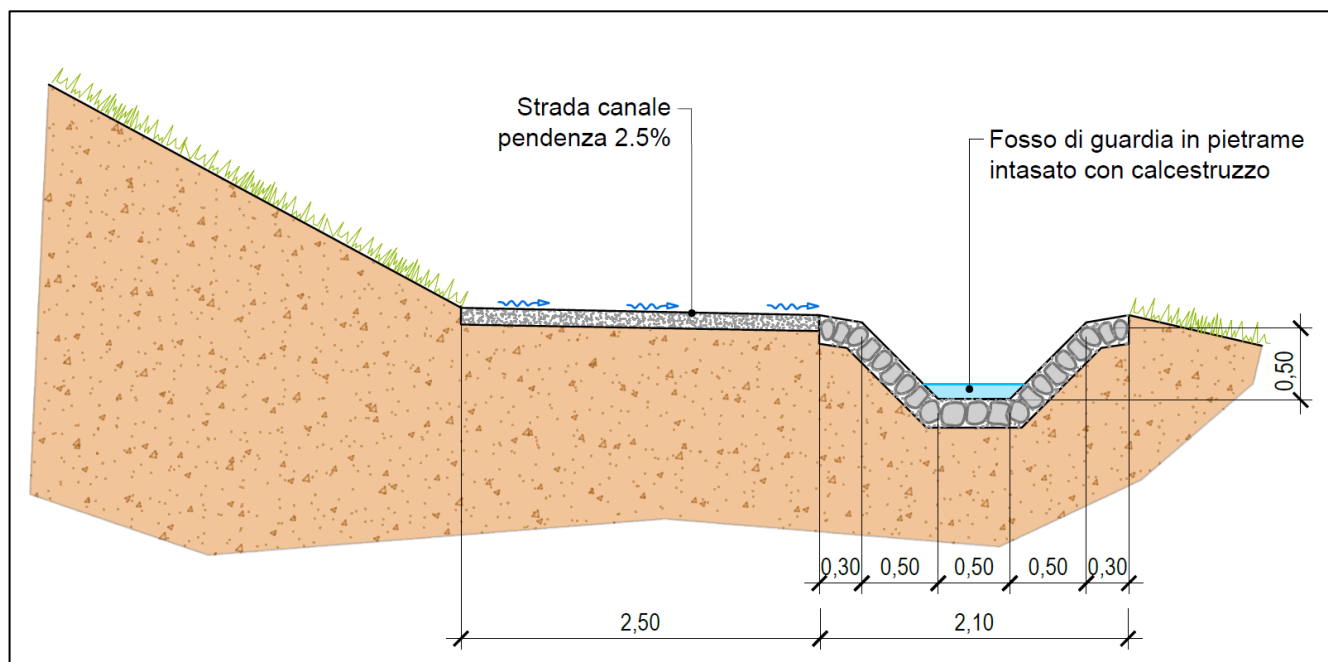


Figura 30 – Tipologico strada canale con sistema di drenaggio

L'intervento proposto è riportato nelle tavole "9.1 Planimetria delle opere in progetto" e "9.3 Intervento 3: drenaggio delle strade canale - planimetria e sezioni tipologiche".

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 53 di 88

7.3.3. Intervento 4: nuovo canale di gronda ai piedi del versante

L'intervento consiste nella costruzione di un nuovo canale di gronda ai piedi del versante in sinistra idrografica del Rio Furzagamanna. Il layout del canale è stato individuato da un lato con l'intento di intercettare le acque di versante al piede dello stesso poco a monte degli edifici, rappresentando in tal modo l'ultimo presidio utile, e dall'altro per poter funzionare a gravità fino al punto di scarico costituito dal manufatto di controllo del trasporto solido. La porzione di versante afferente al canale presenta una configurazione morfologica omogenea in cui le curve di livello si susseguono pressoché parallele determinando un ruscellamento diffuso lungo le linee di massima pendenza che terminano sul primo ordine di case lungo il lato ovest del paese.



Figura 31 – Versante che insiste sul centro abitato

Il canale è stato dimensionato per una portata superiore a quella idrologica stimata per il bacino 2 ($Q_{200} = 0.8 \text{ m}^3/\text{s}$) a favore di sicurezza, per sopperire al potenziale malfunzionamento del canale di gronda Ovest e per permettere l'eventuale infissione di tubazioni drenanti sub-orizzontali. La sezione rettangolare ha le seguenti dimensioni $B = 2 \text{ m}$, $H = 2,5 \text{ m}$ e la pendenza longitudinale $i = 1\%$. Tali dimensioni permettono il deflusso della portata con velocità ammissibile e franco conforme con quanto riportato nel Titolo III Articolo 21 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della regione Sardegna.

Il manufatto sarà costituito da una soletta e una parete di valle in c.a. su una sottofondazione in calcestruzzo magro e rivestite in pietrame, mentre il lato di monte è formato da gabbioni in sasso, con funzione di riduzione delle sovrappressioni a tergo. Il canale di gronda proposto sverserà le acque raccolte nel manufatto di controllo del trasporto solido e dissipazione dell'energia descritto nei successivi paragrafi.

Si prevede l'inserimento nel terreno di tubazioni microfessurate in HDPE $\Phi 20 \text{ mm}$ con struttura a doppia parete e piede d'appoggio corrugato all'esterno e liscio internamente avvolto con calza in telo geotessile in polipropilene di peso 140 gr/m^2 con funzioni di riduzione delle sovrappressioni a tergo della sponda lato versante e di drenaggio delle acque che si infiltrano nel terreno e che non sarebbero intercettate dal canale.

La lunghezza delle tubazioni, l'ubicazione e l'angolo di infissione sono definiti indicativamente (inclinazione = 10° - 15° ; lunghezza media = 40 m ; 1 fila passo 5 m); solo in seguito a specifiche indagini idrogeologiche e all'implementazione di un modello di falda con il codice di calcolo Modflow, da prevedersi in fase di progettazione

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 54 di 88

definitiva, si potranno determinare i valori definitivi. Lo spessore importante della coltre detritica superficiale e la presenza di aree umide e di sorgenti a ridosso del centro abitato portano a supporre che vi sia una circolazione idrica sotterranea che satura il terreno laddove diminuisce la potenza dell'acquifero. Tale evenienza costituisce una condizione predisponente al verificarsi di colate detritiche che potrebbero innescarsi con piogge di intensità elevata su un substrato saturo.

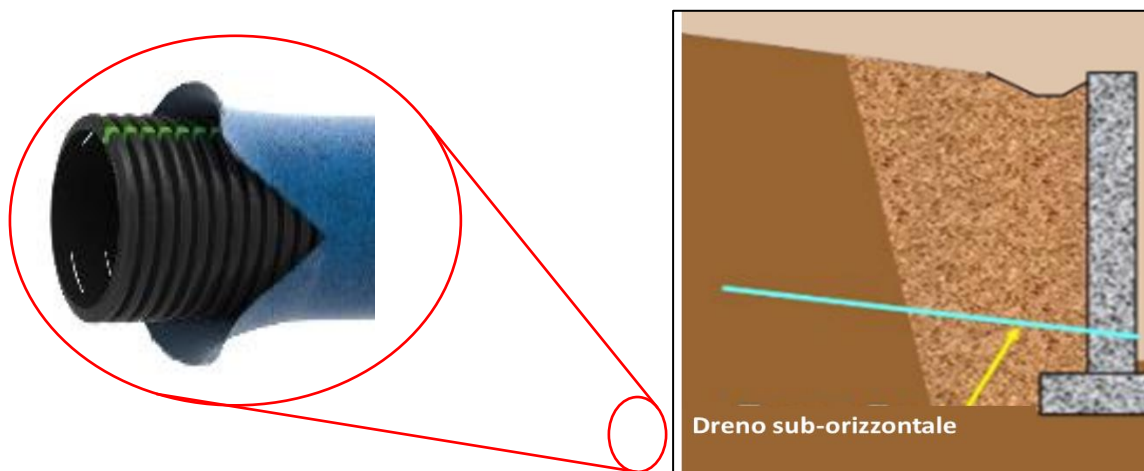


Figura 32 – Tipologico dreno sub-orizzontale

L'intervento proposto è riportato nelle tavole "9.1 Planimetria delle opere in progetto" e "9.4 Intervento 4: nuovo canale di gronda ai piedi del versante - planimetria, profilo e sezioni tipologiche".



Figura 33 – Ubicazione tracciato nuovo canale di gronda (in rosa)

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 55 di 88

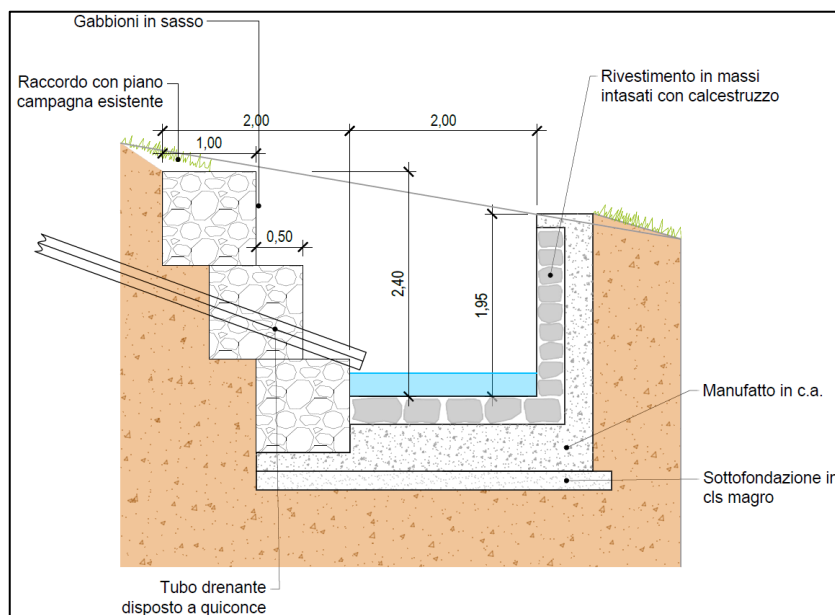


Figura 34 – Sezione tipologica canale di gronda

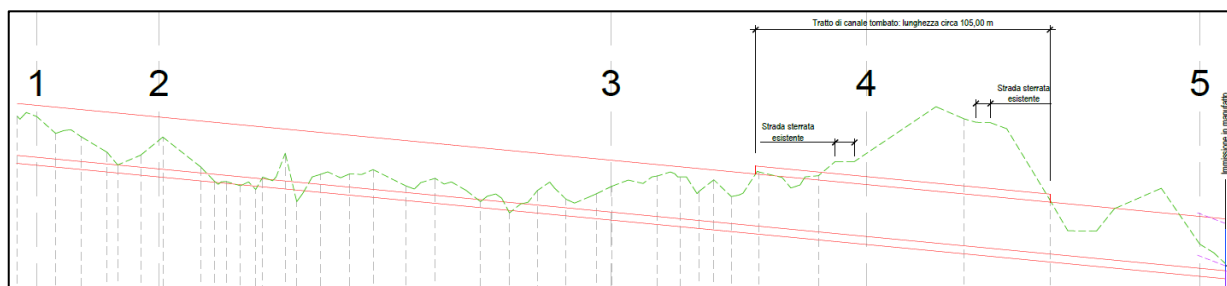


Figura 35 – Profilo longitudinale canale di gronda

7.3.4. Intervento 5: conversione del tratto di monte del canale tombato in un nuovo canale a cielo aperto

L'intervento consiste nella demolizione del primo tratto del canale tombato a monte del paese e nella costruzione di un nuovo canale a cielo aperto della lunghezza di circa 100 m che raccoglie le portate provenienti dai due canali di gronda esistenti e dalle strade canale. Il canale immette la portata nel manufatto di controllo del trasporto solido (intervento 6).

Si propone di adottare una sezione trapezia con base minore $B = 2$ m ed altezza $H = 1,6$ m, la pendenza i è del 4%. Per superare il dislivello e contenere le velocità entro valori ammissibili si prevede l'inserimento di salti. Tali dimensioni permettono il deflusso della portata con velocità ammissibile e franco conforme a quanto riportato nel Titolo III Articolo 21 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della regione Sardegna.

Per le medesime ragioni sopra espresse l'opera sarà realizzata con massi intasati in calcestruzzo per favorire la naturalità dell'intervento. Sul piano d'imposta opportunamente livellato sarà posizionato un geotessuto con

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 56 di 88

funzione di ripartitore dei carichi per ridurre potenziali cedimenti differenziali. Nella **Figura 36** è illustrata la strada sotto la quale scorre il canale tombato che prosegue verso il paese. L'intervento prevede quindi lo scavo della strada e la realizzazione del nuovo canale lungo il ciglio interno della strada.



Figura 36 – Fotografia strada sotto la quale scorre il canale tombato

L'intervento proposto è riportato nelle tavole “9.1 Planimetria delle opere in progetto”, “9.5 Intervento 5: conversione del tratto di monte del canale tombato in un nuovo canale a cielo aperto - planimetria, profilo e sezioni”.



Figura 37 – Ubicazione intervento (in linea puntinata bianca)

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 57 di 88

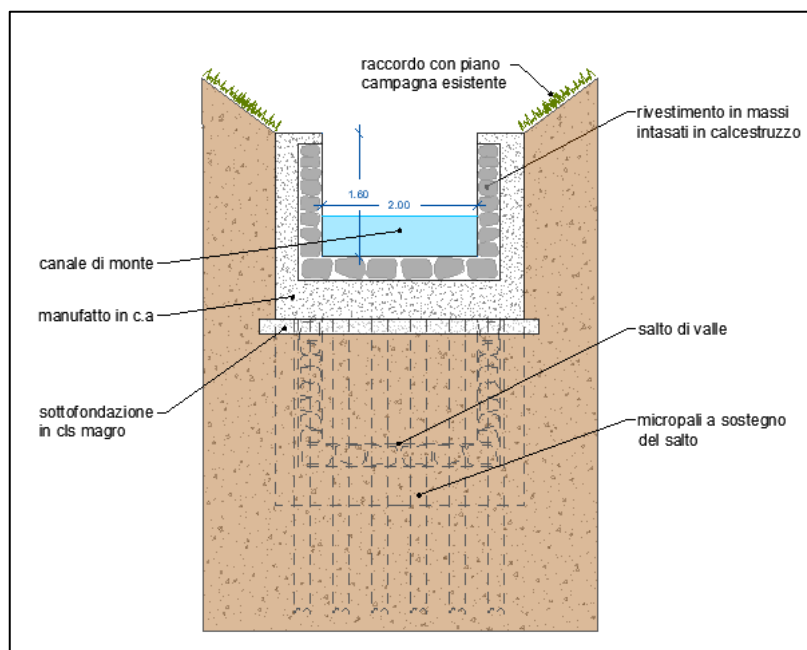


Figura 38 – Sezione tipologica del nuovo canale a cielo aperto

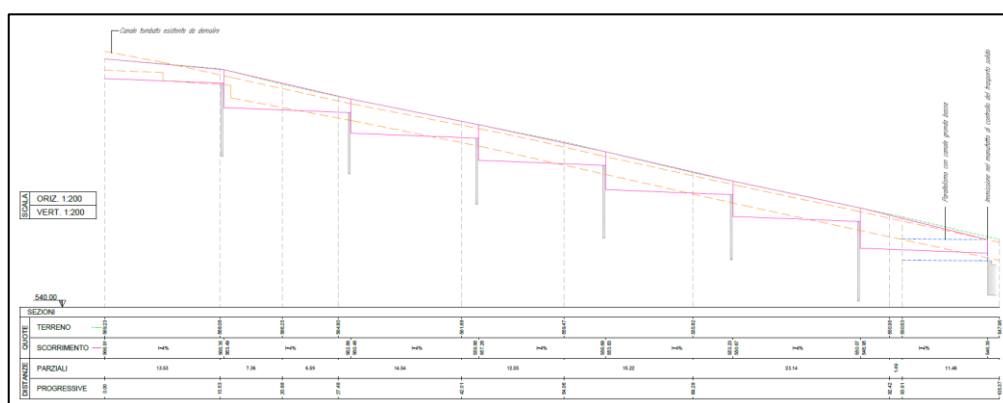


Figura 39 – Profilo longitudinale nuovo canale a cielo aperto con sistemazione a salti

7.3.5. Intervento 6: manufatto per il controllo del trasporto solido e per la dissipazione dell'energia

L'intervento consiste nella realizzazione di un manufatto con la duplice funzione di deposito del materiale solido e vegetale trasportato dalla corrente attraverso le opere descritte in precedenza, segnatamente gli interventi 1, 2, 3, 4 e 5 e di dissipazione dell'energia.

Il manufatto è stato dimensionato per la portata duecentennale, $Q_{200} = 6 \text{ m}^3/\text{s}$, e del volume di trasporto solido potenziale. Quest'ultimo parametro è stato stimato a partire da formulazioni empiriche quali il metodo di Gavrilovic, procedura riportata nel documento "Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) - Metodologie di

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 58 di 88

analisi della regione Sardegna. Il volume di materiale solido eroso dai versanti e veicolato dall'acqua è pari a circa 500 m³ all'anno.

Per l'opera è stata adottata una tipologia messa a punto dagli scriventi progettisti e realizzata lungo circa 40 km di versante in Valtellina per ridurre l'arrivo di materiale solido e talvolta di veri e propri debris flow nel fondovalle antropizzato. Si tratta di un manufatto a tre comparti in cascata ognuno con pianta 10 m x 10 m, divisi tra loro da setti verticali rispettivamente di altezza 2 m e 3 m procedendo da monte verso valle. La modalità di funzionamento consiste nel far depositare il materiale nelle camere confinate dai setti e dai muri laterali del manufatto e di far defluire la portata attraverso tubazioni che attraversano i setti. Nella configurazione a vasche piene la portata scorre sul materiale depositato, che di fatto costituisce il nuovo piano di scorrimento, e lungo il coronamento dei setti. Ipotizzando che l'angolo d'attrito del materiale di deposito sia pari a 10°, le sponde sono state dimensionate in maniera tale che la portata di progetto transiti con il franco di sicurezza previsto dalle Norme Tecniche del P.A.I. Il manufatto è dimensionato per immagazzinare i 500 m³ di trasporto solido stimati. I setti di separazione alloggianno nelle griglie di trattenuta inclinate a 45° verso valle; in questo modo viene facilitata la risalita verso l'alto del materiale galleggiante evitando per quanto possibile che questo, incastrandosi, provochi l'occlusione delle griglie.

L'ultimo comparto verso valle ha la funzione di vasca di calma per far defluire la corrente verso il canale tombato esistente in condizioni di flusso laminare. Lungo la parete dell'ultimo comparto è prevista una soglia sfiorante con profilo Creager-Scimemi di luce 7.5 m e di altezza pari a 3.5 m. Il profilo Creager ha il pregio di evitare il verificarsi di depressioni al di sotto della vena effluente.

L'intervento proposto è riportato nelle tavole "9.1 Planimetria delle opere in progetto" e "9.6 Intervento 6: manufatto per il controllo del trasporto solido e per la dissipazione dell'energia - planimetria e sezioni".

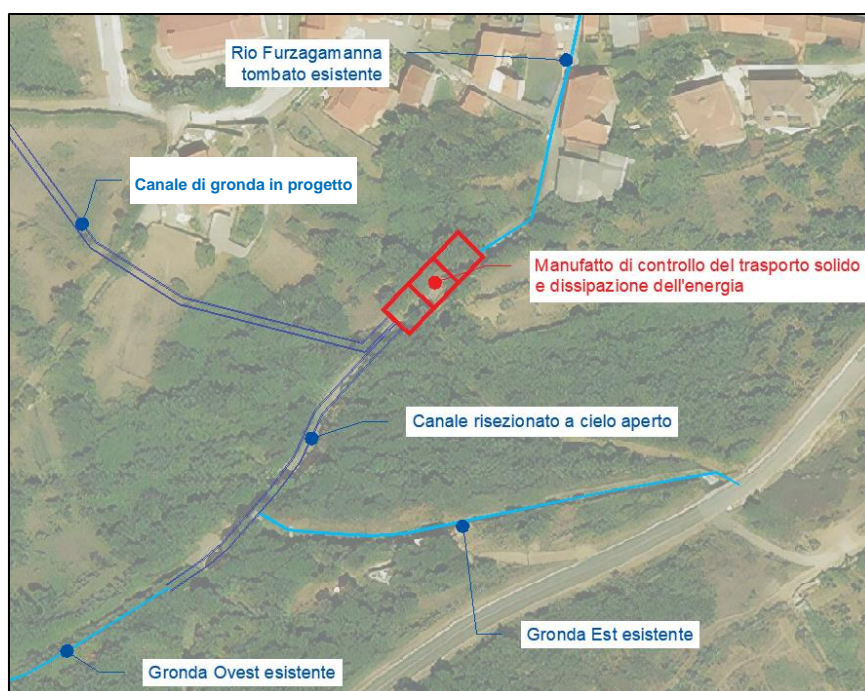


Figura 40 – Ubicazione manufatto

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			6.1	Rev. 0
				Data: Ott. 2023	Pag. 59 di 88

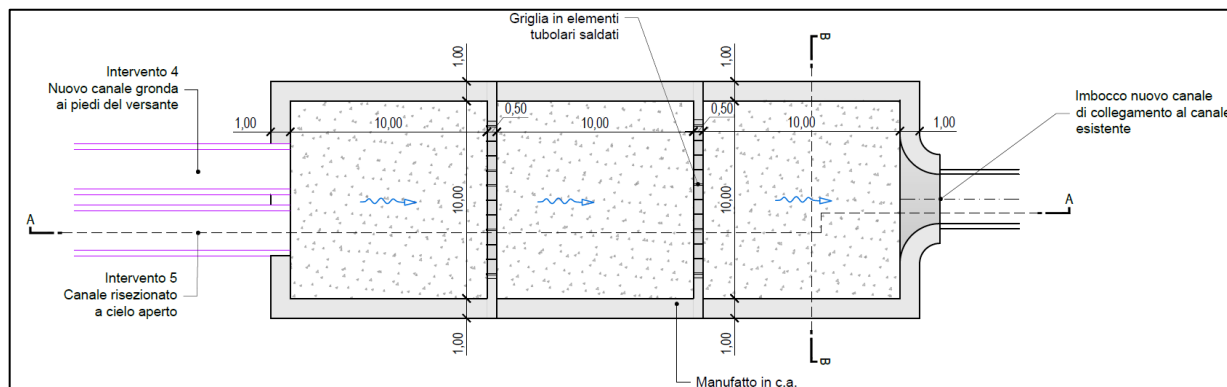


Figura 41 – Pianta manufatto

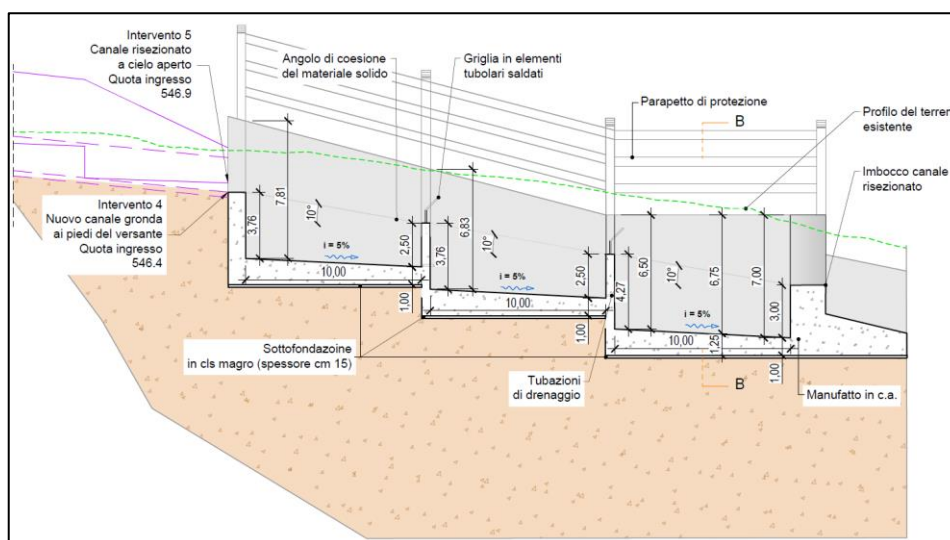


Figura 42 – Sezione A-A

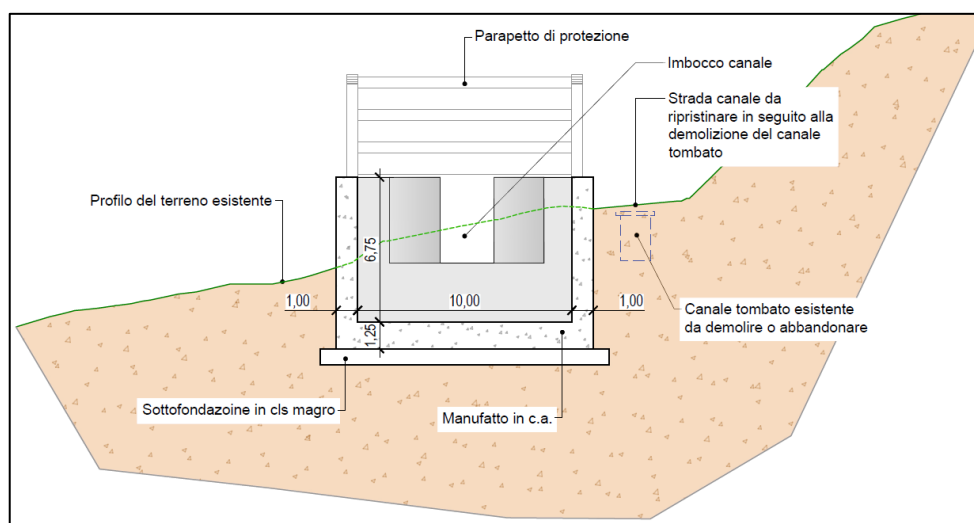


Figura 43 – Sezione B-B

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 60 di 88

7.3.6. Intervento 7: sistemazione del canale tombato

Il canale tombato esistente presenta sui lati interni significativi ammaloramenti, quali fessurazioni del calcestruzzo, imminenti o avvenuti distacchi del copriferro e armature a vista con evidenti segnali di corrosione.



Figura 44 – Esempio di ammaloramenti sui lati interni del canale

Inoltre, da una ricognizione puntuale delle caditoie presenti nel centro urbano, diverse sono risultate ostruite.



Figura 45 – Esempio di caditoie ostruite

Si prevede quindi di intervenire con risanamenti puntuali delle zone ammalorate (illustrati nella “7.1 Relazione strutturale, sismica e geotecnica”) e con un’operazione di pulizia straordinaria dei manufatti di immissione nel canale.

L’intervento proposto è riportato nelle tavole “9.1 Planimetria delle opere in progetto”, “9.7 Intervento 7: sistemazione del canale tombato - planimetria e dettagli tipologici”.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 61 di 88

7.3.7. **Intervento 8: sistemazione a cielo aperto dell'impluvio naturale del Rio Furzagamanna a valle del centro abitato**

L'intervento consiste nel riportare a cielo aperto l'alveo del Rio e ripristinarne la naturale morfologia di alveo confinato tra due versanti. Si propone di adottare una sezione trapezia in selciato costituito da massi intasati con terreno e pendenza delle difese spondali 2/3. Le dimensioni della sezione che permettono il transito della portata duecentennale del bacino 4.1 (pari a 10.15 m³/s) sono in prima approssimazione $B = 2$ m, $H = 2$ m e pendenza del fondo pari al 5%. La pendenza media del terreno lungo il tracciato del canale è di circa il 18%, per superare il dislivello e contenere le velocità entro valori ammissibili si prevede l'inserimento di salti. Tale sistemazione consente di dissipare l'energia della corrente e ridurre le elevate velocità che allo stato attuale si attesta intorno a 8-11 m/s. Ne consegue la realizzazione di circa 30 salti di fondo di altezza media 2 m. Tali dimensioni permettono il deflusso della portata con velocità ammissibile e franco conforme a quanto riportato nel Titolo III Articolo 21 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della regione Sardegna. Sul piano di imposta e lungo le difese, opportunamente livellate, verrà steso un geotessile di peso non inferiore a 300 g/m² con la funzione di ripartire i carichi ed evitare cedimenti differenziali.

L'alveo così riconfigurato potrà divenire parte di un più esteso intervento di riqualificazione ambientale della piccola valle entro cui esso si sviluppa, restituendo alla fruizione pubblica un territorio che oggi ne risulta escluso. Dopo aver rilevato in dettaglio il corso d'acqua potranno essere valutati interventi di diversificazione dei diversi tratti del corso d'acqua per esempio allargamenti e lievi rampe per variare le condizioni idrodinamiche della corrente localmente e favorire lo sviluppo di una nuova biocenosi che ha subito negli anni le conseguenze degli interventi di tombamento e la presenza dei reflui civili provenienti dal paese e scaricati impropriamente nel canale tombato che attraversa l'area urbanizzata. L'alveo verrà così sistemato fino alla confluenza nel Rio Tialei.

L'intervento proposto è riportato nelle tavole "9.1 Planimetria delle opere in progetto", "9.8 Interventi 8 e 9: sistemazione a cielo aperto dell'impluvio naturale del rio Furzagamanna a valle del centro abitato + manufatto di sfioro e condotta di derivazione verso il depuratore - planimetria, profilo e sezioni tipologiche".



Figura 46 – Stato di fatto canale tombato a valle

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 62 di 88

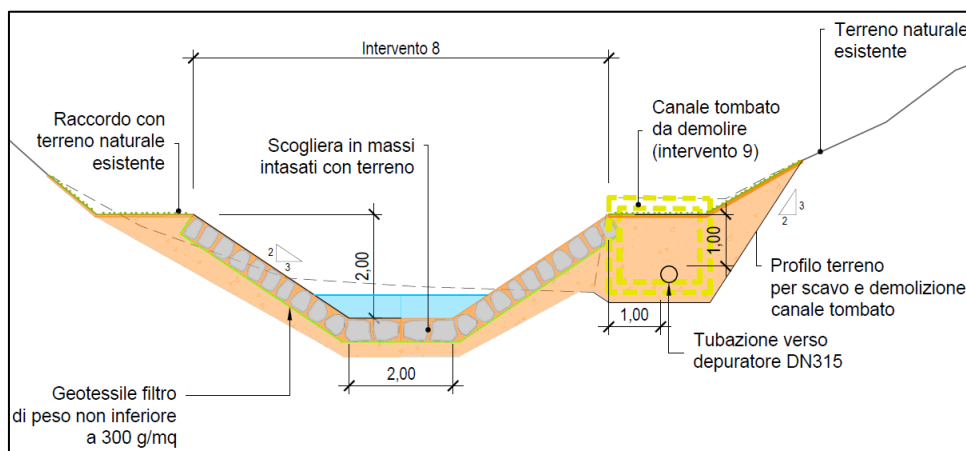


Figura 47 – Tipologico sezione d'alveo

7.3.8. Intervento 9: manufatto di sfioro e condotta di derivazione verso il depuratore

Il comune di Illorai è dotato di una fognatura di tipo misto, ovvero gli scarichi delle acque reflue e delle acque meteoriche di dilavamento sono raccolte in un'unica condotta. A valle del centro abitato si prevede perciò un nuovo manufatto di separazione delle acque nere (sfioratore), come in figura seguente.

Viene inoltre demolito il canale coperto a valle del centro abitato e si realizza una nuova tubazione per il deflusso delle acque nere.

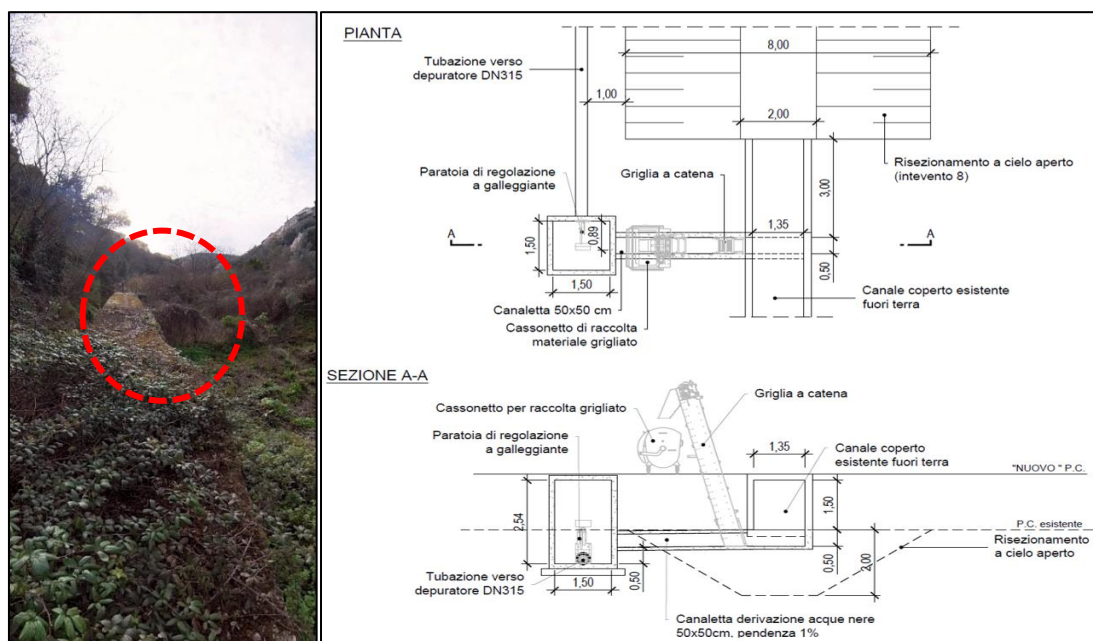


Figura 48 – Canale coperto a valle del centro abitato (sx) e dettagli del manufatto di sfioro (dx)

L'intervento proposto è riportato nelle tavole "9.1 Planimetria delle opere in progetto", "9.8 Interventi 8 e 9: sistemazione a cielo aperto dell'impianto naturale del rio Furzagamanna a valle del centro abitato + manufatto di sfioro e condotta di derivazione verso il depuratore - planimetria, profilo e sezioni tipologiche".

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 63 di 88

7.3.9. Intervento 10: adeguamento dell'attraversamento idraulico esistente sulla SP40

In considerazione degli interventi precedentemente ipotizzati sarà necessario adeguare l'attraversamento idraulico esistente sulla strada provinciale SP 40. Il nuovo attraversamento idraulico avrà una sezione tale da garantire il franco idraulico prescritto dalla normativa regionale (Norme tecniche di attuazione del P.A.I.) e nazionale (Punto 5.1.2.3 N.T.A. delle N.T.C. 2018).

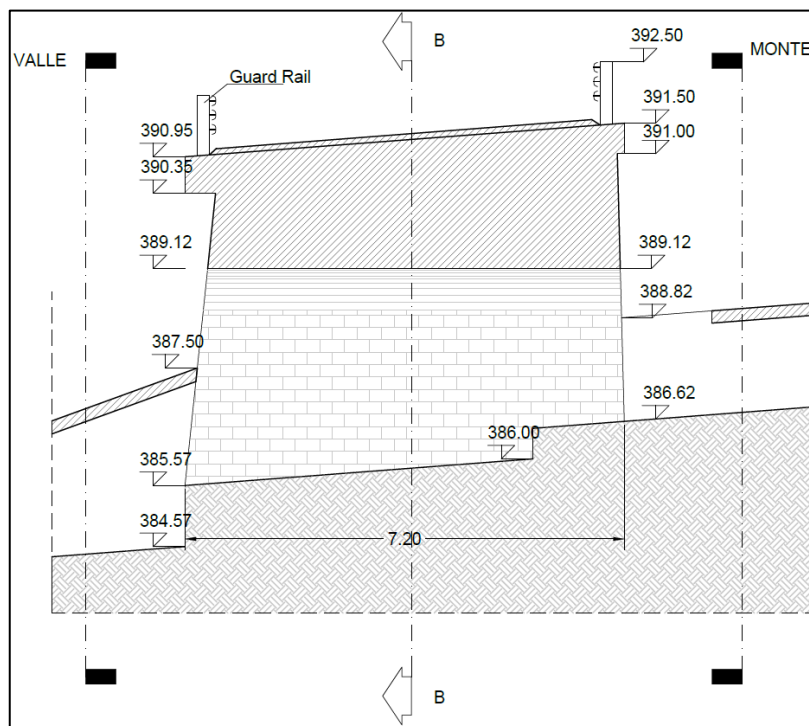


Figura 49 – Attraversamento idraulico SP 40 allo stato di fatto

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 64 di 88

8. Inquadramento ambientale

8.1. Suolo e sottosuolo

Per una trattazione esaustiva dell'argomento si rimanda alla *“Relazione strutturale, sismica e geotecnica”* redatta dal dott. Geol. M. Pompei e allegata alla documentazione relativa al progetto *“Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale Musuri (PFTE)”*.

8.1.1. Geologia

L'inquadramento geologico presente riguarda un'area maggiore rispetto a quella in esame, in modo da avere un quadro più completo della geologia del territorio circostante.

L'area fa parte di un alto strutturale di rocce metamorfiche che è delimitato verso ovest dalla fossa tettonica terziaria sede di vulcanismo calcoalcalino (Rift Sardo) e a sud dalla piana del Tirso, a nord dalla fossa di Chilivani che la separa dalle metamorfite di alto grado dell'Anglona e ad est dalle intrusioni granodioritiche e tonalitiche di Burgos.

Tutta l'area, insieme alle coperture vulcaniche cenozoiche, ha subito un tilling verso ovest in età miocenica. Nel centro urbano di Illorai e nelle zone limitrofe affiora l'Unità di Ozieri. Questa unità è collocata nell'area più interna dell'arco vulcanico sviluppatosi nell'Ordoviciano medio (Carmignani et alii, 92, Di Pisa et alii, 92).

Le litologie presenti nell'area sono costituite da Porfiroidi “stricto sensu”, che sono metavulcaniti acide a composizione da riolitico a riodacitica e a tessitura occhiadina dell'Ordoviciano medio, da filladi arenacee nere grafitose del Siluriano, da marmi e metacalcari del Siluriano e dai depositi del Quaternario costituiti da una coltre detritica e dalle alluvionali recenti (b).

- La coltre detritica (a1) ricopre le rocce paleozoiche in gran parte del centro abitato e può raggiungere i 40 metri di spessore. È costituita da ciottoli di dimensioni variabili da pochi cm a diversi dm di diametro, immersi in una matrice sabbiosa ± argillosa.
- Le rocce metamorfiche sono polideformate secondo pieghe isoclinali con asse orientato EW o NW-SE e una netta scistosità penetrativa immergente verso i quadranti settentrionali con inclinazione variabile, ma per lo più > 50° come deducibile dalla geometria dei contatti cartografici tra le diverse unità. In particolare, parte del settore sud dell'abitato poggerebbe sulle metavulcaniti (PRF - “Porfiroidi” Auct.) e la restante parte nord sulle metamorfite scistose (SGA - “Scisti neri a graptoliti” Auct.); solo la fascia più settentrionale del paese avrebbe come substrato i metacalcari e marmi talora silicizzati del silurodevonico (SGAa).

Nella pagina seguente si riporta un estratto della carta geologica e della carta geolitologica relativa al comune di Illorai (**Figura 50** e **Figura 51**).

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 65 di 88

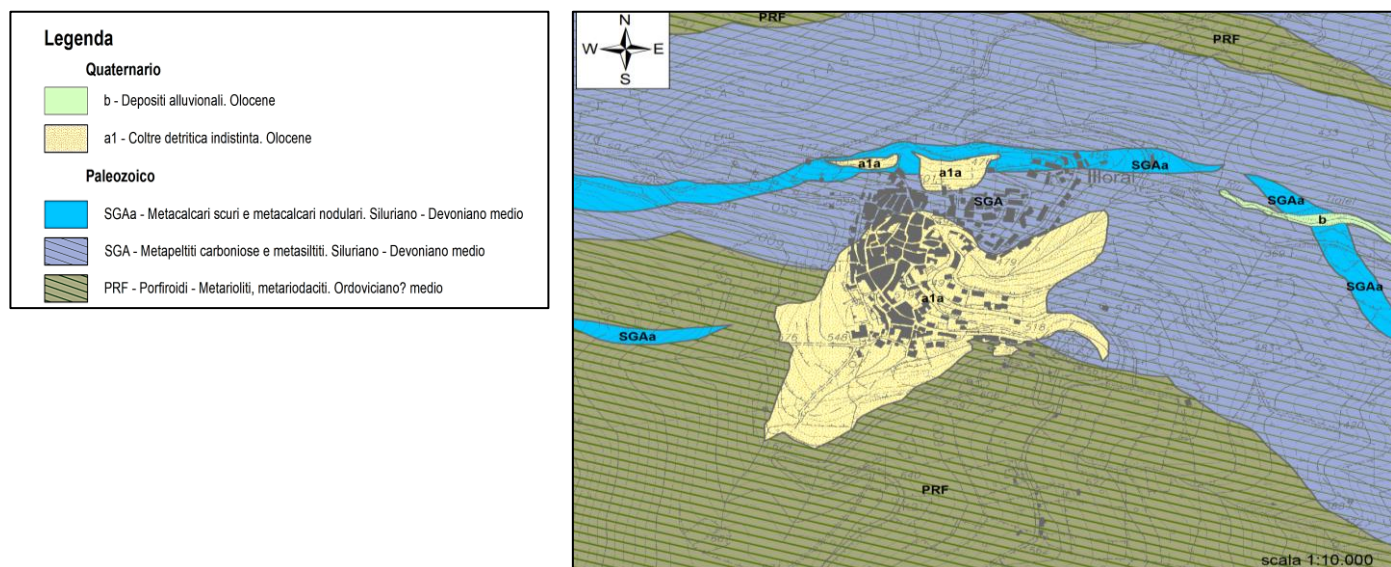


Figura 50 – Carta geologica dell'area vasta in esame

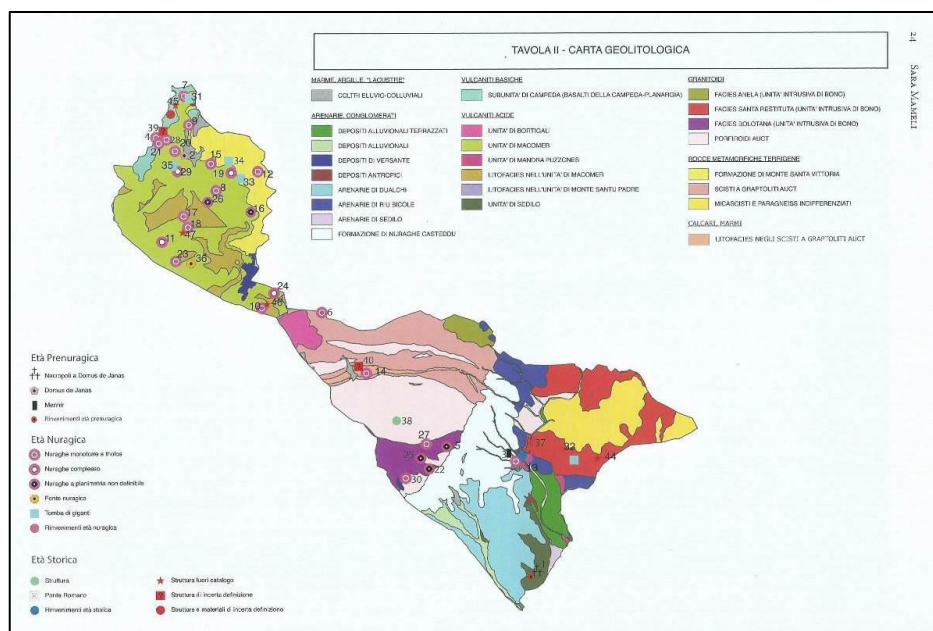


Figura 51 – Carta geolitologica del comune di Illorai

8.1.1. Geomorfologia

Il settore in studio ricade in un ambito prevalentemente montuoso all'interno del sistema di rilievi del Goceano, la cui ossatura è costituita da litologie paleozoiche polideformate. Intorno all'abitato di Illorai le quote medie si aggirano intorno ai 600 m s.l.m. e presentano dei massimi in corrispondenza di P.ta de S'Aspidarzu (978 m s.l.m.) a NW e P.ta Messer Paulu (876 m s.l.m.) a SW, mentre verso est i rilievi si raccordano progressivamente con la valle del Fiume Tirso posta a una quota di circa 200 m s.l.m..

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 66 di 88

Il centro abitato è posto prevalentemente sul versante orientale del rilievo di P.ta Messer Paulu, nella zona di raccordo con la valle del sistema fluviale Riu sa Ena, Riu Tialei (Riu Cannarzos nella cartografia regionale) affluenti in destra idraulica del Fiume Tirso. Il paese è tagliato nella sua parte orientale dal Riu Furzagamanna il cui corso è stato tombinato in tempi storico-recenti nel tratto passante al di sotto del centro abitato.

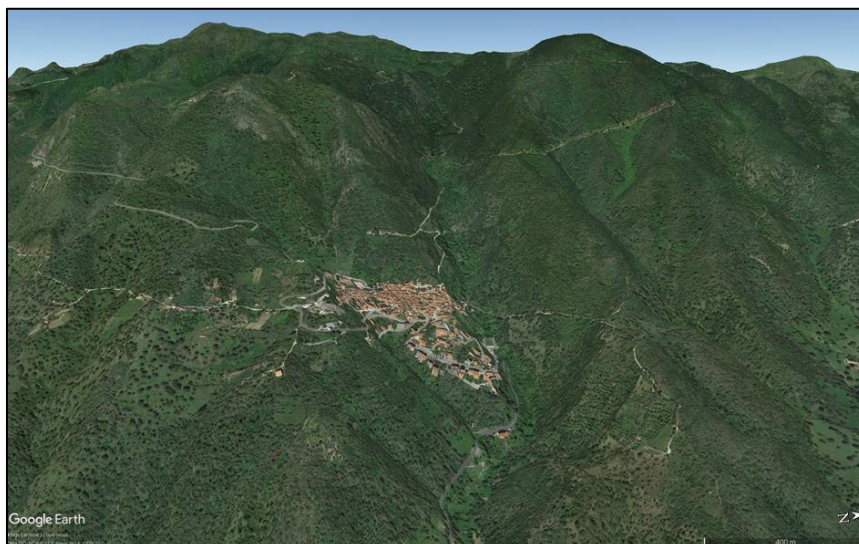


Figura 52 – Contesto morfologico da immagine satellitare con esagerazione verticale 2x (fonte: Google Earth)

Sebbene le pendenze medie all'interno del paese non siano elevatissime, generalmente comprese tra il 25 e il 10%, sul versante in destra idraulica del Riu Furzagamanna e sul versante a monte superano sovente il 50% (**Figura 53**).

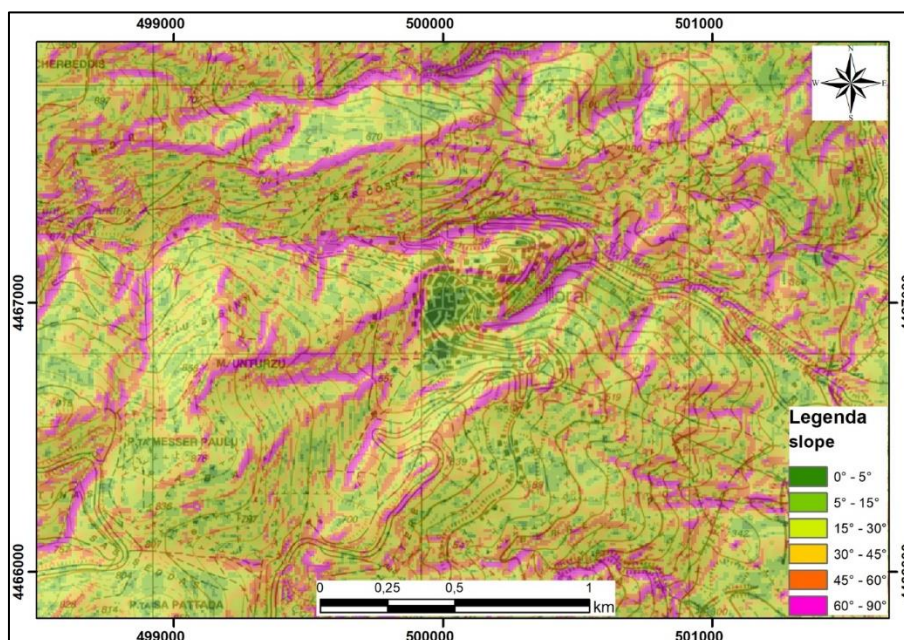


Figura 53 – Carta delle acclività (fonte: Geoportale della Regione Sardegna) - Assetto idrografico

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 67 di 88

La notevole pendenza media del settore è uno dei principali elementi che concorrono alla presenza di vaste aree ad instabilità potenziale elevata. In aggiunta a ciò, la diffusa copertura detritica di versante, poggiata su un substrato roccioso localmente molto inclinato, favorisce l'attivazione di fenomeni di franosità corticale lungo le pendici del versante.

Nei settori esterni all'abitato, in condizioni di parziale regimazione delle acque meteoriche o di seminaturalità, la situazione di instabilità potenziale dei versanti è talora amplificata anche dall'azione morfodinamica dovuta al ruscellamento, sia diffuso sia incanalato entro il locale reticolo drenante secondario.

Il reticolo idrografico superficiale è di tipo dendritico, con basso grado gerarchico, con rami di ordine non superiore al secondo. A valle del centro abitato il principale corso d'acqua è rappresentato dal sistema torrentizio di Riu sa Ena e Riu Tialei (Riu Cannarzos nella cartografia regionale) affluenti in destra idraulica del Fiume Tirso. Il paese è tagliato nella sua parte orientale dal Riu Furzagamanna il cui corso, tombato in tempi storico-recenti, scorre al di sotto del centro abitato (**Figura 54**). Oltre a questi corsi d'acqua, in occasione di eventi piovosi intensi si produce un diffuso ruscellamento su versante oppure concentrato lungo i compluvi minori.

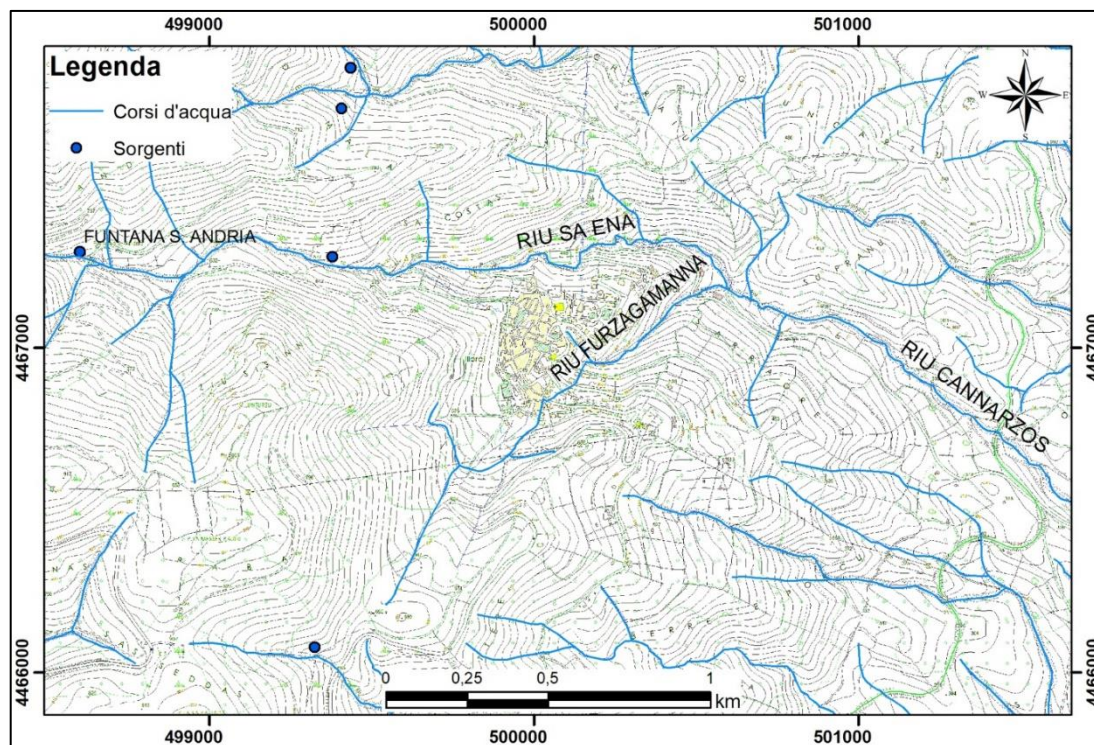


Figura 54 – Reticolo idrografico dell'area di studio su stralcio IGMI

Nel complesso, l'abitato di Illorai costituisce un elemento di disturbo nell'equilibrio della dinamica idraulica instauratasi prima dell'edificazione in quanto capace di interferire in modo significativo con il deflusso delle acque superficiali: ciò ha pertanto richiesto, nel tempo, una serie di interventi di canalizzazione di tali acque, volti alla regimazione controllata dei corpi idrici superficiali a salvaguardia degli abitanti e delle loro attività.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 68 di 88

8.1.2. Inquadramento geotecnico

La campagna di indagini geognostiche e geotecniche, finalizzata a ricostruire il modello geologico e geotecnico del settore interessato dalle opere in progetto, è stata articolata come segue:

- esecuzione di n. 6 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo (• 101 mm), spinti a profondità massima di 65,00 m dal p.c.;
- esecuzione di n. 3 prove penetrometriche SPT (Standard Penetration Test);
- esecuzione di n. 3 prove di permeabilità in foro Lefranc;
- installazione di n. 2 piezometri (S4 piezometro a tubo aperto e S2 piezometro di Casagrande).

Al fine di arricchire la base informativa del presente lavoro sono stati rielaborati criticamente i dati provenienti dai sondaggi eseguiti a supporto di uno studio del 1997 svoltosi in più fasi.

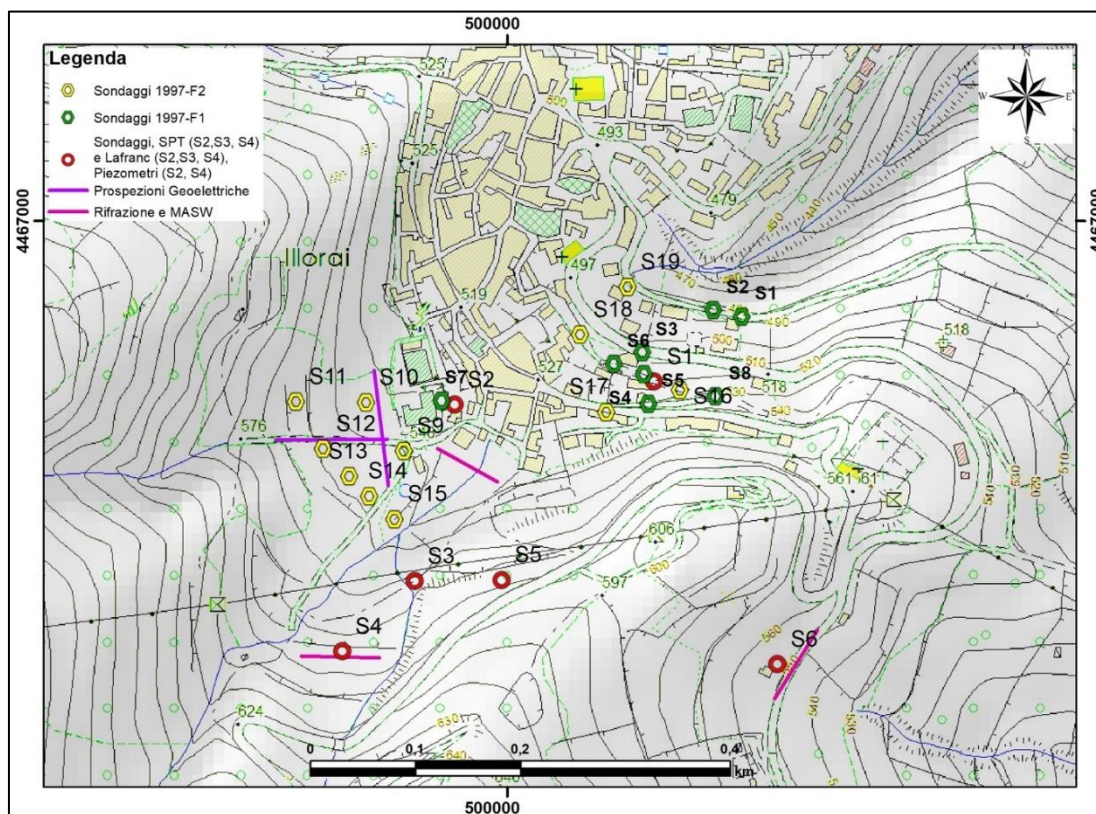


Figura 55 – Ubicazione delle indagini svolte e dei sondaggi del 1997

Sulla base dei sondaggi effettuati, l'assetto litostratigrafico del territorio nel quale si prevede la realizzazione degli interventi di mitigazione del pericolo idraulico in progetto, vede la predominanza di terreni granulari sostanzialmente incoerenti, riconducibili a processi gravitativi legati al progressivo arretramento del versante, avvenuti nel corso dell'Olocene e del Pleistocene superiore. Questi sedimenti, di spessore da metrico a pluridecametrico, ricoprono un basamento litoide, costituito da metamorfiti di origine vulcanica (Porfiroidi) e sedimentaria (Scisti a Graptoliti) talora interessato da filoni di litologie granitoidi.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 69 di 88

Il settore analizzato è caratterizzato dalla diffusa presenza di condizioni di pericolosità elevata da frana, Hg3, conseguenza delle pendenze che caratterizzano i versanti che circondano l'abitato di Illorai e dalla presenza di una coltre detritica sede di circolazione idrica. Nonostante gli interventi in progetto siano volti essenzialmente alla mitigazione del rischio idraulico, le opere previste hanno come conseguenza anche la stabilizzazione del pendio sia perché limitano l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo in occasione di eventi piovosi eccezionali sia perché, ove previste fondazioni con micropali, limitano lo scorrimento della coltre detritica verso valle. In considerazione delle condizioni di pericolosità da frana elevata, dovrà essere prestata massima cura in fase di esecuzione degli interventi previsti in progetto nell'adottare tutti gli accorgimenti volti alla salvaguarda delle maestranze e dei mezzi coinvolti.

Gli interventi previsti, oltre a mitigare il pericolo da frana hanno quindi anche il ruolo di mitigare la pericolosità idraulica, attualmente molto elevata (Hi4) attorno alle fasce fluviali, convogliando le acque di scorrimento superficiale entro tratti regimati e facilitando l'incanalamento delle acque di ruscellamento che discendono dai versanti all'interno delle gronde. La realizzazione di un manufatto di dissipazione dell'energia dei flussi idrici e di controllo del trasporto solido, abbinato al progetto di riqualificazione del canale principale, attualmente tombato, che sarà riportato a cielo aperto, avrà inoltre il compito di migliorare le caratteristiche idrauliche e la capacità di deflusso a monte del centro abitato. A valle del paese, allo stesso modo, il rifacimento del canale a cielo aperto del Rio Furzagammanna favorirà il deflusso delle acque superficiali mitigando il pericolo di esondazione.

Le informazioni acquisite indicano la presenza di una falda che si estende sia all'interno del detrito di versante sia nel substrato litoide fratturato a profondità variabili generalmente tra circa 10 m e 25 m dal p.c. Lungo il versante W e SW del rilievo alle cui pendici si sviluppa l'abitato di Illorai la falda freatica si sviluppa in condizioni più superficiali, tendenzialmente tra 2 e 8 m di profondità all'interno della coltre detritica. La presenza di una falda superficiale nel settore potrebbe interferire sia con i canali di gronda esistenti sia con il manufatto di dissipazione dell'energia e di controllo del trasporto solido previsto in progetto. In considerazione delle quote in progetto non sussistono in ogni caso i presupposti affinché l'opera possa influenzare in qualche modo le caratteristiche qualitative o idrodinamiche delle acque sotterranee.

Sotto il profilo geotecnico, i terreni che caratterizzano il sedime di intervento sono contraddistinti da proprietà geomeccaniche discrete/buone in relazione alla tipologia di opere in progetto ed i previsti carichi di esercizio, fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri diretti attraverso una campagna di indagini geognostiche all'uopo eseguita, che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase di progettazione esecutiva.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 70 di 88

8.2. Atmosfera

8.2.1. Clima

L'area oggetto dello studio è caratterizzata da un Clima Temperato Caldo (c.f.a.). L'estate è generalmente calda e arida mentre l'inverno è particolarmente piovoso. La temperatura media annuale nel comune di Illorai è pari a 13.7 °C. Il territorio comunale in esame è classificato ai sensi del D.P.R. n. 412 del 26 agosto 1993, tabella A e s.m.i., come zona climatica D.

Qui di seguito viene riportato il riepilogo delle precipitazioni medie mensili ed annuali in mm relative al periodo 1922÷1992 per la stazione pluviometrica di Illorai. Seguono le immagini relative alla Sardegna per i valori medi annuali relativi a precipitazioni, temperature media e minime e umidità relativa per il periodo 1922÷1992.

Gen. [mm]	Feb. [mm]	Mar. [mm]	Apr. [mm]	Mag. [mm]	Giu. [mm]	Lug. [mm]	Ago. [mm]	Set. [mm]	Ott. [mm]	Nov. [mm]	Dic. [mm]	Media annua [mm]
105,3	105,3	93,2	79,7	62,5	28,7	9,4	16,4	48,0	95,5	118,1	134,4	896,6

Tabella 7 – Quadro riepilogativo pluviometrie nel periodo 1922÷1992

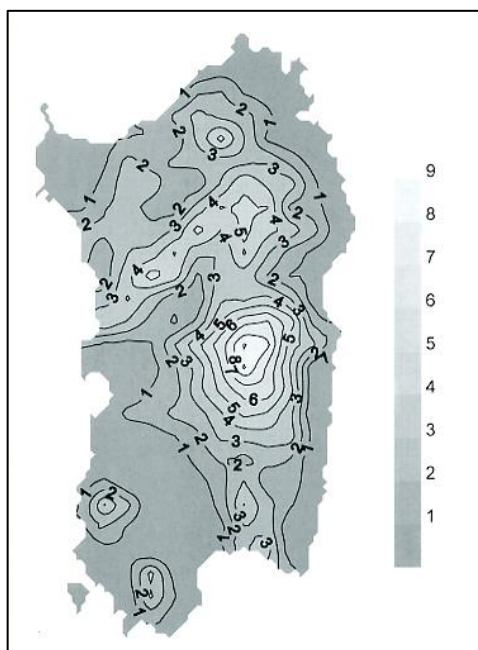


Figura 56 – Neve sul terreno

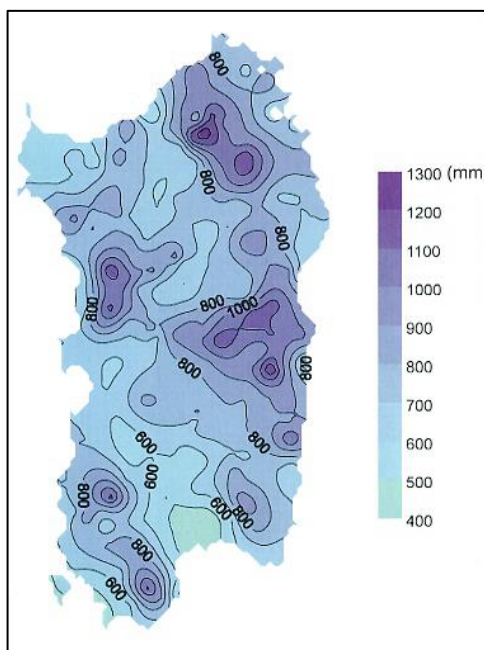


Figura 57 – Precipitazioni medie annue

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 71 di 88

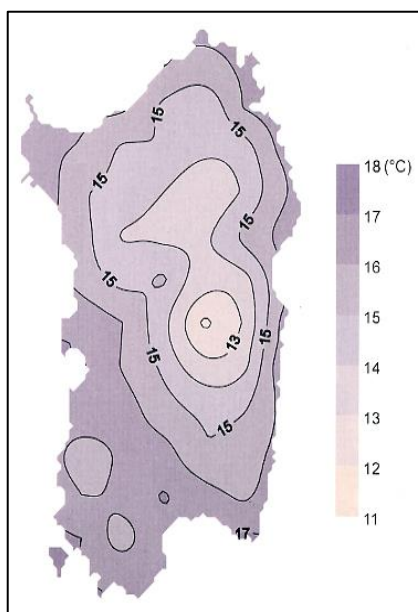


Figura 58 – Temperature media

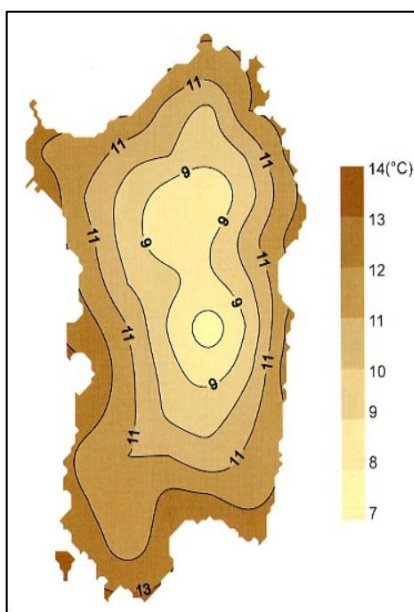


Figura 59 – Temperatura minima

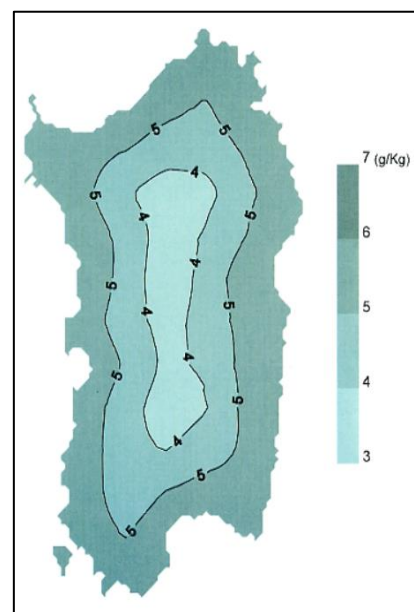


Figura 60 – Umidità relativa media

8.3. Idrosfera

L'assetto idrogeologico locale, piuttosto semplice, vede un basamento roccioso paleozoico di spessore pluriottometrico a permeabilità secondaria per fratturazione e la sua copertura detritica quaternaria a porosità essenzialmente primaria. Solo in corrispondenza di volumi di roccia intensamente fratturati (es: faglie o altre zone di contatto tettonico), nel basamento metamorfico ± scistoso [PRF e SGA] potrebbe instaurarsi una circolazione idrica profonda in grado di alimentare le modeste sorgenti presenti al contorno dell'abitato. In corrispondenza della *litofacies* carbonatica all'interno della Formazione degli Scisti a Graptoliti [SGAa], sebbene quest'ultima si presenti spesso silicizzata e con una importante componente terrigena al suo interno, si potrebbe invece sviluppare una circolazione idrica anche degna di nota, per carsismo e fratturazione.

La coltre detritica di versante su cui sorge il centro abitato, seppure di spessore variabile, in conseguenza della sua permeabilità medio alta per porosità è in grado di ospitare un acquifero degno di nota, in particolare laddove la sua potenza risulta pluridecimetrica. L'eventuale saturazione di spessori rilevanti del sottosuolo detritico, nel caso in cui la superficie d'appoggio sul basamento roccioso metamorfico dovesse risultare molto inclinata, potrebbe altresì favorire fenomeni di instabilità gravitativa di varia entità e di conseguente pericolosità per frana.

Alle unità litologiche distinte possono essere attribuite le seguenti classi di permeabilità (**Figura 61**):

- **AP** → **Alta per porosità;**
- **MAP** → **Medio alta per porosità;**
- **MBP** → **Medio bassa per porosità;**
- **BF** → **Bassa per fratturazione;**
- **MACF** → **Medio bassa per fratturazione.**

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 72 di 88

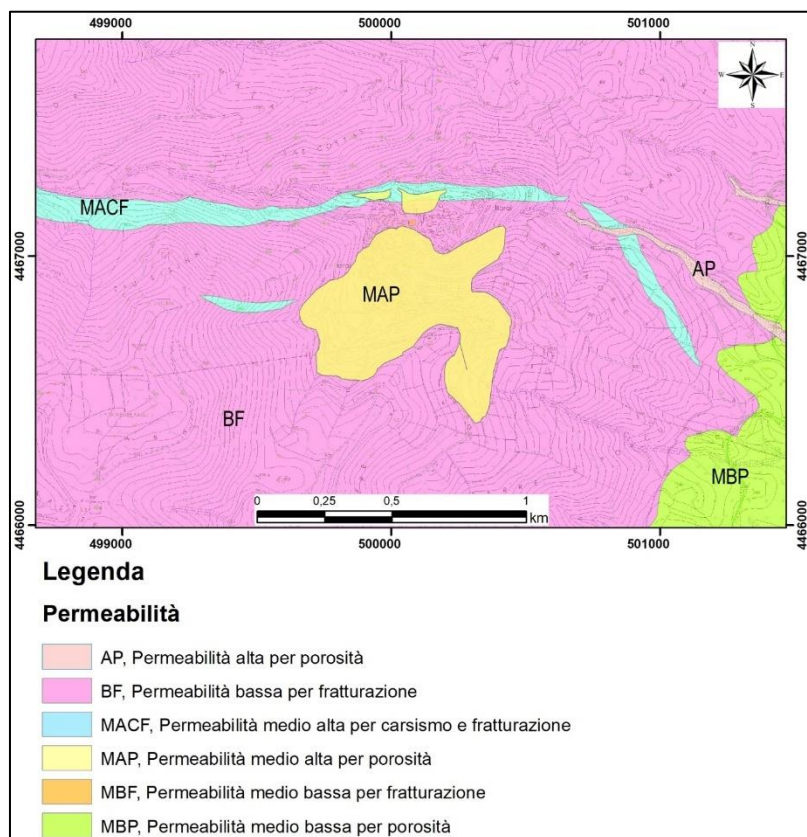


Figura 61 – Carta delle permeabilità estratta dal Geoportale delle Sardegna e modificata, su stralcio della CTR

Di seguito si riporta una descrizione della idrografia presente nell'area di progetto, ma per una trattazione più dettagliata ed esaustiva si rimanda agli altri elaborati progettuali presenti quali la “Relazione idrologica” e “Relazione idraulica”.

8.3.1. Inquadramento idrografico

L'area urbanizzata del comune di Illorai si è sviluppata lungo i versanti e la valle del Rio Furzagamanna e sul versante destro del Rio Tialei. Sono questi due corsi d'acqua la causa principale dei fenomeni alluvionali che gravano sull'abitato. Entrambi i rii sono affluenti in sinistra del Fiume Tirso, così come il Rio Nicola Planu.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 73 di 88

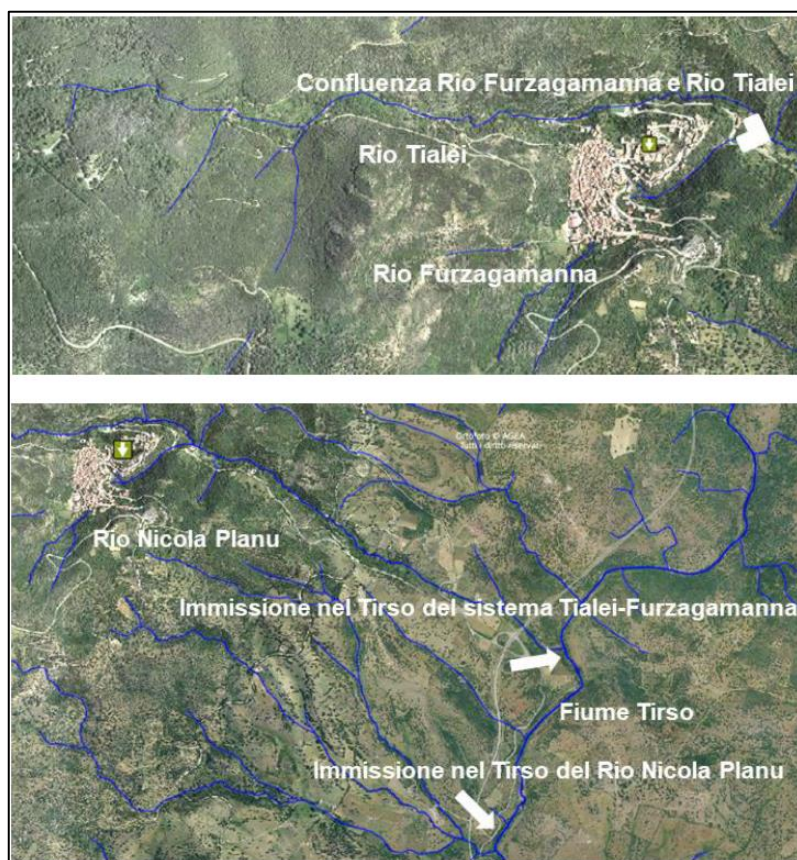


Figura 62 – Reticolo idrografico

Lungo i corsi d'acqua sono presenti manufatti di attraversamento di varia tipologia ed interventi idraulici quali il tombamento del Rio Furzagamanna nel suo passaggio attraverso il tessuto urbano e due canali di gronda, gronda ovest e gronda est, a monte del centro abitato con funzione di raccolta delle acque meteoriche che ruscellano lungo i versanti e recapito nel tratto tombato del Rio Furzagamanna (**Figura 62**).

8.3.2. Rio Furzagamanna

Il Rio Furzagamanna scorre in direzione SO-NE per uno sviluppo complessivo di circa 2 km. In corrispondenza del centro abitato il rio è stato tombato e forzato a defluire in una canalizzazione a sezione scatolare in calcestruzzo, che attraversa il tessuto edificato con uno sviluppo di circa 240 m. Con il passare del tempo e con lo sviluppo urbano il canale è stato progressivamente adattato alle esigenze antropiche. Nella sua configurazione odierna il corso d'acqua scorre in parte completamente tombato sotto le strade del paese, in parte parzialmente fuori terra ma coperto da un manufatto in calcestruzzo e in parte sotto gli edifici. Il canale tombato riceve anche i contributi meteorici raccolti dalle griglie posate sulla viabilità del paese.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 74 di 88

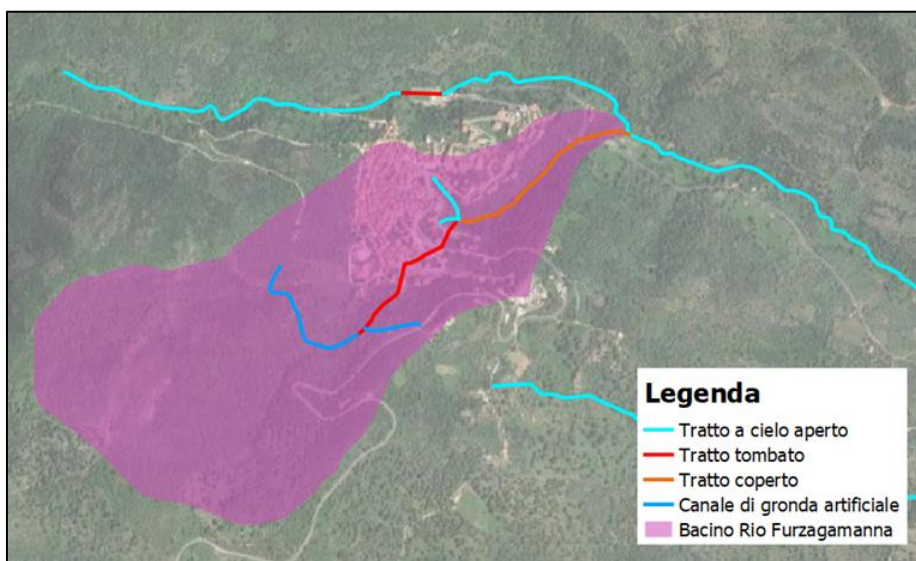


Figura 63 – Bacino del Rio Furzagamanna

Il tratto tombato del Rio Furzagamanna è marcatamente sottodimensionato per la portata del *Bacino 4* stimata in circa $10 \text{ m}^3/\text{s}$ per $T=200$ anni. Risulta sottodimensionato anche solo per le portate generate dal solo bacino urbano 3 ($Q_{50} = 3,1 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{100} = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{200} = 3,8 \text{ m}^3/\text{s}$).

A valle del centro abitato il corso d'acqua scorre confinato in una valle incisa in aperta campagna ed è coperto da una soletta e da piedritti in calcestruzzo. Lungo il tratto che attraversa il centro urbano riceve gli apporti di alcuni scarichi fognari e la sezione di deflusso è attraversata da sottoservizi interferenti, situazione molto diffusa in Sardegna.

Con l'intento di mitigare i fenomeni alluvionali che storicamente hanno colpito il centro abitato sono stati costruiti a monte del centro abitato, ad una quota di circa $580 \div 590 \text{ m s.l.m.}$, due canali di gronda, denominati ramo Ovest e ramo Est. L'evidente funzione attribuita a tali opere è di raccogliere le acque meteoriche che ruscellano lungo i versanti e immetterle nel tratto tombato del Rio Furzagamanna che scorre sotto il paese.



Figura 64 – Planimetria canale tombato

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 75 di 88

Superato il centro abitato, il Rio Furzagamanna scorre in destra idrografica parallelamente all'impluvio naturale ed in adiacenza al versante che confina il Rio stesso; a valle dell'attraversamento della SP 40 confluisce al depuratore.

8.3.3. Rio Tialei

Il Rio Tialei scorre in direzione O-E nella valle a nord del centro abitato e ha uno sviluppo complessivo dell'asta principale pari a circa 6 km prima di confluire nel Fiume Tirso; confluisce con Rio Furzagamanna a valle dell'attraversamento della SP 40 e a monte dell'impianto di depurazione, ubicato in sponda destra in adiacenza ad esso. Il Rio fluisce a cielo aperto per l'intero tracciato ad eccezione di un breve tratto lungo circa 100 m in corrispondenza dell'area sportivo-ricreativa comunale, dove è stato tombato con due tubazioni in calcestruzzo di diametro 1000 mm, inadeguate al trasporto delle portate di piena con tempi di ritorno anche non particolarmente elevati. Un'ulteriore criticità riguarda l'impianto di depurazione comunale di Illorai che viene allagato durante eventi meteorici intensi. L'insufficienza idraulica del corso d'acqua per portate con tempi di ritorno non elevati determina una pericolosità evidente che si trasforma in rischio a causa della presenza di due infrastrutture vulnerabili poste una sopra il corso d'acqua e l'altra in fregio. Per mitigare il rischio che grava sull'impianto sportivo il Comune di Illorai ha già realizzato un progetto per lo stombamento del corso d'acqua che deve ancora essere realizzato. Per quel che riguarda l'impianto di depurazione gli interventi sono oggetto della presente progettazione.

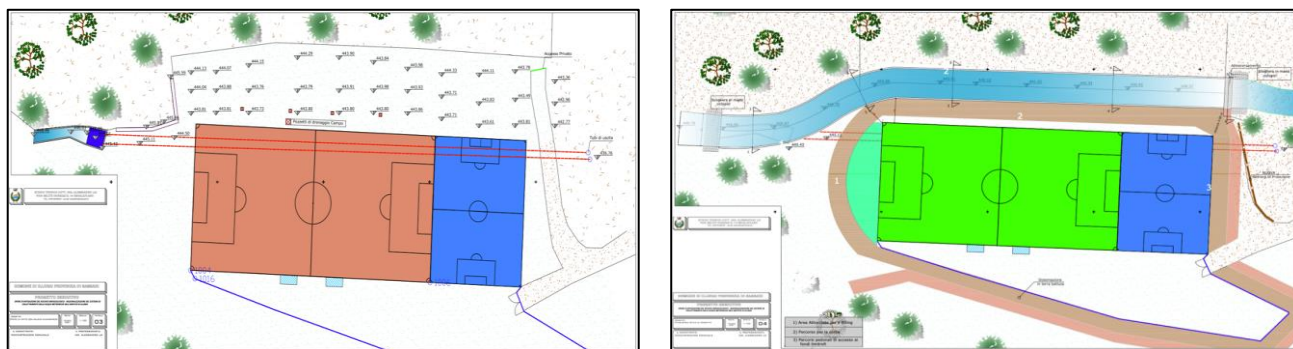


Figura 65 – Impianto sportivo: stato attuale e di progetto

8.3.4. Rio Nicola Planu

Il Rio Nicola Planu è un affluente in destra idrografica del Fiume Tirso e scorre a cielo aperto in un alveo naturale confinato da rilievi di modesta entità. Nel suo fluire in direzione NO-SE riceve i contributi di alcuni rami secondari fino alla sua immissione nel Rio Maddaula a monte della SP 10/M. Il Rio Maddaula, dopo aver raccolto i contributi del Rio Nicola Planu e del Rio Littocoro, sfocia nel Tirso a valle dell'attraversamento con la SS 128 bis.

8.4. Flora

La conformazione floristica di un territorio non può prescindere dagli aspetti climatici; il clima di questa zona è nettamente bistagionale, con un periodo autunno-inverno abbastanza piovoso e nella stagione primavera-estate

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 76 di 88

è possibile evidenziare un periodo di aridità. Di conseguenza si verificano periodi di siccità con ovvi riflessi sulla vegetazione. L'aridità estiva è molto spesso aggravata dalla notevole ventosità che a volte è presente su diverse parti del territorio. Intensità e durata del periodo arido dipendono più che dalle scarse piogge estive, dalle riserve idriche del suolo e dal potenziale di evapo-traspirazione, il quale varia con la temperatura e la durata dell'insolazione.

Piuttosto bassa è la frequenza e la persistenza delle precipitazioni nevose. Numerosi sono invece i giorni con brina sia in autunno che in primavera. I mesi più freddi sono gennaio, febbraio e dicembre, mentre quelli più caldi sono luglio e agosto.

La flora di un territorio, ossia la presenza delle specie vegetali, non è altro che il risultato dell'espressione climatica dell'area di intervento. In questa area è presente una flora tipicamente mediterranea, intendendo con questo termine quel tipo di vegetazione che vive nella fascia geografica caratterizzata da un clima caldo arido con massimo di precipitazioni in inverno. È presente una vegetazione spontanea, costituita dalle più comuni essenze mediterranee, condizionata da una progressiva degradazione fisionomica, innescata certamente in epoche remote da una sempre crescente pressione antropica. Attualmente il maggiore condizionamento al raggiungimento di una migliore condizione è rappresentato dall'intenso sfruttamento pascolativo, da un indiscriminato approvvigionamento legnatico e dagli incendi provocati dall'uomo.

Dal punto di vista strettamente scientifico, ci troviamo in pieno climax del leccio e roverella. La vegetazione, che si è costituita e si è adattata al clima mediterraneo, ha una fisionomia e composizione floristica caratterizzate dal prevalere delle sclerofille sempreverdi, ossia da essenze con foglie coriacee, spesso spinescenti, che hanno evoluto meccanismi differenti per limitare l'evapotraspirazione. Si osserva un sottobosco ricco di specie erbacee ed arbustive, in cui gli elementi prevalenti sono l'erica (*Erica arborea*) ed il corbezzolo (*Arbutus unedo*).

La forma di governo non è omogenea, infatti i nuclei di ceduo semplici matricinati si alternano a nuclei, più ridotti, di fustaia con piante sparse anche di notevoli dimensioni. Non è possibile riscontrare delle formazioni vegetali ben definite, trovandoci di fronte a una situazione in cui vaste superfici sono spesso devastate da incendi o intensamente pascolate. In molte zone le specie che costituiscono i soprassuoli evidenziano una buona ripresa vegetativa che dà origine a fitti nuclei di rinnovazione gamica e/o agamica. Un altro elemento importante è la presenza di numerose altre specie arboree distribuite non uniformemente sul territorio in esame, come *Ilex aquifolium*, *Sorbus torminalis*, *Pyrus pyraster*, etc.. Tutto ciò testimonia che le caratteristiche vegetazionali di queste zone erano in passato ben lontane dallo stato attuale e che col passare degli anni varie cause, soprattutto antropiche, le hanno notevolmente alterate.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 77 di 88

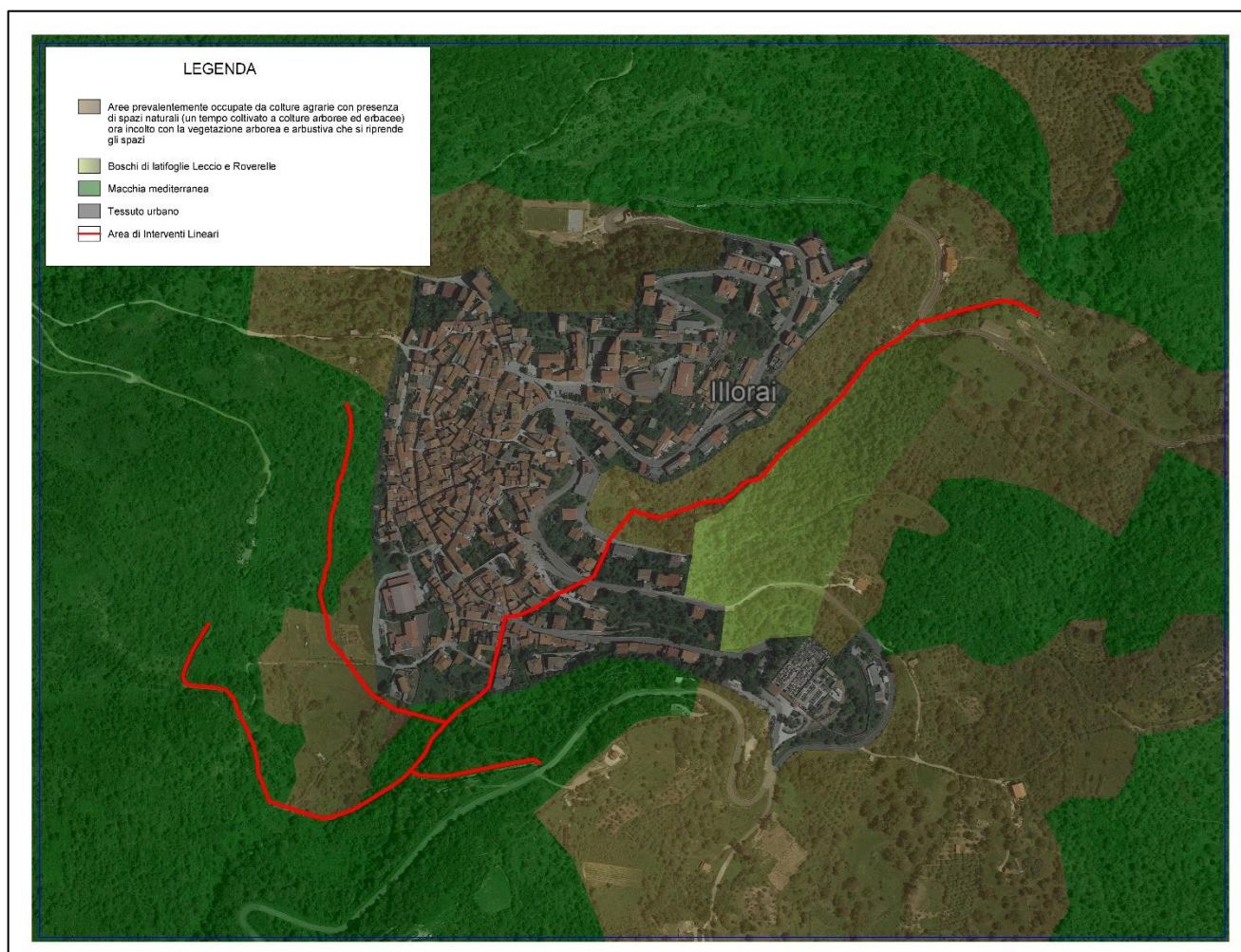


Figura 66 – Stralcio carta della vegetazione su vista satellitare

Nello specifico esaminando le aree interessate agli interventi, identificate poco distanti dall'abitato di Illorai e nelle sue strette periferie, la vegetazione risente della vicina presenza antropica. All'interno dell'area in esame attorno alle periferie dell'abitato sono diffusi pascoli arborati con cotica erbosa molto degradata. Il soprassuolo è costituito da piante sparse di roverella, leccio e qualche pianta di sughera, formando una copertura discontinua ed ampie chiarie.

Possiamo asserire che negli areali attorno agli interventi, principalmente a ridosso dell'abitato, osserviamo superfici un tempo occupate da colture agrarie, oggi in abbandono, frammiste a vegetazione spontanea formata da rade piante di leccio, roverella e sporadiche piante di perastro, delimitate in corpi aziendali da vegetazione ?? arbustiva, arborea e rovi, in qualche caso anche con muretti in pietrame. Un tempo aree coltivate, ora incolte, nell'insieme formano ampie chiarie a pascolo frammiste a vegetazione arborea o arbustiva che gradualmente si sta riprendendo gli spazi a suo tempo sottratti.

Sul versante a Ovest e Sud a monte dell'abitato, si osservano anche piccoli nuclei a macchia con canna comune (*Arundo donax*) e altre essenze erbacee tipiche delle zone umide.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 78 di 88

A valle dell'abitato, lungo il Rio "Furzagamanna", percorrendo l'impluvio possiamo osservare la vegetazione tipica delle zone umide con macchioni di canna comune, alternata ad arbusti avvolti da piante suffrutuose, come rovi e altri rampicanti; sono inoltre presenti sporadiche piante di piante di fico selvatico e olmi. Sempre a valle dell'abitato, il versante esposto a "Sud-Est" fino al perimetro abitato, maggiormente solatio, un tempo era coltivato ad orti e a frutticoltura familiare: ora sono rimaste piante di olivo, olivastro, altre da frutto, alternate a piccole chiarie marginalmente coltivate. Sul versante esposto a "Nord-Ovest", in ombra, è presente una fitta vegetazione formata principalmente da piante arboree di leccio e roverella.

Andando oltre verso valle, una volta giunti alla confluenza con il "Rio Tailei" si può osservare che il fondovalle, un tempo coltivato, ora lascia spazio alla ripresa della vegetazione naturale arborea e arbustiva in alternanza con chiarie in parte coltivate e altre incolte.

Possiamo concludere che l'area in oggetto non presenta alcuna unicità vegetazionale poiché caratterizzata da una copertura vegetale in evoluzione, che si sta riprendendo i propri spazi conseguentemente all'abbandono delle aree un tempo dedicate alle coltivazioni. Rispetto agli interventi di regimazione e messa in sicurezza originari la vegetazione ha oramai occupato le aree adiacenti alle opere a suo tempo modificate dal cantieramento e dal movimento mezzi, con limitatissima parte di terreno vegetale ancora libera. Anche nel caso delle lavorazioni riguardanti gli interventi in progetto ed in particolare a quelli con sviluppo lineare (es: rifacimento del tratto di canale di guardia tombinato, realizzazione del nuovo canale di dreno a monte dell'abitato e sistemazione e riapertura del tratto di rio a valle di Illorai), la fascia di disturbo sarà limitata a zone laterali necessarie per lo spostamento dei mezzi meccanici, delle maestranze e dei materiali andando a interessare la stessa vegetazione che ha ricolonizzato le zone a suo tempo disturbate: di conseguenza i lavori da effettuare non comportano nessun tipo di cambiamento sostanziale sull'assetto floristico della zona.

Con la progettazione definitiva, saranno messi a punto gli interventi di ricostruzione del paesaggio atti a ricucire le zone di cantiere con il contorno: nella fase armonica di ripristino, con i reimpianti si permetterà pertanto alle specie vegetali asportate, di insediarsi nuovamente in quelli spazi che gli sono stati temporaneamente sottratti.

8.5. Fauna

La componente faunistica all'interno di una qualsiasi area geografica è sicuramente tra gli elementi primari, spesso è l'elemento principale e concorre in modo predominante nella configurazione dello stesso. La fauna nel suo insieme è composta da specie di diversa morfologia e di diverse caratteristiche ecologiche, alcune adattate a vivere nelle condizioni più diverse, altre legate ad ambienti ristretti, a volte presenti con estensione di pochi metri. La tendenza degli animali a distribuirsi nello spazio disponibile o a formare assembramenti molto localizzati, fa sì che solo eccezionalmente essi possano imprimere un carattere particolare ad un ambiente confinato. All'interno dell'area di intervento, per la grande eterogeneità e dimensione complessiva della fauna presente, allo stato delle cose non è possibile effettuare studi e analisi puntuali o riguardanti un ambiente ristretto ma solo compiere valutazioni in termini generali.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 79 di 88

L'elevato numero di specie animali presenti, spesso nell'ordine delle decine di migliaia anche in un territorio di limitate dimensioni, fa sì che le indagini faunistiche siano pertanto limitate generalmente ai Vertebrati. I ritmi stagionali e annuali di tali specie animali e la loro mobilità rendono piuttosto difficili gli studi faunistici; ma la necessità di compierli è messa in evidenza dai complessi rapporti trofici tra i fitofagi e la vegetazione e, non per l'ultimo, dal grande valore economico, ludico, estetico e naturalistico della fauna. La presenza di organismi animali piccoli come gli insetti e di organismi di grosse dimensioni come i cinghiali implicano analisi e problematiche di gestione diverse, ma entrambi gli organismi partecipano, anche se a volte con peso differente, alla determinazione e alla presenza dello stesso complesso ecosistema.

La fauna presente nel territorio in esame è molto eterogenea a causa della ricchezza di ambienti e della presenza di diversi ecosistemi naturali al contorno del settore di intervento. Gran parte delle specie è presente in gran numero durante tutto il corso dell'anno; altre occupano l'area solo per un determinato periodo o sono solo sporadiche, di passaggio oppure occasionali.

Le specie dell'avifauna riscontrate sono diverse, di seguito vengono evidenziate quelle più rappresentative per specificità comportamentale:

- permanenti: Civetta (*Athene noctua*), Saltimpalo (*Saxicola rubicola*), Merlo (*Turdus merula*), Occhiocotto (*Sylvia melanocephala*), Capinera (*Sylvia atricapilla*), Cinciallegra (*Parus major*), Cornacchia grigia (*Corvus cornix*), Passera sarda (*Passer hispaniolensis*), Verzellino (*Serinus serina*), Verdone (*Chloris color*), Cardellino (*Carduelis crudeli*);
- nidificanti: Tortora selvatica (*Streptopelia turtur*), Upupa (*Upupa epops*);
- svernanti: Pispola (*Anthus pratensis*), Ballerina bianca (*Motacilla alba*), Scricciolo (*Troglodytes troglodytes*), Passera scopaiola (*Prunella modularis*), Pettiroso (*Erithacus rubecula*), Codirosso spazzacamino (*Phoenicurus ochruros*), Tordo bottaccio (*Turdus philomelos*), Lui piccolo, (*Phylloscopus collybita*), Sturno (*Sturnus vulgaris*);
- migratrici: Succiacapre (*Caprimulgus europaeus*), Usignolo (*Cettia cetti*), Sterpazzolina di Moltoni (*Sylvia subalpina*);
- visitatrici: Gheppio (*Falco tinnunculus*), Barbagianni (*Tyto alba*), Rondone comune (*Apus opus*), Gruccione (*Merops apiaster*), Rondine (*Hirundo rustica*), Balestruccio (*Delichon urbicum*), Sturno nero (*Sturnus unicolor*).

Per quanto concerne i mammiferi, le specie selvatiche sono comprensibilmente quasi assenti nella zona operativa, che comunque rimane inserita in un contesto in cui si riscontra facilmente la presenza del cinghiale, della volpe e della lepre sarda. Tra gli uccelli, segnaliamo la presenza del cuculo, del colombaccio, della tortora e della pernice. Tra i rapaci, sono tuttora avvistabili alcune specie di falco, le poiane, l'astore, la civetta ed il barbagianni.

Il maggiore impatto a carico di questa componente ambientale si registra in fase di cantiere, con i movimenti di terra, il rumore causato dai mezzi, la continua presenza degli operai ecc. in particolare nel corso della realizzazione del nuovo canale di drenaggio delle acque superficiali previsto subito a monte dell'abitato ovvero durante gli interventi di riapertura delle tratte tombinate del sistema drenante artificiale. Le maggiori interferenze

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 80 di 88

potranno essere a carico dell'erpetofauna e dell'avifauna. Gli interventi sono comunque limitati ad aree con un basso tasso di popolamento faunistico.

Qualora si riscontrasse la presenza di specie di pregio, saranno prese misure di tutela e saranno contattati tempestivamente gli Enti preposti. Durante la fase di cantiere, si ipotizza un impatto modesto nelle aree d'intervento, per il carattere locale e reversibile. In fase di esercizio non sono ravvisabili impatti negativi derivanti dalla realizzazione delle opere e a carico delle componenti ambientali flora e fauna in quanto tali opere.

8.6. Paesaggio

Per il presente aspetto si fa riferimento all'elaborato *“Relazione Paesaggistica”* al quale si rimanda per una disamina più approfondita dell'argomento.

L'intervento in oggetto riguarda sostanzialmente la manutenzione straordinaria di opere già esistenti e per questo motivo si inserisce in un contesto paesaggistico già antropizzato. Le opere stesse si trovano nella quasi loro totalità in aree prossime al centro abitato di Illorai, con il canale tombato che passa in parte all'interno dell'abitato stesso. L'unico intervento che può modificare l'area dal punto di vista paesistico è la realizzazione del nuovo canale di gronda ai piedi del versante e la realizzazione del manufatto di controllo, quest'ultimo comunque riguarderà un'area dove il rio risultava tombato.

8.7. Patrimonio storico, culturale, architettonico e archeologico

Per quanto riguarda gli aspetti del patrimonio storico, culturale, architettonico e archeologico si riportano di seguito degli estratti della *“Verifica preventiva dell'interesse archeologico”*, redatta dalla Dott.ssa Archeologa C. Cilla, e allegata al presente progetto, ma per una trattazione esaustiva dell'argomento si rimanda direttamente alla lettura della succitata relazione.

8.7.1. Inquadramento storico-archeologico generale

Il territorio in esame conosce una frequentazione antropica a partire dalla preistoria, nota attraverso le fonti storiche, d'archivio e archeologiche. La presenza umana è documentata fin dal Neolitico: per questa fase, infatti, si attestano: l'importante necropoli a domus de janas di Molia costituita da 9 ipogei funerari per lo più di carattere pluricellulare, alcuni dei quali presentano elementi architettonico-decorativi; la domus de janas di Sa pruna-Sa Conca Caddina e i due menhir di Lucche.

Per l'età nuragica si attesta la presenza di 18 nuraghi a tholos monotorre (Abbasantera, Arzola 'e Sorighes, Contr'Austinu, Curtu, Ena Manna, Frida, Ladorza, Lucche, Mannori, Murones, Pabattolas, Pattada 'e Cherbos, Sa Pruna, Sa Sea, Santa Maria, Su 'e Mateu Pitale, Su 'e Mitteriu, Tuvu Oe), 4 complessi (Iscretti, Sa Paule Ruja, Serralò, Tudulu), 5 di planimetria non definibile (Arzola 'e Chessa, Olostru, Sa Toa, Carbia, Sos Conzos, Su Caddile). In corrispondenza dei nuraghi Lucche, Frida, Iscretti, Sa Paule Ruja, Santa Maria, Serralò e Tudulu è documentabile anche la presenza del villaggio. Sono inoltre note le tombe di giganti di Tudulu, Sa Paule Ruja 1 e 2, Lorivai e Funtana 'e Regas.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 81 di 88

Ad età storica si riportano la struttura muraria di Punta sa Pattada probabilmente di età medievale e Pont' Ezzu presumibilmente ricostruito nel XIV secolo da Eleonora d'Arborea su una persistente struttura di età romana. Si documenta inoltre una necropoli di età romana in prossimità del nuraghe Su 'e Mitteriu caratterizzata da urne cinerarie e cippi. Un'ulteriore struttura di incerta definizione, interpretata come nevia, è documentata in località Mannori e un'altra struttura è documentata in località Abbasantera.

Si può citare infine la Chiesa di Santa Maria della Neve, in località Lucche. Nello specifico, in questa località sono presenti tre chiese contigue: la prima presumibilmente costruita nel XVI secolo; la seconda, comunicante con la prima, costruita nel 1954 in forme neogotiche; la terza costruita nel 1970. Tra gli altri edifici di culto si segnalano la Chiesa di San Gavino Martire del 1600 e la Chiesa di San Giovanni Battista. Il villaggio attuale di Illorai apparteneva al Giudicato di Torres ed era incluso nella Curatoria del Goceano.

Con l'età aragonese, nel 1339, l'abitato venne incluso nel territorio concesso al Giudice Mariano IV d'Arborea e da lui tenuto sino alla battaglia di Sanluri. Nel 1410 venne poi incluso nel Marchesato di Oristano. Dal 1479 entrò sotto l'amministrazione di funzionari reali e non venne più concesso in feudo. Nel 1821 entrò a far parte della provincia di Nuoro e nel 1848 della divisione amministrativa di Nuoro. Infine, nel 1859 venne incluso nella ricostituita provincia di Sassari.

8.7.2. Modalità operative

L'ultima fase dello studio archeologico, volta all'individuazione di tracce di frequentazioni antropiche antiche, si è articolata nella ricerca di anomalie o difformità sul terreno tramite fotointerpretazione e la verifica diretta sul campo. Si è proceduto ad una sistematica ricognizione archeologica di superficie (survey) effettuata nel mese di agosto 2023 ed eseguita, dove possibile, considerando una fascia di 50 m per lato, valore che si è rivelato adeguato alle necessità di questo tipo di lavoro. Lo stato dei luoghi non ha comunque consentito una corretta ispezione che si è dimostrata per lo più complessa e difficoltosa o addirittura impossibile da eseguirsi in alcuni tratti, a causa della fitta vegetazione e dell'urbanizzazione dei luoghi. Tuttavia, per ciò che concerne le zone per le quali non si dispone di notizie o testimonianze visibili o documentate, non è comunque da escludere l'esistenza di una possibile antropizzazione antica. In una fase successiva tutto il materiale documentario reperito è stato sottoposto a un lavoro di comparazione, mirato a incrociare i dati acquisiti nelle differenti fasi di analisi, al fine di valutare la potenzialità archeologica di tipo probabilistico e presuntivo che questo paesaggio esprime in base "allo stato di fatto" dei dati archeologici noti e dei possibili impatti del progetto sul patrimonio archeologico. Tale comparazione permette di segnalare ed evidenziare i rischi che, dal punto di vista archeologico, l'area di nostro interesse si ritenga possa correre, riguardo alle realizzazioni dell'opera in progetto.

8.7.3. Valutazione del rischio archeologico

Attraverso l'analisi dei dati cartografici e bibliografici, incrociati con i dati del survey, è proponibile:

- per l'area di intervento in località Sas Costas che ricade nel comune di Illorai
 - un grado di rischio archeologico **medio** per la realizzazione dell'opera di captazione delle acque di versante e convogliamento delle stesse al canale tombato per:

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 82 di 88

- coincidenza con aree non edificate;
- coincidenza con aree per cui non si possiedono dati pregressi;
- visibilità dei suoli nulla.
- un grado di rischio archeologico **basso** sul tratto preesistente per:
 - visibilità dei suoli scarsa;
 - coincidenza con aree per cui non si possiedono dati pregressi.
- per l'area di intervento che ricade, sempre nel comune di Illorai, tra la via Su Prattu e sua prosecuzione, via Umberto e via Su Turchi:
 - un grado di rischio archeologico **medio** per:
 - coincidenza con aree non edificate;
 - coincidenza con aree per cui non si possiedono dati pregressi;
 - coincidenza con parte del limite orientale del perimetro del centro di antica e prima formazione;
 - visibilità dei suoli nulla.
- per l'area di intervento che ricade in territorio di Illorai presso il campo sportivo:
 - un grado di rischio archeologico **basso** per:
 - visibilità dei suoli scarsa;
 - coincidenza con aree per cui non si possiedono dati pregressi.

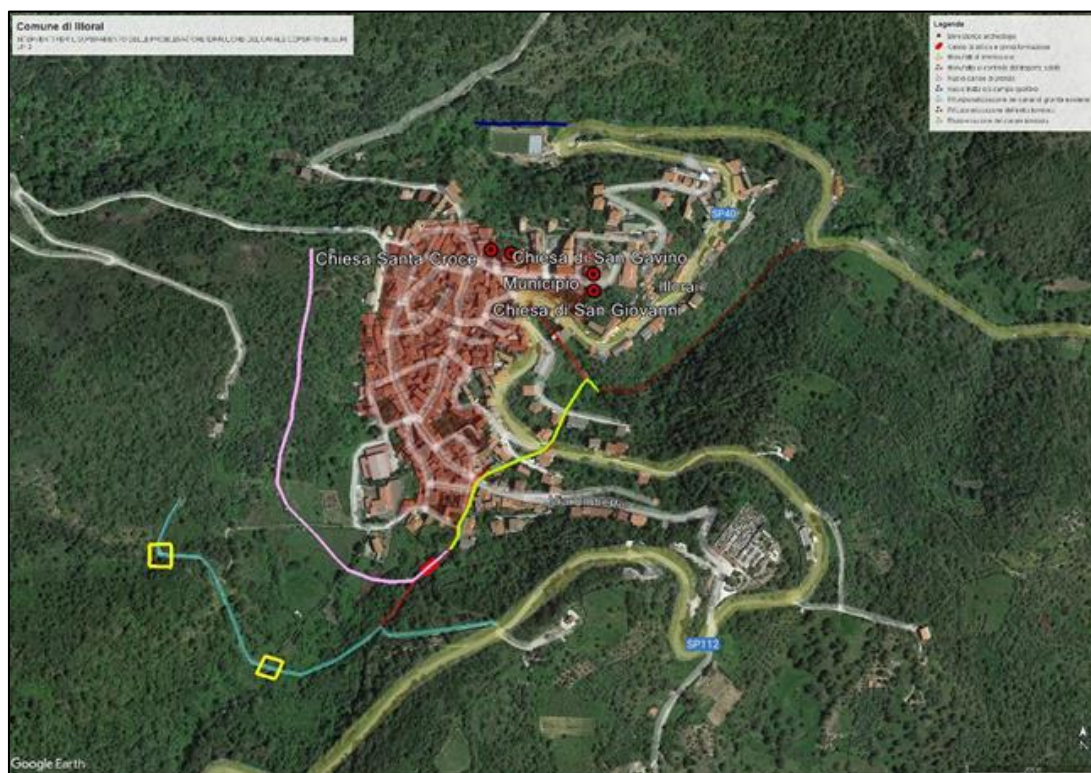


Figura 67 – Estratto da Google Earth: evidenza dei beni storico archeologici nei pressi dell'area di intervento con le proposte progettuali attuali

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 83 di 88

9. Mitigazione degli impatti

Per quanto attiene la fase di costruzione delle opere di progetto, dovrà essere posta particolare attenzione nella “gestione ambientale del cantiere” che tuteli tutti gli aspetti ambientali legati alle attività di cantiere. Tali aspetti fanno riferimento in particolare a:

- controllo del rilascio di soluzioni e dispersioni inquinanti;
- cura nella esecuzione delle operazioni di carico/scarico, trasporto e stoccaggio dei materiali;
- oculata disposizione delle aree di deposito dei materiali, delle attrezzature e dei mezzi di cantiere;
- approvvigionamento e consumo idrico;
- gestione dei rifiuti;
- gestione delle emissioni in atmosfera;
- i macchinari utilizzati in cantiere, nella fase di realizzazione delle opere, dovranno essere controllati dal punto di vista del loro buon stato di conservazione e della loro messa a norma con particolare riferimento alle emissioni (rumore, scarichi e perdite di carburante, oli e qualunque tipo di inquinante).

Si procede nel seguito ad illustrare nel dettaglio quali saranno le misure di mitigazione degli impatti potenziali attesi sulle diverse componenti ambientali ritenute interessate dalla realizzazione delle opere previste in progetto.

9.1. Suolo e sottosuolo

Le opere riguardano principalmente aree già antropizzate, mentre l'intervento che può provocare una perdita di suolo è la realizzazione del nuovo canale di gronda ai piedi del versante. La sua realizzazione, così come quella del manufatto di controllo del trasporto solido e dissipazione dell'energia, è necessaria poiché fanno parte del corretto funzionamento degli interventi per il superamento delle problematiche idrauliche oggetto del presente progetto.

Un impatto ascrivibile alla componente ambientale suolo e sottosuolo potrebbe essere lo sfruttamento di materiali di cava che, se necessari, saranno utilizzati individuando siti di estrazione già attivi evitando l'apertura di nuove cave di prestito. Verrà adottato un adeguato bilancio delle materie, che permetterà di limitare la necessità di apporto di materiali da cava e minimizzare la quantità di materiali da conferire a discarica, in particolare per quest'ultimo aspetto verrà valutata la possibilità di riutilizzare i materiali derivanti da scavo e demolizione. La produzione di rifiuti rimane legata soprattutto alla fase di realizzazione delle opere e dovrà essere rispettata una “gestione ambientale del cantiere”, in modo da garantire la tutela tutti gli aspetti ambientali ed in particolare una corretta gestione dei rifiuti.

Per questi motivi appena elencati, verrà minimizzata e/o eliminata qualsiasi tipologia di impatto su questa matrice, effettuando una corretta scelta dei siti di approvvigionamento e conferimento, in modo che siano il più prossimi possibile al cantiere.

In generale, viste le esigue profondità di scavo previste in progetto e le ridotte quantità di materiali provenienti da demolizione, si prevedono degli impatti molto limitati su questa componente ambientale.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 84 di 88

9.2. Atmosfera

Gli impatti potenziali attesi sulla matrice ambientale atmosfera sono limitati alla sola fase di cantiere, sono di ridotta entità dal momento che gli ambiti di progetto 1, 2 e 3 sono da eseguirsi nella parte non urbanizzata del Comune.

Per quanto riguarda l'ambito 4, questo prevede interventi di manutenzione straordinaria del canale tombato che attraversa il centro abitato di Illorai al fine di ridurre il rischio idrogeologico adeguandolo a un tempo di ritorno $T=200$.

A tale scopo il progetto prevede operazioni di scavo e movimento terra di modesta entità, che potrebbero generare la creazione e/o il sollevamento di polveri soprattutto nei periodi più secchi; le prevalenti condizioni di ventosità potrebbero inoltre contribuire alla loro dispersione più o meno ampia nel territorio limitrofo. La produzione di polveri può essere generata anche dalla demolizione, prevista dal presente progetto, di tratti del canale tombato, necessario per procedere allo stombamento.

L'altra fonte di emissione di inquinanti è quella che si origina sia per i gas incombusti (ossidi e fumi) sia per i sottoprodotti della combustione dei motori endotermici, dovuti ai mezzi impiegati.

Complessivamente, data la tipologia di cantiere, si prefigura un impatto da polveri limitato; per quel che concerne l'impatto derivante dalla movimentazione dei mezzi d'opera, essendo temporaneo e reversibile, è valutato basso. Tutti gli impatti potranno essere mitigati dall'adozione di opportune misure che potranno essere definite durante le successive fasi della progettazione.

Per quanto riguarda il microclima, il cantiere e gli interventi che verranno realizzati non provocheranno alcuna variazione.

Per quel che attiene alla variazione del livello di rumorosità e alla generazione di vibrazioni, durante la fase di cantiere i rispettivi livelli sono influenzati dall'attività delle macchine operatrici adibite alla realizzazione delle opere e attengono, principalmente, a lavorazioni quali gli scavi ed i riporti. Tali operazioni generalmente comportano il superamento dei valori limite fissati dalla normativa vigente, ma data l'esiguità degli scavi e movimento terra previsti e la loro reversibilità, l'impatto può essere valutato sostanzialmente basso.

9.3. Ambiente idrico

Non si prevedono impatti negativi su questa componente sia in fase di cantiere che a seguito della realizzazione dell'opera, ma anzi un miglioramento delle condizioni di manutenzione dei canali oggetto degli interventi di progetto.

9.4. Componente biotica

9.4.1. Flora e Fauna

L'intervento non interessa direttamente o indirettamente aree appartenenti alla Rete Natura 2000: l'ITB011102 "Catena del Marghine e del Goceano" dista circa 4 km dal centro abitato del comune di Illorai.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 85 di 88

9.4.1.1. Fase di cantiere

Gli interventi interessati dal progetto, come è stato in precedenza indicato, sono concentrati in aree dove già nel passato sono stati eseguiti dei lavori come, ad esempio, quelli sul canale di guardia a monte dell'abitato e nel tombato lungo il Rio Furzagamanna. La realizzazione di tali opere non è stata a suo tempo accompagnata da interventi di ripristino ambientale, lasciando la terra nuda e smossa ai margini dei manufatti ed esposta all'azione degli agenti atmosferici. La ripresa territoriale della vegetazione ha avuto dei tempi piuttosto lunghi, risultando ancora non completata soprattutto a monte dell'abitato.

Nello scenario attuale, pertanto, le opere idrauliche a monte sono ancora parzialmente visibili a causa della non completa copertura da parte della vegetazione reinsediata. Tutt'altra situazione si osserva a valle dell'abitato dove, anche grazie alla maggiore disponibilità idrica la vegetazione ha ripreso i suoi spazi rendendo anche per lunghi tratti il canale tombato non visibile.

Gli interventi richiederanno nuovi lavori di scavo e saranno accompagnati da piste di esercizio per la loro esecuzione, con conseguente asportazione di copertura vegetale.

La vegetazione naturale presente attorno alle aree di intervento non presenta conformazioni importanti da un punto di vista conservazionistico. Il progetto prevede che i lavori principali interferenti sulla componente vegetale avvengano zone piuttosto degradate e che il consumo della risorsa riguardi unicamente le aree già utilizzate nel passato. Pertanto, le perturbazioni attivabili dal progetto sulla componente vegetazionale e floristica sono da considerarsi minime.

Gli interventi di mitigazione previsti nel progetto di recupero ambientale saranno eseguiti con tecniche di ingegneria naturalistica, prevedendo anche azioni di piantumazione di essenze vegetali autoctone.

Si può pertanto concludere asserendo che i potenziali impatti con la flora e la vegetazione sono scarsi e limitati a superfici del territorio estremamente ridotte.

Per la componente ambientale fauna, l'area interessata dal progetto, come in precedenza indicato, non presenta zone particolarmente importanti da un punto di vista conservazionistico anche perché inserite in un contesto dove, nel tempo, l'azione antropica ha determinato un forte degrado del territorio.

La fauna risentirà di una potenzialmente moderata interferenza da parte delle nuove opere previste dal progetto soltanto nella fase di esecuzione dei lavori e solo nelle immediatamente vicinanze delle aree di intervento e lungo le strade di collegamento. Gli effetti potenziali saranno diversi a seconda delle specie. Gli anfibi e i rettili risentiranno soprattutto più dell'eventuale scomparsa di terreno naturale utile, rispetto al disturbo acustico o al movimento delle stesse macchine. I mammiferi invece risentiranno maggiormente del disturbo acustico prodotto dai mezzi di scavo; il rischio maggiore sarà dato dall'allontanamento dalla zona più vicina alle opere dei siti di riproduzione.

Nel corso del tempo i problemi iniziali dovuti alla scomparsa di terreno utile e l'emissione di una nuova fonte di rumore verranno risolti una volta effettuato il ripristino paesaggistico ambientale mediante le tecniche dell'Ingegneria Naturalistica.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 86 di 88

Come è stato più volte verificato e riportato in letteratura, una volta superato l'impatto iniziale dovuto alla fase di scavo e alle altre lavorazioni nonché alla presenza di mezzi e uomini, consumata la situazione di disturbo e l'allontanamento negli animali prevale l'abitudine alle fonti di rumore. Una pratica dimostrazione viene dalla ricchezza di fauna (Occhione, Gallina prataiola, Lepri e altre specie di animali di interesse conservazionistico) nei prati circostanti gli aeroporti. Per i probabili impatti sull'avifauna bisogna riferirsi agli studi che alcuni centri di ricerca internazionali hanno condotto in questi ultimi anni. Da questi studi si rileva che le specie ornitiche, soprattutto i migratori e i rapaci, possono subire provvisoriamente soltanto alcuni disturbi.

9.4.2. Fase di gestione

9.4.2.1. Flora e Fauna

Sulla base degli elaborati progettuali, si ha il mantenimento dell'occupazione permanente e sostanzialmente irreversibile di una porzione di suolo lungo gli interventi idraulici lineari. Gli interventi programmati prevedono l'occupazione di una superficie già antropizzata, privata di interesse naturalistico (sia floristico che faunistico) e di habitat di interesse comunitario.

Assolveranno un ruolo fondamentale gli interventi di recupero paesaggistico-ambientale previsti nella fase di completamento dei lavori idraulici.

Sarà in fase di progettazione esecutiva trovare le migliori soluzioni che consentano la ripresa vegetazionale attorno alle aree di esecuzione di intervento. Sarà poi fondamentale durante la direzione dei lavori, eseguire i lavori di recupero durante la stagione silvana migliore, con la messa a dimora della nuova vegetazione nella stagione piovosa e lontano da quella secca. Durante la fase di gestione sarà fondamentale il ripristino ambientale utilizzando essenze già acclimatate e tipiche della stazione climatica.

Un ruolo fondamentale per la riuscita dell'intervento è la fase di gestione, sarà quella della manutenzione e dei risarcimenti della vegetazione almeno per i primi cinque anni dopo l'esecuzione dei lavori. Soltanto allora si potrà considerare esaurita la fase di recupero dell'area.

Per quanto riguarda la fauna, nel corso del tempo i problemi iniziali dovuti alla scomparsa di terreno utile e l'emissione di fonte di rumore potranno cessarsi una volta completate le opere di ripristino ambientale.

L'avifauna e tutte le specie in generale recuperano i loro spazi alla fine delle azioni degli agenti perturbanti.

Pertanto, si può concludere affermando che le specie che vivono nel sito verranno interessate solo provvisoriamente dai lavori previsti dal progetto, ovvero, in modo non permanente. Gli unici effetti calcolabili si hanno nella immediata vicinanza del sito laddove le specie animali presenti sono poche e in numero esiguo. Quelle presenti potranno spostarsi di alcune decine di metri dall'area coltivata senza subire danni rilevanti sia pure solo potenzialmente. Per le opere lineari di rilevante estensione (es: nuovo canale di guardia a monte dell'abitato) lo spostamento delle specie terricole lungo il pendio potrà avvenire sui ponticelli di attraversamento necessari per la manutenzione o per i proprietari dei terreni confinanti o su eventuali specifiche opere a tale scopo realizzate.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 87 di 88

Gli impatti negativi rilevati sulla fauna non sono permanenti e validi solo nel breve periodo e scompaiono nel medio termine.

9.5. Paesaggio

Per quanto riguarda la componente paesaggio, si riporta nella seguente tabella una breve sintesi dei possibili effetti generati dagli interventi in esame su alcuni aspetti di questa matrice.

CRITERI	INTENSITÀ DEGLI EFFETTI
Cambiamento della conformazione del paesaggio	Bassa
Disturbi della particolarità e della naturalità	Bassa
Cambiamento della percezione del paesaggio e impatto visivo	Bassa

9.6. Patrimonio storico, culturale, architettonico e archeologico

L'intervento non interessa alcun bene archeologico tutelato. Il rischio determinato sulla base delle conoscenze d'archivio e dell'analisi effettuata nell'ambito della valutazione Archeologica preventiva è valutato "basso-medio". L'impatto potenziale sulla componente archeologica è quindi considerato basso-medio.

 LEONARDO consorzio europeo per l'ingegneria e l'architettura	 Project Partners Ltd Consulting Engineers	 STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI	Dott. Geol. M. Pompei	Dott. Agron. V. Boi	Dott. Archeol. C. Cilla
RAS - Opere e Infrastrutture della Sardegna Srl	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE			6.1	Rev. 0
	Interventi per il superamento delle problematiche idrauliche del canale coperto Musuri			Data: Ott. 2023	Pag. 88 di 88

10. Conclusioni

Sulla base di quanto sopra esposto in ordine alla natura delle opere, alla compatibilità delle stesse con i diversi strumenti di pianificazione e con i vincoli esistenti, alla valutazione degli impatti potenziali attesi sulle diverse componenti ambientali interferite, per le quali è stato stimato in generale un impatto minimo e trascurabile in quanto limitato alla sola fase di cantierizzazione, da intendersi pertanto reversibile ad opere completate, si ritiene che la realizzazione delle opere oggetto del presente Studio Preliminare Ambientale sia compatibile dal punto di vista ambientale.

A ciò si aggiunge che le opere previste hanno lo scopo di superare le problematiche idrauliche del canale coperto Misuri e ridurre il rischio idrogeologico con conseguente impatto positivo in termini di sicurezza della popolazione e dei luoghi interessati.