

# DISMISSIONE DELLA DIGA DI BUNNARI BASSO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CONNESSE

## STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

MANDATARIA:

 **Lombardi**

Lombardi Ingegneria S.r.l.  
Ing. Carlo SILVESTRI

MANDANTI:

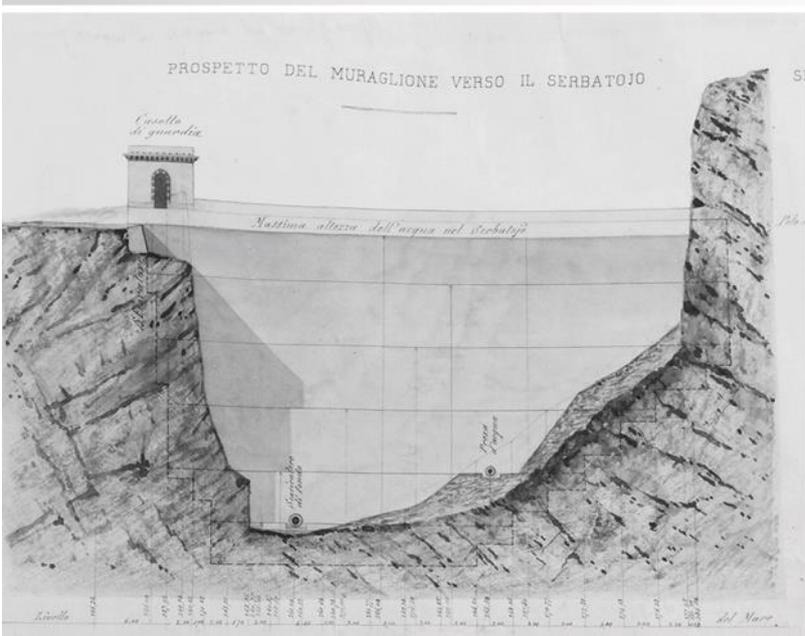
 **TECENTAL**

 **Metassociati**  
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**

Lombardi SA Ingegneri Consulenti

Archeologo N. FADDA



## INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE

Studio di prefattibilità ambientale

2020\_0275\_002\_AMB\_R001\_0



COMUNE DI SASSARI

SETTORE LAVORI PUBBLICI E MANUTENZIONE  
DEL PATRIMONIO COMUNALE

DISMISSIONE DELLA DIGA DI BUNNARI BASSO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE  
DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CONNESSE  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

0	13.08.2021	Versione iniziale	M. Columbu	R.Barracu	C. Silvestri
Versione	Data	Modifica	Redatto	Verificato	Approvato

MANDATARIA:

MANDANTI:

 **Lombardi**

Lombardi Ingegneria S.r.l.

 **ESSENTIAL**

 **Metassociati**  
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**

Lombardi SA Ingegneri Consulenti

ARCHEOLOGO  
**N. FADDA**



# Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>LO STATO ATTUALE DELLE COMPONENTI AMBIENTALI</b>	<b>1</b>
3.1	Situazione attuale della fauna e della vegetazione	1
3.2	Uso del suolo	2
3.3	Situazione attuale dei fattori climatici	3
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>COMPATIBILITÀ CON LE NORME AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE, NONCHÉ CON I VIGENTI PIANI E PROGRAMMI GENERALI E SETTORIALI</b>	<b>6</b>
5.1	Piano paesaggistico regionale	6
5.2	Piano Urbanistico Provinciale	8
5.3	Piano Urbanistico comunale	8
5.4	Piano di assetto idrogeologico	9
5.5	PERICOLO GEOMORFOLOGICO ai sensi del p.a.i.	10
<b>6</b>	<b>STUDIO SUI PREVEDIBILI EFFETTI DELLA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO SULLE COMPONENTI AMBIENTALI E SULLA SALUTE DEI CITTADINI</b>	<b>11</b>
6.1	Impatti dovuti alla produzione di rifiuti	12
6.2	Impatti sull'inquinamento atmosferico	12
6.3	Effetti su suolo e sottosuolo	13
6.4	Rumore e vibrazioni	14
6.5	Acque superficiali e sotterranee	14
6.6	Impatti sulla biodiversità	15
6.7	Impatto sul paesaggio e sul territorio	16
6.8	Impatto sulla salute umana e rischio incidenti e/o calamità	16
<b>7</b>	<b>STUDIO SUI PREVEDIBILI EFFETTI DELL'INTERVENTO IN FASE DI ESERCIZIO SULLE COMPONENTI AMBIENTALI E SULLA SALUTE DEI CITTADINI</b>	<b>17</b>
7.1	Impatti sull'inquinamento atmosferico	17
7.2	Effetti su suolo e sottosuolo	18
7.3	Rumore e vibrazioni	18
7.4	impatti su acque superficiali e sotterranee	18
7.5	Impatti sul contesto naturalistico	18
7.6	Impatti sulla biodiversità	18

MANDATARIA:

MANDANTI:



COMUNE DI SASSARI

SETTORE LAVORI PUBBLICI E MANUTENZIONE  
DEL PATRIMONIO COMUNALE

DISMISSIONE DELLA DIGA DI BUNNARI BASSO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE  
DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CONNESSE

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

7.7	Impatto sulla salute umana	19
7.8	Effetti sul sistema socio economico	19

<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>20</b>
----------	--------------------	-----------

MANDATARIA:

 **Lombardi**  
Lombardi Ingegneria S.r.l.

MANDANTI:

 **FESCENTRAL**

 **Metassociati**  
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**  
Lombardi SA Ingegneri Consulenti

ARCHEOLOGO  
N. FADDA



# 1 PREMESSA

Il presente Documento costituisce lo Studio di Prefattibilità Ambientale previsto nell'ambito della Progettazione di fattibilità Tecnica Economica degli interventi di "Dismissione della Diga di Bunnari Basso e Progettazione delle opere di sistemazione idraulica connesse".

Il presente elaborato è stato redatto ai sensi dell'art. 27 del DPR n. 207/2010, allo scopo di accertare la compatibilità ambientale del progetto proposto mediante valutazione degli effetti da esso indotti sull'ambiente. Contiene inoltre lo studio sui prevedibili effetti conseguenti la realizzazione dell'intervento in fase di cantiere e di esercizio.

# 2 DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE

Il progetto di "Dismissione della Diga di Bunnari Basso e Progettazione delle opere di sistemazione idraulica connesse" interessa la Diga di Bunnari Basso, l'area del relativo invaso e il Rio Bunnari compresi nei territori comunali di Sassari e Osilo, sviluppandosi quindi nell'area geografica del Logudoro, su un territorio prevalentemente collinare la cui altitudine varia dai 250 ai 350 m s.l.m. I comuni interessati dall'intervento fanno attualmente parte della Città Metropolitana di Sassari. La componente antropica presente sul territorio considerato, risulta di secondaria importanza, essendo a carattere rurale e ben integrata col sistema ambientale.

# 3 LO STATO ATTUALE DELLE COMPONENTI AMBIENTALI

## 3.1 SITUAZIONE ATTUALE DELLA FAUNA E DELLA VEGETAZIONE

Per una descrizione dello stato attuale delle componenti flora e fauna si rimanda alla Relazione Paesaggistica (Elaborato 2020\_0275\_002\_AMB\_R002\_R0).

### 3.2 USO DEL SUOLO

Il territorio è caratterizzato da un ambiente tipicamente collinare. La superficie su cui ricade l'intervento è compresa del distretto SA20, individuato dal Piano Forestale Ambientale Regionale a cura della RAS. Tale area ha dunque un'alta valenza ambientale per la caratterizzazione dei suoli forestali e per la presenza di specie arboree autoctone. Il territorio infatti presenta ampi spazi occupati da bosco, in prevalenza di conifere e latifoglie, e macchia mediterranea bassa.

Il territorio è descritto sinteticamente nella carta dell'uso del suolo di seguito riportata, in cui sono individuabili otto sistemi chiave:

- Aree a pascolo naturale
- Aree a ricolonizzazione naturale
- Boschi misti di conifere e latifoglie
- Bosco di latifoglie
- Fabbricati rurali
- Macchia mediterranea
- Prati artificiali
- Seminativi in aree non irrigue

Il territorio è descritto sinteticamente nella Carta di Uso del Suolo di seguito riportata.



Figura 1: Carta di Uso del Suolo

### 3.3 SITUAZIONE ATTUALE DEI FATTORI CLIMATICI

Nei due territori comunali sono presenti due stazioni di rilevamento meteo: Osilo (SS) – 640 m s.l.m. Sassari M. Oro (SS) – 172 m s.l.m. e Sassari S. Franc. (SS) – 280 m s.l.m. Per definire la situazione climatica del territorio, sono stati utilizzati i dati raccolti dalle stazioni di monitoraggio dell'ARPAS relativi alle temperature (aggiornati al 2019) e alle precipitazioni (aggiornate al 2016). Il territorio in esame ricade all'interno delle classi isobioclimatiche 17 e 20, che corrispondono rispettivamente a *mesomediterraneo inferiore, secco superiore, euoceanico attenuato* e *mesomediterraneo inferiore, subumido inferiore, euoceanico attenuato*.

La media delle temperature minime annuali è compresa tra i 10.1°C e i 12°C, si evidenziano anomalie termiche per un massimo di 0.2°C, sia in positivo che in negativo, rispetto alle suddette medie.

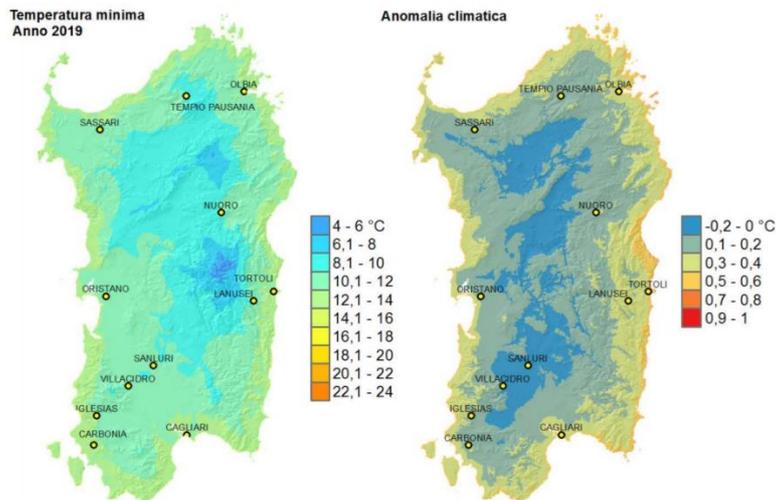


Figura 2: Temperatura minima e anomalia climatica anno 2019

La media delle temperature massime annuali è compresa tra i 20.1°C e i 24°C, con anomalie termiche comprese tra i 0.5°C e i 0.6°C.

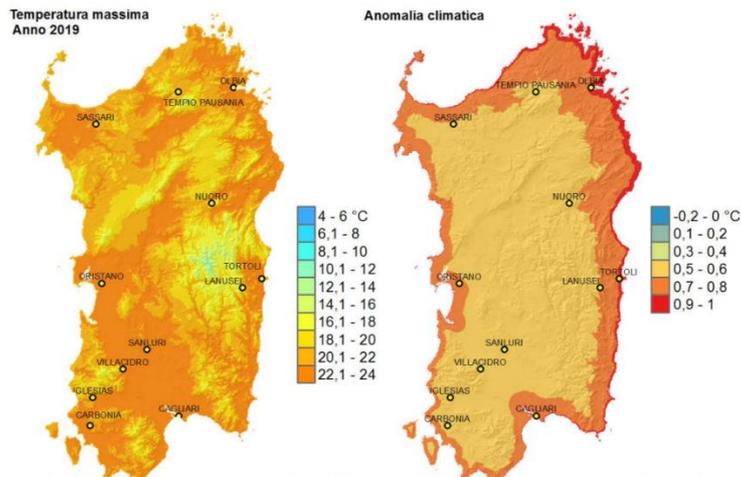


Figura 3: Temperatura massima e anomalia climatica anno 2019

Il valore delle precipitazioni annue è compreso tra gli 801 mm e i 900 mm. Esaminando invece la carta che descrive rapporto tra la media delle precipitazioni per la determinata zona e la media delle precipitazioni dell'isola si ottiene un rapporto compreso tra 1.21 e 1.3.

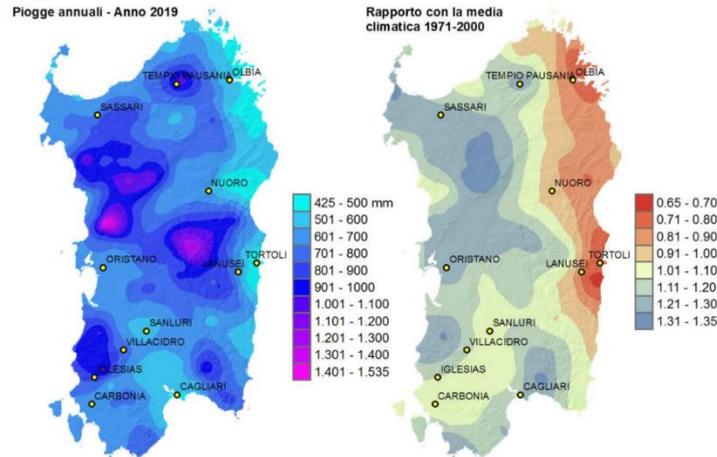


Figura 4: Pioffe annuali 2019 e rapporto con la media climatica

## 4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il progetto di dismissione della Diga di Bunnari Basso e la progettazione delle opere di sistemazione idraulica connesse nasce a seguito di vari studi che hanno posto in evidenza l'inidoneità statica ed idraulica. L'intervento, oltre alle esigenze di natura idraulica, ha come obiettivo complementare, la valorizzazione del patrimonio storico-culturale, ambientale e paesaggistico del sito.

Si riporta di seguito una sintesi dei principali interventi, rimandando all'elaborato 2020\_0275\_002\_GEN\_R001 per una trattazione di dettaglio.

Si riporta di seguito una sintesi dei principali interventi:

- argine di ritenuta idraulica;
- opera di captazione, costituita da muro con stramazzo superiore Scimemi-Creager, a n.3 settori;
- galleria a sezione di ferro di cavallo, preceduta da un corto tratto di scivolo di raccordo;
- opera di dissipazione costituita da un bacino di smorzamento a valle;
- messa in sicurezza dei versanti a rischio frana.
- restauro del corpo diga, dell'edificio filtri e del sifone e valorizzazione del sistema ambientale.

L'argine di ritenuta idraulica avrà un'altezza di ca. 8 m, con pendenza dei paramenti di valle e di monte pari a 1 (V) : 1,6 (H). Il corpo dell'argine sarà formato da un rilevato in materiale tout-venant proveniente dagli scavi della galleria, dei suoi imbocchi e della vasca di dissipazioni; un nucleo centrale in materiale fino fungerà di barriera impermeabile. Il paramento di monte sarà protetto da una scogliera con massi ciclopici, mentre quello di valle sarà ricoperto di terreno vegetale e rinverdito tramite idrosemina.

L'opera di captazione sarà costituita da un manufatto in c.a. con un muro di stramazzo superiore sagomato a Scimemi-Creager, che si svilupperà in 3 settori intervallati da n. 2 pile intermedie e contenuti da n. 2 muri laterali. Questa geometria creerà a valle dello sfioro una vasca di carico, che convoglierà l'acqua in galleria



tramite uno scivolo di raccordo. L'opera di presa sarà mitigata grazie alla realizzazione di muri con nucleo in c.a. all'interno di casseri prefabbricati prefiniti con rivestimento in pietra simile a quella presente nei manufatti esistenti. Lo sfioratore sarà rivestito in COR-TEN.

La galleria idraulica, a forma di ferro di cavallo e di diametro interno idraulico di 5,5 m, si svilupperà per ca. 150 m interamente in roccia. Lo scavo sarà realizzato adoperando le tecniche classiche di scavo in tradizionale con esplosivi, martellone e scavatore, in funzione della qualità della roccia. La messa in sicurezza dello scavo all'avanzamento del fronte verrà eseguita con chiodatura radiale e spritz-beton della volta se la roccia è di buona qualità, ovvero con centine metalliche e spritz-beton se la roccia si presenta fratturata. La galleria sarà interamente rivestita a fine scavo con un rivestimento di calcestruzzo.

L'imbocco in galleria lato monte potrà essere realizzato semplicemente previa messa in sicurezza della parete rocciosa d'imbocco con chiodatura e posa di reti paramassi. Lo sbocco invece richiederà verosimilmente la realizzazione di una berlinese tirantata, interessando probabilmente qualche detrito di versante al piede del pendio.

L'opera di dissipazione a valle sarà costituita da un bacino di smorzamento, con fondo della vasca a ca. 4 m sotto la quota del terreno naturale in alveo.

Il fondo della vasca sarà rivestito con una platea in c.a. con elementi dissipativi sporgenti. Le sue scarpate invece saranno protette con massi ciclopici cementati. Si prevede l'utilizzo di pietra locale al fine di mitigare l'opera creando una continuità visiva rispetto al contesto.

La stabilizzazione delle pareti rocciose delle sponde sinistra e destra del Bunnari sarà eseguita mediante chiodatura e posa di reti aderenti delle zone instabili. Mirati interventi di disaggio verranno anche eseguiti per rimuovere blocchi di roccia in equilibrio precario alla sommità dei versanti verticali.

La parete ubicata a sinistra dello sbocco del canale fagatore dello Sfiatore 2 invece è interessata da un dissesto verosimilmente innescato dal piccolo affluente di sinistra idrografica alimentato in passato anche dalle acque provenienti dalla struttura del canale fagatore stesso. Le indagini geognostiche che saranno eseguite prima dell'avvio della progettazione definitiva consentiranno di definire l'estensione areale esatta del dissesto e la sua profondità. Si prevede comunque fin da ora di procedere ad un rimodellamento della parete con alternanza di berme e scarpate, stabilizzate con tirantatura e drenaggio del versante. Le scarpate saranno protette da geostuoia e rinverdate con idrosemina secondo la tecnica dei Prati Armati. Delle specie arbustive saranno piantate lungo le berme per un reinserimento completo dell'intervento nel paesaggio in loco.

I manufatti storici presenti all'interno dell'area di progetto saranno oggetto di un accurato intervento di restauro volto alla conservazione filologica degli stessi, al fine di preservarne l'integrità.

Il percorso che conduce al corpo diga verrà ridefinito mediante lo scotico, lo scavo a larga sezione per la realizzazione di un cassonetto che sarà riempito con misto granulare di cava non legato adeguatamente costipato per uno spessore finito di circa 30 cm. A protezione della scarpata a monte sarà realizzato un muretto in pietre alto circa 1 m che permetterà di preservare il piano viario dalla caduta dei detriti provenienti dal disfacimento dei materiali rocciosi costituenti la scarpata. Sul lato valle occorre introdurre un parapetto in legno al fine di permettere il sicuro transito di veicoli e pedoni, proteggendone la possibile caduta nella ripida

MANDATARIA:

MANDANTI:

5



scarpata a valle. A protezione dello stradello si prevede la realizzazione di un muro di contenimento in c.a., rivestiti in pietra, nei tratti più critici. Per assicurare la continuità idraulica saranno inseriti dei tubolari in corrispondenza dei compluvi a monte.

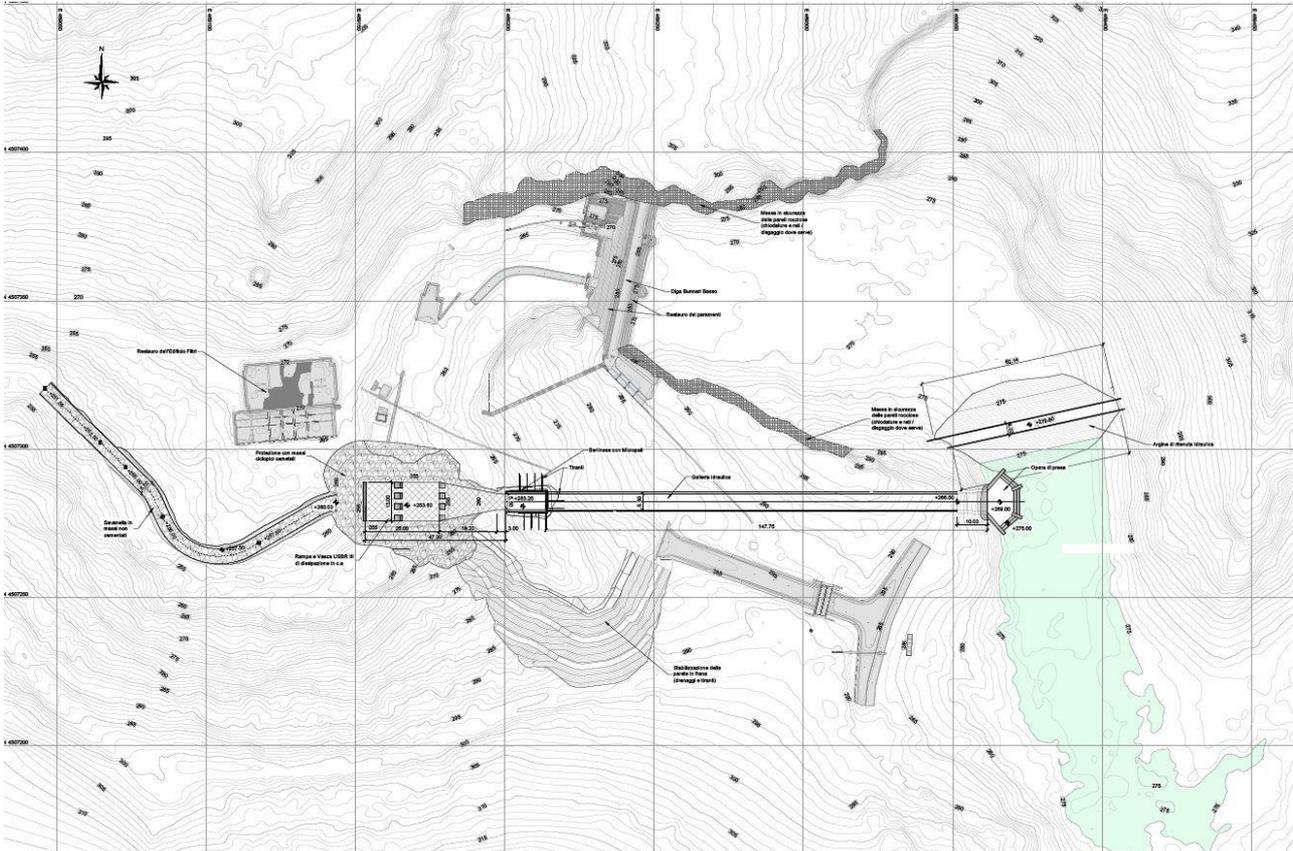


Figura 5 - Stralcio planimetria delle opere in progetto

## 5 COMPATIBILITÀ CON LE NORME AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE, NONCHÉ CON I VIGENTI PIANI E PROGRAMMI GENERALI E SETTORIALI

Analizzando gli aspetti legati alle previsioni e alle disposizioni urbanistiche vigenti, ai vincoli e alle norme in materia ambientale e paesaggistica, si evidenzierà, in questa fase, la compatibilità dell'intervento rispetto al contesto.

### 5.1 PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE

Il Piano Paesaggistico Regionale analizza e sviluppa diversi tematismi che consentono di dettare gli indirizzi per uno sviluppo coordinato del territorio.

MANDATARIA:

MANDANTI:



In modo particolare l'analisi territoriale, posta alla base del riconoscimento delle caratteristiche naturali, storiche e insediative, si articola in:

- assetto ambientale;
- assetto storico – culturale;
- assetto insediativo.

Il Piano individua, per ogni assetto, i beni e le componenti di paesaggio meritevoli di tutela, fornendo, inoltre, indirizzi e prescrizioni finalizzati alla conservazione, al recupero e alla disciplina delle trasformazioni territoriali.

L'assetto ambientale rappresenta l'insieme degli elementi naturali di carattere biotico (flora, fauna e habitat) e abiotico (geologico e geomorfologico).

Il territorio in esame, compreso nei comuni di Osilo e Sassari è caratterizzato dalla presenza di zone destinate al pascolo, alle colture, boschi e aree in cui è presente la macchia mediterranea.

Per tutti gli elementi indicati come beni paesaggistici con valenza ambientale, le prescrizioni e gli indirizzi del PPR sono finalizzati alla conservazione dei caratteri di ciascun bene, in modo da conservare lo stato di equilibrio ottimale tra habitat naturale e attività antropiche.

L'intervento non va ad interferire con le prescrizioni del PPR.

L'assetto storico – culturale rappresenta l'insieme delle aree dei manufatti che caratterizzano l'antropizzazione del territorio a seguito dei processi storici di lunga durata.

Il PPR individua i seguenti beni paesaggistici: il Nuraghe di Sueredu nei pressi del bacino di Bunnari Alto, il Nuraghe della Scala e la necropoli a domus de janas di Sos Saltos-Calancoi a ovest della diga di Bunnari Basso. L'assetto insediativo rappresenta l'insieme degli elementi risultanti dai processi di organizzazione del territorio, funzionali all'insediamento degli uomini e delle attività.

Nel territorio interessato dall'intervento non sono presenti abitati, per cui il PPR non individua centri di antica e formazione, espansioni fino agli anni '50 o espansioni recenti.

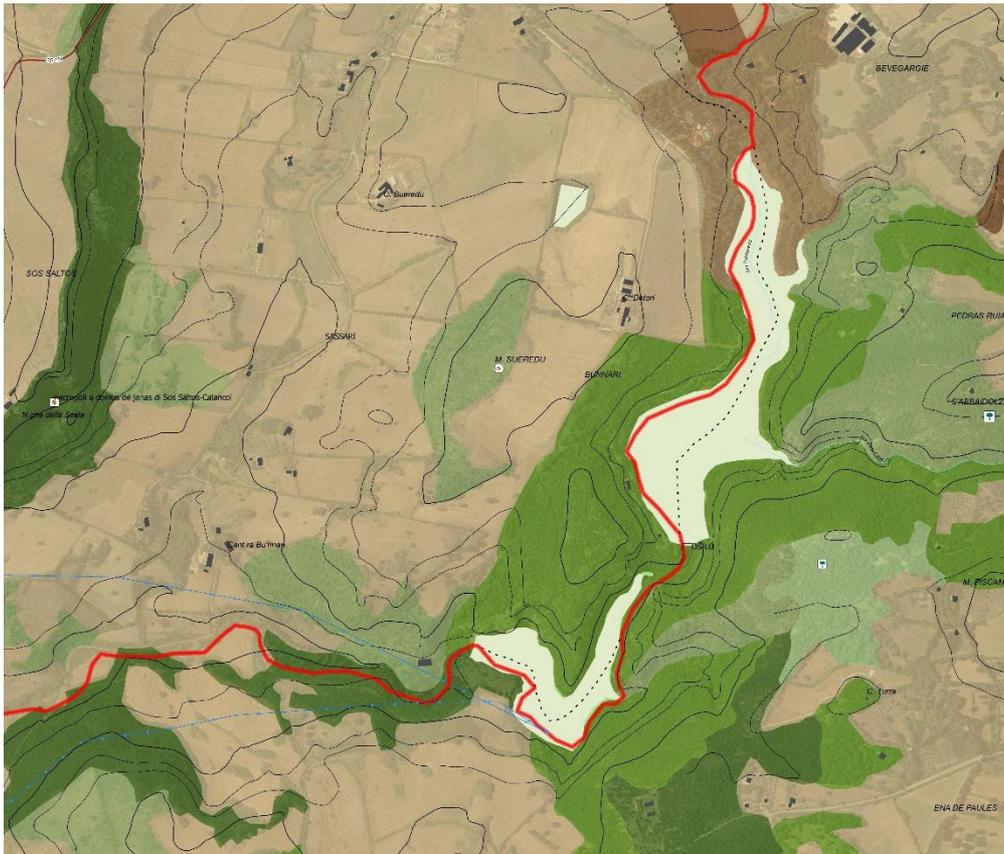


Figura 6: Stralcio PPR

## 5.2 PIANO URBANISTICO PROVINCIALE

Per una descrizione del Piano Urbanistico Provinciale si rimanda alla Relazione Paesaggistica (Elaborato 2020\_0275\_002\_AMB\_R002\_R0).

## 5.3 PIANO URBANISTICO COMUNALE

L'area oggetto di intervento si trova all'interno dei territori comunali di Sassari e Osilo.

Il PUC di Sassari è stato adottato con Del. C.C. N. 43 del 26/07/2012 e pubblicato sul BURAS N.58 del 11/12/2014. L'area di intervento ricade all'interno della zona E5.c - *Aree agricole marginali nelle quali vi è l'esigenza di garantire condizioni adeguate di stabilità ambientale. Aree con marginalità elevata e con funzioni di protezione del suolo ed esigenze di conservazione.*

Il comune di Osilo è dotato di Programma di fabbricazione, pubblicato sul BURAS N. 26 del 17/08/1971, del quale si riporta uno stralcio nelle seguenti pagine. L'area di intervento non interessa ambiti urbani, ma aree del tessuto rurale.

Per una descrizione di dettaglio si rimanda alla Relazione Paesaggistica (Elaborato 2020\_0275\_002\_AMB\_R002\_R0).

MANDATARIA:

MANDANTI:

## 5.4 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Piano di Assetto Idrogeologico, aggiornato dal Decreto del Presidente della Regione Sardegna nel Marzo 2008, individua e delimita le aree di pericolosità idraulica e di frana molto elevata, elevata, media e moderata, valuta, in funzione di queste, i livelli di rischio e determina gli interventi consentiti al fine di mitigare la pericolosità, prevenire la nascita di nuove situazioni di rischio e non precludere la possibilità, con interventi futuri, di ridurre o eliminare lo stesso.

Il PAI suddivide l'intero territorio della Sardegna in sette sub-bacini, ognuno dei quali caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale. Il corso d'acqua del Rio Bunnari ricade nel territorio del sottobacino Coghinas-Mannu-Temo.

A seguito degli studi derivati dall'applicazione dell'art.8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. (Testo Coordinato) aggiornate alla data 31/01/2018 sono state ridefinite la perimetrazione delle aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica e pericolosità idraulica. Il PAI individua, per il tratto a valle della diga di Bunnari basso, una pericolosità idraulica molto elevata  $H_{i4}$  e pertanto sono consentiti esclusivamente:

- Le opere e gli interventi idraulici per migliorare la difesa dalle alluvioni e la sicurezza delle aree interessate da dissesto idraulico;
- Gli interventi per mantenere e recuperare le condizioni di equilibrio dinamico degli alvei dei corsi d'acqua;
- Le attività di manutenzione idraulica compatibile, compresi i tagli di piante esclusivamente per garantire il regolare deflusso delle acque;
- Le opere di sistemazione e riqualificazione ambientale e fluviale dirette alla riduzione dei pericoli e dei danni potenziali da esondazione, rivolti a favorire la ricostituzione degli equilibri naturali, della vegetazione autoctona, delle cenosi di vegetazione riparia;
- Le opere urgenti degli organi di protezione civile o delle autorità idrauliche regionali competenti per la tutela di persone e beni in situazioni di rischio idraulico eccezionali.
- Gli interventi di bonifica ambientale di siti inquinati.

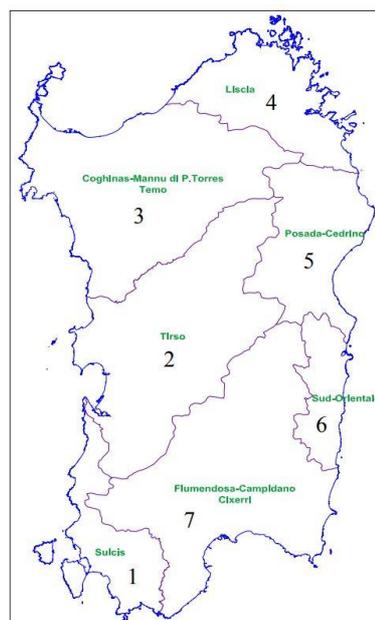


Figura 7: Suddivisione Sardegna da PAI

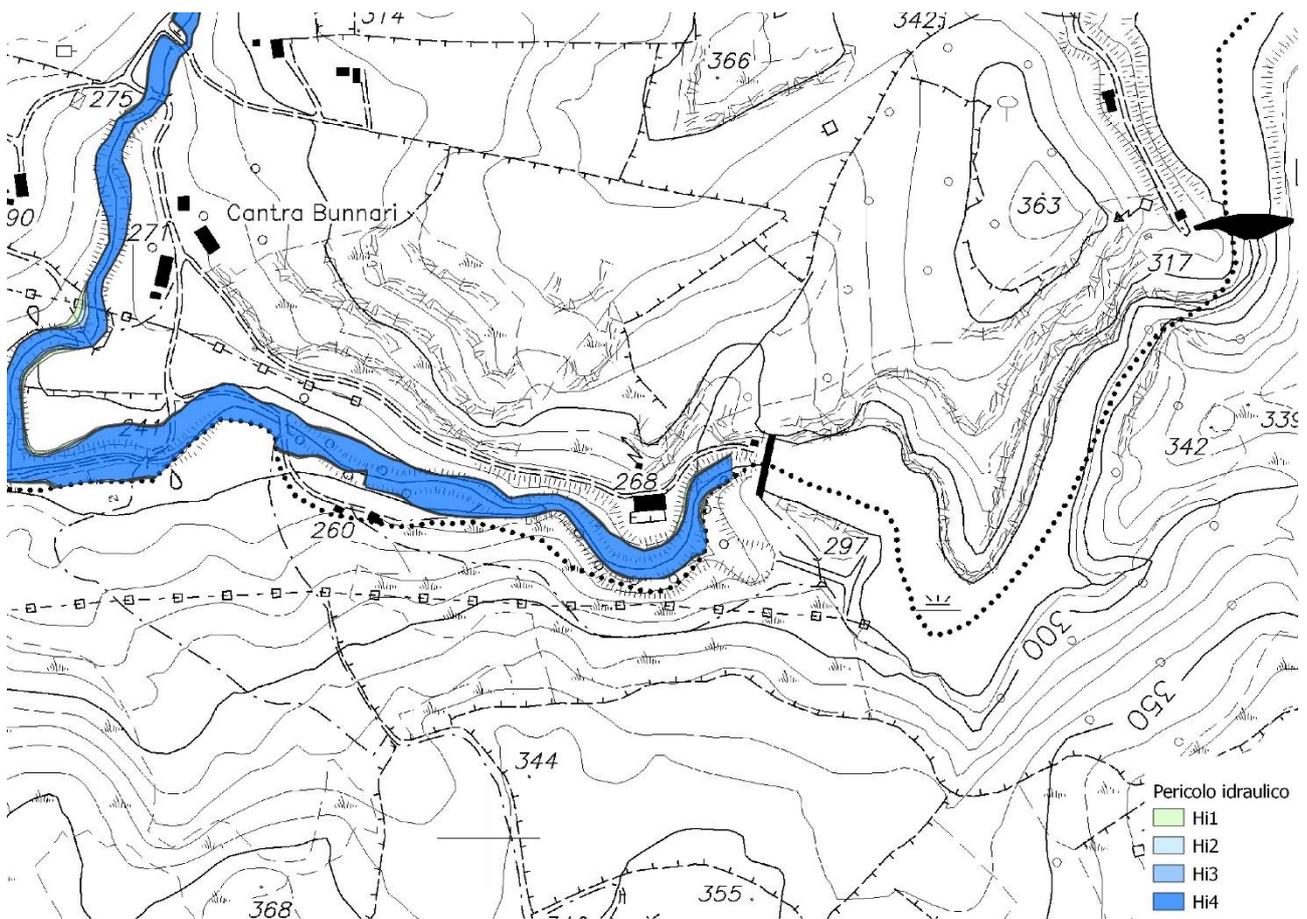


Figura 8: Carta di pericolosità idraulica da PAI su CTR

## 5.5 PERICOLO GEOMORFOLOGICO AI SENSI DEL P.A.I.

La superficie interessata dall'intervento ricade su aree con pericolo frana elevato (Hg3) e aree con pericolo frana minore (Hg0 e Hg2). Per il rischio frana elevato (Hg3) e medio (Hg2) il PAI consente esclusivamente:

- Opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi, di manutenzione e consolidamento dei versanti, di tutela dei suoli;
- Opere anche temporanee e gli interventi idraulico-forestali e idraulico-agrari per la riduzione o l'eliminazione del pericolo e dei rischi da frana nelle aree di innesco e sviluppo dei fenomeni di dissesto;
- Le opere di riqualificazione ambientale, miglioramento del patrimonio forestale, conservazione delle colture agrarie tradizionali, rinaturalizzazione delle aree inutilizzate;
- Ricostruzioni boschive e la semina di prati suscettibili di abbassare le soglie di pericolosità o di rischio;
- Il taglio di piante qualora sia dimostrato che esse concorrano a determinare lo stato di instabilità dei versanti, soprattutto in terreni litoidi e su preti subverticali;
- Le opere urgenti e indifferibili degli organi di protezione civile o delle autorità idrauliche regionali competenti per la tutela di persone e beni in situazioni di rischio da frana eccezionali.

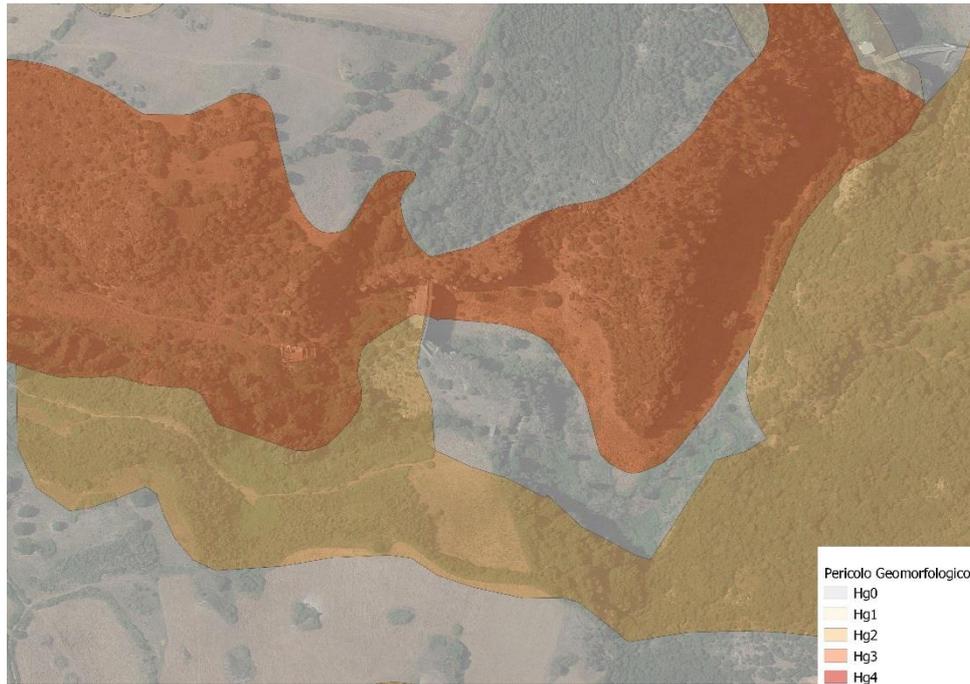


Figura 9: Carta del pericolo geomorfologico da PAI

## 6 STUDIO SUI PREVEDIBILI EFFETTI DELLA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO SULLE COMPONENTI AMBIENTALI E SULLA SALUTE DEI CITTADINI

Gli impatti connessi con la realizzazione dell'opera in progetto si riconducono alle seguenti tipologie:

- Impatti dovuti alla produzione di rifiuti;
- Impatti sull'inquinamento atmosferico;
- Effetti su suolo e sottosuolo;
- Rumore e vibrazioni,
- Impatti sulla biodiversità;
- Acqua superficiali e sotterranee;
- Impatti sul paesaggio e sul territorio;
- Impatti sulla salute umana;



## 6.1 IMPATTI DOVUTI ALLA PRODUZIONE DI RIFIUTI

La produzione di rifiuti all'interno del cantiere sarà legata principalmente alle demolizioni previste per la cabina elettrica e per la relativa linea aerea di connessione, le superfetazioni addossate al corpo diga e la vasca in c.a. adiacente all'edificio filtri. Le terre e rocce da scavo, a seguito delle opportune analisi previste dalla normativa, saranno riutilizzate in ambito di cantiere.

La gestione dei rifiuti in fase di cantiere verrà organizzata in modo da non impattare in alcun modo sul contesto ambientale di pertinenza. Sarà onere dell'impresa organizzare una raccolta dei rifiuti differenziata e strutturata in maniera tale che questi vengano stoccati e depositati in superfici adibite appositamente per evitare la dispersione di sostanze contaminanti nell'ambiente circostante. I rifiuti generati dalle attività di scavo e perforazione saranno catalogati con opportuno codice CER e smaltiti sulla base di quest'ultimo.

I siti di stoccaggio e deposito dei rifiuti dovranno possedere adeguata impermeabilizzazione della pavimentazione e della copertura superficiale, al fine di evitare il rilascio di percolati ecotossici che possano compromettere le matrici ambientali circostanti. Sarà organizzato un efficace protocollo di gestione dei rifiuti al fine di ridurre al minimo la permanenza degli stessi nel sito di intervento.

La corretta gestione dei rifiuti limiterà in maniera efficace eventuali impatti sulle componenti ambientali, che avranno comunque carattere temporaneo, poiché strettamente legato all'attività di cantiere, e reversibile.

## 6.2 IMPATTI SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Gli impatti sull'atmosfera derivanti dall'opera in progetto avranno carattere transitorio, limitatamente alla durata delle lavorazioni e saranno ascrivibili a:

- Attività di frantumazione, vagliatura e deposito materiale;
- Attività di scavo e perforazione;
- Operazioni di movimento terra;
- Trasporti interni ed esterni al cantiere;
- Emissioni dei gas di scarico

L'inquinamento atmosferico è definito dalla normativa italiana come *ogni modificazione della normale composizione o stato fisico dell'aria atmosferica, dovuta alla presenza nella stessa di una o più sostanze con qualità e caratteristiche tali da alterare le normali condizioni ambientali e di salubrità dell'aria, da costituire pericolo, ovvero pregiudizio diretto o indiretto per la salute dell'uomo, da compromettere le attività ricreative e gli altri usi legittimi dell'ambiente, da alterare le risorse biologiche ed i beni materiali pubblici e privati.*

Durante la fase di cantiere si determineranno inevitabilmente degli impatti sulla componente atmosfera ad opera delle emissioni dei motori delle macchine operatrici e dei mezzi veicolari presenti e dei fenomeni di produzioni/sollevamento di polveri associate alle attività di costruzione e trasporto del materiale.



Si ritiene opportuno prescrivere alcuni accorgimenti da attuare durante la realizzazione delle opere, al fine di contenere gli effetti causati sulla componente atmosferica. Per quanto riguarda le emissioni autoveicolari dovranno essere effettuati periodici controlli degli scarichi, al fine di assicurarsi che essi siano conformi alle indicazioni normative prescritte.

Per ciò che concerne le polveri, si dovrà evitare di movimentare materiale con livelli di umidità particolarmente bassi, in tal caso sarà necessario provvedere ad attività di inaffiamento; sulle piste non consolidate sarà opportuno legare le polveri in modo adeguato mediante autocisterna o impianto d'irrigazione; sarà opportuno munire le uscite dal cantiere alla rete stradale pubblica con efficaci sistemi di lavaggio delle ruote.

Gli inquinanti derivanti da emissioni di gas di scarico, saranno soprattutto  $PM_{10}$  e  $NO_x$ .

Per quanto concerne gli  $NO_x$ , sarà onere dell'impresa utilizzare mezzi, attrezzature e macchinari, conformi agli standard europei sulle emissioni, dal momento che queste vengono originate durante il processo di combustione nei motori. Sarà inoltre necessario provvedere alla loro manutenzione periodica in modo tale che gli standard continuino a essere rispettati sul lungo periodo. Gli  $NO_x$  sono dei forti precursori per la formazione di ozono e com'è noto, alte concentrazioni di ozono nell'aria sono responsabili del fenomeno dello smog fotochimico. Nonostante ciò appare molto improbabile raggiungere tali concentrazioni, in virtù del fatto che le sorgenti emissive sarebbero poco numerose e comunque la loro permanenza nell'area di cantiere sarebbe limitata al solo periodo delle lavorazioni.

Quanto ai  $PM_{10}$ , le conseguenze sul paesaggio di questa tipologia di inquinanti potrebbero derivare dal deposito delle polveri sulla vegetazione, che comporterebbero il cambiamento dei cromatismi naturali della vegetazione locale. Si prevedono pertanto le seguenti misure di mitigazione a carattere preventivo:

- Bagnatura delle piste destinate al transito dei mezzi di cantiere;
- Copertura tramite teli dei materiali stoccati;
- Limitazione al minimo delle operazioni di movimento terra nelle giornate in cui la velocità del vento superi i 10 km/h;
- Copertura con teli durante il transito;
- Riduzione della velocità dei mezzi all'interno del cantiere.

Non si prevedono in ogni caso impatti particolarmente significativi durante le attività di cantiere.

### **6.3 EFFETTI SU SUOLO E SOTTOSUOLO**

Le opere in progetto prevedono la realizzazione di scavi e movimenti di materie sia superficiali che profondi, in particolare la realizzazione della galleria determina l'interessamento di strati a matrice rocciosa per i quali sarà necessario porre particolare attenzione relativamente ai possibili inquinamenti determinati dal rilascio di sostanze inquinanti da parte dei mezzi d'opera. Al fine di preservare, per quanto possibile, i caratteri naturali del sito, tutti gli scotici saranno accantonati in depositi temporanei per poi essere riutilizzati nelle opere di



rinaturalizzazione e sistemazione a verde. Tutti i materiali escavati troveranno impiego in cantiere nella realizzazione di rilevati, argini e scogliere.

La componente suolo e sottosuolo sarà oggetto di indagine così come previsto dal Piano di Indagini, parte integrante del presente Progetto di fattibilità tecnica economica e permetterà di stabilire il possibile riutilizzo dei materiali compatibilmente con le loro caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

## 6.4 RUMORE E VIBRAZIONI

Gli impatti acustici durante la fase di cantiere saranno generati prevalentemente dal transito dei mezzi, dalle attività di perforazione e di scavo, dalle attività di vagliatura e frantumazione, dall'utilizzo di utensili durante le lavorazioni e dalla movimentazione dei materiali. I recettori più esposti all'inquinamento acustico sarà la fauna locale. Non si prevedono impatti sulla salute umana, dal momento che gli insediamenti abitativi più vicini distano in linea d'aria non meno di 2.5 km dall'area di cantiere. Si rileva la presenza di un ovile a circa 500 m di distanza per il quale saranno verificati livelli di esposizione durante le fasi di realizzazione delle opere in progetto.

Per la quantificazione precisa di tale impatto sarà comunque necessario eseguire dei rilievi fonometrici, al fine di progettare in maniera adeguata le idonee misure di mitigazione.

L'emissione di rumore e vibrazioni connesse con la fase di costruzione dell'opera dovranno essere opportunamente valutate e mitigate al fine di evitare lesioni ai manufatti storici limitrofi all'area di scavo e perforazione. In fase di realizzazione si presteranno i dovuti accorgimenti, con l'utilizzo di macchinari rispondenti alle norme vigenti in materia di inquinamento acustico, al fine di evitare il disturbo della fauna selvatica presente nell'area. Verranno poste in atto azioni finalizzate a limitare il livello di rumorosità delle macchine utilizzate come: utilizzare macchine e attrezzature omologate in conformità alle direttive CE e ai recepimenti nazionali; evitare, se possibile, l'utilizzo di macchine cingolate; installazione di silenziatori sugli scarichi; utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati; prevedere la dovuta manutenzione di mezzi e attrezzature con lubrificazione dei componenti e sostituzione di quelli usurati.

Si segnala che gli impatti dovuti al rumore e alle vibrazioni hanno carattere temporaneo e reversibile.

## 6.5 ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

Tra le opere in progetto la realizzazione della galleria costituisce un elemento da attenzionare rispetto alla componente acque sotterranee in quanto determina durante la fase realizzativa la possibile alterazione del regime idrografico sotterraneo seppur circoscritto ad un ambito piuttosto ristretto. Al fine di prevedere gli effetti sulla componente in esame è stato predisposto un adeguato Piano di Indagine che permetterà di ricostruire il reticolo idrografico sotterraneo e superficiale, permettendo di rilevare eventuali criticità rispetto alla soluzione proposta nel presente studio di fattibilità. Una volta terminati i lavori il sistema idrografico si riequilibra convergendo verso lo stato attuale. Pertanto l'impatto possibile rispetto alle acque sotterranee è temporaneo. Altro elemento sensibile e da curare con particolare attenzione è rappresentato dall'insieme



delle operazioni di cantiere, in corrispondenza sia dei corsi d'acqua superficiali sia di possibili falde sotterranee. In particolare occorre porre attenzione ai possibili sversamenti accidentali determinati dai mezzi meccanici durante la realizzazione dell'opera.

Al fine di evitare quest'eventualità sarà onere dell'impresa esecutrice adottare tutte le misure necessarie per un'accurata prevenzione e in particolare:

- Prestare la massima attenzione durante il trasporto dei materiali;
- Impermeabilizzare la superficie di fondo destinata allo stoccaggio dei materiali;
- Coprire i materiali depositati con teli impermeabili, al fine di evitare lisciviazione di qualsivoglia sostanza;
- Non superare il limite di velocità all'interno dell'area di cantiere al fine di evitare la movimentazione di polveri che potrebbero depositarsi nel corpo idrico, aumentando i valori di torbidità,
- Adeguata formazione del personale impegnato nei lavori.

Al fine di prevenire e monitorare eventuali inquinamenti a carico delle acque in fase di progettazione definitiva sarà predisposto un Piano di Monitoraggio finalizzato sia alla verifica della qualità delle acque prima dell'inizio dei lavori e al controllo circa eventuali alterazioni delle stesse durante l'esecuzione dei lavori e in fase di esercizio delle opere. Il tutto sarà coordinato e condiviso con l'ARPAS.

## **6.6 IMPATTI SULLA BIODIVERSITÀ**

I possibili impatti sulla componente flora e fauna sono limitati alla fase di esecuzione dell'opera, essi comprendono l'allontanamento temporaneo della fauna a causa dell'occupazione del suolo, del transito degli automezzi, la realizzazione di scavi e riporti necessari alla realizzazione dei manufatti.

Durante la fase di cantiere si prevedono impatti sulla flora derivanti dalla realizzazione di un argine che insiste in buona parte sul bacino storico della Diga di Bunnari Basso. La realizzazione del piccolo invaso e la creazione di un by-pass che incrementa le portate del Rio Bunnari determina la creazione di nuovi habitat con la possibilità di insediamento della fauna. Pertanto fatta eccezione per alcune aree di cantiere buona parte della vegetazione sarà salvaguardata e si procederà a una ricucitura tra il contorno naturale e il sito della diga, che attualmente presenta nette discontinuità, essendo meno ricco di vegetazione. La fauna trova dimora prevalentemente nelle aree limitrofe a quelle d'intervento, caratterizzate da una maggiore vegetazione e naturalità. Le aree d'intervento essendo state rimaneggiate per la funzione legata alla diga presentano una copertura vegetale rada, che mal si concilia con la presenza di fauna. Per quanto detto l'impatto sulla fauna derivante dalle operazioni di cantiere resta limitato al rumore e alle vibrazioni dei mezzi d'opera, che si cercherà di ridurre al minimo. In fase definitiva si procederà ad un attento censimento delle fauna per stabilire eventuali interruzioni dei lavori a beneficio di eventuali nidificazioni dell'avifauna o di altre specie.



## **6.7 IMPATTO SUL PAESAGGIO E SUL TERRITORIO**

Attualmente il sito d'intervento presenta un impatto paesaggistico determinato dalla scarsa manutenzione dei manufatti della diga e dalla interruzione del suo servizio, con la conseguente messa in evidenza dei manufatti che normalmente sono sommersa dall'acqua. In particolare il paramento della diga risulta completamente scoperto. Da questo punto di vista la riqualificazione complessiva dell'area permette un miglioramento in termini paesaggistici in quanto la creazione di un piccolo specchio d'acqua e la continuità con il Rio Bunnari, accompagnata dal restauro dei manufatti storici, restituisce un contesto di particolare suggestione con positive ricadute anche in chiave turistica.

La collocazione dell'argine in posizione arretrata rispetto all'ansa del bacino lo rende poco visibile dai principali punti di visuale. Inoltre l'argine sarà oggetto di mitigazione attraverso idrosemina e nuove piantumazioni.

In relazione all'opera di presa si evidenzia l'impatto esercitato dalle strutture in elevazione. Per queste è previsto la realizzazione di muri con nucleo in c.a. all'interno di casseri prefabbricati prefiniti con rivestimento in pietra simile a quella presente nei manufatti esistenti. La scelta dei rivestimenti in pietra è dettata dalla necessità di armonizzare il nuovo manufatto con gli altri elementi della diga che hanno questo tipo di finitura. Lo sfioratore verrà rivestito con uno strato di acciaio COR-TEN, che una volta acquisita la tipica colorazione dovuta all'ossidazione favorirà l'integrazione del manufatto con il contesto naturale circostante.

L'argine sarà oggetto di rinaturalizzazione tramite idrosemina e piantumazione di specie arboree e arbustive. La vasca di dissipazione prevede la realizzazione di una scogliera, realizzata con massi ciclopici provenienti dalle attività di scavo all'interno del cantiere. Pertanto, il rivestimento della vasca acquisirà un aspetto del tutto simile alla roccia già presente in situ. In corrispondenza dello sfioratore si rileva la presenza di versanti franosi che saranno stabilizzati mediante la realizzazione di prati armati.

Questa tecnica consente di ottenere ottimi risultati sotto diversi aspetti, legati in particolare al contrasto dell'erosione, alla rinaturalizzazione e alla conservazione del suolo, e al contempo assicura un buon inserimento paesaggistico.

## **6.8 IMPATTO SULLA SALUTE UMANA E RISCHIO INCIDENTI E/O CALAMITÀ**

Le opere in progetto non comportano rischi per la salute umana, anzi esse sono rivolte alla fruizione in sicurezza del sito. Tutti materiali impiegati nella realizzazione dell'intervento dovranno rispettare i requisiti previsti dalla normativa vigente. Le opere in progetto consistono in interventi di movimentazione delle terre, scavi e rilevati, modesti getti in calcestruzzo, modesti interventi edilizi sui manufatti, mitigazioni ambientali. L'insieme delle lavorazioni determina la formazione di polveri che dovranno essere abbattute, controllate mediante la bagnatura continua sia delle piste di cantiere sia delle aree di movimentazione e scavo, al fine di limitare al minimo la dispersione delle stesse in atmosfera. L'ambito di intervento è costituito da un'area piuttosto isolata, in aperta campagna, delimitata da recinzioni e interdetta all'accesso da parte di estranei. Pertanto, le attività di cantiere interesseranno esclusivamente gli addetti ai lavori che sono debitamente



protetti e formati per operare in sicurezza. Non si segnalano pertanto coinvolgimenti della popolazione rispetto alle attività di cantiere. Si segnala come l'area vasta in cui ricade l'intervento non ospita siti industriali o attività produttive inquinanti, essendo caratterizzata da attività agro pastorali. Si rileva la presenza di un ovile a circa 500m dal sito di intervento che dovrà essere adeguatamente protetto dalle polveri generate dal cantiere.

Il rischio incidenti durante le attività di cantiere dovranno essere scongiurati attraverso il ligo rispetto della vigente normativa in materia di sicurezza. Il personale che a vario titolo opererà nell'area di cantiere dovrà essere altamente formato, così come previsto D.lgs 81/08 e s.m.i., al fine di conoscere tutti i possibili rischi e misure di protezione previste per le specifiche lavorazioni. Tutte le lavorazioni dovranno rispettare le indicazioni del Piano di Sicurezza e Coordinamento e i rispettivi allegati.

L'intervento in progetto ha come finalità primaria la sicurezza idraulica del sito, attraverso la realizzazione di un opera idraulica dimensionata per il picco di portata dell'evento millenario  $Tr=1000$ , pari a  $Q=194.47$  m<sup>3</sup>/s. Inoltre attraverso l'intervento in progetto si rendono fruibili in sicurezza i manufatti storici presenti nel sito.

Allo stato attuale i manufatti presentano potenziali rischi derivanti principalmente dal crollo della copertura dell'edificio filtri e dal dissesto della pavimentazione, e dal rischio caduta dall'alto sul coronamento della diga. Pertanto, le opere in progetto prevedono la realizzazione di una nuova copertura e pavimentazione per l'edificio filtri e la sostituzione e integrazione dei parapetti sul coronamento della diga. I percorsi di accesso all'area saranno protetti attraverso opportune recinzioni.

## 7 STUDIO SUI PREVEDIBILI EFFETTI DELL'INTERVENTO IN FASE DI ESERCIZIO SULLE COMPONENTI AMBIENTALI E SULLA SALUTE DEI CITTADINI

Gli impatti connessi con l'esercizio dell'opera in progetto si riconducono alle seguenti tipologie:

- Impatti sull'inquinamento atmosferico;
- Effetti su suolo e sottosuolo
- Rumore e vibrazioni;
- Impatti su acque superficiali e sotterranee;
- Impatti sul contesto naturalistico;
- Impatti sulla biodiversità
- Impatti sulla salute umana.
- Effetti sul sistema socio economico;

### 7.1 IMPATTI SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

A lavori ultimati il territorio oggetto di intervento beneficerà della rinaturalizzazione complessiva con positive ricadute sulla qualità dell'aria, grazie alle nuove piantumazioni in progetto.



## **7.2 EFFETTI SU SUOLO E SOTTOSUOLO**

In fase di esercizio non si segnalano significativi impatti a carico della componente suolo e sottosuolo.

## **7.3 RUMORE E VIBRAZIONI**

In fase di esercizio non si prevedono impatti acustici rilevanti.

## **7.4 IMPATTI SU ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE**

Il nuovo specchio idraulico in progetto avrà dimensioni minori rispetto all'invaso originario. A seguito della realizzazione della galleria il flusso delle acque provenienti dal drenaggio superficiale verrà indirizzato sull'alveo del Rio Bunnari, che vedrà incrementare le sue portate idriche a beneficio delle cenosi acquatiche. Le nuove piantumazioni al contorno incrementeranno la naturalità del corso d'acqua, e permetteranno un'azione filtrante a beneficio della qualità delle acque.

## **7.5 IMPATTI SUL CONTESTO NATURALISTICO**

Sotto il profilo naturalistico non si prevedono impatti particolarmente significativi in fase di esercizio. Si segnala unicamente che la riqualificazione del sito, attrarrà sicuramente un bacino di utenza turistica maggiore rispetto allo stato attuale. Ciononostante, l'aumento della pressione antropica non comporta necessariamente impatti negativi sul contesto naturalistico, che anzi potrebbe vedere dei benefici derivanti da una maggiore cura del territorio. I luoghi che godono di una scarsa frequentazione, sono spesso oggetto di abbandono di rifiuti e altri fenomeni di inciviltà che ne causano il deterioramento progressivo, sia direttamente che indirettamente.

## **7.6 IMPATTI SULLA BIODIVERSITÀ**

In fase di esercizio non si riscontrano impatti significativi, l'opera andrà invece a costituire un nuovo punto di abbeveraggio per la fauna selvatica e la possibile creazione di ambienti adatti alla nidificazione di diverse specie di uccelli.



## **7.7 IMPATTO SULLA SALUTE UMANA**

La realizzazione delle opere non comporterà alcun impatto diretto sulla salute. Se si prende in considerazione la messa in sicurezza idraulica, delle scarpate e dei manufatti, si possono certamente definire positive ricadute derivanti dalla realizzazione delle opere. Il miglioramento della qualità dell'aria e la tutela della qualità delle acque concorreranno al miglioramento complessivo del sito anche rispetto ai temi della salute umana.

## **7.8 EFFETTI SUL SISTEMA SOCIO ECONOMICO**

Con la riqualificazione del sito sarà possibile riconvertire un insieme di manufatti di archeologia industriale caratterizzati precarie condizioni di conservazione e sicurezza, in un organico insieme di elementi adeguatamente recuperati e rifunzionalizzati in chiave turistica. Gli interventi in progetto oltre al recupero dei manufatti mirano a una rinaturalizzazione complessiva del sito con la rivitalizzazione del corso d'acqua, la creazione di un nuovo specchio d'acqua, il tutto inserito in un contesto ambientale di particolare suggestione, dove la visita all'architettura dell'acqua si coniuga con lo stare all'aria aperta lungo itinerari debitamente protetti e sicuri.



## 8 CONCLUSIONI

Con il presente Studio di Prefattibilità Ambientale è stato descritto lo stato attuale delle diverse componenti ambientali interessate dalle opere e si sono analizzati gli impatti sulle stesse durante le fasi di costruzione e di esercizio. L'esito delle valutazioni condotte nel presente documento evidenzia una piena fattibilità delle opere rispetto alla componente ambientale, questa determinata dalla modesta dimensione dei manufatti e dalla natura puntuale dell'intervento.