

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:

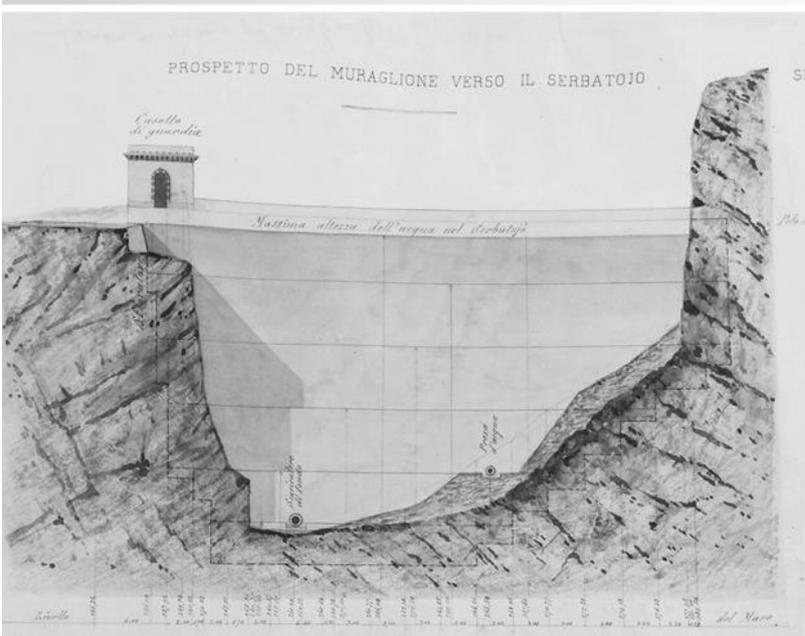
 **TECENTAL**

 **Metassociati**
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**

Lombardi SA Ingegneri Consulenti

Archeologo N. FADDA



RESTAURO DEL MURAGLIONE, DEGLI EDIFICI FILTRI E DEL SIFONE

Piano di indagini diagnostiche

2020_0275_002_RST_R002_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	L.Curreli	R.Barracu	C. Silvestri
Versione	Data	Modifica	Redatto	Verificato	Approvato

MANDATARIA:

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

MANDANTI:



 **Metassociati**
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**
Lombardi SA Ingegneri Consulenti

ARCHEOLOGO
N. FADDA



Indice

1	PREMESSA	1
2	OBIETTIVI	1
3	RILIEVO DELLE STRUTTURE	3
3.1	Edificio filtri	3
3.2	Corpo diga:	4
4	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI	5

ALLEGATO 1: COMPUTO DELLE INDAGINI

MANDATARIA:

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

MANDANTI:

 **TECENITAL**

 **Metassociati**
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**
Lombardi SA Ingegneri Consulenti

ARCHEOLOGO
N. FADDA



1 PREMESSA

La presente relazione ha l'obiettivo di illustrare gli obiettivi e le tipologie di prove ed indagini in situ finalizzate al recupero e riqualifica strutturale dei manufatti storici facenti parte dell'acquedotto di Sassari nella località di Bunnari.

Le tipologie di indagini, la loro numerosità, nonché il grado di approfondimento delle stesse sarà determinato, in prima fase, sulla scorta delle richieste normative (NTC 2018 – DM 17/01/2018 e relativa circolare applicativa CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP).

L'attività di indagine sui manufatti storici dovrà essere autorizzata dalla Soprintendenza ABAP per le provincie di Sassari e Nuoro.



Figura 1: Ubicazione dei manufatti soggetti a indagine

2 OBIETTIVI

La conoscenza della costruzione, ed in particolare della sua configurazione statica, è necessaria e propedeutica alle verifiche di sicurezza ed efficacia del progetto degli eventuali interventi strutturali di



rinforzo, anche locali, alla luce delle richieste derivanti dalle nuove destinazioni d'uso e in generale al progetto di riutilizzo dell'edificio.

Nello specifico, le norme tecniche sulle costruzioni, disciplinano, al capitolo 8 e più in particolare al paragrafo 8.3, le condizioni che richiedono la valutazione della sicurezza, nei confronti delle azioni statiche e sismiche, delle costruzioni esistenti:

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;
- provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;
- esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;
- ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4;
- opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.

Il progetto in oggetto prevede il cambio di destinazione d'uso della costruzione con possibile variazione dei carichi fissi e variabili pertanto sono necessarie le valutazioni della sicurezza.

Le tipologie strutturali presenti, alla luce dei sopralluoghi eseguiti e delle strutture direttamente visionate in quanto visibili e ispezionabili, sono principalmente costituite da muratura portante con aggregati naturali, volte in mattoni pieni o elementi lapidei e copertura costituita da elementi lignei.

Queste ultime, visto il pessimo stato di conservazione saranno oggetto di rimozione e ripristino.

È necessario dunque perseguire un discreto livello di conoscenza della costruzione al fine di prevederne il comportamento sotto l'azione delle nuove opere che parzialmente, o integralmente, andranno a gravare sulle strutture portanti verticali e orizzontali.

L'obiettivo delle indagini è quello di pervenire alla completa conoscenza della geometria strutturale e del mutuo collegamento fra le componenti strutturali in modo da consentire un'adeguata modellazione e la corretta previsione del comportamento statico.

Dovrà pertanto essere eseguito preliminarmente un accurato rilievo strutturale, sia di tipo geometrico quali dimensioni e tipologia degli elementi strutturali, compresi setti murari e volte (dimensioni geometriche, spessori, tessitura muraria, profondità del piano di posa, elementi di collegamento), sia relativo alle zone di collegamento tra le strutture portanti verticali (ammorsamenti murari) sia fra queste e le strutture orizzontali.

Nei seguenti paragrafi verranno date indicazioni sulla tipologia delle indagini previste e sul grado di accuratezza che dovrà essere perseguito durante l'esecuzione delle stesse indagini.

MANDATARIA:

MANDANTI:



3 RILIEVO DELLE STRUTTURE

Negli elementi portanti in muratura, vista la grande varietà di materiali e tecniche costruttive impiegate, riveste un ruolo di primaria importanza la conoscenza della composizione degli elementi costruttivi e delle modalità con cui sono realizzati i collegamenti.

Nel rilievo si possono individuare tre livelli di indagine, in relazione al loro grado di approfondimento.

- Indagini limitate: sono generalmente basate su indagini di tipo visivo che, al rilievo geometrico delle superfici esterne degli elementi costruttivi, uniscono saggi che consentano di esaminare, almeno localmente, le caratteristiche della muratura sotto intonaco e nello spessore, caratterizzando così la sezione muraria, il grado di ammorsamento tra pareti ortogonali e le zone di appoggio dei solai, i dispositivi di collegamento e di eliminazione delle spinte.
- Indagini estese: i rilievi e le indagini in-situ indicati al punto precedente, sono accompagnati da saggi più estesi e diffusi così da ottenere tipizzazioni delle caratteristiche dei materiali e costruttive e una aderenza delle indicazioni fedele alla reale varietà della costruzione.
- Indagini esaustive: oltre a quanto indicato al punto precedente, le indagini sono estese in modo sistematico con il ricorso a saggi che consentano al tecnico di formarsi un'opinione chiara sulla morfologia e qualità delle murature, sul rispetto della regola dell'arte nella disposizione dei materiali, sia in superficie che nello spessore murario, sull'efficacia dell'ammorsamento tra le pareti e dei dispositivi di collegamento e di eliminazione delle spinte, oltre che sulle caratteristiche degli appoggi degli elementi orizzontali.

3.1 EDIFICIO FILTRI

Al fine di conseguire un livello di conoscenza adeguato, si prescrivono nel dettaglio le seguenti indagini:

- 1) Rilievo geometrico strutturale delle murature (dimensioni geometriche, piano di imposta della fondazione, tipologia ed estensione della fondazione, dimensioni e geometria dei fori, nicchie, interruzioni della continuità in genere).
- 2) Identificazione della tipologia di elementi lapidei (dimensioni, litotipo, grado di fratturazione, qualità, caratteristiche fisico meccaniche).
- 3) Prelievo di n.1 campioni di malta per ogni singolo elemento murario omogeneo ed indagine petrografica finalizzata ad identificare il tipo di malta per una successiva classificazione ai sensi delle NTC 2018. Il campione dovrà essere sottoposto ad analisi chimico fisica, dal quale si dovrà evincere la presenza o meno di sali. Il prelievo dovrà essere condotto a cura del laboratorio autorizzato che eseguirà le prove.
- 4) Prelievo di n.1 campioni di elemento lapideo per ogni singolo elemento omogeneo ed indagine petrografica finalizzata ad identificare il tipo di lapideo per una successiva classificazione ai sensi delle NTC 2018. Il campione dovrà essere sottoposto ad analisi chimico fisica, dal quale si dovrà evincere la presenza o meno di sali. Il prelievo dovrà essere condotto a cura del laboratorio autorizzato che eseguirà le prove.



- 5) Prova con martinetti doppi per la determinazione del modulo elastico della muratura e del grado di sforzo
- 6) Indagine video endoscopica (n.2) per l'interno spessore al fine di identificare la presenza di discontinuità ed identificare la tipologia di muratura portante

Volte in muratura:

- 1) Rilievo geometrico strutturale delle volte (dimensioni geometriche, piano di imposta, dimensioni e geometria di eventuali dei fori, nicchie, interruzioni della continuità in genere)
- 2) Identificazione della tipologia di elementi lapidei (dimensioni, litotipo, grado di fratturazione, qualità, caratteristiche fisico meccaniche)
- 3) Prelievo di n.1 campioni di malta per ogni elemento omogeneo, e successiva analisi petrografica finalizzata ad identificare il tipo di malta per una successiva classificazione ai sensi delle NTC 2018. Il campione dovrà essere sottoposto ad analisi chimico fisica, dal quale si dovrà evincere la presenza o meno di sali. Il prelievo dovrà essere condotto a cura del laboratorio autorizzato che eseguirà le prove
- 4) Prelievo di n.1 campioni di mattoni per ogni elemento omogeneo, e successiva analisi petrografica finalizzata ad identificare il tipo di materiale per una successiva classificazione ai sensi delle NTC 2018. Il campione dovrà essere sottoposto ad analisi chimico fisica, dal quale si dovrà evincere la presenza o meno di sali. Il prelievo dovrà essere condotto a cura del laboratorio autorizzato che eseguirà le prove.

3.2 CORPO DIGA

Al fine di conseguire un livello di conoscenza adeguato, si prescrivono nel dettaglio le seguenti indagini:

- 1) Indagine mediante georadar del coronamento del corpo diga al fine di individuare discontinuità dovute alla presenza di cavità all'interno della muratura. L'indagine georadar avverrà lungo percorsi con l'utilizzo di frequenze e tempi di campionamento idonei a raggiungere la migliore definizione e profondità in relazione agli obiettivi da indagare.
- 2) Carotaggio, effettuato alla base del muraglione con profondità sino a 10 m metri al fine di individuare la stratigrafia del paramento murario. La perforazione sarà eseguita a rotazione a carotaggio continuo con impiego di corona diamantata, di diametro 101 mm, a secco, in muratura in pietra. Prelievo campioni di lapidei e legante da carota e prova di compressione per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei campioni forniti.



4 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

Come detto le prove sulle murature sono finalizzate ad individuarne la tipologia in modo da attribuirle una classificazione ai sensi delle NTC2018.

Oltre alla geometria e agli spessori dei giunti di malta (previste nel rilievo geometrico), dovranno essere eseguite le prove seguenti:

- 1) indagini endoscopiche passanti finalizzate ad individuare la presenza di eventuali vuoti o di murature a sacco, e dunque individuazione dello spessore del "nucleo" (precedentemente descritta);
- 2) prelievo di campioni di malta per l'indagine petrografica (precedentemente descritta);
- 3) indagine mediante carotaggio al fine di individuare la stratigrafia e prelievo dei relativi campioni da sottoporre ad indagine di laboratorio per individuare le proprietà meccaniche.

L'esecuzione delle indagini deve seguire protocolli operativi e interpretativi di comprovata validità di quali dovrà essere data evidenza da parte della ditta incaricata delle indagini.



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

2020_0275_002_RST_R002_0 PIANO D'INDAGINI DIAGNOSTICHE

ALLEGATO 1:

COMPUTO DELLE INDAGINI

INDAGINI DIAGNOSTICHE

Descrizione	U.M.	Q.tà totali
Prova petrografica della malta per valutarne le proprietà meccaniche e classificarla secondo le NTC 2018, compreso il prelievo e la catalogazione	cad	7
Prova petrografica della pietra per valutarne le proprietà meccaniche e classificarla secondo le NTC 2018, compreso il prelievo e la catalogazione	cad	5
Analisi chimico-fisica sulle malte e sui lapidei e determinazione delle specie ioniche solubili	cad	10
Esecuzione di una descrizione per evidenziare le caratteristiche macroscopiche composizionali, cromatiche, di coesione e di adesione delle malte. Deve essere fornita relativa interpretazione e documentazione fotografica a colori a differenti ingrandimenti.	cad	1
PROVA CON MARTINETTO PIATTO SEMPLICE PER MURATURE. Esecuzione di prove da eseguire con martinetto piatto semplice, finalizzate alla valutazione dei carichi effettivamente gravanti sul paramento murario preso in esame, effettuando le misure nelle reali condizioni di normale esercizio del manufatto. La prova dovrà essere condotta procedendo all'asportazione di un giunto di malta con opportuna sega, effettuando un taglio perfettamente orizzontale, installando uno o più estensimetri di precisione in corrispondenza del taglio, per rilevare l'entità dei cedimenti verificatisi nella prima fase di assestamento, rispetto alla situazione rilevata con due punti fissi (basi di misura) rilevati prima dell'asportazione del giunto di malta, ed inserendo poi un martinetto sottile (piatto) nel taglio operato, onde ripristinare oleodinamicamente la situazione iniziale, annullando le deformazioni ed i cedimenti misurati. È compreso quanto altro occorre per dare i risultati delle prove completi. Il prezzo è riferito a ciascuna prova di martinetto piatto semplice eseguita.	cad	1
Sovrapprezzo per prova con MARTINETTO PIATTO DOPPIO PER MURATURE. Sovrapprezzo per realizzazione di secondo taglio parallelo al precedente nel quale inserire un secondo martinetto piatto ed esecuzione di prova di "martinetto doppio", dalla quale è possibile effettuare la stima del modulo elastico del paramento murario. È compresa l'installazione degli estensimetri di precisione nella porzione muraria compresa tra i due tagli e quanto altro occorre per dare i risultati della prova completi. Il prezzo è riferito a ciascuna prova di martinetto piatto doppio eseguita.	cad.	1
Chiamata, trasporto e montaggio per indagine georadar	cad	1
Esecuzione di indagine georadar lungo percorsi longitudinali o con acquisizioni a maglia prestabilita, con assetto prestabilito di investigazione di tipo monostatico, con l'utilizzo di frequenze e tempi di campionamento idonei a raggiungere la migliore definizione e profondità in relazione agli obiettivi da indagare. Elaborazione dei dati mediante software adeguati, compreso il trasferimento, l'interpretazione e la restituzione degli stessi su apposite planimetrie su supporto cartaceo e digitale. Per ogni metro lineare:- frequenza (300Mhz) per applicazioni entro 15 m dal p.c.	m2	200,00
Approntamento dell'attrezzatura di perforazione a rotazione, comprensivo del carico e scarico e della revisione a fine lavori, del trasporto in andata e ritorno e del viaggio del personale. Installazione dell'attrezzatura di perforazione in corrispondenza del punto di indagine	cad	1,00
Perforazione ad andamento orizzontale eseguita a rotazione a carotaggio continuo con impiego di corona diamantata, di diametro 101 mm, a secco, in muratura in pietra, per profondità da m 00 a m 20	m	10,00
Compilazione e fornitura di cassetta catalogatrice, compresa ripresa fotografica in digitale	cad	1,00
Trasporto delle cassette catalogatrici a discarica		1,00
Prelievo campioni di lapidei e legante da carota e prova di compressione per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei campioni forniti.	cad	5,00
Descrizione geomeccanica delle carote di sondaggio per i tratti di sondaggio previsti in roccia	m	10,00
INDAGINI ENDOSCOPICHE. Esecuzione di indagini endoscopiche su murature di qualsivoglia natura e su strutture in calcestruzzo attraverso fori di diametro ridotto (al massimo 20 mm) appositamente eseguiti o in lesioni e/o in cavità esistenti. Qualora non esistano lesioni o cavità la prova deve essere espletata praticando dei piccoli fori da eseguire con trapani a rotazione a basso numero di giri (per non indurre vibrazioni eccessive al paramento in esame). Nelle suddette lesioni e/o cavità o fori si introduce un endoscopio, costituito nelle sue parti essenziali di un'asta con fibra ottica e di una guida luce per l'illuminazione della parte presa in esame. Alla parte terminale può essere applicata sia una macchina fotografica reflex, sia una telecamera, entrambe a colori, per la documentazione dell'indagine. Devono essere rilevate le seguenti informazioni: - individuazione di cavità e vuoti eventualmente presenti; - morfologia e tipologia del paramento murario all'interno; - stato visibile di conservazione dei materiali. La prova deve essere idoneamente documentata con fotografie (ovvero con la stampa di alcuni fotogrammi se la ripresa è stata effettuata con telecamera). È compreso quanto altro occorre per dare i risultati dell'indagine completi. Il prezzo è riferito ad una singola indagine endoscopica in unico foro, con rilascio di non meno di 4 foto a colori, compresa l'esecuzione eventuale del foro di ispezione se necessario. Per spessori della muratura fino a 100 cm.	cad	2