

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:

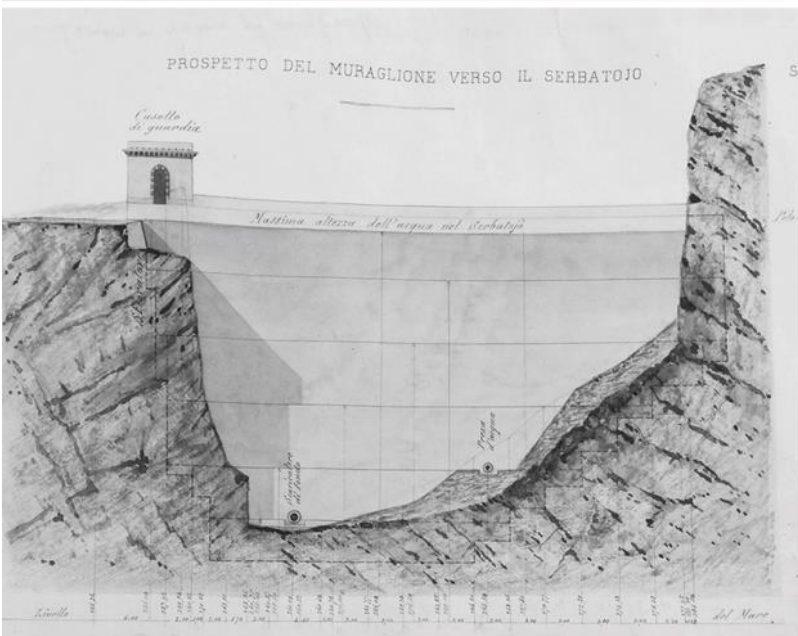
 **TECENTAL**

 **Metassociati**
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**

Lombardi SA Ingegneri Consulenti

Archeologo N. FADDA



INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE

Progetto delle opere a verde e mitigazione ambientale



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:

MANDANTI:

 **Lombardi**

Lombardi Ingegneria S.r.l.

 **ESSENTIAL**

 **Metassociati**
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**

Lombardi SA Ingegneri Consulenti

ARCHEOLOGO
N. FADDA



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


Indice

1	PREMESSA	1
2	CRITERI DELL'INTERVENTO	1
3	STATO DEI LUOGHI: FOTO STATO ATTUALE E FOTO STORICHE DELL'AREA DI INTERVENTO.	3
4	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	6
	4.1 Interventi sull'argine	7
	4.2 Opera di presa	8
	4.3 Vasca di dissipazione:	9
	4.4 Stabilizzazione della frana	9
5	SCHEDA DELLE SPECIE ARBUSTIVE DA UTILIZZARE	10

MANDATARIA:

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

MANDANTI:

 **FESCENTRAL**

 **Metassociati**
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**
Lombardi SA Ingegneri Consulenti

ARCHEOLOGO
N. FADDA



1 PREMESSA

La presente relazione illustra gli interventi previsti di mitigazione ambientale e delle opere a verde, inserite nell'ambito delle lavorazioni relative dismissione della diga di Bunnari Basso e alla realizzazione delle opere di sistemazione idrauliche ad esse connesse.

È prevista la costruzione di un argine (1) ubicato subito dopo in gomito creato dall'ansa del fiume, di un bypass idraulico costituito da una galleria (2), da un'opera di captazione costituita da muro con stramazzo superiore Scimemi-Creager a 3 settori (3) e da un bacino di smorzamento a valle della galleria (4).

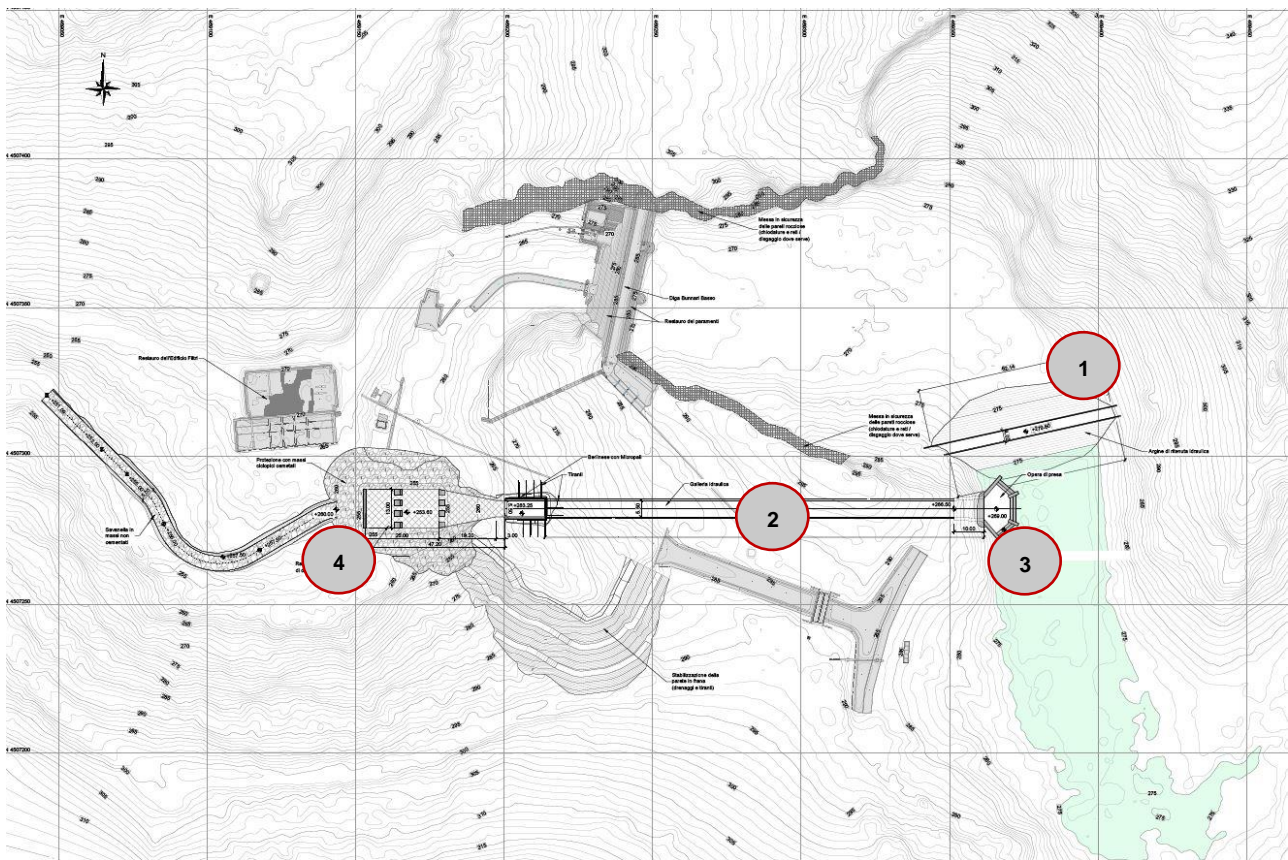


Figura 1 - Stralcio planimetria delle opere in progetto

2 CRITERI DELL'INTERVENTO

Le soluzioni adottate nell'ambito della progettazione delle opere di mitigazione, oggetto della presente relazione, derivano dallo studio della vegetazione potenziale, dall'esame del paesaggio attuale sia per gli

MANDATARIA:

MANDANTI:

1



aspetti morfologici che per la copertura vegetale e dalle caratteristiche pedologiche, aspetto che nel contesto locale condiziona fortemente l'insediamento della vegetazione.

Considerate le caratteristiche paesaggistiche del contesto, gli interventi proposti, ancorché mirati a risolvere criticità in punti specifici delle opere, mirano ad un recupero della qualità del paesaggio attraverso un miglioramento dell'inserimento dell'opera nel contesto e ad un incremento della copertura della vegetazione naturale, aumentando il potenziale ecologico del territorio.

In base alla buona prassi progettuale, il riferimento principale per la scelta delle essenze da utilizzare per gli interventi, è rappresentato da un'analisi della vegetazione potenziale, ossia della vegetazione che si riscontrerebbe in questo contesto fitoclimatico, in assenza di azioni perturbatrici da parte dell'uomo.

La vegetazione boschiva della Sardegna, ricca di numerosi endemismi dovuti al suo parziale isolamento, è riconducibile alla macchia mediterranea, caratterizzata da formazioni sempreverdi formate da alberi di leccio e sughera e da boschi a foglie caduche come la roverella e il castagno associate a formazioni cespugliose di corbezzolo, lentisco, ginepro, olivastro, cisti, mirto, fillirea, erica, ginestra, rosmarino, viburno, euforbia le quali nei terreni degradati evolvono verso formazioni erbacee di tipo steppico ("gariga") in cui sono presenti radi cespugli bassi costituiti da specie come il timo, l'elicriso, i cisti, l'euforbia.

Dal punto di vista fitoclimatico, l'area oggetto dell'intervento si colloca all'interno della zona *Lauretum freddo*. Si tratta di una fascia intermedia, tra il *Lauretum caldo* e le zone montuose appenniniche più interne; nelle regioni meridionali, si spinge anche più a nord lungo le coste della penisola (abbracciando l'intero Tirreno e il mar Ligure a occidente e spingendosi fino alle Marche sull'Adriatico) interessando il territorio dal livello del mare fino ai 700-800 metri di altitudine sull'Appennino.

Il Piano Forestale Regionale nella sua "Carta delle serie di vegetazione" (rif. Distretto 2 "Nurra e Sassarese") inquadra il territorio in esame nella serie sarda, calcifuga, mesomediterranea della sughera (*Violo dehnhardtii-Quercetum suberis*). Si tratta di un mesobosco dominato da *Quercus suber* con querce caducifoglie ed *Hedera helix*. Lo strato arbustivo, denso, è caratterizzato da *Pyrus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Arbutus unedo* ed *Erica arborea*.

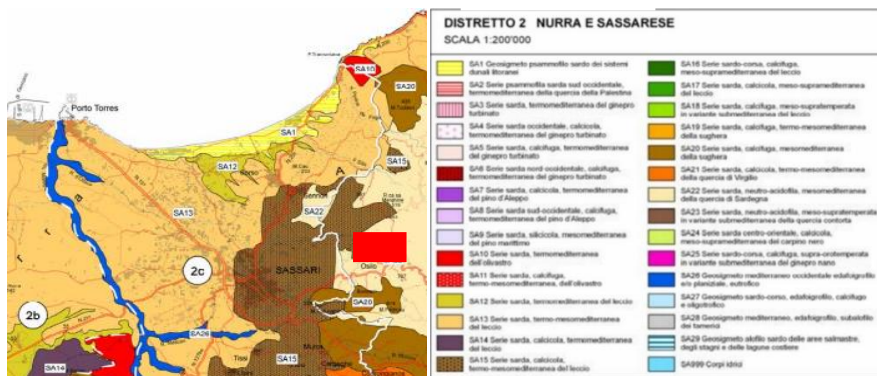


Figura 2: "Carta delle serie di vegetazione" (rif. Distretto 2 "Nurra e Sassarese")

MANDATARIA:

MANDANTI:



3 STATO DEI LUOGHI: FOTO STATO ATTUALE E FOTO STORICHE DELL'AREA DI INTERVENTO.

Si riportano di seguito alcune immagini che rappresentano lo stato attuale dei luoghi.



Figura 2: Foto dei luoghi dell'intervento: Paramento diga, fronte roccioso a monte della diga, manufatti idraulici.

È stata inoltre eseguita una sovrapposizione dell'area di intervento con alcune foto storiche messe a disposizione dal Sistema Informativo Territoriale Regionale (SITR) della Regione Sardegna (<http://www.sardegnageoportale.it/>) e sono state selezionate le ortofoto degli anni 1954/55 1968, 1977/78, 1997, 2004 e 2010.



Ortofoto 1954 - 1955



Ortofoto 1968



Ortofoto 1977 - 1978



Ortofoto 1997



Ortofoto 2004



Ortofoto 2010

MANDATARIA:

MANDANTI:



4 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Le mitigazioni ambientali previste nel progetto permetteranno di restituire un contesto simile a quello originario.

In seguito all'analisi delle componenti ambientali e degli impatti che le azioni progettuali hanno sul sistema ambientale e paesaggistico il progetto mira a garantire la naturalità dei luoghi, permettendo l'adeguata fruibilità dei manufatti storici, sia per la loro conservazione sia per la loro valorizzazione in chiave turistica.

Per conseguire questo obiettivo, il progetto introduce soluzioni tecniche incentrate sulla scelta dei materiali naturali nel pieno rispetto degli elementi materici e cromatici. La realizzazione delle opere in progetto è accompagnata da un attento progetto di ricostruzione del paesaggio naturale, favorito anche dalla modesta estensione delle aree di intervento e dalla spontanea tendenza delle essenze locali a riappropriarsi degli spazi contigui. In quest'ottica appare trascurabile l'impatto a carico della fauna locale, specialmente nella fase di esercizio.

Le opere a verde faranno uso di specie vegetali autoctone, al fine di favorire una più veloce rinaturalizzazione delle aree con maggiori garanzie di attecchimento.

Le finalità delle opere a verde, una volta consolidate, saranno:

- tecnico-funzionali: antierosive e di consolidamento degli argini, di copertura del suolo.
- naturalistico-ambientali: riqualificazione naturalistica e diversificazione dell'ecosistema e partecipazione alle dinamiche evolutive attraverso l'ampliamento dell'ecosistema fluviale;

Relativamente alle piantumazioni di progetto sarà presa in considerazione la possibilità di espianto e reimpianto delle essenze interferenti con le opere da realizzare previa valutazione agronomica della lavorazione. La definizione delle scelte progettuali che meglio esprimono l'inserimento dell'opera nel contesto territoriale è conseguente agli studi effettuati relativamente agli aspetti morfologici e vegetazionali, storico-culturali, oltre a quelli legati all'inserimento paesaggistico ed alla percezione visiva delle opere di sistemazione idraulica di cui al presente progetto.

In particolare, gli interventi previsti sono finalizzati a conseguire i seguenti obiettivi:

- contenere i livelli di intrusione visiva nei principali bacini visuali;
- integrare l'opera in modo compatibile al sistema naturale circostante;

Pertanto, in considerazione di tali obiettivi, le tipologie di intervento previste consentiranno di ridurre l'impatto visivo degli interventi, oltre che di ricucire la rottura della continuità morfologica, biologica e percettiva indotta dalla realizzazione degli interventi in progetto.

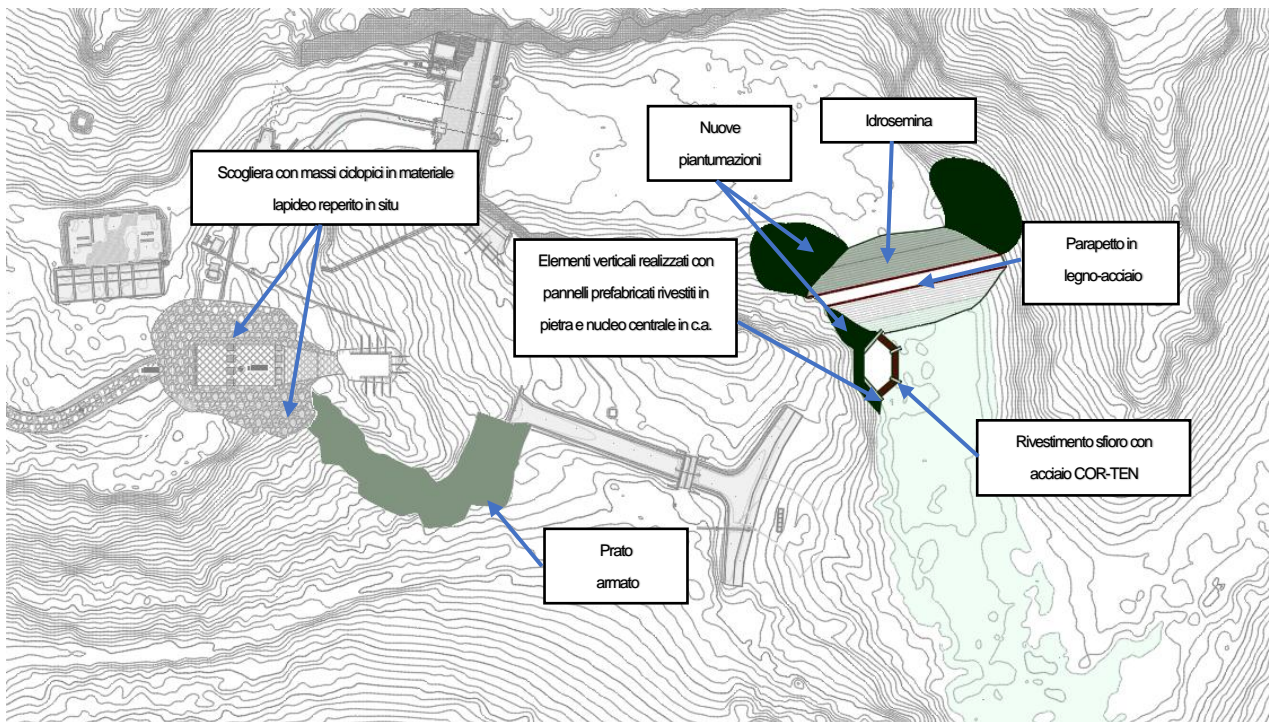


Figura 3: Planimetria degli interventi

4.1 INTERVENTI SULL'ARGINE

Gli interventi principali di mitigazione riguarderanno la realizzazione di rivestimenti vegetali tramite idrosemina sul lato a valle dell'argine. Questo tipo di intervento rappresenta una delle soluzioni più indicate nelle zone di particolare pregio ambientale, dove occorre garantire, oltre all'efficacia tecnico-funzionale anche gli aspetti ecologici, estetico paesaggistici e naturalistici, ad esso connessi. Questa tecnica infatti, se opportunamente realizzata, consente un ottimo recupero naturale delle aree degradate, favorendo il consolidamento dei pendii, lo sviluppo successivo della copertura vegetale e/o il ripristino degli ecosistemi naturali danneggiati.

L'inerbimento ed il consolidamento mediante idrosemina consistono nello spruzzare ad alta pressione, sul terreno preventivamente preparato, una soluzione di acqua, semi, collante ed altri eventuali componenti.

La possibilità di variare in molti modi la composizione delle miscele, rende l'idrosemina adatta alla soluzione di quasi tutti i problemi di rinverdimento.

Questa tecnica è adatta a coprire grandi e medie superfici anche a elevata pendenza e scarpate con scarsa copertura.

È inoltre prevista la piantumazione di piantine arboree e arbustive. Questa tecnica di stabilizzazione dei versanti sfrutta la capacità degli apparati radicali delle piante di legare e consolidare le particelle di terreno sciolto e le capacità di regimazione idrologica derivanti dalla intercettazione dell'acque meteoriche e dal prosciugamento dell'acqua superficiale.

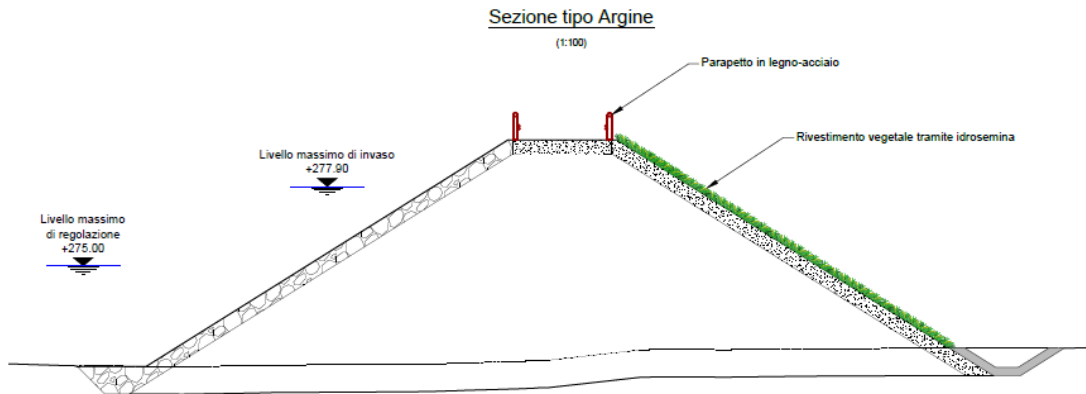


Figura 4: Sezione tipo interventi di mitigazione su argine

4.2 OPERA DI PRESA

Il manufatto di captazione idrica all'imbocco della galleria costituisce un elemento non trascurabile per quanto riguarda l'alterazione della percezione del paesaggio nell'area di intervento. Seppur parzialmente "nascosto" dalla presenza dell'argine, è comunque necessario intervenire con accorgimenti che possano migliorarne l'inserimento nel contesto interessato.

I componenti che più risultano impattanti sono le 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. Il processo industriale assicura buona durabilità e qualità finale del manufatto. 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.

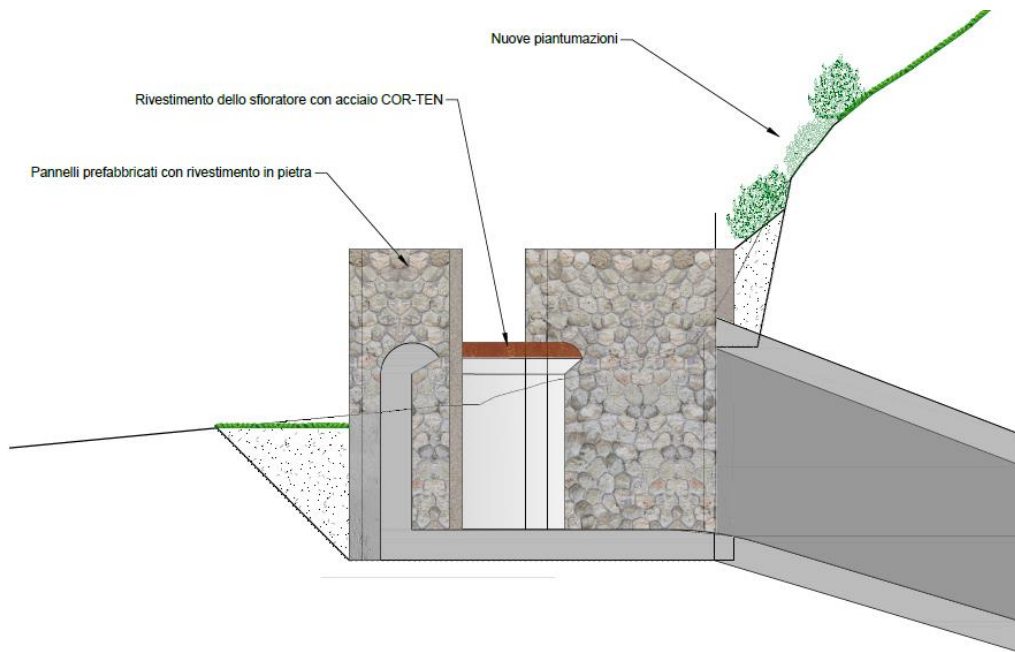


Figura 5: Sezione tipo con interventi di mitigazione su opera di presa

4.3 VASCA DI DISSIPAZIONE:

La geometria della vasca di dissipazione è costituita da un'area piana che si raccorda ai versanti di progetto con sponde di inclinazione differente. Ove la regolarizzazione geometrica intercetti materiale sciolto si prevede il rivestimento con massi cementati; nelle parti restanti, dove lo scavo intercetta roccia integra, non è previsto ulteriore rivestimento.

Le sponde di protezione non sono oggetto di rinverdimenti, ritenuti futili a causa del rigido contesto termico e di esposizione solare che ne comprometterebbero in breve tempo la sopravvivenza. Si è piuttosto ritenuto vantaggioso, anche per ragioni di natura economica, prevedere la scogliera composta da materiale di adeguata pezzatura proveniente dalle attività di scavo e lavorazione delle opere complementari: pertanto, il rivestimento della vasca acquisirà un aspetto del tutto simile alla roccia già presente in situ. Tale aspetto contribuisce a conferire all'opera un elevato grado di inserimento nel contesto naturale presente. L'azione degli agenti meteorici concorrerà all'accumulo di detriti e semi dal contesto circostante creando nel tempo un certo inerbimento naturale.

4.4 STABILIZZAZIONE DELLA FRANA

A sinistra dello sbocco del canale fugatore dello Sfiatore 2 si rileva la presenza di versanti franosi che saranno stabilizzati anche 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.



Caratterizzati da tempi di posa contenuti trovano impiego in diverse applicazioni dove l'aspetto ambientale ricopre particolare importanza, consentendo di migliorare le caratteristiche meccaniche del terreno, incrementandone la resistenza al taglio, il fattore di sicurezza e trasformando un terreno fragile in un sistema plastico incentrato sul binomio "terreno-radici". Le piante erbacee a radicazione profonda tipicamente utilizzate sono in grado di resistere a sommersione anche per periodi prolungati. Questa caratteristica le rende particolarmente adatte alla realizzazione di impianti antiersivi e di protezione spondale di fiumi e torrenti. Delle specie arbustive saranno piantate lungo le berme per un reinserimento completo dell'intervento nel paesaggio in loco.



Figura 6: Sistema terreno-radici



Figura 7: Esempio di rinaturalizzazione a seguito di impegno di prati armati.

5 SCHEDA DELLE SPECIE ARBUSTIVE DA UTILIZZARE

Vengono di seguito riportate una serie di schede relative alle specie arbustive che possono essere utilizzate nell'ambito delle mitigazioni ambientali a seguito dell'autorizzazione degli organi di controllo in materia di ambiente.



Calicotome villosa (Poir.) (Leguminosae)



NOMI VOLGARI: Spazio villosa

DESCRIZIONE: Frutice spinoso, poco ramificato di altezza fino a 2 m, con i rami giovani peloso- sericei- le foglie sono spicciolate e caduche (solitamente prima dell'estate) I fiori sono di color giallo oro, riuniti in ciuffi o in racemi privi di foglie. Il frutto è un legume peloso-tormentoso lungo circa 2-4 cm

PROPAGAZIONE: per seme e per via vegetativa (talee semilegnose)

HABITAT: macchie e garighe, soprattutto in zone aride, può localmente predominare in aree disboscate ed esposte

BIOLOGIA: fanerofita a fioritura-primaverile (aprile-giugno)

AREALE: bacino del Mediterraneo

REPERIBILITA' NEI VIVAI: generalmente reperibile nei vivai, con piante di diversa altezza



Erica arborea (L.) (Ericaceae)



NOMI VOLGARI: erica arborea

DESCRIZIONE: Arbusto o piccolo albero sempreverde, portamento eretto, chioma densa e ramificata, rami con disposizione opposta, quelli giovani densamente pubescenti, corteccia dei fusti di colore rossastro. Altezza variabile 1÷6 m. Le foglie sono aghiformi, verticillate solitamente a 4, di colore verde-scuro, glabre, lineate di bianco nella parte inferiore, hanno margini revoluti che quasi nascondono la pagina inferiore.

PROPAGAZIONE: per seme o per via vegetativa (talea o propaggine)

HABITAT: Entità mediterranea in senso stretto , con areale limitato alle coste mediterranee

BIOLOGIA: Pianta legnosa con portamento cespuglioso, con gemme perennanti poste tra 20 cm e 2 m dal suolo.

AREALE: Vegeta nei boschi sempreverdi, macchie, garighe su terreni acidi, vive in aree con clima caldo-arido, ma si adatta anche ai climi più freddi ed umidi delle zone montane dove vegeta fino a 1.200 m s.l.m., nelle regioni settentrionali solo fino a 600 m

REPERIBILITA' NEI VIVAI: reperibile nei vivai specializzati in piante mediterranee



Euphorbia dendroides L. (Euphorbiaceae)



NOMI VOLGARI: euforbia arborea

DESCRIZIONE: arbusto cespuglioso, alti sino a 2 m. Le foglie sono alterne, spaziate, oblungo-lanceolate, di colore dal verde-glaucò al rossiccio. Ha fiori di color giallo-oro, raccolti in ombrelle terminali, circondate da numerose brattee. Fiorisce da aprile a giugno. Il frutto è un coccaro tricarpare, contenenti semi appiattiti, grigi, lisci, lunghi 3 mm.

PROPAGAZIONE: da seme o per radicazione di talea apicale

HABITAT: pianta diffusa nel bacino del mediterraneo

BIOLOGIA: arbusto comune negli ambienti di macchia mediterranea; subisce il fenomeno dell'estivazione, vegetando in inverno ed entrando in stasi vegetativa durante l'estate

AREALE: litoranei aridi e soprattutto calcarei, su scogliere e rupi presso il mare, da 0 a 700 m.

REPERIBILITA' NEI VIVAI: reperibile nei vivai specializzati in piante mediterranee



Juniperus phoenicea L. (Cupressaceae)



NOMI VOLGARI: ginepro fenicio, cedro liscio, sabina marittima, falsa sabina

DESCRIZIONE: cespuglio o alberello alto sino a 8 m. Ha crescita molto lenta ed è pure molto longeva. La corteccia sottile tende a desquamarsi. Foglie negli esemplari giovani appiattite e pungenti, negli esemplari adulti squamiformi. Fiore maschile a cono ovoidale, femminile globoso. Fioritura da febbraio ad aprile. bacca globosa verde-giallastra che matura in 2 anni.

PROPAGAZIONE: da seme (germinazione assai variabile) o attraverso talee legnose; meno comune l'uso di propaggini

HABITAT: macchia mediterranea (vegeta sino a 1500 m)

BIOLOGIA: pianta dioica frugale e sempreverdi

AREALE: presente nella macchia mediterranea specialmente su suolo calcareo

REPERIBILITA' NEI VIVAI: reperibile nei vivai specializzati in piante mediterranee



Myrtus communis L. (Myrtaceae)



NOMI VOLGARI: Mirto, Mortella

DESCRIZIONE: arbusto sempreverde di altezza variabile da 0,5 m a 3 m con corteccia rosea, desquamante longitudinalmente, e rami opposti. Foglie opposte coriacee sessili, con lamina da lanceolata a ellittica. Fiori bianchi solitari o appaiati all'ascella delle foglie. Bacca ellissoide o sub-sferica

PROPAGAZIONE: per seme o per parti vegetative (talea semilegnosa)

HABITAT: elemento della macchia mediterranea, risulta diffusa dal mare fino a 500 m 500 di quota su substrati silicei

BIOLOGIA: fanerofita cespitosa a fioritura estiva (giugno-luglio)

ARSALE: specie delle regioni mediterranee. In Italia è presente lungo le coste della Penisola e nelle isole.

REPERIBILITA' NEI VIVAI: sono generalmente disponibili individui con altezza variabile da 40 a 100 cm



Pistacia lentiscus L (Anacardiaceae)



NOMI VOLGARI: Lentisco, lentischio, stinco

DESCRIZIONE: cespuglio o alberello alto 1-3 m, raramente 6-8, metri con odore resinoso. Foglie paripennate con 8-10 segmenti lanceolati. Fiori rosso bruni o gialli in pannocchia cilindrica. Drupe subsferiche rossastre, poi nere

PROPAGAZIONE: principalmente per seme, (germinazione assai variabile)

HABITAT: costituente sempreverde della macchia mediterranea, soprattutto lungo le coste, fino a m 700 s.l.m.

BIOLOGIA: fanerofita cespitosa a fioritura primaverile (marzo-maggio)

AREALE: specie dell'elemento steno-mediterraneo, in Italia è presente nelle isole e nelle regioni meridionali e centrali della Penisola sino all'Emilia

REPERIBILITA' NEI VIVAI: sono facilmente disponibili individui di altezza ed età variabile



Pistacia terebinthus L. (Anacardiaceae)



NOMI VOLGARI: Terebinto, scornabecco

DESCRIZIONE: Arbusto o piccolo albero alto fino 4-5 m, con rami bruno-rossastri ed odore resinoso. Foglie imparipennate, composte da 3-9 foglioline di 3-6 x 1,5-2,5 cm, ovato acuminato sessili, a margine intero, spesso formanti galle rossastre dalla caratteristica forma di corna. Infiorescenze sulla parte terminale dei rami dell'anno precedente. Specie dioica con fiori organizzati in pannocchie bruno-rossastre e le femminili piramidali, ampie e lasse. Drupe ovoidi, di 5-8 mm, lisce rosso scure a maturità

PROPAGAZIONE: si propaga principalmente da seme

HABITAT: boschi termofili, arbusteti e rupi, preferenzialmente calcaree, dal livello del mare fino a 700-800 m di quota

BIOLOGIA: fanerofita sempreverde ad habitus da cespitoso a scaposo, a fioritura primaverile (aprile-maggio)

AREALE: presente in tutte le coste del Mediterraneo sino alla Turchia e Africa settentrionale

REPERIBILITA' NEI VIVAI: il materiale di impianto è reperibile sul mercato con altezza ed età variabili



Rhamnus alaternus L. (Rhamnaceae)



NOMI VOLGARI: Alaterno, legno puzzo

DESCRIZIONE: arbusto perenne di circa 1-5 m di altezza con legno molto duro, di colore giallo-brunastro e dal caratteristico odore sgradevole che emana appena tagliato. Foglie alterne lanceolate-ovalate e infiorescenze a grappolo nel periodo di fioritura. Frutti costituiti da bacche rosse, che diventano nere a maturazione

PROPAGAZIONE: si propaga per seme e talea apicale

HABITAT: diffuso nella macchia sempreverde termofila, nelle garighe e nelle leccete, sui pendii collinari calcarei, nelle fenditure della roccia, in aree disturbate ed ai margini del bosco, nel greto dei ruscelli costieri, nel sottobosco rado delle regioni a clima mediterraneo del livello del mare fino ai 700 m di altitudine

BIOLOGIA: frutice dioico sempreverde privo di spine con fioritura primaverile (marzo -aprile)

AREALE: bacino del mediterraneo

REPERIBILITA' NEI VIVAI: il materiale di impianto è reperibile sul mercato



Spartium junceus. (L.) (Fabaceae)

NOME VOLGARE: Ginestra comune

DESCRIZIONE: frutice con rami a forma di giunco glabri eretti e foglioline solitarie, caduche, lineari lanceolate. Fiori odorosi in racemi terminali di colore giallo. Frutti costituiti da legume piatto lunghi 4-8 cm nero bruni a maturazione, contenenti semi giallo rossicci

PROPAGAZIONE: per seme e anche per via vegetativa (talee legnose)

HABITAT: garighe, macchie di preferenza su soli calcarei utilizzata anche a scopo ornamentale o per consolidare pendii franosi

BIOLOGIA: fanerofita a fioritura-primaverile (aprile-giugno)

AREALE: bacino del mediterraneo in Italia è presente in quasi tutte le regioni ad eccezione delle aree più elevate dell'arco alpino e delle zone a clima freddo

REPERIBILITA' NEI VIVAI: si rinviene con facilità materiale da impiantare di differente altezza