



DOCUMENTO DI INDIRIZZO DELLA PROGETTAZIONE

ALLEGATO n.3

AL DISCIPLINARE DI INCARICO PROFESSIONALE

per l'affidamento di incarico per i servizi tecnici di architettura e ingegneria
relativi alla progettazione, alla direzione lavori e al coordinamento
della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione per l'intervento denominato

**“DGR n.18/03 del 12.04.2018 – D.2.b – Intervento di completamento dei lavori di
ampliamento del serbatoio di Maccheronis.”**

CUP I44D18000030002

Il Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Francesco Caturano

Servizio Dighe
Il Direttore
Ing. Antonio Loche

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	ANALISI DELLO STATO DI FATTO	4
2.1	Inquadramento	4
2.2	Descrizione sintetica dello sbarramento	4
2.3	Dati principali del serbatoio	9
2.4	Dati principali del serbatoio	10
2.5	Descrizione sintetica del bacino imbrifero dell'invaso	11
2.6	Descrizione sintetica dell'alveo a valle	12
2.7	Descrizione sintetica del tratto di alveo subito a valle dello sbarramento	14
2.8	Studi onde di piena conseguenti a manovre e Dam Break	16
2.9	Descrizione sintetica degli organi di scarico	17
2.10	Principali interventi in atto	21
3.	OBBIETTIVI GENERALI ED ESIGENZE DA SODDISFARE	21
4.	DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI ATTIVITA' GIA ESPLETATE	22
5.	PRINCIPALI LEGGI E NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	26
6.	PRINCIPALI VINCOLI TERRITORIALI ED AMBIENTALI SULLE AREE INTERESSATE	27
7.	PRINCIPALI IMPATTI DELLE OPERE SULLE COMPONENTI AMBIENTALI	28
8.	FASI E LIVELLI DA SVILUPPARE	28
9.	SISTEMA DI REALIZZAZIONE, FASE DI ESECUZIONE E COLLAUDO DELLE OPERE	30
10.	STIMA SOMMARIA DEI COSTI DELLE OPERE	31
11.	QUADRO ECONOMICO DI SPESA E LIMITI FINANZIARI DA RISPETTARE	32
12.	ALLEGATI	32

1. PREMESSA

Con Deliberazione della Giunta della Regione Sardegna n. 22/1 del 07.05.2015, nell'ambito del piano regionale delle infrastrutture adottato in attuazione dell'art.4 della L.R. n. 05/2015, è stato destinato al Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale un finanziamento di € 2.000.000,00 per il "Completamento dei lavori di sovrizzo della Diga di Maccheronis sul Rio Posada" solo in parte erogati al Consorzio.

Con nota n. 46732 del 04.12.2017 l'Assessore ai Lavori Pubblici ha comunicato che, in base a quanto previsto dall'art. 18, comma 2, della L.R. n. 19/2006, l'appalto e i lavori relativi all'"Intervento di completamento dei lavori di ampliamento del serbatoio di Maccheronis" verranno attuati dall'ENAS in qualità di soggetto gestore del Sistema Idrico Multisetoriale Regionale.

Con Deliberazione della Giunta della Regione Sardegna n. 18/3 del 12.04.2018 è stata riallocata all'ENAS la quota del finanziamento predetto non ancora erogato al Consorzio, pari ad € 1.800.000,00, per dare avvio alle attività connesse all'Intervento di "Completamento dei lavori di ampliamento del serbatoio di Maccheronis". Intervento necessario per l'attuazione delle modifiche alla configurazione finale dello sbarramento conseguente alla rivalutazione idrologica del bacino del fiume Posada, il quale raccoglie le acque che confluiscono nel serbatoio di Maccheronis.

I lavori di ampliamento della diga, prevedevano la realizzazione di uno scarico di superficie con paratoie movimentabili, da realizzarsi fuori dallo sbarramento in sinistra idraulica, la demolizione dell'esistente sfioratore di superficie posto sul coronamento della diga, il sovrizzo dello stesso coronamento per consentire una maggiore capacità di accumulo e l'adeguamento del sistema di monitoraggio della diga.

Al momento i soli lavori di completamento dello scarico di superficie con paratoie movimentabili fuori dallo sbarramento in sinistra idraulica sono rimasti in gestione del Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale e sono in fase di esecuzione.

ENAS gestore dell'opera, ha avviato e concluso degli studi idrologici sul bacino idrografico sotteso dalla diga di Maccheronis, rivolti alla rivalutazione idrologica ed al conseguente aggiornamento degli idrogrammi di progetto relativi agli eventi di piena millenari.

La adozione di questi nuovi studi ha comportato la necessità di operare una profonda revisione progettuale delle opere.

A tale fine l'ENAS ha predisposto uno studio di fattibilità per individuare le soluzioni progettuali relative alle nuove possibili configurazioni degli scarichi dello sbarramento.

La soluzione prospettata dallo studio è stata, in estrema sintesi, quella di ridurre l'entità del sovrizzo e la realizzazione di uno scarico in fregio allo sbarramento in aggiunta allo scarico in fase di costruzione in sinistra idraulica.

Gli interventi previsti nello studio di fattibilità sono a completamento degli interventi per la realizzazione dello scarico di superficie in sinistra idraulica in corso di esecuzione.

Luogo di esecuzione dei lavori comune di Torpè codice NUTS ITG26.

2. ANALISI DELLO STATO DI FATTO

Di seguito si riporta una breve descrizione dei luoghi e dello stato attuale dello sbarramento.

2.1 Inquadramento

La diga di Maccheronis ricade dal punto di vista amministrativo nel territorio del comune di Torpè (NU). Il bacino idrografico sotteso dalla diga si trova tra le province di Nuoro e Sassari ed è impostato tra la catena del Monte Albo a sud, i Monti di Bitti e di Alà dei Sardi ad Ovest. Il suo spartiacque si snoda attraverso una serie di alti morfologici: Punta Catirina di 1'127 m s.l. m., Punta Senalonga di 1'077 m s.l.m. e Punta Pianedda di 985 m s.l.m.

Il bacino sotteso dallo sbarramento ha un'estensione di 615 km² ed il serbatoio è situato a circa 6 km in linea d'aria dall'abitato di Torpè, in direzione nord-est.

2.2 Descrizione sintetica dello sbarramento

La diga di Maccheronis, ultimata nel 1960, è del tipo a gravità massiccia in calcestruzzo con andamento planimetrico lievemente arcuato. La sezione corrente è riferibile ad un triangolo fondamentale con vertice a quota 46,50 m s.l.m. e apertura totale di 0,74 (0,04 verso monte e 0,70 verso valle).

La diga presenta 24 conci di costruzione, numerati da I a XXIV. Originariamente i 14 conci centrali, i nn. VI–XIX, erano tracimabili con profilo Scimeni, per una lunghezza complessiva della soglia libera di 198 m, al netto delle pile. Al di sopra dello sfioratore era stata realizzata una passerella di collegamento delle sponde, della larghezza di 3,0 m.

Tale passerella carrabile faceva parte della Strada Provinciale n. 24.



Diga configurazione originale – Vista da valle

Nell'ambito dell'originario progetto di ampliamento del serbatoio (Progetto esecutivo per l'ampliamento del serbatoio – Giugno 2005) era previsto il sopraelevamento di 1 metro del piano di coronamento e l'occlusione delle luci di sfioro, in modo da rendere l'intero sbarramento non tracimabile. A questo fine

nei conci tracimabili si è provveduto, negli anni scorsi, alla demolizione della passerella superiore, delle pile su cui la passerella poggiava e alla demolizione parziale della soglia di sfioro, che presenta attualmente un profilo scalettato con soglia a quota 42,30 m s.l.m. (70 cm sotto la quota della soglia di sfioro originaria, che si trovava a 43,00 m s.l.m.). La lunghezza complessiva della soglia, a seguito della demolizione delle pile risulta attualmente di 212 m.

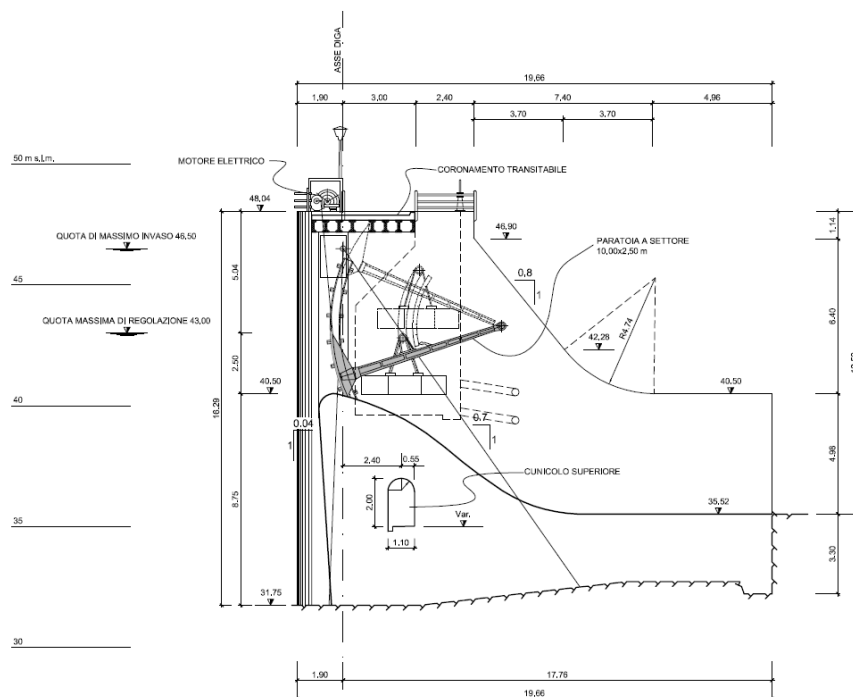


Profilo dello sbarramento a seguito dei lavori – Configurazione attuale

Nei primi conci di spalla in destra e sinistra la sopraelevazione è già stata realizzata. Il piano di coronamento è stato elevato alla quota 49,04 m s.l.m., contro i 48,04 m s.l.m. della diga originaria. Nel contempo, la larghezza complessiva del coronamento è stata portata da 3,00 a 8,30 m, dei quali 7,00 m previsti per la carreggiata e 1,30 m per il marciapiede ed il parapetto di monte.

Nel concio n.V, ossia tra l'ultimo concio emergente in spalla destra (IV) e il primo tracimabile (VI), è ubicato uno sfioratore di alleggerimento con soglia a quota 40,50 m s.l.m. e 10 m di luce, munito di paratoia a settore con altezza di ritenuta di 2,50 m, e filo superiore alla quota di massima regolazione originaria (43,00 m s.l.m.).

Attualmente lo scarico di alleggerimento si trova ancora nella configurazione originaria, come pure il coronamento del concio n. V, sul quale ancora non è stato eseguito l'intervento di sopraelevazione ed allargamento.

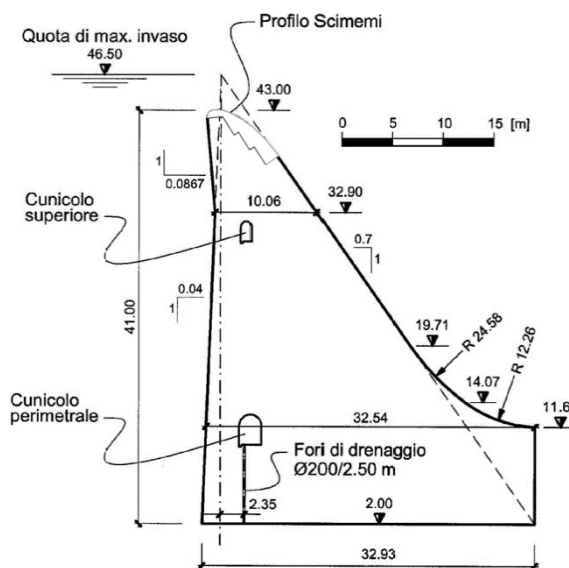


Sezione concio V – Stato attuale Scarico alleggerimento con paratoia a settore

Nel corpo diga esistono due cunicoli praticabili: il cunicolo superiore, con piano di calpestio a quota 30 m s.l.m., è tracciato tra i conci V e XX; il cunicolo perimetrale, che corre alcuni metri al di sopra della superficie di fondazione, è tracciato tra i conci X e XVII. Il cunicolo superiore è accessibile da due ingressi situati sul paramento di valle, alle estremità dei conci V e XX; il cunicolo perimetrale da un paramento di valle in corrispondenza dell'ingresso sul concio X. I due cunicoli sono collegati tra loro mediante discenderie a pozzo, ubicate alle estremità del cunicolo perimetrale, nei conci X e XVII.

La tenuta dei giunti di costruzione è affidata:

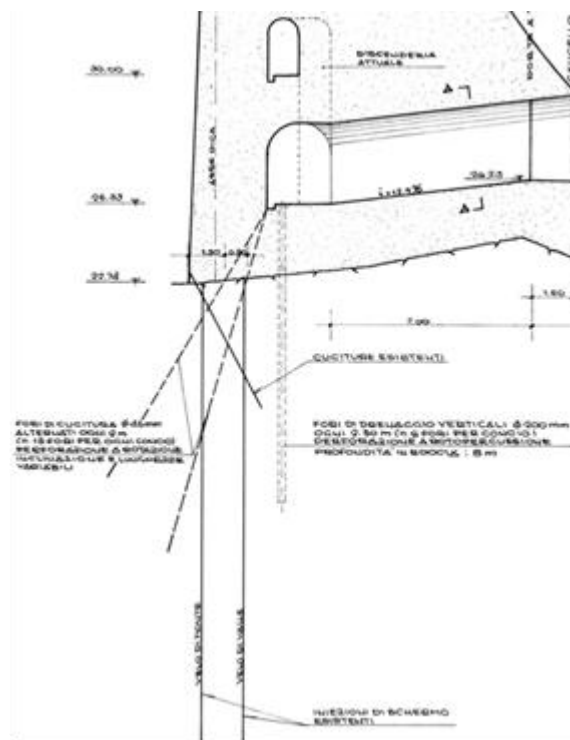
- sul paramento di monte (giunti 11–15), ad una coppia di lamierini di rame sagomati a “Z”: il primo a 30 cm dal paramento, il secondo (interrotto a 32,50 m s.l.m. previa saldatura al primo) a 50 cm dallo stesso paramento;
- sul paramento di monte (giunti 1–10 e 16–23), a travi coprigiunto a sezione pentagonale, con retrostante lamierino di rame sagomato a “Z”, estese fino alla quota di massimo invaso (elementi non tracimabili) o fino alla sommità del raccordo circolare della soglia (elementi tracimabili);
- sul paramento di valle (giunti 5–19) (conci tracimabili), ad un lamierino di rame sagomato a “Z”, ad una profondità di 25 cm rispetto al paramento stesso.



In corrispondenza di ogni giunto tra i conci esiste un pozzo di ispezione da 800 mm, tangente ai cunicoli praticabili, utilizzato anche come sbocco di drenaggi orizzontali delle riprese dei getti (drenaggi disposti a circa 60 cm dal paramento di monte).

Lungo il cunicolo perimetrale sono presenti 40 canne di drenaggio verticali di recente realizzazione (anni 2002–2005), ciascuna del diametro di 200 mm, perforate ad interasse di 2,50 m l'una dall'altra. Uno schermo impermeabile, integrato da iniezioni di cucitura del contatto roccia–calcestruzzo, assicura la tenuta profonda.

Le iniezioni di cucitura originarie, realizzate all'epoca della costruzione della diga, vennero eseguite dal paramento di monte (interasse di circa 1,5 m e inclinazione tale da intersecare le iniezioni di schermo) e dal paramento di valle (conci XI, XII, XIV con interasse di 2,5 m; conci XV, XVI e XVI con interasse di 5 m), tutte per una profondità in roccia di circa 5 m. Inoltre, in corrispondenza dell'unghia di valle dei conci centrali (da XII a XVI), venne eseguito un ulteriore schermo di iniezioni con fori ad interasse di 5 m, fino a profondità dell'ordine di 20 m. In sponda sinistra (lungo la strada per Concas, a partire dall'estremità dello sbarramento originario), venne accertata la presenza di roccia sana a quota inferiore a quella di massimo invasivo. Fu così realizzato uno specifico schermo di iniezioni, integrato con un muro di contenimento



delle acque di circa 50 metri di lunghezza, con ciglio a quota 48,00 m s.l.m. e fondazione su roccia sana.

Le iniezioni di cucitura eseguite dal piede del paramento di monte all'epoca della costruzione della diga sono state integrate negli anni 2002–2005 con ulteriori iniezioni entro fori Ø45 mm praticati dal piede di monte del cunicolo perimetrale ad interasse di 2 m.

Sulla soglia sfiorante dei conci tracimanti venne originariamente steso un manto di usura, con calcestruzzo dosato a 270 kg/m³, a fronte di un dosaggio ordinario di cemento di 220 kg/m³. Nel 1987 la soglia sfiorante fu oggetto di specifici lavori di manutenzione, con demolizione e ricostituzione del calcestruzzo corticale e ripresa dei giunti di costruzione (cordone di mastice bituminoso in prosecuzione del lamierino di rame, ad una profondità di circa 10 cm per uno sviluppo di 7 m, con coprighiunto cementizio). Contestualmente, venne anche eseguito un trattamento di impermeabilizzazione del paramento di monte dei conci centrali (X–XVI, al di sopra di quota 20,00 m s.l.m.), con applicazione di rete elettrosaldata e realizzazione di intonaco cementizio fibrorinforzato.

Il progetto di ampliamento originario del serbatoio predetto prevedeva, oltre la già menzionata occlusione delle originarie luci di sfioro in corpo diga, la realizzazione di un nuovo sfioratore, munito di paratoie, al di fuori dello sbarramento, in una sella naturale in sinistra idraulica della diga principale. Il nuovo sfioratore era previsto fosse costituito da una traversa in calcestruzzo con soglia a quota 35,50 m

s.l.m., sovrastata da quattro pile in calcestruzzo armato formanti tre luci di scarico di 15 metri ciascuna, provviste di altrettante paratoie a settore a comando oleodinamico aventi 11,18 metri di altezza, soglia di battuta a quota 35,32 m s.l.m. e filo superiore a quota 46,50 m s.l.m.

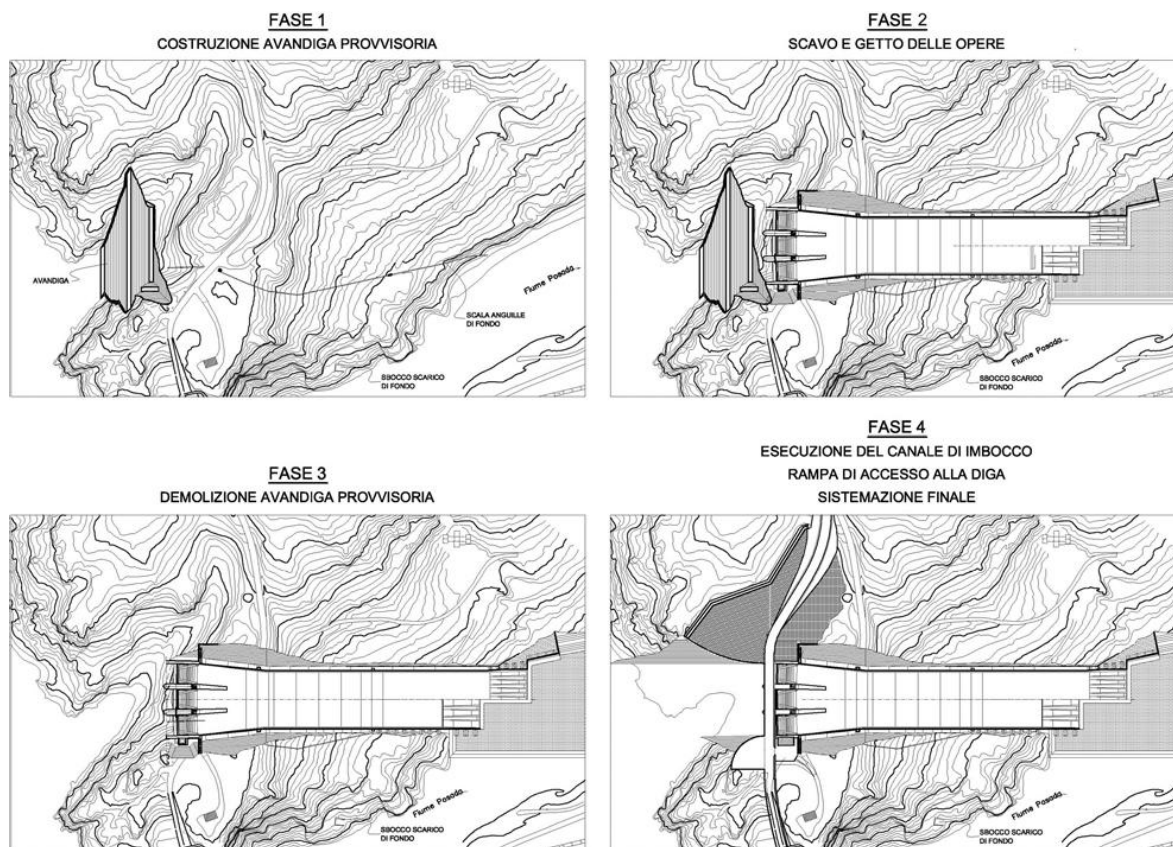
Alle tre luci suddette era previste seguisse uno scivolo e poi un canale di scarico rivestito in calcestruzzo a sezione trapezia, con larghezza di base di 40 m e scarpa delle pareti di 1/8. Questo doveva terminare con due salti di sci con angolo di uscita rispetto all'orizzontale di 16°, provvisti di deflettori. Le pareti ed il fondo del canale erano previste in cemento armato. In destra e in sinistra della nuova traversa di scarico erano previsti due muri di chiusura longitudinali con sommità alla quota 49,22 m s.l.m.

All'interno della traversa di scarico era previsto un cunicolo longitudinale di ispezione e drenaggio con piano di calpestio a quota 30,00 m s.l.m., nel quale era previsto venisse realizzato un sistema di drenaggi verticali Ø200 mm ad interasse di 2,50 m immersi nella roccia di fondazione per una lunghezza di 6 m.

Lo schermo di tenuta era previsto essere costituito da iniezioni in fori subverticali Ø50 mm praticati dal piede del paramento di monte della traversa, con interasse di 2 m e profondità in roccia di 6 m. Ulteriori iniezioni di impermeabilizzazione sono previste, lateralmente alla traversa, dalle due estremità del cunicolo di ispezione e lungo il piede dei muri di chiusura destro e sinistro.

Il progetto di ampliamento del serbatoio prevedeva che il nuovo scarico di superficie fosse realizzato in quattro fasi principali:

- 1) costruzione di un'avandiga provvisoria;
- 2) scavo e realizzazione delle opere;
- 3) demolizione dell'avandiga;
- 4) esecuzione del canale d'imbocco.



L'avandiga provvisoria era previsto che venisse realizzata con quota del coronamento pari a 44,00 m slm, in materiali sciolti impermeabilizzata a monte con un rivestimento in PVC poggiante su un supporto di gunite. L'ammorsamento del rivestimento al piede del paramento di monte era stata previsto che venisse realizzato mediante un taglione in c.a. nel quale annegare il lembo inferiore del rivestimento in PVC. Sul paramento di monte, al di sopra del rivestimento in PVC, era stato previsti dei cordoli di appesantimento in calcestruzzo che corrono lungo le direttrici di maggiore pendenza, mentre in sommità il rivestimento è stato previsto che venisse ammorsato al di sotto del getto di calcestruzzo del piano di coronamento.

I lavori relativi alla realizzazione del nuovo scarico di superficie in sinistra idraulica sono in fase di esecuzione e sono in gestione del Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale. Al momento si sta concludendo al fase 2 scavo e getto delle opere.

2.3 Dati principali del serbatoio

	Prima dei lavori	Stato attuale
- Altezza della diga (ai sensi del D.M. 24.03.1982).....	46,00	47,00 m
- Altezza della diga (ai sensi della L. 584/1994)	31,00	32,00 m
- Altezza di massima ritenuta (D.M. 24.03.1982)	32,50	32,50 m
- Quota coronamento	48,04	49,04 m s.l.m.
- Franco (ai sensi del D.M. 24.03.1982).....	1,54	2,54 m
- Franco netto (ai sensi del D.M. 24.03.1982).....	1,04	2,04 m
- Sviluppo del coronamento	336,00 m	

- Volume della diga 95'700 m³
- Classifica ai sensi del D.M. 24.03.1982..... Diga muraria a gravità ordinaria – Aa1

2.4 Dati principali del serbatoio

	Prima dei lavori	Stato attuale
– quota di massimo invaso	46,50	46,50 m s.l.m.
– quota massima di regolazione	43,00	42,30 m s.l.m.
– quota minima di regolazione.....	27,90	27,90 m s.l.m.
– superficie dello specchio liquido:		
– alla quota di massimo invaso	3,59	3,59 km ²
– alla quota massima di regolazione	2,85	2,71 km ²
– alla quota minima di regolazione	0,61	0,61 km ²
– volume totale di invaso (D.M. 24.3.1982)	38,07	38,07 Mm ³
– volume di invaso (L.584/1994)	26,80	24,85 Mm ³
– volume utile di regolazione.....	23,95	22,00 Mm ³
– volume di laminazione	11,27	13,22 Mm ³
– superficie del bacino imbrifero sotteso	615.....	615 km ²

Le superfici dello specchio liquido e i volumi di invaso riportati in questa sezione sono stati ricavati dalle curve delle superfici e dei volumi aggiornate dall'ENAS (relativamente alle quote del terreno comprese fra 36,20 e 50,00 m s.l.m.) sulla base di un rilievo aerofotogrammetrico eseguito in data 22 gennaio 2016. Le curve aggiornate sono ben approssimate dalle espressioni analitiche

$$S = -1,3463(h-14)^4 + 94,077(h-14)^3 + 1530,6(h-14)^2 + 7717(h-14)$$

$$V = -1,3463/5(h-14)^5 + 94,077/4(h-14)^4 + 1530,6/3(h-14)^3 + 7717/2(h-14)^2$$

nelle quali:

h è il livello d'invaso, espresso in m s.l.m.;

S è la superficie dello specchio liquido, espressa in m²;

V è il volume di invaso, espresso in m³.

La gestione del serbatoio è soggetta ad un piano speditivo di laminazione statica, adottato con deliberazione della giunta regionale n.23/01 del 09.05.2017 di cui alla D.P.C.M. 27.02.2004.

Il piano prevede all'art.2 (Limitazioni di livello d'invaso per laminazione statica) che, in considerazione del regime idrologico del bacino idrografico sotteso dalla diga, il livello di invaso della diga sia ordinariamente mantenuto a quota non superiore a quelle definite dalla tabella seguente:

Mese	Quota	Volume d'invaso	Volume utile di regolazione
Ottobre	35 m s.l.m.	9.9 Mm ³	7.1 Mm ³
Novembre			
Dicembre			
Gennaio			
Febbraio	38 m s.l.m.	15.0 Mm ³	12.2 Mm ³
Marzo	40.5 m s.l.m.	20.4 Mm ³	17.6 Mm ³
Aprile	42.3 m s.l.m.	24.9 Mm ³	22.1 Mm ³
Maggio			
Giugno			
Luglio			
Agosto			
Settembre			

2.5 Descrizione sintetica del bacino imbrifero dell'invaso

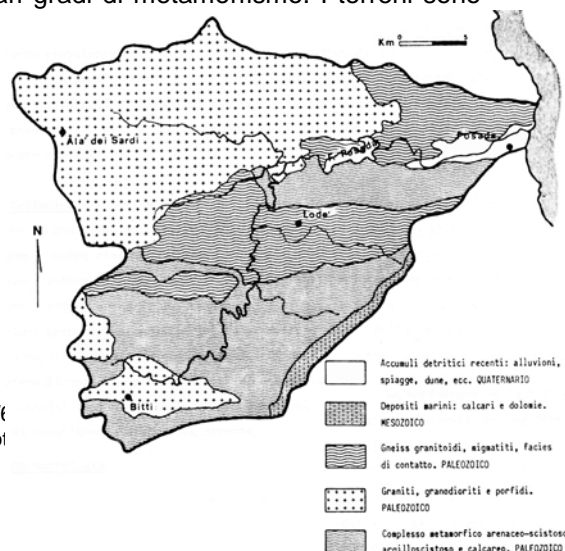
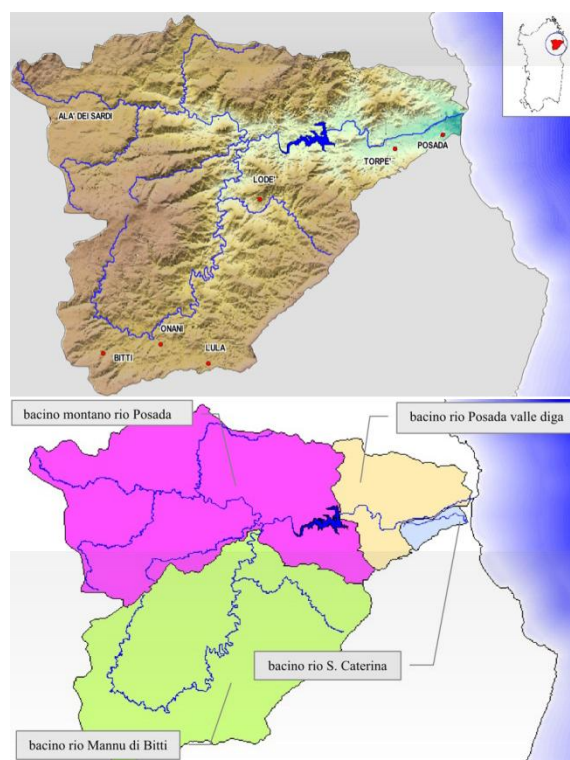
Tra i fiumi che sfociano nella costa orientale della Sardegna, il fiume Posada è una delle unità idrografiche più importanti. Il suo bacino si trova a cavallo tra la provincia di Sassari e la provincia di Nuoro, impostato tra la catena del Monte Albo a Sud e i Monti di Bitti e di Alà dei Sardi ad Ovest. Il suo spartiacque si snoda attraverso una serie di picchi di notevole altezza, come Punta Caterina (1227 m), Punta di Senalonga (1077 m) e Punta Pianedda (985 m).

Il bacino del Posada, alla foce di Orville, ha un'estensione di 680 km², e sviluppo dell'asta principale di 88 km. La parte montana, sottesa dalla diga di Maccheronis, ha un'estensione complessiva di circa 615 km², ed è costituita dall'unione di due grandi sottobacini indipendenti: quello del rio Mannu di Bitti, di 302 km², che drena tutta la parte meridionale del territorio, e quello dell'Alto Posada, che a monte della confluenza col rio Mannu di Bitti drena una superficie di 238 km².

Dal punto di vista litologico, il bacino sotteso dalla diga è interamente costituito, se si eccettua una modesta fascia di formazioni calcaree mesozoiche (catena del Monte Albo), dalle rocce cristalline paleozoiche: il settore settentrionale e parte di quello sud-occidentale (Monti di Bitti) sono occupati dalle rocce granitiche ascrivibili al ciclo ercinico, mentre sulla restante area, che è poi quella di maggiore estensione, affiorano tipi litologici che presentano vari gradi di metamorfismo. I terreni sono sostanzialmente impermeabili, con forti dislivelli fra gli altopiani e la rete idrografica principale, e conseguente carattere torrentizio del fiume.

Ulteriori parametri caratteristici relativi al bacino del Posada a Maccheronis sono indicati nel seguente prospetto:

Lunghezza asta principale 74,5 km

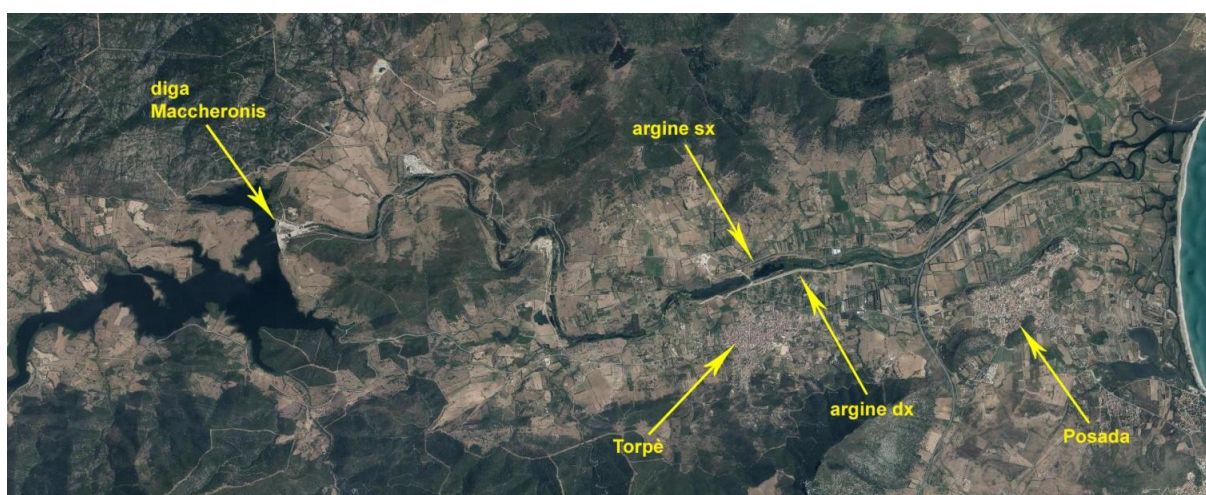


Quota sezione di chiusura	32,0	m s.l.m.
Altezza media del bacino	516,5	m s.l.m.
Pendenza media del bacino	0,164	
Pendenza media dell'asta fluviale	0,005	

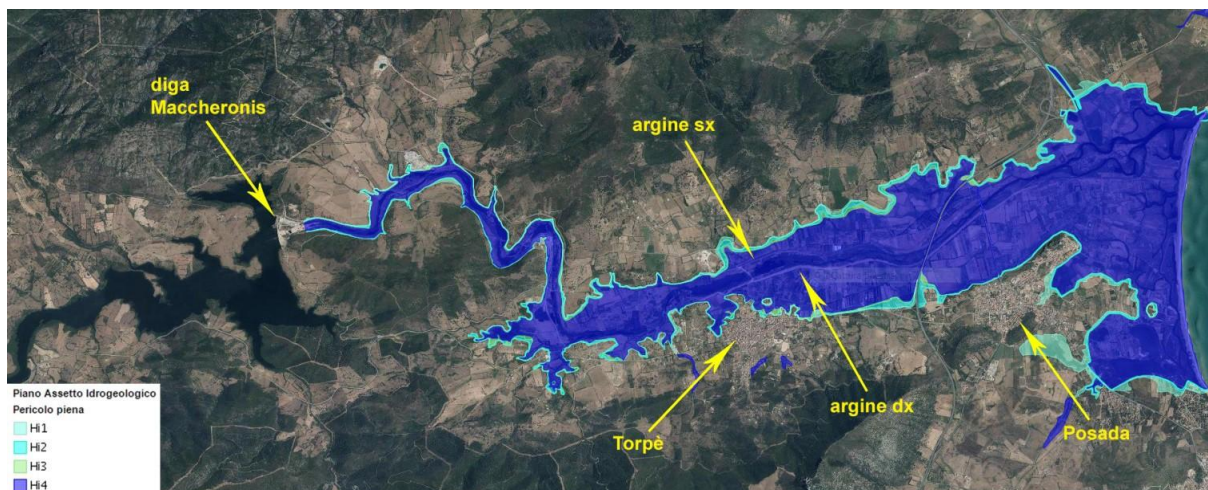
2.6 Descrizione sintetica dell'alveo a valle

L'alveo a valle è sensibilmente incassato sino al guado di S. Giovanni (5 km circa dallo sbarramento); attraversa quindi il fondovalle alluvionale e, dall'abitato di Torpè sin quasi alla foce, è regimato in destra e in sinistra con arginature. Il sistema arginale presenta una sezione tipo in terra di altezza variabile tra 3 e 6 m circa e di larghezza in sommità pari a 3 m. L'argine in destra è protetto al piede per brevi tratti con gabbionate; sono inoltre rivestiti i brevi settori in cui sono state realizzate le rampe di accesso alle aree golenali.

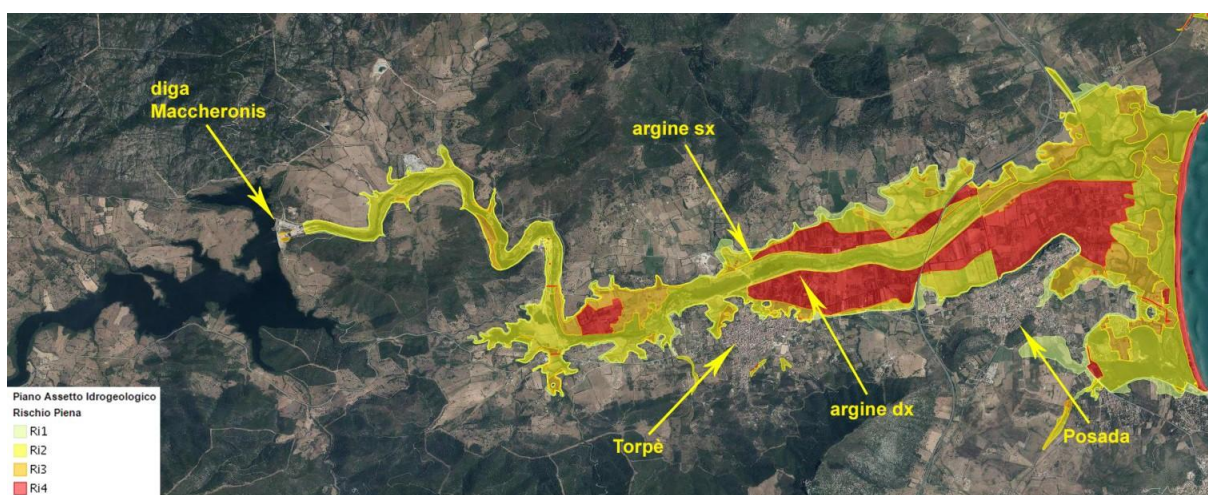
Il PAI Sardegna individua come particolarmente critico, in termini di rischio idraulico, il tratto di alveo che corre in prossimità degli abitati di Torpè e Posada. La principale causa di criticità è individuata nella inadeguatezza della struttura arginale esistente, che sarebbe sormontata già nel caso di piene con tempo di ritorno dell'ordine dei 50 anni, con conseguente allagamento di un'ampia porzione del territorio retrostante. Tuttavia, le simulazioni condotte in sede di redazione del PAI e del PSFF indicano come il deflusso di piena non sembri interessare l'abitato di Posada, e coinvolga marginalmente l'abitato di Torpè solo in occasione di eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni.



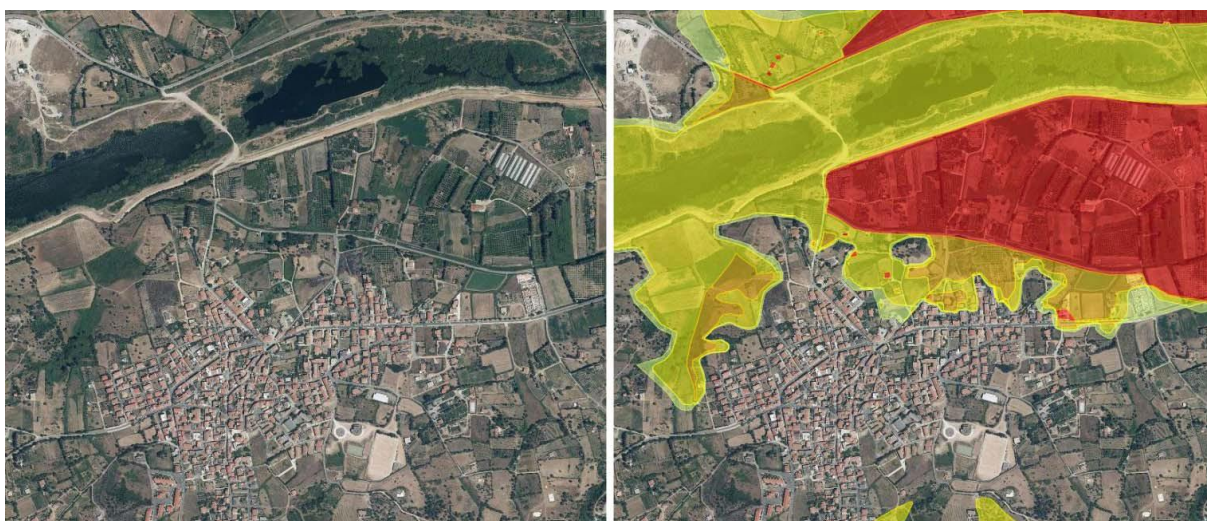
Alveo a valle della diga di Maccheronis



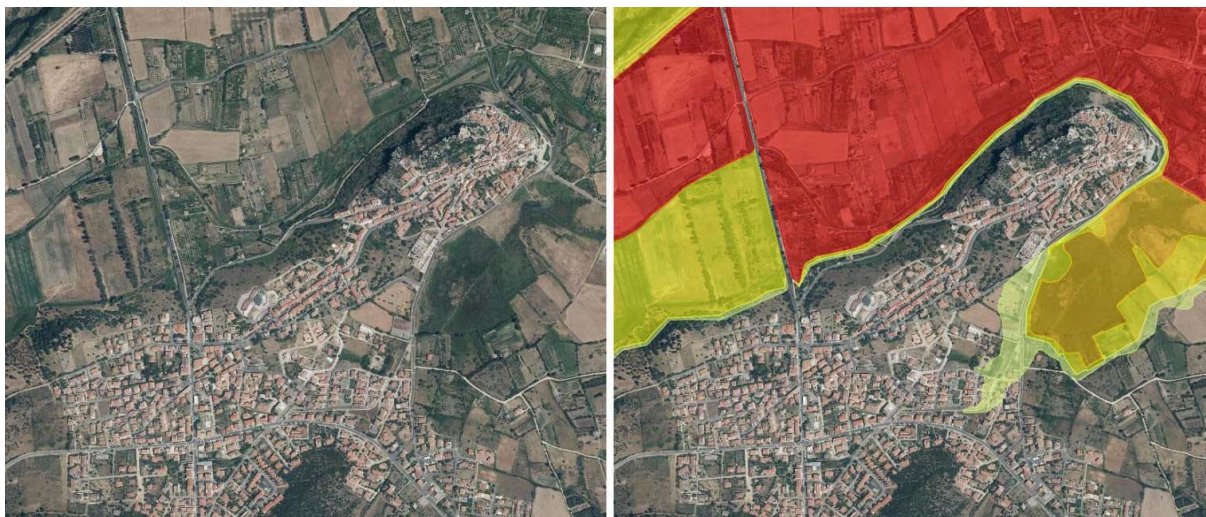
PAI Sardegna – Mappa del pericolo piena



PAI Sardegna – Mappa del rischio piena



PAI Sardegna – Mappa del rischio di piena, particolare dell'abitato di Torpé



PAI Sardegna – Mappa del rischio di piena, particolare dell'abitato di Posada

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino regionale della Sardegna con Deliberazione n. 2 del 15.03.2016, prevede a valle della diga di Maccheronis interventi di mitigazione del rischio idraulico e di difesa dal rischio idrogeologico dei centri abitati.

2.7 Descrizione sintetica del tratto di alveo subito a valle dello sbarramento

Per alveo subito a valle dello sbarramento si intende il tratto che va dal piede della diga sino a alla prima ansa in sinistra dell'alveo a circa 1200 m dallo.

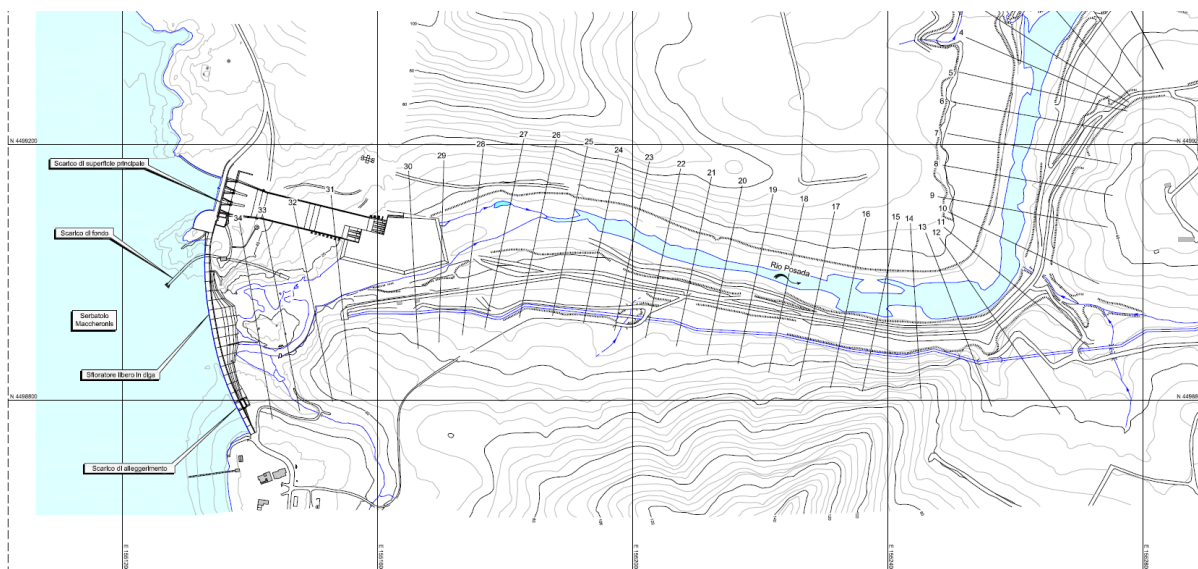
Questo tratto presenta nella prima parte, circa 200 m, versanti rocciosi a forte pendenza con morfologia alquanto irregolare che, procedendo verso valle, si evolve rapidamente a versanti sabbiosi, a debole pendenza e con morfologia regolare.

In particolare immediatamente a valle dello sbarramento è presente un modesto rilievo roccioso al centro della valle, che divide idraulicamente le portate del settore destro e del settore sinistro dello sfioratore in corpo diga.

Nel settore sinistro fu scavato un canale artificiale lungo il fondo dell'avvallamento naturale, per la deviazione del fiume all'epoca della costruzione della diga, mentre il settore destro corrisponde con l'alveo principale del fiume.

Sono presenti a circa 80 m dal piede dello sbarramento, ruderi della retrodiga originaria con diaframma di palancole tipo Larssen.

In sponda sinistra è ben visibile il canale con i relativi salti di sci dello scarico di superficie e in sponda destra, in una posizione prospiciente al salto di sci, è presente la centrale idroelettrica Posada. Nelle foto di seguito evidenziano le reciproche posizioni dei manufatti.



Stralcio dello studio di fattibilità – Lombardi 2018



Foto area anno 2013



Vista dall'alto del salto di sci e della centrale idroelettrica



Vista di insieme dell'alveo subito a valle dello sbarramento in primo piano i resti del retrodiga nello sfondo il canale dello scarico e la centrale idroelettrica Posada.

2.8 Studi onde di piena conseguenti a manovre e Dam Break

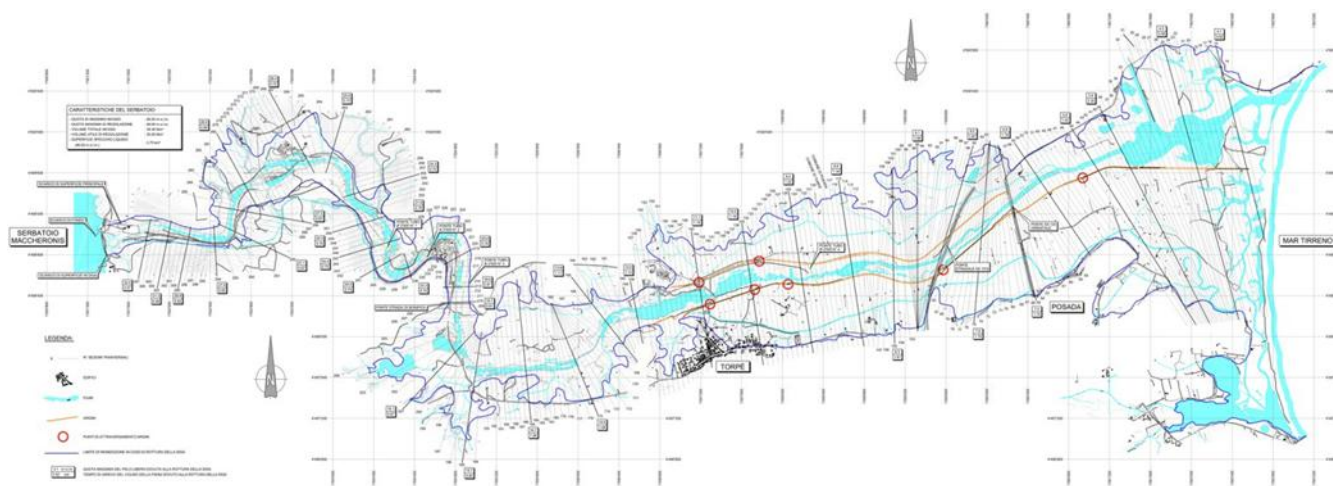
Lo studio delle onde di piena artificiali conseguenti a repentina apertura degli organi di scarico e ad ipotetico collasso della diga, nella sua più recente versione, allegata al progetto esecutivo 2005 per l'ampliamento del serbatoio, riporta le seguenti conclusioni.

Nel caso di apertura del solo scarico di fondo la portata scaricata a valle è di piccola entità, ed è quindi poco significativa ai fini della protezione civile. Il tempo di arrivo dell'onda nell'alveo in corrispondenza degli abitati di Torpé e di Posada è, rispettivamente, di 3,06 e 6,72 ore.

- Nel caso di apertura contemporanea di tutti gli scarichi manovrabili della diga, dalla simulazione risulta come:
- a breve distanza dalla diga (330 m a valle) la massima portata raggiunta sarebbe $Q_{max} = 3333 \text{ m}^3/\text{s}$, e il massimo tirante idrico $h_{max} = 8,47 \text{ m}$;
- subito a monte dell'abitato di Torpè si avrebbe $Q_{max} = 2140 \text{ m}^3/\text{s}$ ed $h_{max} = 5,44 \text{ m}$; il tempo di arrivo del colmo sarebbe pari a 1,40 ore (1 ora e 24');;
- subito a monte dell'abitato di Posada si avrebbe $Q_{max} = 1986 \text{ m}^3/\text{s}$ ed $h_{max} = 3,95 \text{ m}$; il tempo di arrivo del colmo sarebbe di 1,93 ore (1 ora e 56').

Nel caso di collasso della diga, risulterebbe:

- a breve distanza dalla diga (330 m a valle) $Q_{max} = 16258 \text{ m}^3/\text{s}$; $h_{max} = 22,09 \text{ m}$;
- subito a monte dell'abitato di Torpè $Q_{max} = 7480 \text{ m}^3/\text{s}$; $h_{max} = 8,27 \text{ m}$; tempo di arrivo del colmo: 1,13 ore (1 ora e 8');;
- subito a monte dell'abitato di Posada $Q_{max} = 5742 \text{ m}^3/\text{s}$; $h_{max} = 6,97 \text{ m}$; tempo di arrivo del colmo: 1,70 ore (1 ora e 42').



Studio dell'onda di piena artificiale per collasso della diga – Planimetria delle aree allagate

2.9 Descrizione sintetica degli organi di scarico

Scarico di superficie in fregio allo sbarramento

- Situazione antecedente all'avvio dei lavori
Ubicato nella parte centrale della diga, sui conci VI–XIX, lo sfioratore di superficie era costituito da una soglia libera della lunghezza complessiva di 198 m, al netto delle pile, con sfioro a quota 43,00 m s.l.m. sagomata con profilo Scimeni, sovrastata da un viadotto di collegamento delle sponde.
- Situazione attuale
Nel corso dei lavori per l'ampliamento del serbatoio, si è proceduto alla preliminare demolizione della parte sommitale dei conci sfioranti della diga originaria, portandone il ciglio alla quota 42,30 m s.l.m. La diga risulta con ciò sfiorante per una lunghezza di 212 metri, con soglia orizzontale di larghezza pari a 1,65 m.

La scala delle portate dello sfioratore è data ancora dall'espressione:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

con:

Lunghezza della soglia sfiorante $L=212$ m;

Carico sulla soglia h [m]

Coefficiente di efflusso μ valutato secondo la regola seguente.

Indicando con d ($= 1,65$ m) lo spessore della soglia si ha che per $0,1 \leq h/d \leq 1,5$ lo stramazzo può essere considerato del tipo “a parete grossa” (Longo e Petti, 2005). In questo caso, per $0,1 \leq h/d \leq 0,4$ il coefficiente di efflusso μ può essere considerato costante e pari a 0,385 (stato critico sulla soglia), mentre per $0,4 < h/d \leq 1,5$ il coefficiente μ cresce linearmente con h/d dal valore 0,385 al valore 0,41 mentre per $h/d > 1,5$ la soglia inizia a funzionare “a parete sottile”, con μ costante e pari a 0,41.

Scarico di superficie fuori dallo sbarramento in sinistra idraulica (al momento in costruzione)

Lo scarico di superficie fuori dallo sbarramento in sinistra idraulica è costituito da una traversa in calcestruzzo armato, preceduta da un canale di imbocco di circa 90 m, con soglia a quota 35,50 m s.l.m. suddivisa in tre luci di 15 metri ciascuna, provviste di altrettante paratoie a settore di 11,18 metri di altezza con appoggio sulla soglia dello sfioratore a quota 35,32 m s.l.m. (il filo superiore delle paratoie risulta dunque a quota 46,50 m s.l.m.). Alle tre luci suddette segue uno scivolo e poi un canale di scarico in calcestruzzo a sezione trapezia che termina con due salti di sci con angolo di uscita rispetto all'orizzontale di 16° , provvisti di deflettori.

Con riferimento al progetto 2005 della nuova traversa di sfioro in sinistra, in condizioni di completa apertura delle paratoie la scala delle portate di ciascuna delle tre luci è data dall'espressione:

$$Q = \mu \cdot L_{eff} \cdot h \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

essendo:

$L_{eff} = L - 2k_p h$ dove $L = 15$ m è la lunghezza della soglia e $k_p = 0,044$ è un coefficiente di contrazione; h (m) il carico sulla soglia, posta a quota 35,50 m s.l.m.;

μ il coefficiente di efflusso, dato dall'espressione $\mu = \mu_d \left(\frac{h}{h_d} \right)^{0,12}$ (Brunnel), dove h_d è il carico di dimensionamento e μ_d è il relativo coefficiente di deflusso (nella fattispecie $h_d = 8,75$ m e $\mu_d = 0,48$).

Quando tutte e tre le luci fossero in funzione, la portata sarebbe evidentemente pari a tre volte quella data dall'espressione predetta.

Nel caso di funzionamento sotto battente, nel progetto 2005, sulla base della trattazione teorica del processo di efflusso e dei (concordanti) risultati delle prove su modello, si propone per la portata di efflusso da una sola paratoia parzialmente aperta una curva di regressione di equazione:

$$Q = 66,44(-0,01a + 0,6641)a\sqrt{h}$$

dove:

a [m] è l'apertura della paratoia, misurata verticalmente a partire dalla quota di battuta, 35,32 m s.l.m.; h [m] è il carico idraulico, misurato a partire dalla quota della soglia, 35,50 m s.l.m.

Benché lo scarico di superficie sia in buona parte realizzato le relative paratoie pur essendo già in opera, non possono essere ancora manovrate. Si prevede che il loro completo funzionamento sarà garantito al compimento dei lavori ancora in capo al Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale.

Scarico superficiale di alleggerimento

Realizzato in corrispondenza del concio V, è costituito da un'unica luce della lunghezza di 10 m con soglia sfiorante a quota 40,50 m s.l.m. provvista di paratoia a settore con altezza di ritenuta di 2,5 m, a comando elettrico, azionata mediante due argani. Alla soglia di sfioro, sagomata con profilo Scimemi, segue un breve scivolo che si raccorda con un successivo tratto piano, con quota di uscita 35,52 m s.l.m.

La scala delle portate dello scarico di alleggerimento, in condizioni di completa apertura della paratoia a settore, è data dalla consueta espressione:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove:

$\mu = 0,46$ il coefficiente di efflusso;

$L = 10$ m è la lunghezza della soglia;

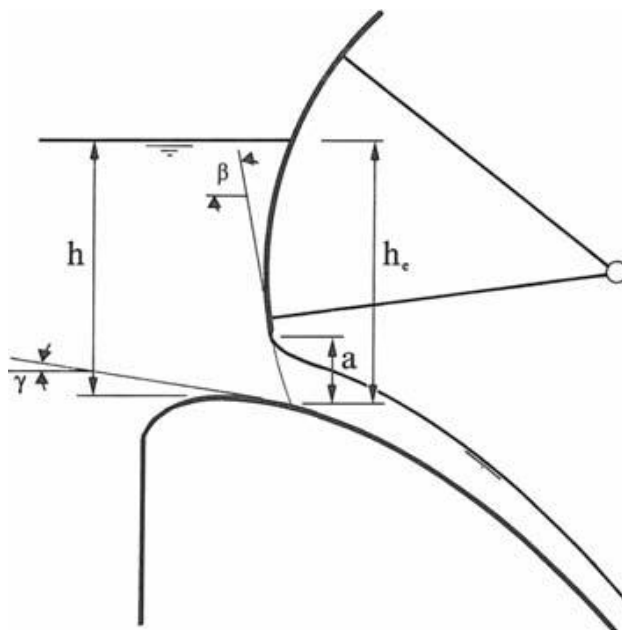
h (m) è il carico sulla soglia, posta a quota 40,50 m s.l.m.

Nel caso di funzionamento sotto battente, l'espressione della scala delle portate è la seguente:

$$Q = \mu \cdot L \cdot a \sqrt{2 \cdot g \cdot h_e}$$

con significato dei simboli descritto nella figura sottostante, e con: $\mu = \frac{0,46+0,54e^{-0,8\alpha}}{1+\frac{a}{h_e}(0,6-0,2\alpha)}$

dove $\alpha = \beta - \gamma$ (N.B.: α è espresso in radianti). La precedente espressione di μ , dovuta a Cozzo (1978), fu determinata per paratoie installate su un canale a fondo orizzontale, ma "può essere impiegata per paratoie associate a fondo inclinato o curvo assumendo per angolo α quello di inclinazione della tangente del bordo inferiore della paratoia alla tangente al fondo nel punto di battuta" (Arredi). Nella fattispecie, $\gamma = 11^\circ$ sessagesimali.



Scarico di fondo

è costituito da una galleria a sezione circolare con soglia di imbocco a quota 14,41 m s.l.m. che si sviluppa in sponda sinistra. La galleria è rivestita con un anello in calcestruzzo di 25 cm di spessore, e ha un diametro, al netto dell'anello di rivestimento, pari a 3,5 m. Lo sviluppo complessivo della galleria è di m 199,05. La pendenza del fondo è dello 0,2 %. Alla progressiva 105 m circa la galleria è intercettata da due paratoie piane a strisciamento, a comando oleodinamico, di dimensioni 1,60 x 2,00 m. A monte e a valle delle paratoie, due tronchi rivestiti in lamiera raccordano gradualmente la sezione da circolare a rettangolare. Le paratoie sono ubicate nel fondo di un pozzo di manovra cui si accede dalla sponda sinistra, poco a valle della diga. Attualmente, la manovra delle paratoie dello scarico di fondo è possibile solo in locale, dal quadro di comando situato nella camera di manovra alla sommità del pozzo delle paratoie o dal quadro situato alla base del pozzo stesso.

La scala delle portate dello scarico di fondo è data dall'espressione:

$$Q = A \sqrt{\frac{H_m - H_s}{\frac{L}{K^2 R^{4/3}} + \frac{0,5 + 1,225 \left(\frac{A}{C_c \sigma} \right)^2}{2g}}}$$

essendo:

$A = \pi D^2/4 = 9,62 \text{ m}^2$ la sezione della condotta in pressione a monte delle paratoie ($D = 3,5 \text{ m}$);

$C_c \cdot \sigma$ l'area della sezione contratta a valle delle paratoie (C_c è il coefficiente di contrazione e σ è l'area della sezione libera in corrispondenza della paratoia di valle);

$L = 107 \text{ m}$ la lunghezza del tratto di condotta in pressione a monte della paratoia di valle;

k il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, che nella fattispecie può assumersi uguale a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;

$R = D/4 = 0,875 \text{ m}$ il raggio idraulico;

H_m la quota dell'invaso a monte;

H_s la quota di sbocco, o del baricentro della sezione contratta, pari 14,20 m s.l.m. (quota della base della condotta in corrispondenza delle paratoie) più $(C_c \cdot a)/2$, dove a è l'altezza di apertura della paratoia di valle.

Per quanto attiene al coefficiente di contrazione C_c , questo è tabellato in funzione del grado di apertura relativo della paratoia di valle a/a_{max} (Von Mises, 1946):

$a/a_{max} \approx$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
C_c	0,611	0,612	0,616	0,622	0,631	0,644	0,662	0,687	0,722	0,787	0,95

La distribuzione dei valori di C_c in funzione di $x = a/a_{max}$ è ben approssimata dalla polinomiale

$$C_c = 9,9206x^7 - 27,2631x^6 + 29,3587x^5 - 15,4219x^4 + 4,1115x^3 - 0,3884x^2 + 0,0216x + 0,611$$

2.10 Principali interventi in atto

Allo stato attuale il principale intervento in atto sono i lavori di completamento dello scarico di superficie in sponda sinistra gestite dal Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale.

Si stima che questi lavori saranno completati prima di dare corso alle lavorazioni di completamento dell'ampliamento dell'invaso relativi all'incarico in parola.

3. OBIETTIVI GENERALI ED ESIGENZE DA SODDISFARE

Lo svolgimento dei servizi in questione dovrà, nel rispetto delle indicazioni e delle prescrizioni indicate nelle NT-Dighe 2014, essere ispirato al conseguimento dei seguenti obiettivi principali:

- Massimizzare il volume invasabile tenendo conto della gestione in sicurezza dello sbarramento e delle portate esitate a valle dagli scarichi dello sbarramento.
- Garantire il mantenimento in servizio dello sbarramento, durante la fase di costruzione delle opere, principalmente in relazione alla necessità di assicurare la continuità del servizio di erogazione idrica.

Il riferimento di base per lo sviluppo dei servizi sarà costituito dallo Studio di fattibilità dell'Intervento di completamento dei lavori di ampliamento redatto dalla Lombardi SA Ingegneri Consulenti.

Inoltre sono allegati quali riferimenti utili per lo sviluppo dei servizi:

- Progetto esecutivo per l'ampliamento del serbatoio – Giugno 2005.
- Piano di laminazione del bacino del Fiume Posada – Maggio 2016.
- Definizione dei modelli idrologici per la gestione degli eventi di piena nei principali serbatoi artificiali della Sardegna – Posada a Maccheronis – Agg. Giugno 2016.
- Relazione del Prof. Ing. Ugo Ravaioli su condizioni di sicurezza durante la fase transitoria e proposte per la sistemazione definitiva – Gennaio 2017.

Nello sviluppo e negli approfondimenti progettuali, qualora il professionista lo ritenga opportuno può per motivate esigenze tecniche e/o economiche distaccarsi dalle indicazioni di massima dello studio di fattibilità, dando dimostrazione del meglio perseguire gli obiettivi principali precedentemente enunciati.

Le opere progettate oltre a perseguire gli obiettivi principali dovranno avere caratteristiche, dimensionali, qualitative e prestazionali tali da consentire, nel corso del tempo, una ottimale gestione dello sbarramento con particolare riguardo alla sicurezza dello sbarramento e alla incolumità delle popolazioni a valle.

Nel suo complesso, l'intervento dovrà essere orientato, nel rispetto dei limiti finanziari e dei vincoli di natura tecnica, al migliore inserimento ambientale delle opere e alla minimizzazione degli impatti delle stesse sulle componenti ambientali del contesto d'intervento.

4. DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI ATTIVITA' GIA ESPLETATE

Definizione dei modelli idrologici per la gestione degli eventi di piena nei principali serbatoi artificiali della Sardegna – Posada a Maccheronis – Agg. Giugno 2016

A seguito degli eventi meteorici del novembre 2013, caratterizzati da precipitazioni di entità eccezionali, che hanno interessato il bacino sotteso dallo sbarramento del Maccheronis si è manifestata la necessità di verificare e rivalutare l'idrogramma di progetto millenario per la diga Maccheronis.

Il dipartimento di ingegneria Civile-Ambientale e Architettura della Università degli studi di Cagliari (DICAAR), nell'ambito della convenzione ENAS/UNICA repertorio n.188 del 16/07/2008 per la "Definizione dei modelli idrologici per la gestione degli eventi di piena nei principali serbatoi artificiali della Sardegna" ha predisposto il relativo studio idrologico e la verifica idraulica degli organi di scarico nella configurazione ante e post le opere previste nel Progetto esecutivo per l'ampliamento del serbatoio – Giugno 2005.

Da questi studi è scaturita la necessità di una profonda revisione progettuale delle opere previste nel predetto progetto, con particolare riguardo alla capacità degli organi di scarico dello sbarramento di far defluire gli eventi di piena millenari stimati con il nuovo studio.

Le principali risultanze dello studio sono di seguito elencate.

Le stazioni di misura pluviometriche esaminate nel bacino sono dieci, e le curve di possibilità pluviometrica (CPP) sono derivate dai dati di pioggia nel periodo 1922-1980, elaborati secondo la distribuzione probabilistica TCEV (Deidda, 2000).

I tempi di corrivazione del bacino, calcolati con i diversi metodi presenti in letteratura, sono risultati variabili da 9,66 ore a 16,91 ore. Cautelativamente per la definizione dell'idrogramma di progetto è stato assunto il valore di 9,66 ore.

Il volume della piena è stimato secondo due metodologie:

- Metodo diretto statistico-probabilistico per la stima della massima portata media giornaliera (Lazzari, 2002);
- Metodo indiretto razionale con CPP giornaliera (Deidda, 2000).

Il volume della piena millenaria calcolata con le due metodologie risulta rispettivamente di 224 e 234 Mmc.

Il calcolo delle portate di massima piena è stato effettuato sulla base di un modello di trasformazione afflussi-deflussi, secondo il codice di calcolo FEST sviluppato dal DICAAR. Il modello FEST è stato tarato su tre eventi di piena per i quali erano disponibili gli idrogrammi in ingresso nel bacino (anni 2004, 2006 e 2013).

Si è ipotizzata una condizione di umidità iniziale del suolo di massima saturazione, ed il modello di infiltrazione è stato calibrato sulla base degli eventi di piena citati, ottenendo la mappa del Curve Number del bacino, caratterizzata da un CN medio di 83,2.

La distribuzione spaziale delle piogge è stata calcolata con il metodo dei poligoni di Thiessen, e successivamente corretta sulla base delle osservazioni radar (non è stato applicato alcun coefficiente di riduzione dai valori puntuali delle stazioni pluviometriche ai valori areali del bacino).

Gli ietogrammi di progetto sono calcolati per durate di 7, 10, 12, 17 e 24 ore, e con posizioni del picco a tempi di 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8 e 0,9 di ciascuna durata.

Le portate di piena millenarie sono risultate variabili da ca. 4200 a 6369 m³/s, in funzione della durata della pioggia e della posizione del picco, ed i volumi degli idrogrammi corrispondenti variabili da 124 a 227 milioni di mc.

L'idrogramma di progetto proposto nello studio in esame è caratterizzato da una portata di picco di 5172 m³/s, negli studi idrologici successivi si è proceduto ad una revisione di tale valore.

Studio idrologico serbatoio sul rio Posada a Maccheronis – Analisi di sensitività – Giugno 2017

Successivamente è stato data l'incarico al dipartimento di ingegneria Civile-Ambientale e Architettura della Università degli studi di Cagliari (DICAAR) di eseguire una analisi di sensitività al fine di acquisire un quadro ulteriormente approfondito delle caratteristiche idrologiche del bacino per le successive esigenze applicative.

In questo studio è stato utilizzato il medesimo codice di calcolo utilizzato per la trasformazione afflussi-deflussi, già calibrato per il bacino del Posada, e si assumono i medesimi campi di variazione delle durate degli ietogrammi e delle posizioni del picco.

Viceversa si adottano a titolo addizionale nuove ipotesi per quanto riguarda le CPP, che sono riferite:

- allo studio del Prof. Deidda aggiornato con i dati pluviometrici fino al 2008, basato sulla distribuzione tipo GEV, in aggiunta alla distribuzione tipo TCEV dello studio precedente;
- a coefficienti di ragguaglio areale (ARF) delle piogge puntuali calcolati secondo U.S. Weather Service e VAPI Sardegna, per la sola distribuzione TCEV, in aggiunta al metodo di Thiessen utilizzato nello studio precedente.

I risultati dell'analisi di sensitività per quanto riguarda le portate di picco millenarie ed i volumi degli idrogrammi sono esposti nella tabella seguente in funzione del tipo di distribuzione statistica e del coefficiente di ragguaglio areale, assumendo una durata dello ietogramma di 10 ore, corrispondente cioè al tempo di corrivazione secondo assunzioni cautelative, ed una posizione del picco di pioggia a 0,4 e 0,5 della durata.

Posizione picco	Q (m ³ /s) / V (Mm ³) CPP TCEV senza ARF	Q (m ³ /s) / V (Mm ³) CPP TCEV ARF U.S. Weather Service	Q (m ³ /s) / V (Mm ³) CPP TCEV ARF - VAPI	Q (m ³ /s) / V (Mm ³) CPP GEV senza ARF
0,4	5172 / 147	4465 / 130	4416 / 129	4889 / 136
0,5	5387 / 147	4653 / 130	4604 / 129	5206 / 136

Valutazione della piena millenaria secondo l'Agenzia Regionale Distretto Idrografico (ADIS)

Le valutazioni ADIS sulle portate di piena di progetto si concentrano sui valori esposti nella tabella precedente, corrispondenti come detto alla durata di pioggia di 10 ore ed alle posizioni di picco 0,4 e 0,5.

Dopo aver sottolineato gli aspetti più significativi dei parametri idrologici adottati, ADIS indica il valore $Q=4.653 \text{ m}^3/\text{s}$ come portata di progetto, considerato il carattere precauzionale delle seguenti assunzioni:

- l'utilizzo della distribuzione TCEV sulle piogge intense, invece che GEV,
- la posizione del picco a 0,5 (il valore più frequentemente adottato in letteratura è 0,35-0,4),
- il coeff. di ragguaglio areale secondo U.S. Weather Service, rispetto ad ARF-VAPI.

Si nota in particolare che il valore aggiornato della portata di progetto è superiore del 74% rispetto a quello previsto nel progetto originario della diga (pari a $2670 \text{ m}^3/\text{s}$) e del 29% rispetto a quello previsto nel progetto di ampliamento dell'invaso Ottobre 2003 (pari a $3600 \text{ m}^3/\text{s}$).

Si precisa che gli studi precedentemente enunciati sono forniti all'Affidatario con il solo fine di fornire un quadro preliminare delle caratteristiche idrologiche del bacino in questione. Rimane a carico dell'Affidatario e sotto la sua completa responsabilità l'onere di predisporre uno studio idrologico completo ed esaustivo del comportamento del bacino che dovrà essere utilizzato per il dimensionamento delle opere in progetto.

Relazione del Prof. Ing. Ugo Ravaioli su condizioni di sicurezza durante la fase transitoria e proposte per la sistemazione definitiva – Gennaio 2017

Con tale relazione vengono verificate le condizioni di sicurezza della diga Maccheronis sul Rio Posada e nella sua attuale configurazione e nelle possibili configurazioni che si avranno durante l'esecuzione dei lavori.

Inoltre viene proposta come sistemazione definitiva dello sbarramento la realizzazione di uno sfioro libero in fregio allo sbarramento ripristinando la funzione sfiorante della diga.

Studio di fattibilità dell'Intervento di completamento dei lavori di ampliamento del serbatoio di Maccheronis redatto dalla Lombardi SA Ingegneri Consulenti – Gennaio 2018

Con Determinazione del Direttore del Servizio Dighe n. 877 del 30.07.2018 è stato affidato lo studio di fattibilità dell'Intervento di completamento dei lavori di ampliamento del serbatoio di Maccheronis.

Con tale studio è stato dato mandato di analizzare le possibili configurazioni dello sbarramento a seguito delle rivalutazioni idrologiche effettuate, nell'ottica della massimizzazione del volume invasabile, nel rispetto delle prescrizioni delle Norme Tecniche inerenti alle portate esitate dagli scarichi di superficie ed alle verifiche preliminari della sicurezza strutturale della diga. Inoltre è stato richiesto di analizzare le modalità di deflusso delle portate esitate nel tratto subito a valle dello sbarramento, allo scopo anche di verificare l'opportunità di un nuovo modello fisico degli scarichi.

Lo studio prevede la realizzazione di un nuovo scarico in corpo diga con soglia fissa a quota 44,80 m s.l.m., in corrispondenza della soglia sfiorante della diga originaria.

L'incremento del volume di invaso alla nuova quota di massima regolazione è superiore a 5 Mm^3 (incremento del 20%) rispetto al volume del serbatoio originario, dove la quota di massima regolazione risultava di 43.00 m s.l.m. La capacità complessiva degli organi di scarico esistenti ed in progetto risulta di quasi $4.600 \text{ m}^3/\text{s}$, che consente di laminare le portate di piena millenarie alla quota di massimo invaso di 46,50 m s.l.m., tramite l'apertura controllata e progressiva delle paratoie dello scarico di superficie principale in sponda sinistra.

Lo scarico delle portate di piena del fiume Posada avviene dunque tramite tre organi di scarico, elencati in ordine di capacità:

- Il nuovo scarico di superficie principale in sponda sinistra, in corso di completamento;
- lo scarico di superficie in corpo diga, previsto nello studio;
- lo scarico di alleggerimento, nel concio V in corpo diga, con un assetto leggermente modificato nello studio rispetto al progetto di ampliamento.

Lo scarico di superficie principale in sponda sinistra è in fase di esecuzione sulla base del progetto di ampliamento del serbatoio del 2005. Tutti gli interventi sullo scarico di superficie principale sono oggetto di un appalto separato in capo al Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale.

Lo scarico di superficie in corpo diga è previsto che venga fondato sugli attuali piani provvisori di coronamento, derivanti dalla riprofilatura eseguita secondo le previsioni del precedente progetto di ampliamento, che prevedeva il sovrizzo della diga alla quota di coronamento di 49,04 m s.l.m. tramite conci non trascinabili.

La soglia sfiorante è previsto che sia sormontata dal nuovo ponte stradale di coronamento che ripristini la continuità della strada provinciale n. 24, che sarà appoggiato a pile di nuova costruzione nella medesima posizione delle precedenti.

Lo scarico di alleggerimento è previsto che sia modificata rispetto al progetto di ampliamento, data la necessità di sostituire l'attuale paratoia a settore con una paratoia a ventola adattata alla nuova quota di massima regolazione.

Lo studio prevede inoltre l'esecuzione delle canne drenanti in corpo diga, il completamento del sistema di monitoraggio della diga e l'esecuzione di scavi in alveo nei depositi alluvionali, a prolungamento della fossa di dissipazione del nuovo scarico di superficie.

Lo studio comprende da ultimo:

- apparecchiature elettromeccaniche ed elettriche: paratoia a ventola dello scarico di alleggerimento, impianto di pubblica illuminazione; quadri elettrici, etc.;
- opere accessorie: cabina di manovra della paratoia a ventola, viabilità stradale, inclusi i guard-rail ed i parapetti del coronamento diga, ecc.

Si precisa che lo studio è fornito all'Affidatario con il solo fine di fornire un quadro organico dello stato di fatto, delle esigenze che debbono essere soddisfatte dalla esecuzione delle opere e di una possibile configurazione delle opere.

L'Affidatario potrà, dando adeguata motivazione tecnico e/o economica distaccarsi dalle indicazioni di massima dello studio di fattibilità.

Rimane carico dell'Affidatario e sotto la sua completa responsabilità l'onere di predisporre l'intera progettazione delle opere sotto tutti gli aspetti intendo lo studio solo come indirizzo per lo sviluppo delle successive fasi di progettazione.

L'Ufficio Tecnico per le Dighe di Cagliari del MIT Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche con nota prot. n. 4246 del 21.02.2019 ha approvato le soluzioni progettuali proposte nello studio.

Si precisa che la relazione del Prof. Ing. Ugo Ravaioli e il predetto studio di fattibilità sono forniti all'Affidatario con il solo fine di fornire un quadro complessivo delle esigenze da soddisfare e

una indicazione di massima della configurazione definitiva delle opere. Rimane a carico dell'Affidatario e sotto la sua completa responsabilità l'onere di predisporre la soluzione progettuale tecnicamente ed economicamente più efficace e sviluppare tutti i livelli di approfondimento necessari per la esecuzione delle opere.

5. PRINCIPALI LEGGI E NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

La progettazione e realizzazione dell'intervento dovrà avvenire nel rispetto di tutte le leggi, regole e norme vigenti in materia, fra cui in particolare, per quanto applicabili:

- D.Lgs. n. 50/2016 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE" e ss.mm.ii.;
- DPR n. 207/2010 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del D.Lgs. 163/2006" e ss.mm.ii., per quanto ancora in vigore;
- DM 7 marzo 2018, n.49 "Regolamento recante: «Approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione»";
- L.R. n. 8/2018 "Nuove norme in materia di contratti pubblici di lavori, servizi e forniture";
- D.M. n. 145/2000 "Regolamento recante il Capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici" e ss.mm.ii., per quanto ancora in vigore;
- D.Lgs. n. 81/2008 "Attuazione dell'art. 1 L. 123/2007 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e ss.mm.ii.;
- D.Lgs. n. 152/2006 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;
- D.Lgs. n. 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" e ss.mm.ii.;
- D.P.C.M. 12/12/2005 "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'art. 146 comma 3 del Codice dei beni culturali e del paesaggio" e ss.mm.ii.;
- D.Lgs. n. 285/1992 "Nuovo Codice della strada" e ss.m.ii.;
- D.P.R. n. 495/1992 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada" e ss.mm.ii.;
- Legge 05/11/1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica";
- D.M. 17/01/2018: "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»";
- D.M. 11/03/1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- D.M. 26/06/2014: "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)";
- D.P.R. 1° novembre 1959, n. 1363 "Approvazione del regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta";
- Decreto Min. LL.PP. 24 marzo 1982 "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento";

- Legge 21 ottobre 1994, n. 584 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 agosto 1994, n. 507, recante: «Misure urgenti in materia di dighe»;
- Legge 28 maggio 2004, n. 139 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 29 marzo 2004, n. 79, recante «Disposizioni urgenti in materia di sicurezza di grandi dighe»;
- R.D. 25 luglio 1904, n. 523 “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie” e ss.mm.ii.;
- R.D. 23 dicembre 1923, n. 3267 “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani” e ss.mm.ii.;
- L. n. 183/1989 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo” e ss.mm.ii.;
- L.R. n. 45/89 “Norme per l’uso e la tutela del territorio regionale” e ss.mm.ii.;
- L.R. n. 23/85 “Norme in materia di controllo dell’attività urbanistico - edilizia, di risanamento urbanistico e di sanatoria di insediamenti ed opere abusive, di snellimento ed accelerazione delle procedure espropriative” e ss.mm.ii.;
- Piano Paesaggistico Regionale approvato con D.P.G.R. 82/2006 e con D.G.R. 36/7 del 05/09/2006, nel testo vigente;
- Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna (PAI), approvato con Deliberazione dell’Ass. LL.PP. n. 3 del 21/02/2006, nel testo vigente;
- D.P.R. n. 327/2001 “Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità” e ss.mm.ii.;
- Regolamento edilizio del Comune di Torpè.

Inoltre, in relazione agli interventi da eseguire si reputa necessario che vengano osservate tutte le ulteriori norme, normative tecniche, regolamenti, istruzioni:

- inerenti la sicurezza sui luoghi di lavoro;
- inerenti gli impianti tecnologici da installare o già presenti;
- inerenti le normative CEI – UNI - CNR;
- inerenti le normative di prevenzione incendi;
- inerenti la sicurezza dei cantieri;
- inerenti la segnaletica di sicurezza;
- inerenti le barriere stradali.

6. PRINCIPALI VINCOLI TERRITORIALI ED AMBIENTALI SULLE AREE INTERESSATE

Si riporta di seguito un elenco non esaustivo e oggetto di approfondimento da parte dell’Affidatario, della

vincolistica riguardante le aree interessate dall’intervento:

- ricadono nell’ambito omogeneo costiero n.20 Monte Albo di cui al vigente P.P.R. (In particolare lo sbarramento ricade proprio sul confine dell’ambito di paesaggio) con i seguenti tipi di componenti di paesaggio: 1a (Macchia, dune e aree umide), 2a (Praterie, spiagge) e 3c (Colture erbacee specializzate);
- non ricadono all’interno di zone umide interessate dalla Convenzione di Ramsar;

- non ricadono all'interno di Siti di Importanza Comunitari (SIC) e di Zone di Protezione Speciale (ZPS) della Rete Natura 2000;
- ricadono all'interno del Parco naturale regionale di Tepilora istituito con legge regionale n. 21 del 24 ottobre 2014;
- non ricadono all'interno di ulteriori aree protette quali parchi, riserve naturali, ecc. e di cui alla L. 394/91 e alla L.R. 31/1989;
- non ricadono all'interno di perimetrazioni ufficiali di aree incendiate;
- non ricadono in aree soggette a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 1126/1926 (art. 1 R.D.L. 3267/1923);
- rientrano nella categoria di aree di cui all'art. 142 lett. b) ("i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi") e lett. c) ("fiumi, torrenti e corsi d'acqua e relative sponde per una fascia di 150 metri ciascuna") del D.Lgs. 42/2004;
- ricadono in zone perimetrate pericolo di frana da Hg3 elevato a Hg1 basso dal vigente Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

7. PRINCIPALI IMPATTI DELLE OPERE SULLE COMPONENTI AMBIENTALI

Considerato che i lavori si svilupperanno prevalentemente sul corpo della diga ed in limitate aree subito a valle dello sbarramento per altro già fortemente modificate dalla esecuzione dei lavori del primo progetto di ampliamento, si può valutare che nella fase di realizzazione dei lavori, i principali impatti prevedibili sul contesto delle componenti ambientali sono:

- la polvere sollevata dal vento nei siti dei lavori e quella sollevata dal transito dei mezzi sulla viabilità di cantiere;
- il rumore connesso al transito dei mezzi di trasporto dei materiali e dei mezzi d'opera (escavatori, autocarri, ecc.);
- le emissioni in atmosfera da parte dei motori dei veicoli e dei mezzi d'opera impiegati;
- la perturbazione locale degli ecosistemi e l'allontanamento temporaneo della fauna a causa del disturbo diretto e indiretto;
- il possibile inquinamento del suolo, sottosuolo e acque, in caso di sversamenti accidentali di materiali quali carburanti, lubrificanti, olii idraulici, ecc.

Con riferimento alla situazione di regime a lavori realizzati, si avrà rispetto alla situazione attuale una variazione pressoché nulla dell'impatto sul contesto ambientale, anzi il completamento dell'opera e la sistemazione definitiva delle aree limitrofe migliorerà l'impatto visivo complessivo dell'opera.

8. FASI E LIVELLI DA SVILUPPARE

La progettazione, la direzione dei lavori e il coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione saranno sviluppati da professionisti esterni all'ENAS appositamente incaricati tramite procedura aperta.

Si ritiene opportuno vista la tipologia e le dimensioni delle opere, ai sensi dell'art. 23 comma 4, sviluppare tutti e tre i livelli di progettazione (Progetto di fattibilità tecnica economica, progettazione definitiva e progettazione esecutiva).

In tal modo, è sicuramente garantito il livello di approfondimento necessario, che consente la definizione e l'identificazione di ogni elemento progettuale in forma, tipologia, dimensione, prezzo, qualità, comprendendo tutti gli aspetti necessari per la realizzazione dell'opera.

Gli elaborati di cui dovrà essere composta ogni singola fase progettuale sono definiti all'art.6 – Descrizione dei servizi del Disciplinare di incarico professionale dell'intervento in questione, che è da intendersi qui integralmente richiamato. In particolare si ribadisce che:

- Gli studi idrologici dovranno, con successivi livelli di approfondimento, individuare l'idrogramma di piena, per i periodi di ritorno di 1000, 500, 200, 100 e 50 anni, in arrivo dal bacino idrografico sotteso dalla sezione dello sbarramento con metodi probabilistici basati sulla informazione pluviometrica e idrometrica completa, desumibile dalle serie storiche e dai loro aggiornamenti. In assenza o carenza di informazioni, si potrà fare anche riferimento a dati di bacini limitrofi idrologicamente omogenei, utilizzando appropriate e giustificate metodologie di calcolo. Per la costruzione degli idrogrammi di piena dovrà essere realizzato il confronto fra più modelli che rappresenti criticamente l'attendibilità dei modelli proposti e dei parametri utilizzati rispetto al bacino sotteso dallo sbarramento.

- Gli studi idraulici dovranno, con successivi livelli di approfondimento, consentire il dimensionamento dello scarico di superficie in corpo diga tenuto conto dell'esistenza dello scarico di superficie in sinistra idraulica, al momento in fase di costruzione. Dovrà essere verificato il rispetto di quanto previsto nelle NT-Dighe 2014 relativamente ai dispositivi di scarico.

Gli studi inoltre dovranno consentire l'individuazione esaustiva, nel tratto a valle dello sbarramento, del comportamento dei deflussi esitati dagli scarichi della diga, con particolare riguardo alla zona d'interferenza tra i flussi in arrivo dai due scarichi di superficie (corpo diga in progetto, sinistra idraulica in costruzione) e alla influenza che il relativo rigurgito ha con lo sbarramento e con lo scarico di superficie in sinistra idraulica. Dovranno essere valutate anche le ripercussioni sulle opere esistenti subito a valle (Centrale idroelettrica ENEL, derivazione irrigua, ecc) ed analizzate le eventuali opere necessarie per facilitare il deflusso e/o mitigare gli effetti sulle strutture esistenti.

Le simulazioni numeriche dovranno essere eseguite considerando tutte le componenti significative (almeno bidimensionali).

Nel caso in cui siano previste opere di mitigazione dovrà essere fatta una valutazione degli effetti di mitigazione delle opere previste.

Gli studi dovranno altresì comprendere, per la nuova configurazione proposta, l'aggiornamento degli studi sugli effetti delle piene artificiali a valle dello sbarramento connesse alle manovre degli organi di scarico e gli studi teorici tendenti ad individuare il profilo dell'onda di piena conseguente all'ipotetico collasso della struttura (Dam Break), corredate delle aree soggette ad

allagamento in conseguenza sia delle manovre sugli organi di scarico e sia dell'ipotetico collasso della struttura, come indicato nelle NT-Dighe 2014 e nel DPR n.85/91.

- Gli studi statici dovranno, con successivi livelli di approfondimento, essere riferiti all'intera struttura e dovranno riportare le verifiche dell'intero sbarramento secondo quanto previsto dalle NT-Dighe 2014 e NT-Costruzioni 2018.

Il progetto dovrà essere sottoposto a verifica, in ottemperanza a quanto disposto dall'art. 26 del Codice dei contratti pubblici e dall'art. 20 comma 1 della L.R. n. 8/2018.

L'Amministrazione si riserva la facoltà di richiedere tutti quegli altri elaborati che ritenesse necessari al fine dell'approvazione delle opere in progetto e della cantierabilità dell'opera. A tal fine le tavole da allegare saranno stabilite con ulteriore disposizione del Responsabile del Procedimento.

L'affidatario è tenuto ad apportare agli elaborati progettuali di sua competenza, anche dopo l'elaborazione, consegna ed adozione degli stessi da parte dell'ENAS, tutte le modifiche ed integrazioni richieste dall'ENAS in quanto oggettivamente motivate, o che risultino necessarie per l'ottenimento di tutte le approvazioni e/o nulla osta previsti per legge, senza che ciò dia diritto a speciali e/o maggiori compensi.

La verifica del progetto ai sensi dell'art.26 comma 6 lettera d) del D.Lgs 50/2016 sarà realizzata da soggetti esterni all'uopo incaricati.

La validazione del progetto esecutivo, ai fini dell'appalto dei lavori, verrà effettuata dal Responsabile del procedimento ai sensi dell'art. 26 comma 8 del Codice dei contratti pubblici.

Lo svolgimento del ruolo di direttore dei lavori, art. 101 commi 2, 3 del Codice, e le attività in capo all'ufficio di direzione lavori, art. 101 commi 4 e 5 da parte dell'Affidatario dovranno avvenire in conformità a quanto previsto nel Codice, e del DM n.49/2018 "Linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del Direttore dei Lavori e del Direttore dell'Esecuzione" e in tutte le altre leggi e norme applicabili e secondo le indicazioni contenute al punto 6.4 – Direzione lavori dell'art.6 del predetto disciplinare d'incarico.

Lo svolgimento del ruolo di coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione (art. 91 TUS) ed in fase di esecuzione (art. 92 TUS) da parte dell'Affidatario dovrà avvenire nel pieno rispetto di quanto previsto dal TUS e dalle altre leggi e norme applicabili e secondo le indicazioni contenute al punto 6.5 – 6.5 Coordinamento della sicurezza in progettazione ed in esecuzione dell'art.6 del predetto disciplinare d'incarico.

Per le modalità esecutive delle prestazioni relative alla progettazione, alla direzione dei lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione si rimanda all'art.7 – Modalità esecutiva delle prestazioni del Disciplinare di incarico professionale dell'intervento in questione che è da intendersi qui integralmente richiamato.

9. SISTEMA DI REALIZZAZIONE, FASE DI ESECUZIONE E COLLAUDO DELLE OPERE

L'appalto dei lavori sarà affidato mediante procedura aperta sulla base del progetto esecutivo.

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 Capitolo 9 è previsto il collaudo statico delle strutture e ai sensi dell'art. 102 comma 2 del Codice è previsto il collaudo tecnico-amministrativo delle opere emesso non oltre sei mesi dalla data di ultimazione delle prestazioni oggetto del contratto.

Ai sensi del D.P.R. n.1363/59 l'esecuzione delle opere sarà supervisionata da un assistente governativo nominato dal MIT.

10. STIMA SOMMARIA DEI COSTI DELLE OPERE

Per la stima sommaria del costo complessivo delle opere si riporta la stima eseguita dallo Studio Lombardi SA nello studio di Fattibilità relativo alle opere in questione.

Cap	Descrizione	Importi (€)
1	Opere civili in corpo diga. Nuovo sfioratore e scarico di alleggerimento	
1.1	Demolizioni	100.000
1.2	Casseforme, getti in cls ed armature	1.200.000
1.3	Giunti, perforazioni ed ancoraggi	300.000
1.4	Impalcato ponte del coronamento diga	600.000
1.5	Scavi a valle diga	200.000
	Totale 1	2.400.000
2	Apparecchiature elettromeccaniche, impianti elettrici e strumentazione	
	Totale 2	400.000
3	Opere accessorie	
3.1	Camera di manovra	100.000
3.2	Viabilità stradale	150.000
3.3	Guard-rail e opere metalliche	300.000
3.4	Messa in sicurezza impianti a valle diga	200.000
3.5	Sistemazioni accessorie / Diversi	50.000
	Totale 3	800.000
A	Lavori	
A1	Importo lavori (1+2+3)	3.600.000
A2	Sicurezza	200.000
	Sommano	3.800.000

Si precisa che la predetta stima è fornita all'Affidatario con il solo fine di fornire un quadro sommario degli importi delle singole opere in cui è suddivisa la realizzazione dell'intervento e quindi soggetta a variazione a seguito dei successivi approfondimenti progettuali.

Rimane ad esclusivo carico dell'Affidatario e sotto la sua completa responsabilità l'onere di predisporre le successive valutazioni economiche delle opere progettate da approfondire secondo il livello di sviluppo del progetto.

Si precisa inoltre che ai sensi dell'art. 22 della L.R. 13/03/2018 n. 8 e ai sensi del D.lgs. 50/2016 l'Affidatario è tenuto ad eseguire le valutazioni economiche sulla base del prezzario della Regione Autonoma della Sardegna in vigore al momento della redazione del progetto.

Nel caso in cui non esistano voci relative alle lavorazioni previste in progetto o quelle presenti, per giustificati motivi, non siano pertinenti, l'Affidatario può utilizzare prezzi derivati da analisi basate sulla metodologia e per quanto possibile sui costi elementari del prezzario regionale in vigore, in mancanza di costi elementari pertinenti l'Affidatario potrà basarsi su indagini di mercato.

11. QUADRO ECONOMICO DI SPESA E LIMITI FINANZIARI DA RISPETTARE

Il limite di spesa da rispettare è pari a 6.400.000,00 € così suddiviso

A LAVORI

A1	Importo Lavori	3.600.000,00 €
A2	Sicurezza	200.000,00 €
Sommano		3.800.000,00 €

B SPESE A DISPOSIZIONE DELLA AMMINISTRAZIONE

B1	Spese Tecniche	1.000.000,00 €
B2	Spese Generali	300.000,00 €
B3	Indagini, verifiche e accertamenti	270.000,00 €
B4	Imprevisti	194.000,00 €
B5	Iva 22% sui lavori	836.000,00 €
Sommano		2.600.000,00 €

Totale A+B **6.400.000,00 €**

12. ALLEGATI

Documentazione messa a disposizione per la valutazione dell'incarico professionale:

- 1) Progetto esecutivo per l'ampliamento del serbatoio – Giugno 2005.
- 2) Piano di laminazione del bacino del Fiume Posada – Maggio 2016.
- 3) Definizione dei modelli idrologici per la gestione degli eventi di piena nei principali serbatoi artificiali della Sardegna – Posada a Maccheronis – Agg. Giugno 2016.
- 4) Studio idrologico serbatoio sul rio Posada a Maccheronis – Analisi di sensitività – Giugno 2017.
- 5) Relazione del Prof. Ing. Ugo Ravaioli su condizioni di sicurezza durante la fase transitoria e proposte per la sistemazione definitiva – Gennaio 2017.
- 6) Studio di fattibilità dell'intervento "DGR n.18/03 del 12.04.2018 – D.2.b – Intervento di completamento dei lavori di ampliamento del serbatoio di Maccheronis." – Novembre 2018.

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

(Ing. Francesco Caturano)