ENGINEERING AND CONSTRUCTION

Relazione

Document / *Documento n.*
PBSMA20860

Sheet *Pagina* **1** of *di* **64**

PROJECT *Progetto*
MINIERA SANTA BARBARA
PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE

Security Index *Indice Sicurezza*
Internal Use / P

TITLE *Titolo*
LOTTO A – INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA
Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti

CLIENT *Cliente*
ENEL GLOBAL GENERATION – GENERATION ITALY
CCGT/OIL & GAS - PRESIDIO EX AREA MINERARIA - SANTA BARBARA

JOB no. ..... Document no. .....

CLIENT SUBMITTAL *Inoltro al Cliente*	[] FOR APPROVAL *Per Approvazione*	[] FOR INFORMATION ONLY *Per Informazione*	[] NOT REQUESTED *Non Richiesto*

SYSTEM *Sistema*	APPL. TO SECT. *Valido per le sez.*	DOC. TYPE *Tipo Doc.*	DISCIPLINE *Disciplina*	FILE *File*
...	...	**TL**	**C**	**PBSMA2086004**

REV	DESCRIPTION OF REVISIONS / *Descrizione delle revisioni*
00	Prima emissione
01	Prima revisione
02	Seconda revisione
03	Terza revisione
04	Quarta revisione

PROGETTAZIONE GENERALE

Dott. Ing. Marco Bologna

Il presente documento è sottoscritto con firma digitale ai sensi dell'art. 21 del D.Lgs. 82/2005

PROGETTAZIONE SPECIALISTICA

Dott. Ing. Massimo Sartorelli

Il presente documento è sottoscritto con firma digitale ai sensi dell'art. 21 del D.Lgs. 82/2005

REV	Date *Data*	Scope *Scopo*	Prepared by *Preparato*	Co-operations *Collaborazioni*						Approved by *Approvato*	Issued by *Emesso*
04	30.09.19	FC	M.Sa	F.Ga						M.Bo	M.Bo
			GRAIA	CIV						DPL	PE

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

INDICE

1. Premessa 5
2. Schede tipologiche degli interventi 6
2.1 RN01 - Riqualificazione aree umide 7
2.2 RN02 – Sentieristica 7
2.3 RN03 - Punti di osservazione 11
2.4 FA01 e FA02 - Filare arboreo e arboreo/arbustivo 13
2.4.1 Filare arboreo 15
2.4.2 Filare arboreo-arbustivo 15
2.5 PR01 - Boschi igrofili e meso-igrofili 15
2.6 PV01 - Bosco meso-termofilo 17
2.7 PA01 - Lamineto 19
2.8 PA02 - Canneto palustre 21
2.9 PA03 - Prati umidi (cariceto) 23
2.10 DA01 - Pennelli/deflettori/costrittori 24
2.11 DA02 - Soglie in legname 28
2.12 DS01 - Palificata spondale 30
2.13 DS02 - Scogliera in massi rinverdita 32
2.14 HI01 - Fascine/legnaie 34
2.15 HI02 - Alberi frondosi/ceppaie 36
2.16 HI03 - Spiagge in ghiaia per la riproduzione ittica 40
2.17 HA01 - Pozze effimere 42
2.18 HA02 - Pozze perenni 42
2.19 HT01 - Cumuli di pietre 44
2.20 HT02 - Accumuli di fieno 44
2.21 Interventi di ingegneria naturalistica 45
2.21.1 IN01 - Interventi antierosivi di rivestimento 46
2.21.2 IN02 - Interventi stabilizzanti 47
2.21.3 IN03 - Interventi combinati di consolidamento 51
2.22 GS01 - Diradamento selettivo 54
3. Linee guida di ingegneria naturalistica 55
3.1 Macroarea 1 - Area spondale destra e sinistra dell'emissario di Castelnuovo 55

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

3.1.1 Sistemazione delle sponde e del fondo dell'alveo dell'emissario 55

3.1.1.1 Linea guida 55

3.1.2 MA-01 Lago di Castelnuovo Sponda Nord - Sistemazione sponda con pendenza 1/5 (20%) mediante realizzazione rilevato 56

3.1.2.1 Linea guida 56

3.2 Macroarea 2 - Area spondale est nei pressi di "Casa Basi" 56

3.2.1 MA-04 Lago di Castelnuovo Sponda Est - Completamento sponda con pendenza 1/10 (10%) mediante riprofilatura versanti 56

3.2.1.1 Linea guida 57

3.2.2 MA-09 Piagge - Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti 57

3.2.2.1 Linee guida 57

3.3 Macroarea 3 - Area spondale sud e Borro Valli 57

3.3.1 MA-06 Casa Vanni - Riprofilatura versanti per migliorare la capacità scolante dei terreni 57

3.3.2 MA-07 Buche di Calonica - Riempimento di alcune aree depresse in cui si crea il ristagno dell'acqua - Riprofilatura versanti per consentire il naturale deflusso delle acque di superficie verso le opere idrauliche eseguite 57

3.3.3 IA-01 Borro Valli - Scavo per la realizzazione della sede del nuovo alveo da rivestire con pietrame di idonea pezzatura 57

3.3.3.1 Linea guida 58

3.3.4 Interventi diffusi 58

3.4 Macroarea 4 - Area spondale sud-ovest, Borro Percussente e Borro Pianale 59

3.4.1 MA-10 Ronco - Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti 59

3.4.1.1 Linee guida 59

3.4.2 IA-02 Borro Percussente - Scavo per la realizzazione della sede del nuovo alveo da rivestire con pietrame di pezzatura variabile 59

3.4.2.1 Linea guida 60

3.4.3 IA-03 Borro Pianale - Scavo per la realizzazione della sede del nuovo alveo da rivestire con pietrame di pezzatura variabile, ad esclusione dei tratti scavati in roccia 60

3.4.3.1 Linea guida 61

3.5 Macroarea 5 - Area spondale ovest, spiaggia fruibile e area prossima a Zona Bomba 62

3.5.1 MA-03 Lago di Castelnuovo Spiaggia (Sponda Ovest) 62

3.5.1.1 Linea guida 62

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

3.5.2 MA-08 Cave Vecchie - Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti 62

3.5.2.1 Linee guida 63

3.5.3 IA-04 Borro Lanzi esistente – Riprofilatura/Tombamento dell'alveo esistente 63

3.5.3.1 Linea guida 63

3.5.4 Interventi diffusi 63

4. Riferimenti bibliografici 64

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

1. PREMESSA

Le attività di progettazione del "Recupero ambientale della miniera di S. Barbara nei Comuni di Cavriglia (AR) e Figline Valdarno (FI)", approvato con decreto di compatibilità ambientale n.938 del 29/07/2009 (VIA) da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del mare (MATTM) ed autorizzato dalla Regione Toscana (DR n.416 del 09/02/2010) con prescrizioni e raccomandazioni, riguardano anche opere di sistemazione a verde e di ingegneria naturalistica.

Il piano di recupero ambientale dell'area ex mineraria data in concessione all'ENEL SpA per le attività di estrazione mineraria deve, quindi, comprendere necessariamente attività propedeutiche allo sviluppo del progetto del sopracitato intervento di recupero ambientale, in maniera integrata con la salvaguardia delle cenosi esistenti. Risulta infatti auspicabile il recupero dell'intera area mineraria non solo dal punto di vista paesaggistico, ma anche da quello naturalistico. Per farlo occorre preservare gli ambiti più naturali e al contempo intervenire per adeguare l'area di intervento con tecniche ecocompatibili: l'applicazione dell'ingegneria naturalistica in questo contesto si propone come compromesso ideale tra la risoluzione di problematiche caratterizzanti il sito di Santa Barbara (come ad esempio il consolidamento dei versanti, la sicurezza idraulica, la diversificazione degli habitat) e l'inserimento di opere volte al miglioramento ambientale in grado di apportare benefici alle comunità animali, vegetali e alla diversificazione degli habitat locali.

La depressione del Lago di Castelnuovo, la presenza di piani intervallati da scarpate, le aree di margine dei versanti di cava e dei boschi naturali che le caratterizzano, la ricca rete idrografica esistente e da ripristinare concorrono a definire un paesaggio di particolare pregio proprio per le sue naturali vocazioni. Il progetto, quindi, è anche finalizzato tanto alla tutela del territorio, quanto alla sua valorizzazione e alla interconnessione con i borghi limitrofi.

L'identificazione delle opere di ingegneria naturalistica, finalizzate a ristabilire le condizioni standard di stabilità, fruibilità e cenosi originarie secondo la suddivisione in 5 macroaree del macrolotto A, è oggetto dell'incarico per **attività specialistiche - aspetti di ingegneria naturalistica - Lotto A - Lago di Castelnuovo (IS08)**, nel cui ambito è stato sviluppato il presente elaborato che costituisce la relazione "Linee guida di ingegneria naturalistica per i Progettisti".

Sono, quindi, identificate e descritte le **principali categorie di interventi secondo le tecniche di ingegneria naturalistica** che si suggerisce di adottare nell'area del lago di Castelnuovo in corrispondenza degli interventi già previsti nell'ambito del Piano di recupero ambientale. Le linee guida di ingegneria naturalistica sono rivolte ai progettisti geotecnici, idraulici e stradali affinché vengano adottate nelle opere ancora non progettate, in particolare nella messa in sicurezza di fronti di frana.

L'identificazione degli interventi suggeriti è esposta seguendo la suddivisione dell'intera area del Macrolotto A in 5 macroaree:

1) Area spondale destra e sinistra dell'emissario di Castelnuovo;

2) Area spondale est nei pressi di "Casa Basi";

3) Area spondale sud e Borro Valli;

4) Area spondale sud-ovest, Borro Percussente e Borro Pianale;

5) Area spondale ovest, spiaggia fruibile e area prossima a Zona Bomba.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2. SCHEDE TIPOLOGICHE DEGLI INTERVENTI

Nel presente capitolo si descrivono le tipologie degli interventi di ingegneria naturalistica finalizzate a ristabilire le condizioni standard di stabilità, fruibilità e cenosi originarie nell'ambito del macrolotto A.

Tipologia di intervento	Sottocategoria	Sigla
Riqualificazione naturalistica	Riqualificazione aree umide	RN01
	Sentieristica	RN02
	Punti di osservazione	RN03
Filare arboreo	Filare a cipressi (tratto fruizionale)	FA01
Filare arboreo/arbustivo	Filare arboreo/arbustivo (tratto naturalistico)	FA02
Piantumazioni aree ripariali	Boschi igrofili e meso-igrofili	PR01
Piantumazione versanti	Bosco meso-termofilo (farnia)	PV01
Piantumazione acquatiche	Lamineto	PA01
	Canneto palustre	PA02
	Prati umidi (cariceto)	PA03
Interventi di diversificazione alveo	Pennelli/deflettori/costrittori	DA01
	Soglie in legname	DA02
Difesa spondale	Palificata spondale	DS01
	Scogliera in massi rinverdita	DS02
Habitat fauna ittica	Fascine/legnaie	HI01
	Alberi frondosi/ceppaie	HI02
	Spiagge in ghiaia per la riproduzione ittica	HI03
Habitat anfibi	Pozze effimere	HA01
	Pozze perenni	HA02
Habitat fauna terrestre	Cumuli di pietre	HT01
	Accumuli di fieno	HT02
Ingegneria naturalistica	Interventi antierosivi di rivestimento	IN01
	Interventi stabilizzanti	IN02
	Interventi combinati di consolidamento	IN03
Gestione selvicolturale	Diradamento selettivo	GS01

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2.1 RN01 - RIQUALIFICAZIONE AREE UMIDE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La riqualificazione di aree umide può essere attuata attraverso la realizzazione di fasce piantumate lungo le sponde di corsi d'acqua e di piccoli specchi d'acqua. Inoltre, in corrispondenza di versanti poco acclivi è possibile realizzare fasce di divagazione laterali del corso d'acqua, funzionali e strategiche alla realizzazione di importanti habitat idonei per la vegetazione acquatica e igrofila, oltre che per la fauna acquatica.

Gli interventi previsti per la riqualificazione delle aree umide sono rappresentati dalle seguenti operazioni:

- pulizia delle aree mediante taglio della vegetazione, evitando di eliminare le specie autoctone;
- rimodellamento delle rive creando in alveo una fascia di divagazione laterale mediante la posa di soglie e deflettori consolidata con alcuni interventi di ingegneria naturalistica (ad es. rulli spondali) e poi piantumata con elofite e idrofite locali;
- le sponde interessate dai lavori sono consolidate con biostuoia in cocco (almeno 500 gr/m^2) e piantumate con specie arbustive autoctone, si possono prevedere lantana (*Viburnum lantana*) e biancospino (*Crataegus monogyna*), ligustro (*Ligustrum vulgare*), corniolo (*Cornus mas*) e specie arboree quali ontano nero (*Alnus glutinosa*) e Salice bianco (*Salix alba*) nelle zone più umide, e altre specie mesofile quali frassino (*Fraxinus oxycarpa*), ciliegio (*Prunus anium*), ciliegio canino (*Prunus mahaleb*).

INTERVENTI REALIZZATI

Intervento di riqualificazione intra-alveo

(Roggia Vernavola, Pavia)

2.2 RN02 – SENTIERISTICA

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Le funzioni fondamentali svolte da una struttura viaria, carrabile o pedonale, sono le seguenti:

- garantire una superficie regolare;
- conferire al corpo stradale una resistenza nel tempo all'usura;
- distribuire i carichi su un'area più grande rispetto alle impronte delle ruote dei veicoli o

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

di calpestio dei pedoni, così da consentire ai terreni *in situ* di sopportare le sollecitazioni di compressione, a cui vengono sottoposti.

La struttura viaria è composta da una parte più superficiale, sovrastruttura, a sua volta composta da uno strato di base e dalla pavimentazione vera e propria, che poggia o direttamente sul terreno, il sottofondo, o su uno strato di fondazione, quando è necessario migliorare le caratteristiche di uniformità e capacità portante della struttura.

La realizzazione di una struttura stradale *ex-novo* comporta sempre le seguenti fasi:

- scotico del terreno vegetale per almeno 25-30 cm;
- verifica dello stato del sottofondo e i conseguenti interventi di addensamento o bonifica;
- realizzazione dello strato di base (o fondazione se necessario);
- realizzazione della pavimentazione vera e propria;
- costruzione delle opere di drenaggio per la raccolta e l'allontanamento delle acque.

L'asportazione della vegetazione e delle radici eventualmente presenti lungo il tracciato e i relativi bordi per una profondità variabile a seconda del percorso deve avvenire in modo tale da non compromettere l'ambiente attraversato, in particolare si deve evitare il taglio di esemplari arborei significativi.

Il **sottofondo** è costituito dal terreno naturale presente *in situ* e costituisce lo strato portante. Le sue caratteristiche possono variare lungo il percorso e dipendono dai seguenti parametri: topografia, natura dei suoli e drenaggio.

Nel caso dei percorsi progettati per la mobilità lenta e dolce la topografia non rappresenta un problema, qualora il relativo tracciato venga individuato in presenza di pendenze moderate; si consiglia una massima pendenza longitudinale pari al 5% e un valore massimo per quella trasversale pari al 4%. Qualora la topografia non consenta i suddetti valori di pendenza, questi possono essere adeguati in base allo scopo che l'infrastruttura dovrà soddisfare e all'importanza della stessa nel contesto progettuale: infatti se il percorso rappresenta un elemento fondante del progetto e l'orografia del terreno non permette di mantenere pendenze lievi (se non a seguito di complessità progettuali e realizzative significativamente maggiori), è giustificabile realizzare il tracciato con pendenze anche maggiori di quelle sopra consigliate per brevi tratti.

Per quanto riguarda la natura dei suoli si deve considerare la tessitura, la suscettibilità al congelamento, la permeabilità, ossia la capacità drenante del terreno, e la capacità portante.

La capacità di drenaggio è un tema fondamentale per la buona riuscita della struttura. È importante non alterare con il percorso il sistema delle acque superficiali e sotterranee.

L'allontanamento delle acque nel caso di percorsi verdi può avvenire attraverso l'*open drainage*, nel quale l'acqua scorre sulla superficie e negli strati sottostanti verso una canaletta di drenaggio a lato del percorso, per poi essere dispersa nel terreno, oppure dopo essere convogliata nella canaletta l'acqua viene allontanata con apposito collettore verso un ricettore, (corso d'acqua, lago...).

Nel caso di zone umide il percorso deve essere realizzato con strutture sopraelevate.

Lo **strato di base**, posto tra il sottofondo e la pavimentazione vera e propria, ha il compito di trasferire e distribuire i carichi dalla superficie al terreno. Lo strato di base svolge anche una

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

fondamentale funzione di drenaggio ed evita la risalita capillare dell'umidità dal terreno, oltre a permettere ad eventuali flussi d'acqua trasversali di attraversare la struttura stradale.

In genere, è costituito da ghiaia e/o pietrisco di granulometria compresa generalmente tra 2 e 7 cm. Lo spessore dello strato è mediamente pari a 20 cm.

Per garantire un buon risultato si può prevedere l'impiego del geotessile al fine di mantenere l'integrità dello strato di base e evitare che migri verso il sottofondo e si verifichino dei cedimenti al passaggio dei carichi.

La **pavimentazione vera e propria** costituisce lo strato superficiale, che rende la struttura adatta alla più facile percorribilità. I materiali impiegabili si suddividono in duri e soffici:

- i materiali duri comprendono il conglomerato bituminoso, il calcestruzzo, la terra stabilizzata, le finiture in ghiaia e pietrischetto opportunamente compattati e addittivati in leganti naturali (rocce calcaree);
- i materiali soffici includono la terra naturale e il cippato (scaglie di legno).

Le superfici dure sono le più adatte ai percorsi multiuso, in quanto garantiscono una maggior durata dell'intervento. Al contempo, il tipo di pavimentazione può essere usato come strumento per incoraggiare o disincentivare specifici utilizzi del percorso (ad esempio è possibile controllare indirettamente la velocità di percorrenza scegliendo idonee pavimentazioni): un percorso in terra stabilizzata o addirittura in pietrischetto indurranno inevitabilmente a ridurre la velocità di percorrenza (specie se la fruizione si rivolge alle biciclette) rispetto ad un fondo in conglomerato bituminoso, in grado di ottimizzare la pedalata.

Le pavimentazioni in terra e in ghiaia sono i rivestimenti più economici, soprattutto quando il materiale è disponibile *in loco*. Le strade in terra si distinguono in terra naturale e in terra stabilizzata, ossia trattata al fine di aumentare la resistenza ai carichi e di renderla insensibile alle variazioni di umidità.

Le pavimentazioni in ghiaia offrono il vantaggio di permette all'acqua di ruscellamento di percolare e raggiungere il suolo, richiedendo spese inferiori per il drenaggio e il convogliamento delle acque superficiali. Di contro l'impiego della ghiaia comporta la posa di cordoli di contenimento e una manutenzione per il livellamento, non è adatta a sopportare carichi elevati ed è difficile rimuovere rifiuti e materiali vegetali nel corso di operazioni di pulizia. Infine, la ghiaia non è adatta a essere utilizzata su superfici in pendenza e risulta difficoltoso percorrere su tale substrato in bicicletta o con carrozzelle.

Le pavimentazioni in misto granulare sono costituite da miscele di sabbia e ghiaia con meno del 15% di limo e argilla.

Le pavimentazioni possono essere realizzate mediante la posa di elementi singoli, ossia pietra, laterizio, legno, masselli di calcestruzzo.

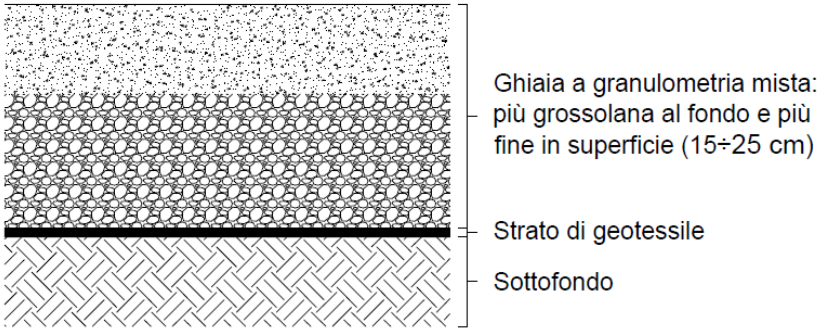
Le pavimentazioni in legno in particolare sono adatte alle aree di sosta e a brevi tratti di particolare rilevanza. L'uso del legno è limitato a quelle essenze che possono resistere alle intemperie.

Questo tipo di pavimentazione può essere realizzata in doghe che non devono toccare il suolo e vanno posate su una massicciata di pietrisco o su caldana in calcestruzzo di circa 15 cm di spessore. I masselli di talune essenze possono essere posati direttamente sul suolo.

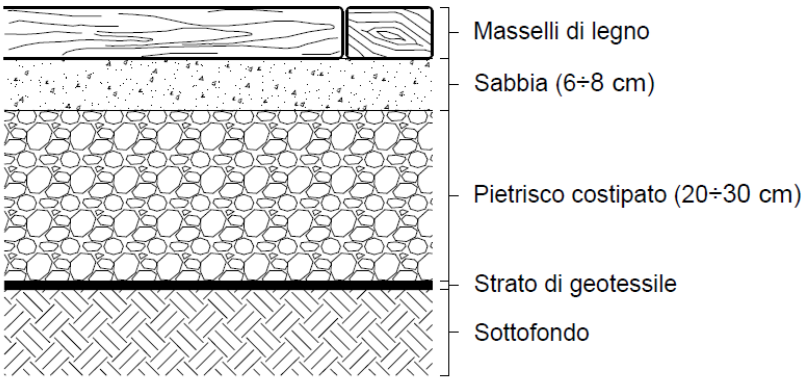
This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

SCHEMI TIPOLOGICI

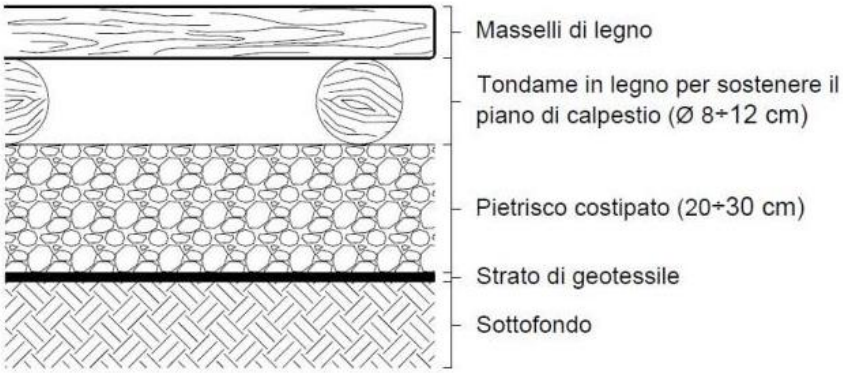
SEZIONE SENTIERO - TIPOLOGICO A



SEZIONE SENTIERO - TIPOLOGICO B



SEZIONE SENTIERO - TIPOLOGICO C



This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

INTERVENTI REALIZZATI

Sentiero in terra naturale (Comune di Cagno, Provincia di Como)

Esempio realizzativo di passerella rialzata in legname.

2.3 RN03 - PUNTI DI OSSERVAZIONE

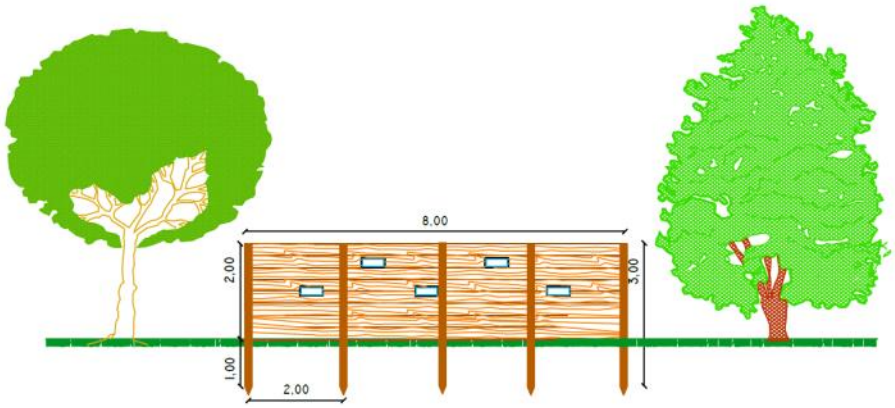
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Lungo i percorsi per la fruizione di aree naturali possono essere posizionate delle strutture in legno funzionali alla creazione di punti dai quali osservare la fauna selvatica senza arrecare disturbo agli animali, in particolare per praticare il *birdwatching*.

Tali strutture possono consistere in pareti realizzate con masselli di legno fissati con chiodatura a pali in legno infissi nel terreno, lungo le quali si devono creare delle piccole aperture a diverse altezze, oppure in capanni, anche rialzati dal terreno, costituiti da strutture prefabbricate in legno, dotati anch'essi di aperture poste a diverse altezze. I capanni possono essere concepiti in modo tale da consentire la visita ad un ampio spettro di visitatori, ossia senza barriere architettoniche.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

SCHEMI TIPOLOGICI



Struttura a parete in assi di legno per l'osservazione della fauna

INTERVENTI REALIZZATI

Punto di osservazione: parete di mascheramento per birdwatching (Baia del Re, Pavia)

Punto di osservazione: capanno per birdwatching (Comune di Angera, Provincia di Varese)

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2.4 FA01 E FA02 - FILARE ARBOREO E ARBOREO/ARBUSTIVO

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La realizzazione di nuovi percorsi di carattere ciclopedonale può essere accompagnata dalla creazione di quinte arboree che vengono a costituire un nuovo elemento paesaggistico e permettono di ottenere tracciati ombreggiati a vantaggio dei fruitori, in particolare nel corso della stagione estiva.

La piantumazione di un filare arboreo/arbustivo deve avvenire secondo uno schema di sesto d'impianto che tenga conto innanzitutto dello spazio minimale per consentire il regolare sviluppo delle piante e dello spazio necessario a consentire l'accesso a personale e mezzi per le eventuali attività di manutenzione.

Gli arbusti hanno in genere un maggiore sviluppo in larghezza, di almeno 1 metro intorno al proprio asse centrale (fusto), mentre le piante arboree necessitano comunque di spazi superiori che cambiano in base alla grandezza potenziale delle specie (piante di I, II, III e IV grandezza). I sesti d'impianto di seguito proposti tengono dunque in considerazione il potenziale di accrescimento delle piante utilizzate.

La possibilità di consentire un buon sviluppo della parte epigea delle piante si riflette anche sull'apparato radicale che potrà svilupparsi proporzionalmente in modo più corretto se si manterrà una distanza idonea tra individui.

La realizzazione dell'intervento avviene attraverso la messa a dimora di piantine forestali, in buche di idonea dimensione, compresa la ricolmatura con compressione del terreno, la formazione di una conca intorno al fusto per facilitare l'approvvigionamento idrico, posizionate tramite segnapianta in bambù e protette da uno shelter. Può essere valutata l'opzione di impiegare piante a pronto effetto con l'effetto positivo di dare da subito un assetto strutturato all'intervento di piantumazione. Le piante a pronto effetto sono già ben conformate, con altezze di circa 3-4 m, il cui fusto già ben sviluppato consente di avere delle chiome già confinate nella parte superiore della pianta, tali da non interferire con il passaggio lungo le eventuali piste esistenti o di nuova realizzazione.

Il materiale vegetale deve provenire da vivaio, avere un'origine certificata ed essere trasportato in vaso o con pane di terra. I parametri di riferimento sono: altezza minima compresa tra 0,30 e 1,2 m per gli arbusti e 0,50 ÷ 1,50 m per gli alberi, età 2 ÷ 5 anni.

La posa della piantina deve essere effettuata previa verifica delle buone condizioni fitosanitarie, della sua buona conformazione, del giusto rapporto tra apparato radicale e chioma, eventualmente potando opportunamente la parte ipogea o epigea per equilibrarne la struttura.

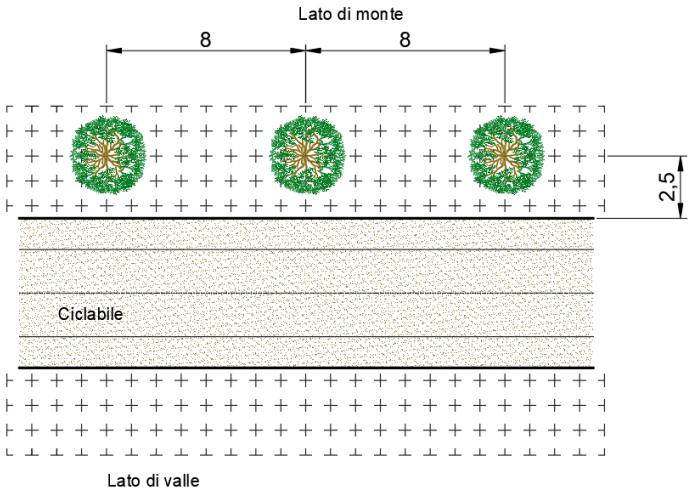
Per quanto riguarda gli esemplari a pronto effetto è opportuno prevedere la concimazione e la posa di 2 pali tutori trattati in autoclave, con opportune legature fotodegradabili.

Si potrà rifinire il lavoro con la posa di pacciamanti (dischi pacciamanti in fibra naturale, feltri, paglia, corteccia di resinose, pietrame) e di ritentori idrici in caso di siccità prolungata durante l'estate.

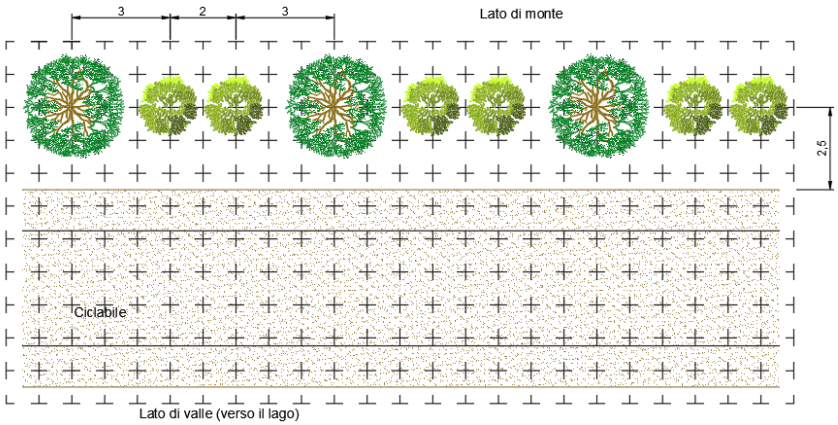
Il trapianto delle piante in zolla o contenitore deve essere fatto evitando i periodi aridi estivi o di gelo invernale. In generale si ritiene idoneo eseguire gli interventi fra novembre e marzo-aprile.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

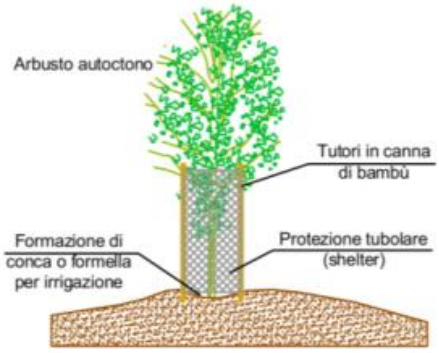
SCHEMI TIPOLOGICI



Schema d'impianto FA01
Filare arboreo a cipressi



Schema d'impianto FA02
Filare arboreo-arbustivo



Particolare della messa a dimora delle piantine

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

INTERVENTI REALIZZATI

Doppio filare a lato di un sentiero (Roggia Vernavola, Comune di Pavia)

2.4.1 Filare arboreo

Nel contesto territoriale d'interesse può essere adottata la scelta di costituire una quinta arborea ai lati della pista ciclabile con funzione paesaggistica attraverso la piantumazione di piante di cipresso (*Cupressus sempervirens***), mantenendo un sesto di impianto di 8 m, nella porzione nord e in quella ovest del macrolotto A, a funzione prevalentemente fruitiva. La specie è tipicamente usata come elemento ornamentale lungo le strade che si snodano tra le colline toscane.

2.4.2 Filare arboreo-arbustivo

Lungo la pista ciclabile in corrispondenza delle porzioni orientale, meridionale e sud-occidentale dell'area, a destinazione naturalistica, può essere adottata la scelta di creare filari polispecifici con alternanza di specie arbustive, quali ginestra comune (*Spartium junceum**), lantana (*Viburnum lantana**), biancospino (*Crataegus monogyna**), corniolo (*Cornus mas**), e specie arboree, quali farnia (*Quercus robur***), cerro (*Quercus cerris***), pioppo bianco (*Populus alba***). Il sesto di impianto da prevedere è di 3 m tra albero e arbusto e di 2 m tra arbusto e arbusto (fare riferimento allo schema FA02 riportato nella pagina precedente), con un'alternanza di specie arboree (A) e arbustive (a): A a a A, ad es. farnia corniolo corniolo cerro biancospino biancospino pioppo...

*All. A (Elenco degli alberi e arbusti costituenti la vegetazione forestale della Toscana art. 3) della LR 39/2000

**All. A (Elenco degli alberi e arbusti costituenti la vegetazione forestale della Toscana art. 3) e D (Specie soggette alla disciplina del materiale forestale di propagazione, art. 77) della LR 39/2000

2.5 PR01 - BOSCHI IGROFILI E MESO-IGROFILI

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La creazione di boschi igrofili e meso-igrofili anche di piccole dimensioni, ai margini e delle zone umide è importante per aumentare la diversità biologica, ecologica e paesaggistica. Nell'area d'interesse possono rappresentare un'importante serie nella fase evolutiva verso un'associazione finale di tipo climax che nelle zone in oggetto sarà rappresentata con buona

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

probabilità dal querceto acidofilo caducifoglio (tratto da Allegato 8 allo SIA "Aspetti vegetazionali ed agronomici - Analisi e linee progettuali, 2002"). La piantumazione di superfici a bosco igrofilo e a bosco meso-igrofilo avviene mediante la messa a dimora di piante giovani delle specie autoctone ritenute idonee provviste di certificato di provenienza. Le specie da impiegare in questa tipologia di intervento risultano: salice bianco (*Salix alba**), ontano nero (*Alnus glutinosa**), pioppo bianco (*Populus alba***), olmo campestre (*Ulmus minor**) e farnia (*Quercus robur***). La presenza della farnia è indicativa della transizione verso il bosco mesotermofilo (si veda PV01). Nelle fasce ecotonali è prevista la messa a dimora delle specie arbustive: sanguinella (*Cornus sanguinea**), biancospino (*Crataegus monogyna**), viburno (*Viburnum opulus**), ligustro (*Ligustrum vulgare**).

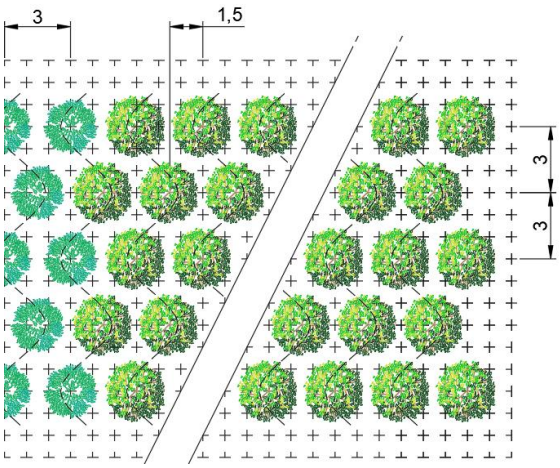
La messa a dimora delle piantine in contenitore avviene con sesto di impianto di 3 x 3 m a file sfalsate: tale schema assicura un andamento sinusoidale e una distribuzione più naturaliforme rispetto agli impianti a file ortogonali. La realizzazione dell'intervento avviene attraverso la messa a dimora di piantine forestali, in buche di idonea dimensione, compresa la ricolmatura con compressione del terreno, la formazione di una conca intorno al fusto per facilitare l'approvvigionamento idrico, posizionate tramite segnapianta in bambù e protette da uno shelter.

Il materiale vegetale deve provenire da vivaio, avere un'origine certificata ed essere trasportato in vaso o con pane di terra. I parametri di riferimento sono: altezza minima compresa tra 0,30 e 1,2 m per gli arbusti e 0,50 ÷ 1,50 m per gli alberi, età 2 ÷ 5 anni.

La posa della piantina deve essere effettuata previa verifica delle buone condizioni fitosanitarie, della sua buona conformazione, del giusto rapporto tra apparato radicale e chioma, eventualmente potando opportunamente la parte ipogea o epigea per equilibrarne la struttura.

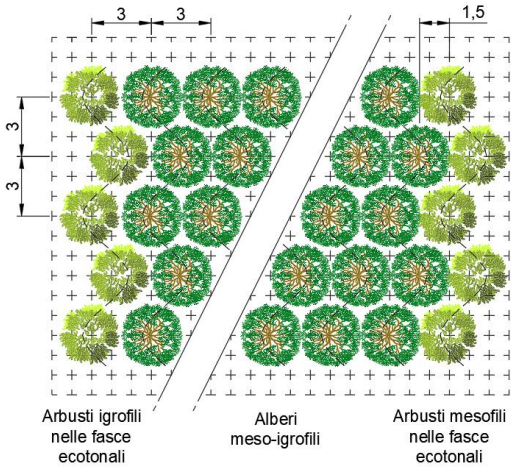
Si potrà rifinire il lavoro con la posa di pacciamanti (dischi pacciamanti in fibra naturale, feltri, paglia, corteccia di resinose, pietrame) e di ritentori idrici in caso di siccità prolungata durante l'estate. Il trapianto delle piante in zolla o contenitore deve essere fatto evitando i periodi aridi estivi o di gelo invernale. In generale si ritiene idoneo eseguire gli interventi fra novembre e marzo-aprile.

SCHEMI TIPOLOGICI



1 Schema d'impianto
Bosco igrofilo

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.



Schema d'impianto
Bosco meso-igrofilo

INTERVENTI REALIZZATI

Ripiantumazione forestale (Parco del Ticino, Comune di Vizzola Ticino, Provincia di Varese)

2.6 PV01 - BOSCO MESO-TERMOFILO

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La tipologia d'intervento PV01 riguarda la realizzazione di un bosco mesotermofilo, secondo le associazioni vegetazionali riscontrabili nelle aree circostanti il sito minerario.

La piantumazione di superfici a bosco meso-termofilo avviene mediante la messa a dimora di piante giovani delle specie autoctone ritenute idonee provviste di certificato di provenienza. Le specie da impiegare in questa tipologia di intervento risultano: cerro (*Quercus cerris***), roverella (*Quercus pubescens***), rovere (*Quercus petraea***), orniello (*Fraxinus ornus***), ciliegio (*Prunus avium***), acero campestre (*Acer campestre**). Nelle fasce ecotonali è prevista la messa a dimora delle specie arbustive: erica arborea (*Erica arborea**), biancospino (*Crataegus monogyna**), prugnolo selvatico (*Prunus spinosa**), ligustro comune (*Ligustrum vulgare**).

La messa a dimora delle piantine in contenitore avviene con sesto di impianto di 4 X 4 m a file sfalsate: tale schema assicura un andamento sinusoidale e una distribuzione più naturaliforme rispetto agli impianti a file ortogonali. La realizzazione dell'intervento avviene

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

attraverso la messa a dimora di piantine forestali, in buche di idonea dimensione, compresa la ricolmatura con compressione del terreno, la formazione di una conca intorno al fusto per facilitare l'approvvigionamento idrico, posizionate tramite segnapianta in bambù e protette da uno shelter.

Il materiale vegetale deve provenire da vivaio, avere un'origine certificata ed essere trasportato in vaso o con pane di terra. I parametri di riferimento sono: altezza minima compresa tra 0,30 e 1,2 m per gli arbusti e 0,50 ÷ 1,50 m per gli alberi, età 2 ÷ 5 anni.

La posa della piantina deve essere effettuata previa verifica delle buone condizioni fitosanitarie, della sua buona conformazione, del giusto rapporto tra apparato radicale e chioma, eventualmente potando opportunamente la parte ipogea o epigea per equilibrarne la struttura.

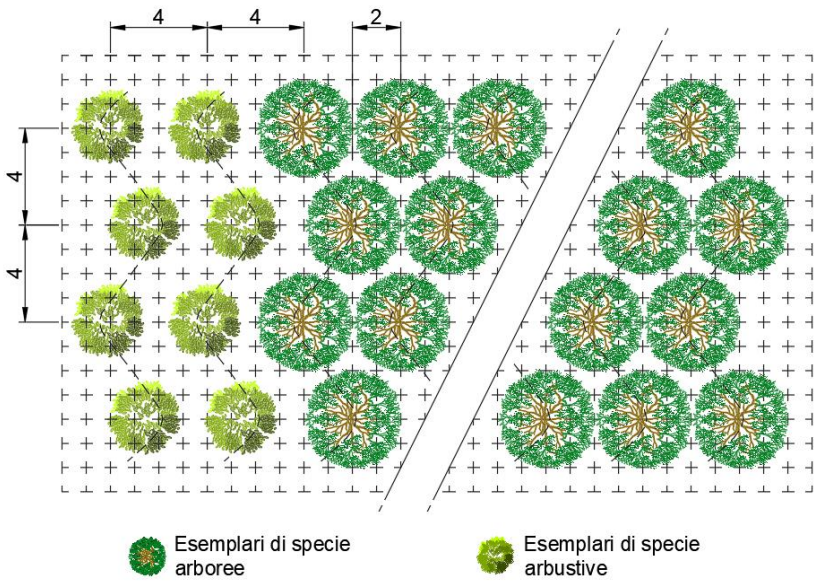
Si potrà rifinire il lavoro con la posa di pacciamanti (dischi pacciamanti in fibra naturale, feltri, paglia, corteccia di resinose, pietrame) e di ritentori idrici in caso di siccità prolungata durante l'estate.

Il trapianto delle piante in zolla o contenitore deve essere fatto evitando i periodi aridi estivi o di gelo invernale. In generale si ritiene idoneo eseguire gli interventi fra novembre e marzo-aprile.

*All. A (Elenco degli alberi e arbusti costituenti la vegetazione forestale della Toscana art. 3) della LR 39/2000

**All. A (Elenco degli alberi e arbusti costituenti la vegetazione forestale della Toscana art. 3) e D (Specie soggette alla disciplina del materiale forestale di propagazione, art. 77) della LR 39/2000

SCHEMI TIPOLOGICI



Schema d'impianto
Bosco meso-termofilo

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

INTERVENTI REALIZZATI

Impianto forestale in prossimità del canale Fosson Morto (Comune di Morimondo, città metropolitana di Milano)

2.7 PA01 - LAMINETO

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

In ambiti lacustri, un particolare intervento di rinaturalizzazione riguarda la messa a dimora di piante acquatiche radicate sommerse. L'intervento è da realizzarsi a diverse profondità (in genere comprese nei primi 6-8 metri dal pelo libero e dipendente dai gradi di trasparenza delle acque) e su idonei substrati secondo le esigenze ecologiche delle specie. L'idoneità dei siti d'impianto e le operazioni di posa dovranno essere valutate e realizzate, in genere, da attività subacquea, che andrà in primo luogo a identificare le specie idonee da impiegare per l'intervento e soprattutto le aree ed i *range* batimetrici ottimali per la piantumazione. Tuttavia nel caso in esame, dato l'attuale livello lacustre (circa 139 m s.l.m.) di gran lunga inferiore a quello di progetto (146 m s.l.m.), l'attività potrà essere svolta da terra in concomitanza del riempimento del lago di Castelnuovo.

Data la mancanza di consolidate esperienze in ambito lacustre, viene di seguito descritto un intervento sperimentale di rinaturalizzazione di un tratto di fondale lacustre effettuato nel Golfo di Lugano. Le specie impiegate sono state prelevate in altre zone del medesimo bacino e posate nelle aree individuate. L'attività è stata condotta nel modo seguente:

- gli operatori subacquei hanno prelevano piantine adulte di *Vallisneria spiralis* e di *Myriophyllum spicatum* in aree con coperture dense, ponendo particolare attenzione a non danneggiare gli apparati radicali e selezionando i soggetti meglio strutturati;
- le piantine prelevate sono state trasportate in secchi d'acqua su imbarcazioni nei siti d'impianto;
- durante il trasporto le piantine sono state selezionate e raccolte in gruppi monospecifici e polispecifici costituendo dei piccoli mazzetti legati insieme con spago;

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

- più gruppetti sono stati a loro volta uniti mantenendone la facilità di divisione, per agevolare le operazioni di trasposto verso i siti di impianto, in modo tale da ridurre il numero di trasferimenti verticali dei sommozzatori;
- gli operatori subacquei, una volta sul fondo con i gruppetti di piante predisposti ed i tondini in ferro necessari all'ancoraggio, hanno eseguito le operazioni di messa a dimora. Con un piccolo attrezzo è stata creata una buca di impianto di dimensioni idonee ad accogliere l'apparato radicale dei soggetti, sono state inserite e rincalzate le piante, picchettano nel substrato i tondini passati all'interno del laccio in spago lasciato in posa (in breve tempo questo si degrada, nei primi tempi garantisce la permanenza della posa soprattutto nei casi di aree soggette a venti, onde e correnti);

Per ridurre gli stress da trapianto, è consigliabile potare i fusti a circa 20 cm dalla base, se non già eseguito in fase di preparazione e selezione delle piante in gruppetti; inoltre nelle settimane successive l'intervento, è opportuno verificare la tenuta degli ancoraggi e l'attecchimento delle piantine, eventualmente intervenendo per svolgere gli aggiustamenti necessari.

Nell'area di studio si propone di impiegare una specie già presente in alcune aree del Lago di Castelnuovo come *Potamogeton nodosus* e *Najas marina*, ma anche ulteriori specie in grado di diversificare gli ambienti acquatici come *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum verticillatum* e *Nymphaea alba*, con messa a dimora di piantine in nuclei di superficie di circa 20 m^2 con 4 piantine al m^2. Le specie *Ceratophyllum demersum* e *Myriophyllum verticillatum* svolgono anche funzione depurativa.

È possibile optare per l'acquisto di piantine certificate in vivaio, nel caso non sia fattibile il reperimento degli esemplari nei bacini lacustri dell'area di interesse e procedere con la messa a dimora come descritto sopra.

INTERVENTI REALIZZATI

Risultato della messa a dimora di nuclei di idrofite (vasche di laminazione del torrente Lura, Comune di Bregnano e Lomazzo)

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2.8 PA02 - CANNETO PALUSTRE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La presenza di un fondale lacustre vegetato dà vita a preziosi habitat per pesci e per gli invertebrati presenti; gli avannotti e i pesci di taglia minore trovano validi rifugi dai predatori, nascondendosi tra le erbe acquatiche più folte, mentre le specie predatrici approfittano della copertura vegetale per tendere i loro agguati. Gli invertebrati acquatici colonizzano il fusto e le foglie delle piante, la cui presenza incrementa notevolmente la diversità delle comunità macrobentoniche litorali. La vegetazione rappresenta poi una fonte alimentare, diretta per gli organismi fitofagi, indiretta per quelli detritivori, che si cibano dei resti in decomposizione. In particolare la presenza di ampie fasce a canneto garantisce il sostentamento per popolazioni ornitiche e anfibie.

La creazione di fasce a canneto permette quindi di incrementare il valore ecosistemico di un bacino lacustre, seppur di origine artificiale. L'intervento prevede, quindi, la messa a dimora di piantine di *Phragmites australis* (cannuccia di palude) lungo le sponde del lago di Castelnuovo.

Ai fini del corretto ancoraggio al fondale dei soggetti, è consigliabile l'impiego di piantine già adulte e ben strutturate, che quindi siano dotate di un apparato radicale consistente, tale da ridurre il rischio di sradicamenti soprattutto nelle prime fasi successive l'impianto; unitamente a questo è necessario comunque operare un affrancamento artificiale, indispensabile fino a quando le piantine non abbiano sviluppato un nuovo apparato nel substrato d'impianto.

In merito alle modalità di esecuzione, a seconda del gradiente idrico presente nelle aree d'impianto, si distinguono specifiche tipologie d'intervento. La realizzazione di rive vegetate a canneto può avvenire mediante diverse modalità, che variano a seconda delle condizioni delle rive (acclività, substrato) e delle sue finalità (ad esempio in presenza di lievi dissesti si adottano delle tipologie con effetto anche di consolidamento). In assenza di problemi di stabilità delle sponde, con le rive che si presentino poco o non acclivi e vi sia un buon substrato d'impianto, è possibile posare direttamente le zolle di canneto lungo la sponda. Diversamente, si impiegano altre tipologie, come dettagliato di seguito.

In seguito all'affermazione dei canneti, nota la dinamica di diffusione della vegetazione mediante stoloni, le piante tenderanno a colonizzare le prime fasce sub-litorali, fino a battenti idrici anche prossimi ad un metro, creando habitat acquatici graditi all'ittiofauna.

Le modalità d'impianto sono le seguenti:

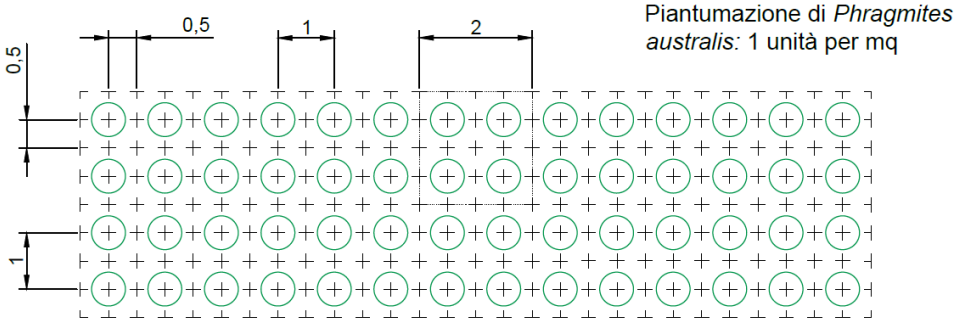
- le zolle di canneto devono essere posate fittamente, partendo dal bordo inferiore della scarpata e procedendo verso l'alto;
- qualora vengano impiegate piante adulte, nel periodo di riposo vegetativo o a inizio primavera dovranno essere tagliate le piante a circa 10-15 cm dal terreno e poi posate nel breve periodo o eventualmente conservate in aree o bacini con terreno sempre umido;
- nel primo mese dall'impianto, le zolle, se non già presenti in terreno umido per la prossimità ai livelli idrici, dovranno essere mantenute umide;
- in presenza di buone condizioni soprattutto di approvvigionamento idrico, le specie del canneto tendono in breve tempo ad affermarsi ed accrescersi.

La realizzazione di rive vegetate a canneto può avvenire anche mediante l'impiego di biostuoie vegetate a cannuccia di palude. La stuoia funziona da supporto vegetativo ed è

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

composta da un involucro in biotessile di cocco (400 g/m^2). Il sistema tessuto-stuoia permette di ottenere risultati migliori nella completa radicazione delle piante grazie alla maggiore graffatura e all'intreccio dei singoli sistemi radicali con il supporto vegetativo. Le biostuoie vegetate richiedono un periodo vegetativo in vivaio per radicarsi completamente e uniformemente per essere successivamente posate lungo le sponde. Un'alternativa analoga è rappresentata dai rulli in materiale vegetale con piantumazione di piantine di cannuccia di palude.

SCHEMI TIPOLOGICI



INTERVENTI REALIZZATI

Risultato della messa a dimora di piantine della specie *Phragmites australis* per la creazione di una fascia a canneto (vasche di laminazione del torrente Lura, Comune di Bregnano e Lomazzo, Provincia di Como)

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2.9 PA03 - PRATI UMIDI (CARICETO)

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento prevede la messa a dimora di piantine di carici e giunchi, in corrispondenza di aree retrostanti le fasce a canneto.

Le piantine, provenienti da vivaio e di origine certificata, vengono trasportate all'area d'intervento in vaso. La posa avviene in nuclei di 20-30 m^2, seguendo uno schema di 4 piantine al m^2.

In corrispondenza di aree in cui è segnalata la presenza della nutria, si suggerisce di proteggere gli impianti mediante la posa di reti metalliche (0,50-0,70 m di altezza) lungo il perimetro delle aree oggetto di intervento, in modo tale da ridurre il rischio di danneggiamento delle piante. Le reti vengono rimosse a seguito dell'accrescimento delle piante.

INTERVENTI REALIZZATI

Parco Regionale dell'Oglio sud

Intervento di riqualificazione di un'area umida, con reti di protezione da roditori come la nutria (Roggia Vernavola, Pavia)

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2.10 DA01 - PENNELLI/DEFLETTORI/COSTRITTORI

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Lungo i corsi d'acqua possono essere attuati interventi di diversificazione dell'habitat fluviale a favore della fauna ittica, i pennelli o repellenti fanno parte di questa categoria di interventi e consistono in strutture che inducono una deviazione di flusso della corrente, limitando l'erosione spondale e creando delle zone di calma a valle delle strutture ad elevato valore ecologico.

I pennelli, rispetto alle opere di difesa spondale longitudinale, delimitano l'azione della corrente solo in modo puntiforme. Generalmente non si costruisce un unico pennello (deflettore) ma dei campi di pennelli che possono essere realizzati anche alternati su entrambe le sponde. La finalità principale del loro impiego è la protezione delle sponde dall'erosione, oppure la creazione di un restringimento dell'alveo fluviale. Come finalità secondaria, che può diventare anche preminente, svolgono anche un importante ruolo ai fini della diversificazione dell'habitat ripario.

Le modalità realizzative sono molteplici e dipendono dall'effetto desiderato e dalle caratteristiche del corpo idrico. Nell'ambito di intervento si suggerisce di impiegare pennelli inclinati verso valle (convergenti), questo tipo di repellenti devono essere ben protetti contro l'erosione lungo l'intero corpo dell'opera, a causa delle turbolenze idrauliche provocate.

Le tipologie di costruzione sono molteplici, si suggerisce l'impiego di repellenti di massi/pietrame (vegetati) o di repellenti con palizzata in legname.

A valle delle opere, nei tratti compresi tra i pennelli realizzati in serie lungo la sponda, si depositano solidi in sospensione, materiale galleggiante e materiale di fondo, dando vita a piccoli ambienti lentici lungo il corso d'acqua, creando dunque preziosi habitat per l'ittiofauna.

Le operazioni necessarie per la realizzazione delle principali tipologie di pennelli o repellenti riguardano:

- scavo di fondazione profondo almeno 30 cm (per i pennelli in pietrame la larghezza è da definire in funzione delle dimensioni del materiale disponibile).
- nel caso di pennelli in pietrame/massi vegetati, si procede al posizionamento delle talee nello scavo, sul lato del pennello rivolto verso valle e attorno alla testa del pennello; si crea quindi il sottofondo dell'opera con ghiaia e pietrame ed infine si posizionano i massi, con funzione di protezione al piede dell'opera. Questi devono raggiungere un'altezza determinata dalle caratteristiche del corso d'acqua e comunque non molto dissimile dalla normale altezza dell'acqua; è preferibile che l'altezza diminuisca procedendo verso il centro dell'alveo.
- la distanza tra i pennelli deve essere pari a circa la larghezza dell'alveo oppure a 1,5 – 2,5 volte la loro lunghezza, impedendo alla corrente di raggiungere ed erodere la sponda. Similmente, poiché tra due pennelli si crea una zona di forte sedimentazione, è preferibile realizzarli con lunghezze variabili, in modo da contrastare almeno in parte questa tendenza. Con lo scopo di ottenere un andamento meandriforme del corso d'acqua i deflettori devono essere realizzati nel verso della corrente.
- la testa del pennello che deve essere realizzata in modo robusto, mentre la radice deve inserirsi nella sponda per 1/3 – 1/4 della lunghezza complessiva dell'opera.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

I deflettori e costrittori presentano delle affinità strutturali e morfologiche con la tipologia dei pennelli, ma il campo d'impiego risulta spesso molto diverso. Nell'ambito degli interventi di rinaturalizzazione fluviale, si realizzano delle strutture analoghe ma con particolari accorgimenti costruttivi, che sono finalizzati alla diversificazione dell'habitat.

L'impiego di deflettori e costrittori ha lo scopo di restringere o approfondire l'alveo, assecondare la sequenza di buche e raschi, creare delle barre favorendo lo sviluppo della vegetazione riparia, indirizzare la corrente in punti di particolare valore ecologico, innescare la formazione di meandri, mantenere pulito il fondo dell'alveo dal fango, favorendo la colonizzazione di invertebrati e la deposizione delle uova da parte dei pesci. La realizzazione può prevedere l'utilizzo di svariati materiali e di diverse modalità per ottenere anche risultati differenti.

Il loro inserimento nell'alveo determina la presenza di zone in cui la corrente è costretta a defluire in una sezione ridotta, con un conseguente incremento della velocità e del battente idrico; possono anche essere utilizzati per concentrare la corrente in una determinata zona dell'alveo originario o per deviarla in modo da ottenere un andamento meandriforme.

Date le modifiche anche importanti che realizzano, la scelta del luogo in cui localizzare i deflettori è delicata. Per questo vengono di seguito proposti alcuni criteri generali:

- il loro uso è indicato soprattutto in tratti di alvei con sezioni più larghe, che presentano ridotti tiranti idrici, deboli pendenze e scarsa presenza di buche (da evitare tratti con sponde alte, ripide e soggette ad erosione); le strutture devono essere ben ancorate per 1 m entro le sponde; la sponda opposta al deflettore deve essere stabile, altrimenti occorre valutare il consolidamento della stessa;
- sono da evitare installazioni in tratti con pendenza superiore al 3% e con forti variazioni di portata, a meno di non realizzare deflettori bassi tarati per le portate di magra;
- non posizionare i deflettori alla testa dei raschi, dato che possono diventare uno sbarramento del corso d'acqua;
- evitare i tratti o i corsi d'acqua con elevato trasporto di detriti, poiché possono generare occlusioni, ed evitare i tratti con substrato molle e/o instabile.

Possono essere anche associati ad interventi che creano rifugi artificiali per i pesci, con lo scopo di convogliare la corrente verso questi ultimi.

Le principali tipologie costruttive sono:

- deflettori singoli, che deviano la corrente verso una zona della sponda, incrementandone la velocità in modo da avviare un andamento meandriforme; in tal modo creano una zona pulita a corrente veloce in corrispondenza del deflettore stesso ed una buca immediatamente a valle;
- deflettori doppi, ossia due deflettori singoli posti in modo simmetrico all'interno dell'alveo; hanno la stessa funzione dei deflettori singoli, ma, a differenza dei primi, non comportano l'instaurarsi di fenomeni erosivi lungo le sponde e, di conseguenza, non sono in grado di facilitare la formazione di meandri;
- deflettori a V, costituiscono dei cunei posti al centro dell'alveo che, al contrario dei deflettori doppi, favoriscono l'erosione delle sponde (che pertanto devono essere o originariamente stabili o adeguatamente protette);

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

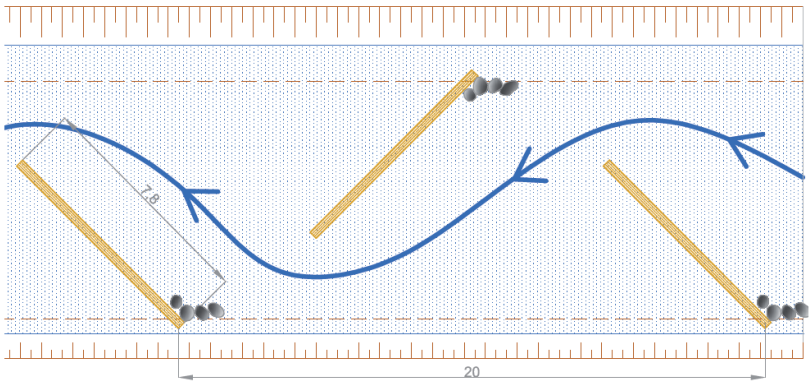
- costrittori: sono analoghi ai deflettori doppi, ma con la zona centrale a corrente veloce distribuita su una lunghezza maggiore.

I deflettori vengono preferibilmente realizzati utilizzando materiali già disponibili in loco, quali tronchi e massi. Le operazioni principali sono le seguenti:

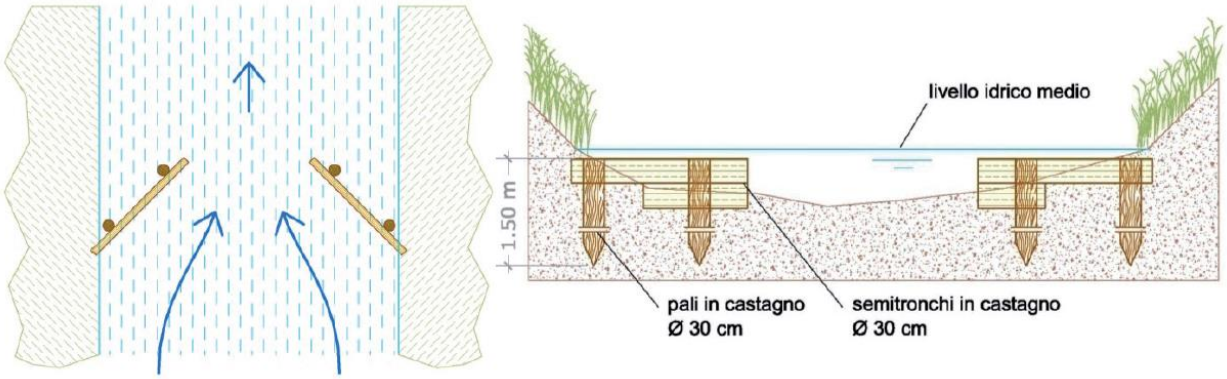
- disporre tronchi in legno di lunghezza adeguata (preferibilmente larice o castagno), con cui creare la struttura principale, adeguatamente ancorati alle rive, in cui devono penetrare per circa 1/3 della lunghezza. Il lato rivolto verso monte deve essere inclinato di 30-40° rispetto alla direzione della corrente, mentre l'angolo tra il lato a monte e quello a valle deve essere di circa 90°. Per fissare tra loro i tronchi sono sufficienti dei chiodi; può essere al limite conveniente sagomare i tronchi in modo da migliorare l'incastro;
- nel caso in cui i deflettori vengano invece realizzati in pietrame, è necessario calcolare la dimensione dei massi da utilizzare, onde evitare danneggiamenti dell'opera durante le piene.

SCHEMI TIPOLOGICI

Pennelli

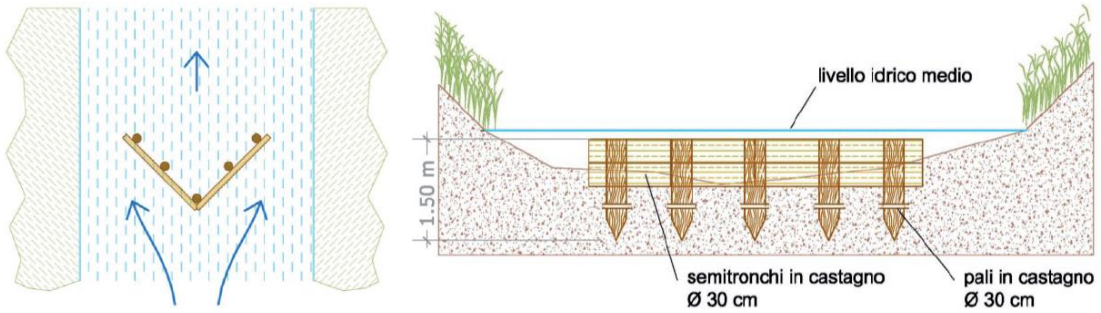


Deflettore doppio

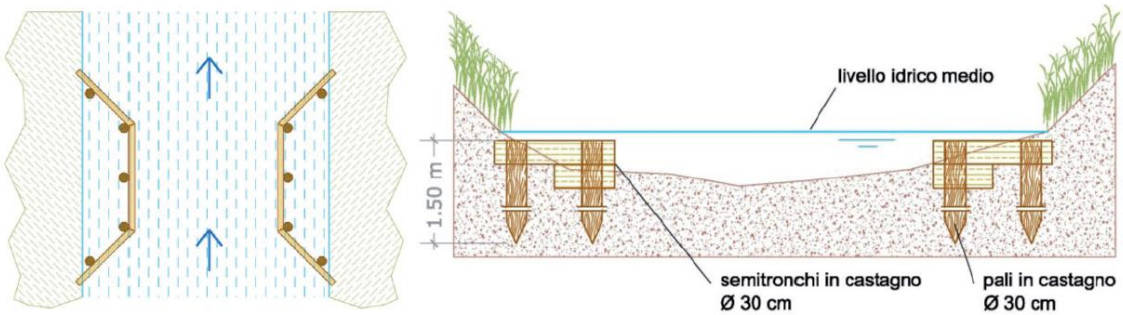


This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

Deflettore a V



Costrittore



INTERVENTI REALIZZATI

Intervento di diversificazione dell'alveo di un canale di connessione tra il fiume Oglio e un lanca laterale (Parco Regionale dell'Oglio nord, Comune di Pumenengo, Provincia di Bergamo)

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2.11 DA02 - SOGLIE IN LEGNAME

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Le soglie in legname rappresentano un intervento di diversificazione dell'habitat fluviale. Le soglie possono essere realizzate con diverse modalità: a tronco singolo, a tre tronchi, a piramide, a tronchi sovrapposti, a "K", con reti metalliche o con materassi. Per quanto riguarda le modalità costruttive si raccomanda di ancorare adeguatamente l'opera alle sponde e al fondo dell'alveo. È inoltre opportuno effettuare un'adeguata protezione da possibili scalzamenti a valle (ad esempio con massi di medie dimensioni) e a monte (ponendo una rete metallica sormontata da massi).

Le soglie, oltre a regolarizzare e stabilizzare l'alveo a monte e a valle dell'opera, possono essere realizzate proprio con la finalità ecologica di diversificazione dell'habitat fluviale mediante la formazione di buche che si creano a valle. L'inserimento di soglie deve essere valutato, in modo da garantire sempre una minima presenza di acqua anche in condizioni climatiche difficili, grazie all'aumento locale della turbolenza dell'acqua e del livello di ossigenazione; per tali motivi, questa tipologia d'intervento si dimostra vantaggiosa per le specie ittiche più esigenti. Essendo opere trasversali, la criticità principale indotta dalla presenza delle briglie è rappresentata dall'interruzione della continuità ecologica tra il tratto di monte e quello di valle. Tale interruzione può generare sostanzialmente due situazioni sfavorevoli per l'ittiofauna migratoria: un salto invalicabile (che a seconda delle specie e della taglia può risultare tale dai 30 cm), e/o a seconda della conformazione della gaveta, una variazione della distribuzione della portata idrica nell'alveo a monte, per l'accumulo di sedimenti, per cui l'alveo diviene un materasso ciottoloso piatto e uniforme, riducendo la diversità ambientale, la diversità biologica e la capacità autodepurante, e, come ultima importante conseguenza, rendendolo difficilmente percorribile per i pesci.

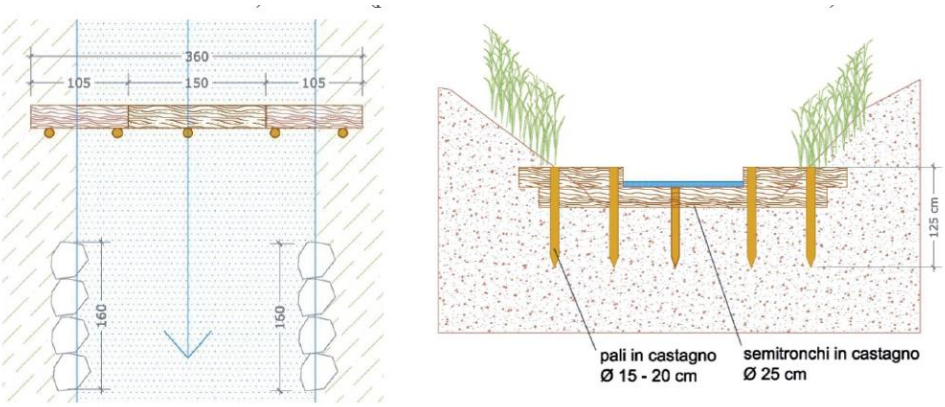
La realizzazione di soglie per preservare la continuità ecologica del tratto nel rispetto delle caratteristiche idrologiche del corso d'acqua dovrà seguire le seguenti indicazioni:

- generare un salto non superiore a 30 cm, eventualmente realizzando più soglie ravvicinate per raggiungere il salto necessario;
- la realizzazione della soglia deve avvenire nel rispetto delle caratteristiche morfologiche del tratto: la conformazione della gaveta, ad esempio, deve assecondare la conformazione dell'alveo, soprattutto riguardo i regimi idrici, conservando nella struttura la continuità dell'alveo di magra.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

SCHEMI TIPOLOGICI

Soglia in legname



INTERVENTI REALIZZATI

Intervento di diversificazione dell'habitat fluviale lungo la roggia Molgoretta (Comune di Missaglia, Provincia di Lecco)

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

Intervento di diversificazione dell'habitat fluviale lungo la roggia Molgoretta (Comune di Missaglia, Provincia di Lecco)

2.12 DS01 - PALIFICATA SPONDALE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La palificata è un'opera di difesa spondale di tipo diffuso, realizzata con pali di legno posti su diversi livelli tra loro perpendicolari, in modo da creare una struttura a celle. In ambito fluviale, le palificate vengono realizzate sulle sponde e possono essere a parete singola (una sola serie di pali paralleli alla corrente) o doppia (oltre alla fila di pali esterna, si realizza un secondo strato verso la sponda). All'interno delle celle è opportuno collocare piante o talee (palificate vive), con le quali stabilizzare l'intera struttura. In contesti di intervento in cui ci sono fenomeni erosivi in atto o comunque dove la forza della corrente non può essere considerata trascurabile, è sicuramente preferibile la realizzazione di palificate doppie.

In merito alle modalità realizzative, le operazioni necessarie riguardano:

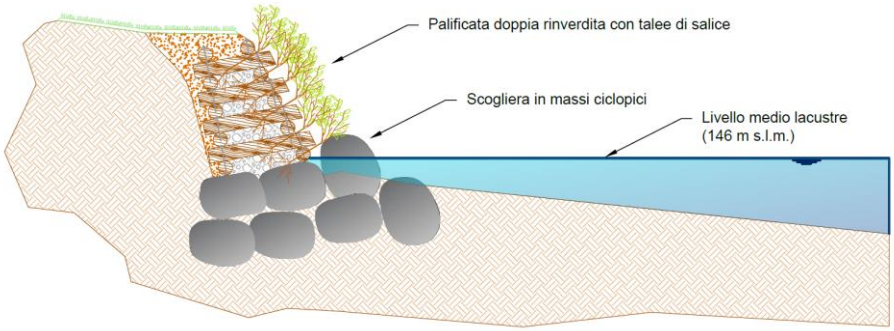
- la realizzazione del piano di posa, che deve avere un'inclinazione di circa 10° verso monte;
- una volta preparato il piano di posa, più profondo se la palificata è doppia, si posa la prima fila di legname, parallela alla direzione della corrente. Si posa quindi la seconda fila, ortogonale alla prima, curando il fissaggio con il legname sottostante, che deve essere fatto con tondini in ferro e sagomando opportunamente i tronchi. Con lo stesso procedimento si realizzano gli strati successivi, posizionando i tronchi in modo che il fronte della struttura abbia un'inclinazione di circa 20° - 30°, garantendo l'adeguato sviluppo della vegetazione. I tronchi perpendicolari alla direzione di corrente devono essere posizionati in modo da essere tra loro sfasati, migliorando così la stabilità dell'opera. I tronchi paralleli alla direzione di corrente vengono disposti in successione e collegati l'un l'altro tramite la creazione di un piccolo incastro; le giunture che vengono a crearsi vanno disposte sfalsate tra una fila e l'altra per aumentare la stabilità strutturale;

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

- ogni 3-4 strati si procede al riempimento della struttura con ciottolame e materiale terroso, avendo cura di compattare bene il terreno. Contemporaneamente, deve essere effettuato il posizionamento delle talee o delle piantine, che devono essere collocate in posizione coricata e raggiungere preferibilmente il terreno naturale posto dietro all'opera. Le talee posate dovranno avere una lunghezza pari alla profondità della palificata (1,5-3 m), onde consentire una radicazione profonda, ed è sufficiente che emergano fuori terra per 10-30 cm;
- se la palificata viene realizzata in una zona di erosione, è opportuno collocare dei massi al piede dell'opera, che devono essere adeguatamente fissati con pali in legno o profilati metallici infissi nel terreno per almeno 3/4 della loro lunghezza;
- è preferibile realizzare l'intervento durante il periodo di riposo vegetativo delle piante e, in caso di regime torrentizio, nei periodi di magra.

SCHEMI TIPOLOGICI

Palificata doppia



This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

INTERVENTI REALIZZATI

Palificata doppia, sponda del lago d'Iseo (particolare in fase realizzativa e ripresa aerea dopo il completamento dell'opera)

2.13 DS02 - SCOGLIERA IN MASSI RINVERDITA

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Questo tipo di opera di difesa spondale consiste nel posizionare una schiera di massi ciclopici lungo le rive, conferendo alla sponda una superficie inclinata. Negli spazi tra i massi vengono inseriti astoni di salice o di altre specie con analoghe capacità biotecniche che, radicando, contribuiscono alla stabilizzazione dell'opera. Trattasi di un intervento che, se mal realizzato, può avere effetti negativi sia sull'assetto idraulico del corso d'acqua, sia sull'habitat fluviale. Per evitare che la forza della corrente in prossimità del piede possa dar luogo a fenomeni erosivi e quindi scalzare alla base la scogliera, è necessario che esse siano dotate di fondazioni profonde e di soglie trasversali inserite nel fondo dell'alveo; sia la fondazione che le soglie devono essere realizzate con massi ciclopici. Durante la progettazione di questi interventi è necessario studiare bene sia la dimensione dei massi da utilizzare, sia la profondità di fondazioni e soglie, in modo che l'intervento possa essere duraturo e resistere alle piene.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

Le scogliere in massi sono impiegate principalmente in alvei torrentizi e fluviali con alta velocità di corrente, per proteggere le sponde dall'erosione della corrente, per ridurre il rischio di esondazione e come difesa al piede in interventi di riprofilatura delle sponde.

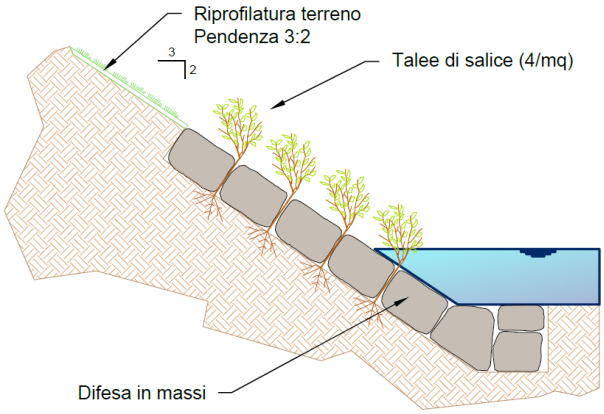
Quanto descritto di seguito rappresenta un'indicazione di massima, applicabile alla maggior parte dei casi; tali indicazioni possono essere adeguate in fase di progettazione più avanzata, anche in base alle effettive condizioni del sito oggetto di intervento.

In merito alle modalità realizzative, le operazioni necessarie riguardano:

- la realizzazione dello scavo regolarizzando il piano di appoggio con pendenza inferiore a 2/3 ed eventuale posa di geotessile sul fondo di peso non inferiore a 400 g/m^2, per la ripartizione dei carichi;
- la creazione del piede di fondazione e di una solida base su cui posare la scogliera (fondazione); la base d'appoggio viene realizzata con grossi massi (altezza consigliata di 0,5 - 1 m), in modo tale che ciascun blocco sia interrato per circa mezzo metro al di sotto della quota di fondo alveo;
- la creazione delle soglie trasversali con massi di dimensioni analoghe a quelli utilizzati per la fondazione; per alvei di larghezza non eccessiva (10 – 15 m) le soglie trasversali devono preferibilmente essere realizzate sull'intera larghezza dell'alveo bagnato, mentre per corsi d'acqua con larghezza maggiore è possibile limitare la lunghezza delle soglie a 10 – 15 m, anche se è comunque preferibile coprire l'intera larghezza. La spaziatura delle soglie può essere compresa tra 1 e 2 volte la loro lunghezza;
- una volta creata la base, si può procedere alla realizzazione della scogliera posizionando in basso i massi più grossi e sopra quelli di dimensioni inferiori (pezzatura media non inferiore a 0,4 m^3). Se i massi non sono di dimensioni sufficienti per resistere alle piene, è bene ancorarli mediante funi d'acciaio e tasselli di ancoraggio opportunamente dimensionati.
- tra i massi si colloca un misto di ghiaia e terreno vegetale ove inserire le talee. Al di sopra della linea di portata media annuale vengono inserite le talee, in genere collocando 2-10 talee/m^2 che preferibilmente devono avere lunghezza di 1,5-2 m, in modo da raggiungere il substrato naturale dietro la scogliera; l'operazione di messa a dimora può essere fatta in corso d'opera, in modo che l'apparato radicale raggiunga il terreno retrostante l'opera, ponendo molta attenzione alla posa dei massi superiori (eventualmente avvolgendo la parte di contatto con tessuto), per evitare il danneggiamento dei fusti; in tal caso si possono anche utilizzare talee o astoni di lunghezza maggiore fino 2-2,50 m;
- è preferibile realizzare l'intervento durante il periodo di riposo vegetativo delle piante e, in caso di regime torrentizio dei corsi d'acqua, nei periodi di magra.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

SCHEMI TIPOLOGICI



Scogliera in massi rinverdita

INTERVENTI REALIZZATI

Scogliera in massi rinverdita, torrente Lura (Comuni di Bregnano e Lomazzo, Provincia di Como)

2.14 HI01 - FASCINE/LEGNAIE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La posa di fascine e legnaie in ambiente lacustre si qualifica quale intervento di rinaturalizzazione dell'habitat, che permette di creare preziose aree di rifugio e zone di deposizione.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

L'intervento prevede l'impiego di fascine di legna (in genere di latifoglie, evitando il castagno, ricco di tannino, e le piante che, come il tiglio, hanno poca resistenza all'azione disgregatrice dell'acqua), che vengono tra loro assemblate a formare file sovrapposte, generando una struttura articolata e ramificata, idonea a costituire aree di rifugio per pesci, grazie alla diversa disposizione delle fascine.

Ciascuna fascina risulta formata da raggruppamenti di ramaglia con diametro massimo di 4-5 cm, di lunghezza minima di 2 m e diametro complessivo minimo di 0,60 m. Gli elementi dovranno presentare la parte più ramificata e sottile in un unico verso.

In merito alle modalità realizzative, la costruzione e la posa di legnaie prevede quanto segue:

- per l'appesantimento delle fascine devono essere utilizzate bacchette di ferro (del tipo per armature di cemento armato) di diametro minimo 20 mm in lunghezza di 2 m ed in numero minimo di 3 per fascina. Il numero delle bacchette di ferro è in funzione delle dimensioni del diametro delle ramaglie utilizzate e della freschezza del legname; si inseriscono all'interno delle fascine e vengono legate a loro volta al fil di ferro di chiusura, per evitare che nella movimentazione degli elementi si possano sfilare;
- le bacchette possono eventualmente essere sostituite da corpi morti in calcestruzzo. In questo caso, per il collegamento tra i corpi morti e gli elementi vegetali, andranno impiegati spezzoni di catene in acciaio zincato a caldo del tipo genovese con diametro dell'anello minimo di 6 mm, collegate ed ancorate mediante tirafondi a vite, false maglie, grilli, ecc. e correttamente fissate agli elementi, per evitarne lo sgancio accidentale e la disgregazione del materiale vegetale.
- le fascine andranno posate per strati sovrapposti, con disposizione ortogonale tra ogni singolo strato, fino ad ottenere la struttura e le dimensioni desiderate. Per la realizzazione di ogni strato verranno predisposte file parallele di fascine distanti l'una dall'altra di almeno un diametro delle fascine stesse;
- dato che l'impiego delle legnaie è particolarmente idoneo alla creazione di zone di deposizione delle uova e di riproduzione, la posa deve avvenire alle profondità note per il sito d'intervento in cui le specie depongono. Il rispetto dei parametri di profondità risulta vincolante per la riuscita dell'intervento con riferimento alla sua finalità ecologica. Qualora le pendenze delle aree di posa fossero accentuate, le fascine dovranno essere picchettate nella misura sufficiente a garantirne l'immobilità nel fondale.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

INTERVENTI REALIZZATI

Operazioni di posa di legnaie in ambiente lacustre (lago d'Iseo)

Operazioni di posa di legnaie in ambiente lacustre (lago d'Iseo)

2.15 HI02 - ALBERI FRONDOSI/CEPPAIE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'impiego di piante intere, meglio con la ceppaia, è una tipologia molto vantaggiosa per interventi di riqualificazione in ambito lacustre, poiché può prevedere sia materiale eventualmente reperibile in loco sia quello risultante da tagli di alberi, inoltre non necessita di alcun tipo di lavorazione, se non la perforazione del tronco per l'ancoraggio a un corpo morto.

La posa di piante sul fondale permette la creazione di un substrato per gli organismi acquatici e degli ottimi rifugi per i pesci. Possono essere impiegate sia conifere che latifoglie con dimensioni in lunghezza minime di 5-6 m e diametro della chioma minimo di 2-3 m. Per entrambe non si prevede alcun intervento di sfoltimento della chioma, se non potature

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

minimali per agevolare le operazioni di trasporto e di posa del soggetto arboreo, dato che un'articolata ramificazione genera un ottimo intrigo vegetale utile come habitat di rifugio per l'ittiofauna. A parità di chioma dovranno essere preferiti alberi con minore diametro del tronco che facilitino quindi le operazioni di movimentazione, trasporto, posa e soprattutto impiego di corpi morti per l'affondamento. Qualora fossero presenti ampie superfici di fondale disponibili per la posa di piante, ottimi risultati possono essere ottenuti ancorando insieme alcuni individui (fino a 3-4).

In merito alle operazioni necessarie per la realizzazione e posa di piante frondose, esse riguardano:

- per l'appesantimento delle piante dovranno essere utilizzati corpi morti in calcestruzzo, di peso adeguato, appositamente realizzati impiegando un mattone forato, riempito con annegamento nel getto di un anello di collegamento in metallo e diametro minimo di 10 mm. Il numero dei corpi morti è in funzione delle dimensioni delle piante, con particolare riferimento al diametro del tronco;
- per il collegamento tra i corpi morti e gli elementi vegetali andranno impiegate catene in acciaio zincato a caldo del tipo genovese con diametro dell'anello minimo di 8 mm, collegate ed ancorate mediante tirafondi a vite, false maglie, grilli, ecc. Anche tutti gli elementi di raccordo dovranno essere in acciaio zincato a caldo di diametro minimo uguale a quello delle catene. Tutti i materiali metallici dovranno essere di acciaio zincato a caldo o comunque dello stesso materiale, per non accentuare la formazione di correnti galvaniche che velocizzino i naturali processi di ossidazione, interferendo significativamente con la durabilità delle componenti impiegate negli ancoraggi;
- in cantiere, prima di avviare le operazioni di posa, ogni singola pianta andrà appesantita per garantirne l'affondamento con corpi morti, in numero sufficiente a garantire un leggero assetto negativo, a tutto vantaggio di una migliore movimentazione in acqua da parte degli operatori. I corpi morti dovranno essere ancorati agli elementi vegetali con catene e raccorderia adeguata, come specificato;
- ogni pianta verrà trasportata nelle aree individuate con idonei mezzi di trasporto (nella maggior parte dei casi pontoni o chiatte galleggianti). La successiva movimentazione in acqua nelle aree di fondale, la posa, la verifica ed il completamento in genere sono eseguiti da subacquei. Nel caso in esame, dato l'attuale livello lacustre (circa 139 m s.l.m.) di gran lunga inferiore a quello di progetto (146 m s.l.m.), l'attività potrà essere svolta da terra in concomitanza del riempimento del lago di Castelnuovo. Ciascun soggetto dovrà essere disposto sotto la superficie lacustre, lungo la linea di massima pendenza della riva, con la chioma orientata verso valle; l'ancoraggio al fondale sarà effettuato perforando il tronco per far passare all'interno un cavo di acciaio (vedi figura riportata), che a sua volta verrà collegato e legato a un corpo morto, permettendo lo zavorramento sul fondale del tronco;
- la distanza, che separa la parte superiore delle chiome e la superficie lacustre, dovrà essere valutata a seconda di ogni intervento: se presente attività di navigazione le chiome superiori dovranno risultare al di sotto di alcuni metri dai livelli minimi del lago, fino a valutarne, ad esempio in aree naturali, l'emergenza in superficie, realizzando anche una diversificazione degli ambienti spondali.

Rifugi di più semplice realizzazione sono rappresentati dalle ceppaie, all'interno delle quali varie specie ittiche, di tutte le dimensioni, possono trovare rifugi diversificati in relazione alla complessità strutturale del singolo elemento o della combinazione di più elementi.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

L'intervento consiste nel posizionare ceppaie sul fondale lacustre, la cui forma, articolata in un fitto e disordinato sistema di radici di diverse dimensioni, realizza habitat diversificati adattandosi ad ospitare diverse specie ittiche. A seconda della disponibilità di fondale, la tipologia può prevedere la posa di uno o più elementi, considerando migliore l'impiego di più elementi a costituire una struttura complessa, dunque maggiormente articolata.

Per l'appesantimento delle ceppaie dovranno essere utilizzati corpi morti in calcestruzzo, di peso unitario adeguato, appositamente realizzati impiegando un mattone forato riempito con annegamento nel getto di un anello di collegamento in acciaio zincato a caldo e diametro minimo di 8 mm. Il numero dei corpi morti è in funzione delle dimensioni della ceppaia o del sistema di ceppaie, con particolare riferimento al diametro del tronco.

Per il collegamento tra i corpi morti e le ceppaie andranno impiegate catene in acciaio zincato a caldo del tipo genovese con diametro dell'anello minimo di 8 mm collegate ed ancorate mediante tirafondi a vite, false maglie, grilli, ecc. Anche tutti gli elementi di raccordo dovranno essere in acciaio zincato a caldo di diametro minimo uguale a quello delle catene. Per ogni ceppaia possono essere considerati come quantitativi minimi 4 m di catene (comunque da valutare in base alle dimensioni e alla forma dell'elemento o degli elementi), n. 4 tirafondi con viti e rondelle, n. 6 false maglie.

Tutti i materiali metallici dovranno essere di acciaio zincato a caldo o comunque dello stesso materiale, per non accentuare la formazione di correnti galvaniche che velocizzino i naturali processi di ossidazione, interferendo significativamente con la durabilità delle componenti impiegate negli ancoraggi.

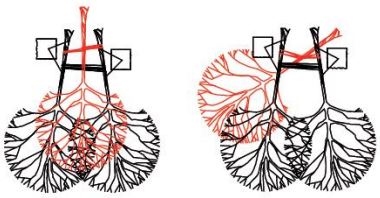
In merito alle modalità realizzative, la posa di ceppaie prevede:

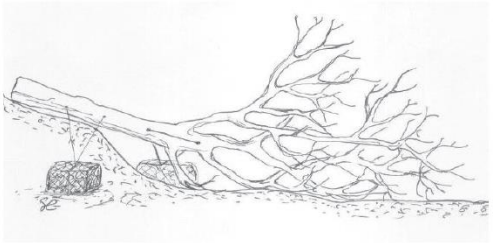
- in cantiere "su chiatta", prima di avviare le operazioni di posa, ogni singola ceppaia dovrà essere allestita ancorandola ai corpi morti, per garantirne l'affondamento, in numero sufficiente a consentire la permanenza della struttura sul fondale, nel contempo permettendo un'agevole movimentazione in acqua da parte dei mezzi e degli operatori. I corpi morti dovranno essere ancorati agli elementi vegetali con catene e raccorderia adeguata;
- ogni ceppaia verrà trasportata nelle aree individuate con idonei mezzi di trasporto (nella maggior parte dei casi pontoni o chiatte galleggianti). La successiva movimentazione in acqua nelle aree di fondale, la posa, la verifica ed il completamento in genere sono eseguiti da subacquei. Nel caso in esame, dato l'attuale livello lacustre (circa 139 m s.l.m.) di gran lunga inferiore a quello di progetto (146 m s.l.m.), l'attività potrà essere svolta da terra in concomitanza del riempimento del lago di Castelnuovo. Se impiegati più elementi, ogni gruppo di ceppaie dovrà essere posato realizzando una struttura piramidale, con una disposizione accatastata.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

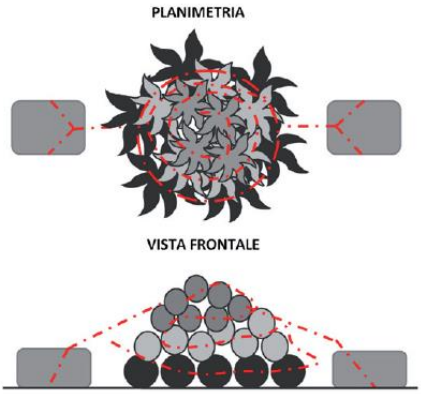
SCHEMI TIPOLOGICI

Alberi frondosi





Ceppaie



This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

INTERVENTI REALIZZATI

Operazioni di posa in ambiente lacustre di alberi frondosi e ceppaie (lago d'Iseo)

Operazioni di posa in ambiente lacustre di alberi frondosi e ceppaie (lago d'Iseo)

2.16 HI03 - SPIAGGE IN GHIAIA PER LA RIPRODUZIONE ITTICA

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

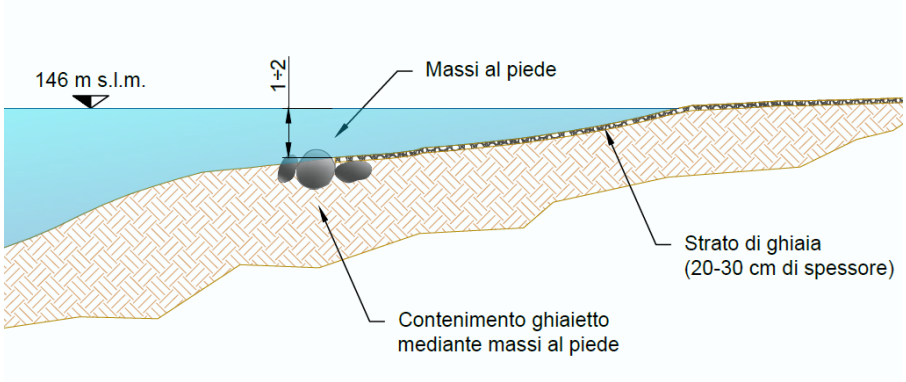
Un altro intervento che si rivela da alcuni anni molto utile a supporto delle specie ittiche lacustri è la posa dei letti di frega. Ci si riferisce in particolare al caso delle specie a deposizione litorale litofila, come alborelle, agoni e lavarelli.

L'allestimento dei letti di frega è un'operazione che deve essere compiuta in periodo immediatamente pre-riproduttivo. Tale intervento consiste nella sistemazione di uno strato in ghiaia pulita lungo le rive lacustri, realizzando un importante habitat, idoneo come substrato per la deposizione delle uova. Concretamente, in acque basse litorali viene posato uno strato di circa 30 cm di ghiaia, avente granulometria 2-5 cm, steso omogeneamente con semplici rastrelli.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

Più tale substrato resta pulito, migliore è la sua efficacia come letto di deposizione delle uova. Per mantenere un grado di pulizia del substrato adeguato ed evitare che l'eccessivo sviluppo di *periphyton* limiti l'attività di deposizione da parte dei pesci, i letti di frega devono essere periodicamente puliti mediante rastrellamento dell'area, chiaramente solo fino all'avvio dell'attività di riproduzione.

SCHEMI TIPOLOGICI



Letti di frega in ghiaia

INTERVENTI REALIZZATI

Letti di frega in ghiaia realizzati lungo le sponde del lago di Lugano (Svizzera)

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2.17 HA01 - POZZE EFFIMERE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La realizzazione di pozze a favore della batracofauna ha l'obiettivo di creare ambienti idonei alla riproduzione delle specie anfibie presenti nell'area di interesse.

Le pozze effimere sono da realizzare attraverso lo scavo di un'area per la creazione di piccoli specchi d'acqua con superficie compresa tra 20 e 100 m^2, senza impermeabilizzazione del fondo. Le sponde devono assumere una morfologia naturaliforme e avere una pendenza di 1:3.

2.18 HA02 - POZZE PERENNI

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La realizzazione di pozze a favore della batracofauna ha l'obiettivo di creare ambienti idonei alla riproduzione delle specie anfibie presenti nell'area di interesse.

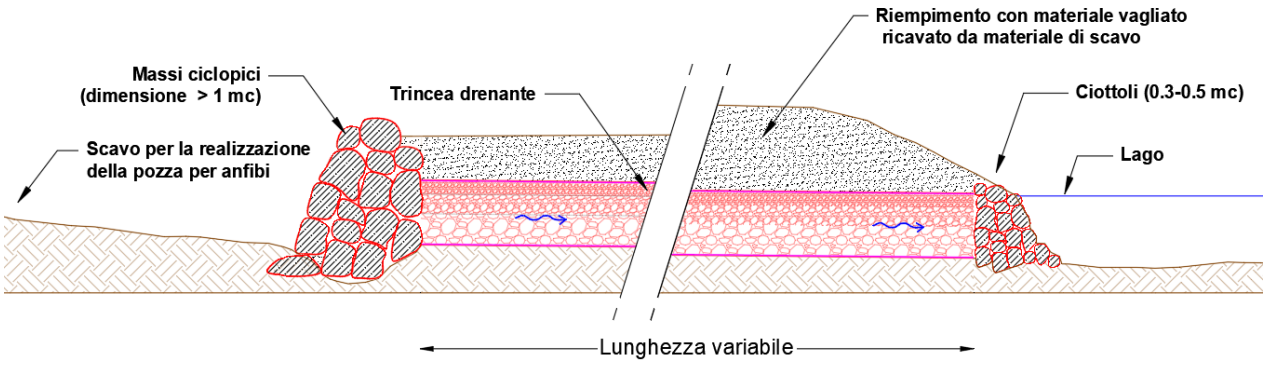
Le pozze perenni sono da realizzare attraverso lo scavo di un'area per la creazione di piccoli specchi d'acqua con superficie compresa tra 20 e 100 m^2. Il fondo deve essere impermeabilizzato mediante la posa di telo bentonitico, che poi viene ricoperto da materiale terroso di granulometria varia, reperito a seguito dello scavo effettuato.

Le sponde devono assumere una morfologia naturaliforme e avere una pendenza di 1:3.

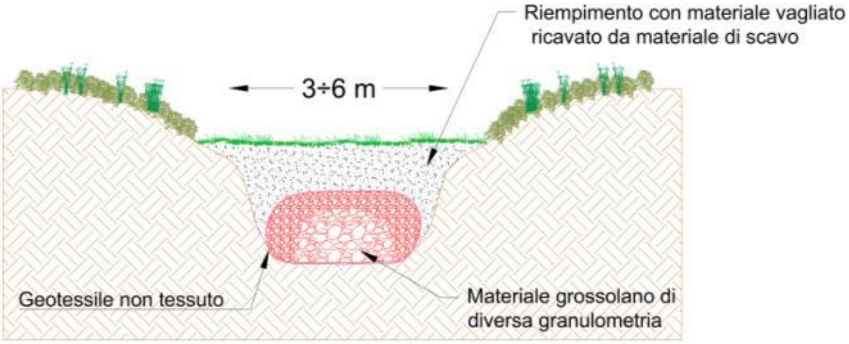
Le pozze, da realizzarsi in prossimità della sponda lacustre, devono essere collegate al Lago di Castelnuovo tramite trincea drenante da collegare a quota 145,5 m s.l.m., mentre la quota dell'argine delle pozze deve trovarsi a 148,5 m s.l.m. in modo tale da evitare che l'acqua del lago tracimi nelle pozze con potenziale introduzione di pesci, predatori di uova e larve di anfibi.

SCHEMI TIPOLOGICI

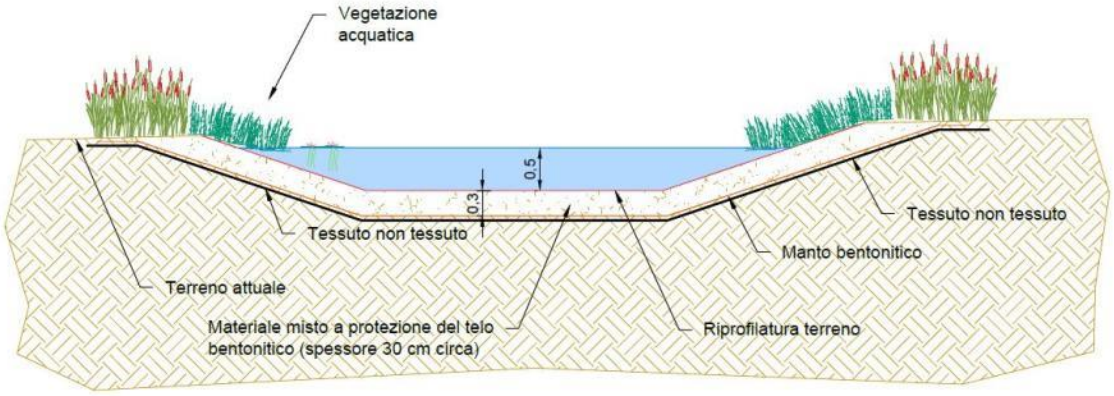
Trincea drenante - sezione longitudinale e trasversale



This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.



Pozza per anfibi - sezione tipo



INTERVENTI REALIZZATI

Trincea drenante, fiume Oglio in Comune di Roccafranca (Provincia di Brescia)

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2.19 HT01 - CUMULI DI PIETRE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è quello di creare rifugi per piccoli animali come serpenti, anfibi e insetti.

I cumuli di pietre sono realizzati mediante la posa di pietre preferibilmente grandi, previa formazione di uno scavo, in mucchi o in argini dell'altezza di vari metri. Internamente all'accumulo è possibile collocare ceppaie e ramaglie. L'intervento può essere realizzato in ogni stagione.

INTERVENTI REALIZZATI

Cumuli di pietre lungo le sponde del lago d'Iseo

2.20 HT02 - ACCUMULI DI FIENO

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è la creazione di habitat per serpenti ed anfibi soprattutto in zone protette o vicino alle sponde.

L'intervento viene realizzato attraverso l'impiego di erba e cannucce tagliate, che vengono fatte seccare e successivamente ammassate in mucchi sciolti alti alcuni metri. Il taglio estivo deve essere rovesciato più volte, il taglio invernale può essere subito ammucchiato al di sopra della zona individuata per la posa del cumulo.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2.21 INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

In considerazione dello stato delle aree in frana, con assenza di terreno organico e un substrato di natura incoerente continuamente dilavato, tutti gli interventi di ingegneria naturalistica che prevedono la posa di vegetazione dovranno considerare la necessità di inserire il materiale vegetale all'interno di rulli in fibra di cocco che al loro interno contengano la pianta e un volume idoneo di terreno vegetale che consenta l'affermazione e lo sviluppo degli apparati radicali soprattutto nei periodi iniziali all'impianto.

La posa di tali rulli deve avvenire secondo linee oblique lungo il versante oggetto d'intervento, al fine di intercettare le acque di dilavamento superficiale e ridurne l'effetto erosivo.

Rulli con zolle vegetate realizzate con biostuoia in cocco e rete metallica.

Sotto, particolare della messa a dimora con picchetti in legno (Comabbio, Provincia di Varese).

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2.21.1 IN01 - Interventi antierosivi di rivestimento

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento di copertura e completamento consiste nel rivestimento di versanti mediante reti, feltri, stuoie, griglie, tessuti, ecc. che possono essere di materiale naturale, sintetico e misto. L'intervento rende possibile e velocizza l'inerbimento anche di superfici "difficili".

La semina con supporti antierosivi è consigliabile ai fini del rivestimento vegetale in caso di pericolo di erosione diffusa. Nel consolidamento di fenomeni franosi queste opere di protezione superficiale contribuiscono alla riduzione delle pressioni neutre all'interno del corpo di frana, non solo contenendo l'azione erosiva superficiale esercitata dalle acque meteoriche ma soprattutto limitando l'infiltrazione delle stesse all'interno del corpo di frana.

I supporti a base naturale sono biodegradabili e la loro durata è conseguente alla natura del materiale che li costituisce. Quelli sintetici sono più duraturi ma non biodegradabili.

Tra i supporti a base naturale si distinguono:

- biostuoie, materassini costituiti da paglia, cocco o trucioli di legno, contenuti in retine di plastica fotodegradabile oppure di iuta; hanno in genere una buona capacità di assorbimento dell'acqua e resistenze a trazione generalmente non superiori;
- biotessili tessuti, veri e propri tessuti, con trama e ordito, di fibre naturali come juta, cocco e agave, le resistenze a trazione sono molto elevate, la capacità di assorbimento dell'acqua è discreta;
- biofeltri, biotessili non tessuti costituiti da fibre naturali tenute insieme tramite agugliatura; assorbimento dell'acqua da medio a alto;
- bioreti, simili a tessuti a maglia larga, ma le corde vengono intrecciate ad annodate e quindi non si possono allargare; biodegradabili in tempi lunghi.

Prima della posa la scarpata viene modellata e preparata per regolarizzare le asperità naturali del terreno. Viene poi eseguito lo scavo di un solco di 20-30 cm di profondità in sommità e al piede della scarpata. Si esegue la semina delle specie scelte. Viene posato il supporto antierosivo ancorandolo in corrispondenza del solco di monte e fissandolo lungo la scarpata con picchetti di legno o in ferro acciaioso (nel caso di strato roccioso affiorante). Si può procedere, infine, con una semina sopra il supporto antierosivo.

È preferibile eseguire l'intervento durante il periodo di ripresa della vegetazione, ossia nel periodo idoneo per le semine. Per la manutenzione, si deve concimare e irrigare soprattutto durante la prima estate dopo la semina.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

INTERVENTI REALIZZATI

Posa di rivestimento antierosivo in juta (Roggia Vernavola, Pavia)

2.21.2 IN02 - Interventi stabilizzanti

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Gradonata viva con latifoglie radicate e talee e cordonata viva

La gradonata viva e la cordonata viva sono interventi di stabilizzazione e copertura su versante o su sponda. Si tratta di tecniche efficaci per il consolidamento di pendii in erosione, movimenti franosi con piano di scivolamento poco profondo, sponde di corsi d'acqua, superfici con scivolamenti superficiali o poco profondi.

Tali interventi consistono nello scavo di gradoni trasversali alla linea di massima pendenza, alla cui base si posano talee e ramaglia viva o latifoglie radicate o entrambe. La combinazione di talee e piante radicate crea in un unico intervento una vegetazione pioniera e contemporaneamente l'associazione di latifoglie successiva. Calcoli di stabilità mostrano che già dopo l'inserimento di talee e piante radicate la stabilità del pendio aumenta di un terzo e migliora ancora dopo la cacciata.

La gradonata viva mista dà buoni risultati per la sistemazione di piccole frane superficiali. La cordonata migliora la struttura del suolo ed aumenta la sostanza organica nel terreno e in terreni umidi migliora il drenaggio.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

Nella realizzazione della gradonata viva mista si posano da 1 a 2 verghe ramificate di salice e/o da 1 a 2 piante radicate di latifoglia con capacità di ricaccio per metro lineare.

Nella realizzazione della cordonata viva si pone del tondame dal diametro di 10-12 cm e della ramaglia per formare un letto continuo sul fondo del gradone; le talee di specie con capacità vegetativa (10-25 talee al metro lineare lunghe almeno 60 cm o 2-4 piantine radicate al metro lineare).

Su scarpate si procede alla realizzazione di gradoni di profondità 50-150 cm in contropendenza di 10° circa procedendo dal basso verso l'alto su settori del pendio da sistemare. Successivamente si posano l'uno accanto all'altro, incrociandole, ramaglia di salice o talee interrandole per 3/4 della lunghezza e latifoglie radicate di 2-3 anni. Al termine dell'operazione si ricopre con il terreno derivato dallo scavo del gradone superiore.

Si realizzano file parallele di gradoni distanti tra loro 1-1,5 m per pendii con inclinazione 25°-30° e 2-3 m per pendii con inclinazione < 20°, evitando intervalli minori che favorirebbero fenomeni di instabilità.

L'andamento dei gradoni è generalmente disposto lungo le curve di livello, ma possono essere effettuati gradoni leggermente inclinati per favorire la regimazione idrica.

L'intervento deve essere realizzato durante il riposo vegetativo. Con riferimento alla manutenzione si effettua il controllo durante il primo anno per interventi sulle fallanze e taglio se necessario; sulle piantine si effettua il controllo dell'interramento.

Grata viva

La grata viva è un intervento di consolidamento e copertura da realizzare lungo versanti o sulle sponde di corsi d'acqua, comportando la stabilizzazione di pendii acclivi fino a 50°-60°, scarpate stradali, sponde subverticali, nei casi in cui siano impossibili interventi di rimodellamento.

La grata viva è costituita da una struttura reticolare in legno, appoggiata al pendio e destinata a essere stabilizzata definitivamente da piante. Il manufatto può essere realizzato interamente in stangame di salice vivo oppure con elementi morti disposti a formare un reticolo semplice o doppio, nel quale verranno messe a dimora le piante.

La struttura reticolare tridimensionale sostiene validamente pendii di grandi dimensioni, le piante radicano attraverso il materiale di riempimento, lo ancorano al substrato e drenano il terreno. L'opera può essere utilizzata anche per il miglioramento della stabilità dei rilevati.

Per la costruzione dell'intelaiatura a maglie si utilizza il tondame vivo o morto oppure legname squadrato di diametro di 12-40 cm e della maggior lunghezza reperibile. Per il collegamento degli elementi longitudinali e trasversali si impiegano tondini in ferro ad aderenza migliorata di diametro di 10-14 mm. I tondini vengono utilizzati anche per collegare la struttura alla palificata di sostegno. Per l'ancoraggio della grata al versante si utilizzano picchetti in legname di diametro di medio di 6-8 cm e di lunghezza variabile (almeno 1 m); in alternativa picchetti in ferro costituiti da tondini ad aderenza migliorata con diametro di 14-16 mm.

La realizzazione avviene preparando la fondazione del sostegno e la costruzione del sostegno alla base che può consistere in una palificata doppia o semplice di altezza variabile, oppure in un palo singolo ancorato al terreno, in relazione alle spinte calcolate e alle esigenze di progetto.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

Si realizza l'intelaiatura di tronchi longitudinali (interasse di 80-200 cm) e trasversali, tra loro chiodati, in modo da formare maglie rettangolari, di dimensioni variabili (più ripido è il versante più fitti saranno i tronchi trasversali e di conseguenze le maglie). I tronchi longitudinali devono essere di diametro maggiore di quelli trasversali. A loro volta i tronchi trasversali di diametro maggiore vanno collocati nelle parti più basse della struttura.

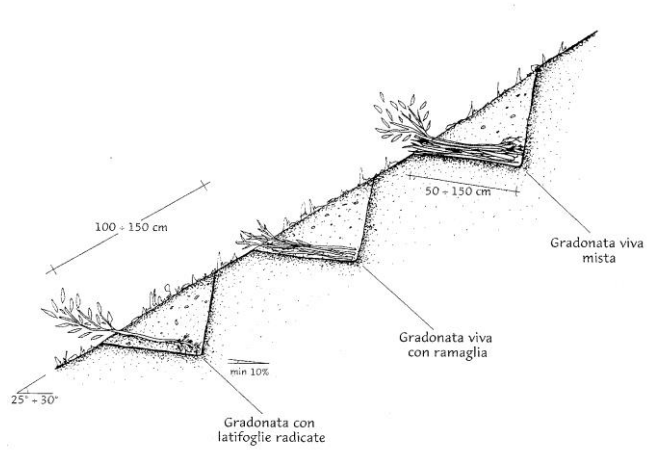
Si collocano le talee in modo che vadano a poggiare nella parte fuori terra sui tronchi trasversali (si faccia riferimento ai pali orizzontali della figura della "grata viva" sotto riportata). Si intasano di terreno le maglie della grata con l'avvertenza di ricoprire le talee per 2/3 della loro lunghezza. Si procede alla semina o all'idrosemina di tutta la superficie della grata.

Le strutture realizzate con materiale morto possono posarsi in ogni stagione, ma vanno riempite con il materiale vivo e la terra solo durante il riposo vegetativo. La semina va effettuata nei mesi di ripresa della vegetazione.

Per la manutenzione dell'opera, si deve procedere con irrigazione durante la stagione estiva, dopo la semina e la posa delle piantine, in relazione alle condizioni climatiche della stazione, oltre alla sostituzione di talee e piantine che non hanno attecchito.

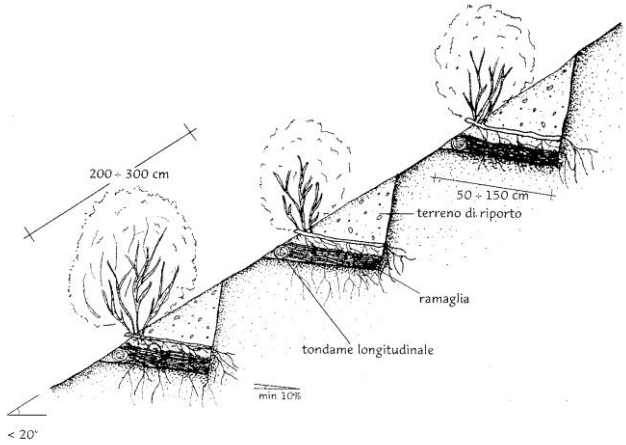
SCHEMI TIPOLOGICI

Gradonata viva

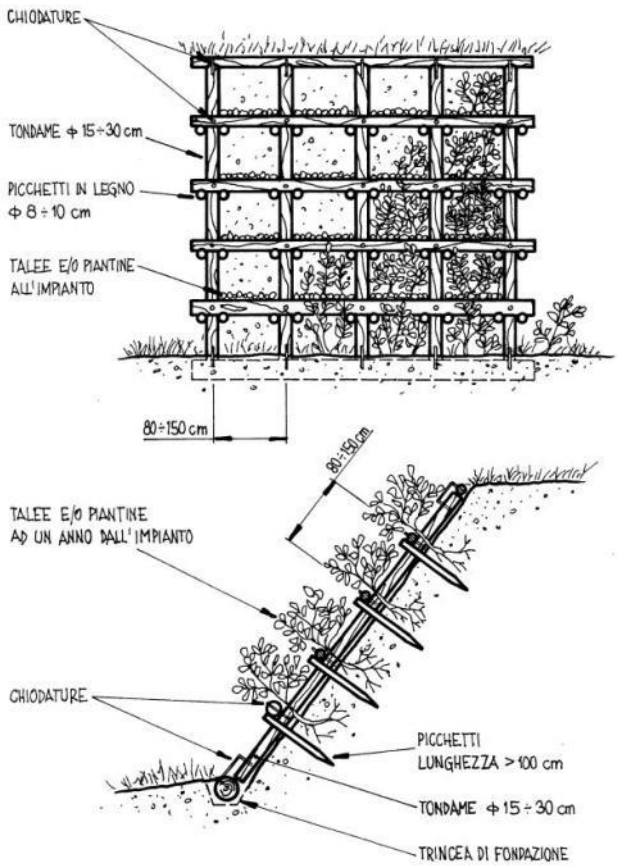


This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

Cordonata



Grata viva



This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

INTERVENTI REALIZZATI

Cordonata

Grata viva (Comune di Missaglia, Provincia di Lecco)

2.21.3 IN03 - Interventi combinati di consolidamento

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il modellamento morfologico della frana con la formazione di gradoni sostenuti da palificate doppie al piede può essere integrato con la formazione di un sistema combinato di canalette di drenaggio e gradonate vive.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

Tali interventi di regimazione dello scorrimento superficiale delle acque sono anche adatti per il consolidamento di pendii in erosione e movimenti franosi con piano di scivolamento poco profondo, in relazione alla creazione di un reticolo di drenaggio superficiale e al radicamento delle piante impiegate nell'intervento.

In particolare le canalette in legname con funzione di regimazione idraulica su versante vengono realizzate in terreni incoerenti che necessitano di un'apposita struttura in grado di mantenere nel tempo, fino a consolidamento avvenuto, il profilo del canale impostato.

Le canalette presentano sezione a U, a V o trapezia. Sono costruite con tavolate o pali di castagno di diversa larghezza, diametro e lunghezza. Per gli ancoraggi si utilizzano chiodi da edilizia, filo di ferro cotto, paletti in legno o ferro.

Una volta realizzata la struttura portante si procederà con l'impermeabilizzazione, l'intasamento delle fessure con ghiaino bitumato a freddo e quindi con la semina.

La manutenzione prevede il ripristino della funzionalità mediante sostituzioni di parti danneggiate, l'irrobustimento strutturale con chiodatura di nuovi traversi, la sostituzione del tessuto danneggiato e il ripristino dell'impermeabilizzazione.

INTERVENTI REALIZZATI

Palificata doppia al piede con sistema di canalette di drenaggio: situazione *ante operam*

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

Palificata doppia al piede con sistema di canalette di drenaggio: situazione in corso d'opera

Esempio realizzativo (a intervento concluso) di palificata di sostegno con canalette

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

2.22 GS01 - DIRADAMENTO SELETTIVO

L'intervento di diradamento selettivo dei boschi è a carico di soggetti arborei di ogni dimensione, e riguarda il taglio dei soggetti malformati o sovrannumerari nei tratti a maggior densità e dei soggetti delle specie esotiche o indesiderate.

Le operazioni di taglio prevedono per la ramaglia: raccolta, allontanamento e successiva cippatura o trinciatura; relativamente al legname: sramatura, esbosco e depezzatura con formazione temporanea di cataste a bordo strada carrabile per il successivo esbosco.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

3. LINEE GUIDA DI INGEGNERIA NATURALISTICA

3.1 MACROAREA 1 - AREA SPONDALE DESTRA E SINISTRA DELL'EMISSARIO DI CASTELNUOVO

3.1.1 Sistemazione delle sponde e del fondo dell'alveo dell'emissario

Il progetto esecutivo che riguarda lo scavo dell'emissario del Lago di Castelnuovo, comprende anche la definizione di interventi di carattere ambientale descritti nella Relazione opere a verde e aspetti faunistici (elaborato PBSMA20287; ex PR020RE18SAM0).

È infatti previsto l'impianto di essenze arboree autoctone della zona, quali il pioppo bianco, il salice bianco, il frassino, la farnia, l'olmo e l'ontano e di essenze arbustive quali nocciolo, sambuco, ecc., al fine di garantire sia la continuità della fascia arborea circumlacuale sia il completamento della funzione di separazione e schermatura (CESI - Progetto per il recupero ambientale della miniera di S. Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline Valdarno (FI). Relazione paesaggistica – Dicembre 2006). Inoltre, nella progettazione è stata posta particolare attenzione alla continuità con le opere a verde previste d all'intervento PR010 "Collina schermo" che riguardano l'area immediatamente a sud del tracciato dell'emissario.

In particolare sono previsti (si faccia riferimento agli elaborati PBSMA20314 e PBSMA20302):

- posa di biostuoia lungo le sponde dell'emissario Castelnuovo;
- inerbimento mediante idrosemina delle sponde dell'emissario (scarpate e banche laterali) nonché le aree 2, 3 e 4 (prato consolidante su piano campagna e su versanti di scavo);
- realizzazione di scogliera lungo l'emissario Castelnuovo con inserimento di talee di salice nella metà superiore della sponda;
- risagomatura fondo alveo con materiale proveniente dagli scavi;
- inserimento di traverse sul fondo canale ogni 30 m in massi ciclopici di I categoria;
- piantumazione di essenze arboree e arbustive sia a Nord sia a Sud del tracciato a partire da 5 m dalla sommità dei versanti di scavo.

Le tipologie realizzative sono rappresentate da: bosco, filare arbustivo, filare arboreo, macchia-radura, prato consolidante su piano campagna e su versanti di scavo. Il progetto comprende criteri per la preparazione dei fronti di scavo e per la scelta delle specie oltre a un abaco degli impianti.

Con riferimento a queste scelte progettuali si confermano le soluzioni adottate di sistemazione a verde e di seguito si illustrano, al contempo, specifiche linee guida per la sistemazione finale di sponde e fondo alveo.

Il progetto di creazione del nuovo emissario del lago prevede la formazione di un canale trapezoidale con le sponde sistemate a gradoni.

3.1.1.1 LINEA GUIDA

Si propone:

- di prevedere lungo le scarpate a quote maggiori l'inserimento di talee di essenze arbustive;

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

- ove possibile la diversificazione dell'alveo di magra, in cui si prevede di far transitare una portata minima perenne di 12 l/s. La diversificazione può essere attuata attraverso la posa di costrittori e deflettori, conferendo sinuosità al fondo dell'alveo e creando zone a differente profondità (DA01 e DA02). Vista la portata esigua di alimentazione, per evitare le perdite per infiltrazione, è consigliabile (qualora non si garantisca un battente idrico sufficiente e costante durante l'anno) la posa sul fondo di un telo bentonitico posto tra il piede in massi delle due sponde o uno strato di terreno argilloso.

Al fine di gestire al meglio la fase di realizzazione dei lavori di piantumazione a canneto delle fasce riparie lacustri che necessitano di un ambiente umido in concomitanza dell'esecuzione degli impianti, si richiede di prevedere in corrispondenza dell'incile la possibilità di collocare una tubazione che permetta di mantenere il livello dell'acqua a quota circa 145 m s.l.m. (il progetto prevede già una tubazione per il rilascio del DMV che, se lasciata completamente aperta, in condizioni normali permette di mantenere la quota lago a +145,10 m s.l.m.), in modo tale da gestire correttamente la fase di piantumazione e la fase di sviluppo del canneto.

3.1.2 MA-01 Lago di Castelnuovo Sponda Nord - Sistemazione sponda con pendenza 1/5 (20%) mediante realizzazione rilevato

Con l'innalzamento del livello del lago come da progetto sarà inondata un'area attualmente occupata da bosco ripariale (salici e pioppi). Sarà necessaria la rimozione delle piante, in particolare di quelle ad alto fusto.

L'intervento di riprofilatura della sponda è funzionale alla realizzazione della collina TAV e del tracciato della pista ciclopedonale che costeggia il nuovo perimetro del lago (146 m s.l.m.).

In tale ambito si è prevista una sponda rettilinea con una pendenza omogenea 1/5.

3.1.2.1 LINEA GUIDA

Si propone di eseguire specifici interventi di rimozione e stoccaggio degli individui in modo tale da impiegarli negli interventi di piantumazione in corrispondenza di altre aree spondali.

Si propone la creazione di una sponda con andamento sinuoso, con la funzione di rendere naturaliforme il tratto spondale con l'integrazione dei seguenti interventi:

- creazione di due nuclei di bosco igrofilo (PR01). Si veda la relazione illustrativa - intervento AA-01;
- formazione di un'area a canneto (PA02) e a lamineto (PA01). Si veda la relazione illustrativa - intervento AA-01.

La pendenza della sponda dovrà essere tale da permettere la realizzazione dell'intervento AA-01, ossia di ottenere una profondità dell'acqua compresa tra 0-2 m.

3.2 MACROAREA 2 - AREA SPONDALE EST NEI PRESSI DI "CASA BASI"

3.2.1 MA-04 Lago di Castelnuovo Sponda Est - Completamento sponda con pendenza 1/10 (10%) mediante riprofilatura versanti

Spianamento-riprofilatura morfologica sponde

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

3.2.1.1 LINEA GUIDA

Le opere di riprofilatura delle sponde devono essere eseguite in maniera funzionale alla possibilità di effettuare gli interventi AA-04 e AA-06, riguardanti rispettivamente la piantumazione spondale PR01 e PV01 (si veda la relazione illustrativa).

3.2.2 MA-09 Piagge - Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti

La stabilizzazione della frana delle Piagge verrà effettuata mediante la riprofilatura del versante interessato dalla frana in questione (scavo di alleggerimento della parte sommitale e realizzazione di un rilevato di stabilizzazione lungo il piede del versante stesso) e la realizzazione di alcune trincee drenanti (profonde circa 3 m). Il rilevato di base dovrà essere realizzato con le terre scavate all'interno della stessa area di frana. La profondità massima degli scavi, che verrà effettuata nella parte alta del versante, è contenuta entro i 10 m di profondità. L'area in frana da stabilizzare ha una superficie in pianta di circa 180.000 mq.

3.2.2.1 LINEE GUIDA

In affiancamento agli interventi di riprofilatura morfologica del versante e di creazione di drenaggi sotterranei occorre realizzare interventi di ingegneria naturalistica finalizzati alla regimazione delle acque di dilavamento e al consolidamento dello strato superficiale con operazioni di piantumazione di essenze vegetali: interventi combinati di consolidamento. Per i dettagli si faccia riferimento all'elaborato PBSMA20953.

3.3 MACROAREA 3 - AREA SPONDALE SUD E BORRO VALLI

3.3.1 MA-06 Casa Vanni - Riprofilatura versanti per migliorare la capacità scolante dei terreni

Il versante presso Casa Vanni verrà riprofilato per consentire il naturale deflusso delle acque superficiali verso la rete scolante secondaria. L'intervento non prevede opere di ingegneria naturalistica, tuttavia si indica una leggera piantumazione ad arbusti a macchie seriali al fine di adeguare la fascia riprofilata al contesto naturale retrostante, attualmente caratterizzato da una fitta vegetazione. L'intervento migliorerà altresì la stabilizzazione del versante. Per i dettagli si faccia riferimento all'elaborato PBSMA20954.

3.3.2 MA-07 Buche di Calonica - Riempimento di alcune aree depresse in cui si crea il ristagno dell'acqua - Riprofilatura versanti per consentire il naturale deflusso delle acque di superficie verso le opere idrauliche eseguite

Non sono applicabili all'intervento linee guida di ingegneria naturalistica.

3.3.3 IA-01 Borro Valli - Scavo per la realizzazione della sede del nuovo alveo da rivestire con pietrame di idonea pezzatura

Come indicato nell'elaborato PBSMA20431, il Borro Valli negli anni di attività della cava è stato deviato a monte della SP 14 delle Miniere mediante la tamponatura del ponte in muratura sotto la strada e la realizzazione di un nuovo canale e un tombamento sotto l'abitato

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

che convoglia le acque nel Borro Percussente. L'intervento di sistemazione idraulica del Borro Valli ha inizio dallo sbarramento in terra situato a Sud della località Neri, a circa 380 m a monte dalla Strada Provinciale delle Miniere. A valle dello sbarramento per un tratto di 260 m sono previsti solo lavori di pulitura e regolarizzazione dove necessario, al termine di tale tratta il borro sarà deviato sul tracciato originario fino a raggiungere il Lago di Castelnuovo realizzando un nuovo canale.

Il nuovo tracciato del borro si può schematicamente dividere in due tratti:

- il primo, della lunghezza di 150 m, si trova a monte dell'esistente laghetto Valli;
- il secondo, della lunghezza di circa 1200 m, si trova a valle del laghetto medesimo e prosegue fino al Lago di Castelnuovo.

Il progetto di sistemazione e rinaturalizzazione del borro Valli prevede la realizzazione di una serie di soglie di consolidamento e la creazione di un fondo in massi naturali.

3.3.3.1 LINEA GUIDA

In corrispondenza del tratto finale del Borro Valli, ossia dell'immissione nel Lago di Castelnuovo, si propone di creare un sistema di ripartizione delle acque nell'ecosistema filtro descritto nell'intervento AA-09 Ecosistema Borro Valli (si veda la relazione illustrativa), attraverso l'allargamento dell'alveo alla foce, la realizzazione di sponde con inclinazione 3:2 e la posa di un deflettore realizzato con pali di legno del diametro di 20 cm, con un'altezza rispetto al fondo dell'alveo di circa 1 m (si veda l'elaborato PBSMA20882).

Nello specifico si propone di realizzare lungo le sponde, in corrispondenza dell'immissione del corso d'acqua nel lago, una difesa spondale in massi con la messa a dimora di talee di salici (in un numero di 4 al m^2) e una difesa spondale con palificata doppia rinverdita con talee di salici nei tratti di raccordo con la sponda lacustre.

Si propone di creare scogliere rinverdite lungo il corso del borro nei tratti in cui si prevede da progetto il rivestimento in massi naturali mediante la posa di talee di salice (IN02) e di piantumare le sponde a quote superiori con la creazione di fasce boscate PR01.

Con riferimento al laghetto Valli si propone di eseguire interventi di riqualificazione dell'area umida (RN01) e la piantumazione lungo le sponde di nuclei boscati (PR01).

Inoltre, in fase di realizzazione delle difese spondali occorre agire in modo da essere il meno invasivi possibile, e attuare interventi attivi finalizzati alla ricostituzione degli ambienti compromessi dai lavori secondo la tipologia RN01.

3.3.4 Interventi diffusi

All'interno della Macroarea 3, in relazione alla valenza naturalistica che si intende conferire alla porzione sud-est del macrolotto del Lago di Castelnuovo, è possibile prevedere la creazione di pozze effimere per anfibi (HA01), oltre alla posa di cumuli di pietre (HT01) e all'accumulo di fieno (HT02) a favore della fauna vertebrata e invertebrata.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

3.4 MACROAREA 4 - AREA SPONDALE SUD-OVEST, BORRO PERCUSSENTE E BORRO PIANALE

3.4.1 MA-10 Ronco - Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti

La stabilizzazione della frana del Ronco verrà effettuata mediante la riprofilatura del versante interessato dalla frana in questione (scavo di alleggerimento della parte sommitale e realizzazione di un rilevato di stabilizzazione lungo il piede del versante stesso) e la realizzazione di alcune trincee drenanti (profonde circa 3 m). Il rilevato di base dovrà essere realizzato con le terre scavate all'interno della stessa area di frana. La profondità massima degli scavi, che verrà effettuata nella parte alta del versante, è contenuta entro i 6 m di profondità. L'area in frana da stabilizzare ha una superficie in pianta di circa 50.000 mq.

3.4.1.1 LINEE GUIDA

In affiancamento agli interventi di riprofilatura morfologica del versante e di creazione di drenaggi sotterranei occorre realizzare interventi di ingegneria naturalistica finalizzati alla regimazione delle acque di dilavamento e al consolidamento dello strato superficiale con operazioni di piantumazione di essenze vegetali: interventi combinati di consolidamento (IN03). Per i dettagli si faccia riferimento all'elaborato PBSMA20953.

3.4.2 IA-02 Borro Percussente - Scavo per la realizzazione della sede del nuovo alveo da rivestire con pietrame di pezzatura variabile

Il reticolo idrografico del Borro Percussente e del Bicchieraie allo stato attuale presenta una conformazione naturale nel tratto di monte. Alla confluenza dei due borri è presente ad oggi la galleria di derivazione denominata "Bicchieraie" all'interno della quale vengono convogliate le portate defluenti sui due borri. L'originario tracciato degli alvei è stato interrotto all'epoca della coltivazione mineraria mediante la realizzazione di un'arginatura in terra e lo sbarramento del canale in c.a. che veniva utilizzato per approvvigionamento idrico a supporto dell'attività estrattiva. Il piano di ripristino idrografico dell'area prevede la realizzazione di un'inalveazione di progetto per il recapito del Borro Percussente all'interno del Lago di Castelnuovo.

Come indicato nell'elaborato PBSMA20465, si prevede per il primo tratto di lunghezza circa 98 m il transito delle acque all'interno dell'attuale canale trapezio in c.a., nel tratto successivo fino al lago la realizzazione per circa 700 m di un alveo di progetto a sezione trapezia rivestita in massi naturali con base di larghezza pari a 6,00 m.

L'inalveazione di progetto avrà quindi una lunghezza complessiva di circa 800 m e lungo il suo sviluppo sono previsti un guado e due vasche di smorzamento.

Le sezioni della nuova inalveazione sono state progettate a forma trapezia con sponde a pendenza 1/1.

La pendenza della nuova inalveazione varia da un minimo di circa il 2%, nel tratto finale in avvicinamento al Lago di Castelnuovo, ad un massimo del 70%, nel tratto dello scivolo in c.a. esistente.

I principali interventi di ripristino del reticolo idrografico risultano quindi i seguenti:

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

- la pulizia e la eventuale riprofilatura degli alvei naturali a monte della confluenza dei due borri;
- il tamponamento in calcestruzzo dell'ingresso della galleria Bicchieraie ed il successivo ricoprimento con terreno vegetale per la rinaturalizzazione dell'area;
- la sistemazione dell'area depressa a monte del canale in c.a. interessata ad oggi da una condizione di disordine idrografico che sarà oggetto di un rimodellamento morfologico per indirizzare i due borri verso il canale rivestito;
- la demolizione dell'attuale sbarramento in c.a. che ad oggi occlude l'imbocco del canale in c.a., in modo da ripristinare il transito delle portate verso l'inalveazione di progetto;
- la pulizia del canale esistente in c.a. e l'innalzamento della testa della sponda mediante la realizzazione di un sovralzo in massi naturali per il contenimento della piena con TR 300 anni;
- il guado per l'attraversamento della pista ciclabile, costituito da n. 3 scatolari prefabbricati con base 2.50 m e altezza 1.25 m.
- lungo l'asta dovranno essere realizzate delle vasche di smorzamento nei tratti in cui è presente una brusca variazione di pendenza ed in particolare dove si raggiungono elevate velocità del flusso della corrente. Il progetto prevede la costruzione di n. 4 vasche;
- viste le elevate pendenze longitudinali della nuova inalveazione sono state previste a un determinato interasse delle soglie in c.a. o in legname per stabilizzare i massi di rivestimento del canale.

3.4.2.1 LINEA GUIDA

In corrispondenza del tratto finale del borro, ossia dell'immissione nel Lago di Castelnuovo, si propone di creare un sistema di ripartizione delle acque nell'ecosistema filtro descritto nell'intervento AA-11 Ecosistema Borro Percussente-Pianale RM, PA01, PA02 e PA03 (si veda la relazione illustrativa PBSMA20873), attraverso l'allargamento dell'alveo alla foce, la realizzazione di sponde con inclinazione 3:2 e la posa di un deflettore realizzato con pali di legno del diametro di 20 cm, con un'altezza rispetto al fondo dell'alveo di circa 1 m (si veda l'elaborato PBSMA20882 e PBSMA20952).

Si propone di creare scogliere rinverdite lungo il corso del borro nei tratti in cui si prevede da progetto il rivestimento in massi naturali mediante la posa di talee di salice (IN02) e di piantumare le sponde a quote superiori con la creazione di fasce boscate PR01.

3.4.3 IA-03 Borro Pianale - Scavo per la realizzazione della sede del nuovo alveo da rivestire con pietrame di pezzatura variabile, ad esclusione dei tratti scavati in roccia

La sistemazione idraulica del Borro Pianale ha inizio dallo sbarramento a gravità in muratura situato a circa 500 m a valle del ponte sulla Strada Provinciale delle Miniere.

A valle dello sbarramento l'alveo sarà oggetto di intervento di pulizia e regolarizzazione, dove necessario, e tali lavorazioni saranno previste per un tratto di circa 90 m. Al termine del suddetto tratto ha inizio la sistemazione fluviale di progetto per la realizzazione del nuovo

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

tracciato funzionale al recapito delle portate direttamente al Lago di Castelnuovo poiché, negli anni di attività della cava, l'alveo naturale era stato deviato in un canale artificiale.

Il borro allo stato attuale, nel tratto di monte, ha una conformazione naturale proprio di un torrente di montagna transitante prevalentemente su affioramenti rocciosi, fino al punto in cui incontra la soglia di derivazione in località "Le Muccherie" che indirizza l'acqua all'interno del canale artificiale in cemento armato, rispettivamente a cielo aperto nel primo tratto e chiuso successivamente, opera realizzata con lo scopo di derivare le portate liquide al fine di distoglierle dalla zona di estrazione. Il presente progetto contempla il tamponamento del canale artificiale al fine di ripristinare il tracciato originario ante attività estrattiva ed il contestuale ribassamento dello sbarramento in c.a. adiacente al canale, mediante demolizione a sezione trapezia che consenta il transito delle acque lungo il nuovo percorso.

La nuova inalveazione può essere suddivisa schematicamente in tre tratti:

1. il tratto a monte della soglia di derivazione, con estensione di circa 60 m, sarà riprofilato con sezione trapezia e rivestito in massi naturali. Inoltre, in questa zona sarà rettificato il tracciato e regolarizzato il profilo per meglio indirizzare la corrente verso la sagomatura di progetto prevista in testa all'attuale soglia di derivazione. Tale revisione del tracciato ha lo scopo di limitare le turbolenze della corrente e conseguentemente di ridurre l'innescarsi di eventuali fenomeni di erosione;
2. il tratto a valle della soglia, con una lunghezza di circa 100 m, presenta ad ora le caratteristiche di un alveo inciso in roccia. In questa fascia è stata prevista la sola risagomatura della sezione dell'alveo. All'interno di questo tratto ricade il ponte esistente in muratura che verrà affiancato da un ponte di nuova realizzazione posizionato ad una quota tale da risultare non interferente con la corrente;
3. immediatamente a valle del ponte esistente terminano gli affioramenti di roccia e il tracciato di progetto del borro devia leggermente transitando all'interno del canalone naturale formatosi ad opera di un processo erosivo di versante la cui sistemazione di natura geotecnica è ad oggi in corso di sviluppo. Su tale tratto si prevede il rivestimento dell'alveo mediante massi naturali sino alla zona di immissione nel Lago di Castelnuovo, ove è stato previsto il posizionamento della vasca di smorzamento ed il guado per l'attraversamento della pista ciclabile.

La nuova asta ha una lunghezza complessiva di circa 435 m all'interno della quale sono presenti la soglia da sagomare/ribassare, due ponti (uno di nuova realizzazione e uno esistente), un guado ed una vasca di smorzamento.

Le sezioni della nuova inalveazione sono state previste a forma trapezia con le sponde principali con inclinazione variabile (1/1, 3/2) in base alla natura del fondo naturale.

Nel primo tratto, fino alla progressiva 210 m subito a valle del ponte esistente la sezione ha una base pari a 5 m e nel tratto terminale pari a 10 m.

La pendenza di fondo della nuova inalveazione varia da un minimo di circa il 2%, nel tratto finale in corrispondenza del Lago di Castelnuovo, ad un massimo del 45%, nel tratto a valle del ponte esistente.

3.4.3.1 LINEA GUIDA

In corrispondenza del tratto finale del borro, ossia dell'immissione nel Lago di Castelnuovo, si propone di creare un sistema di ripartizione delle acque nell'ecosistema filtro descritto nell'intervento AA-11 Ecosistema Borro Percussente-Pianale RM, PA01, PA02 e PA03 (si veda la

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

relazione illustrativa), attraverso l'allargamento dell'alveo alla foce, la realizzazione di sponde con inclinazione 1/1,5 e la posa di un deflettore realizzato con pali di legno del diametro di 25-30 cm, con un'altezza rispetto al fondo dell'alveo di 30 cm (si veda la scheda tipologica).

Si propone di creare scogliere rinverdite lungo il corso del borro nei tratti in cui si prevede da progetto il rivestimento in massi naturali mediante la posa di talee di salice (IN02) e di piantumare le sponde a quote superiori con la creazione di fasce boscate PR01.

3.5 MACROAREA 5 - AREA SPONDALE OVEST, SPIAGGIA FRUIBILE E AREA PROSSIMA A ZONA BOMBA

3.5.1 MA-03 Lago di Castelnuovo Spiaggia (Sponda Ovest)

L'intervento prevede la realizzazione di un nuovo tratto di spiaggia fruibile, ben distante dall'immissione a lago del Borro Pianale, a cui è potenzialmente associato lo scarico di acque di scarsa qualità e ricche di detriti. Il tratto di spiaggia sarà lungo circa 300 metri, largo 40 m (di cui 25 m sotto la quota di invaso e 15 m sopra la quota di invaso), con pendenza 1/10 (10%). L'utilizzo di materiale ghiaioso selezionato costituirà al contempo un letto di frega, ossia un habitat riproduttivo per la fauna ittica a riproduzione litofila quali alborella (*Alburnus alburnus alborella*) e rovella (*Rutilus rubilio*).

A protezione della spiaggia sarà necessario realizzare un dente di rinforzo mediante la posa di massi, in modo da preservare lo strato di ghiaia dal moto ondoso.

3.5.1.1 LINEA GUIDA

Si propone di eseguire la sistemazione del tratto fruitivo dedicando due porzioni di sponda alla posa di ghiaia, fino alla profondità di circa 1-2 m al di sotto della quota d'invaso +146 m s.l.m. In questo modo le spiagge assumeranno valenza anche come habitat riproduttivo per la fauna ittica a riproduzione litofila quali alborella (*Alburnus alburnus alborella*) e rovella (*Rutilus rubilio*).

Si propone, inoltre, di eseguire una riqualificazione naturalistica con piantumazione di specie appartenenti alla tipologia del bosco igrofilo in prossimità dell'intervento AA-14 (percorso naturalistico).

3.5.2 MA-08 Cave Vecchie - Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti

La stabilizzazione della frana di Cave Vecchie verrà effettuata mediante la riprofilatura del versante interessato dalla frana in questione (scavo di alleggerimento della parte sommitale e realizzazione di un rilevato di stabilizzazione lungo il piede del versante stesso) e la realizzazione di alcune trincee drenanti (profonde circa 3 m). Il rilevato di base dovrà essere realizzato con le terre scavate all'interno della stessa area di frana. La profondità massima degli scavi, che verrà effettuata nella parte alta del versante, è contenuta entro i 10 m di profondità. L'area in frana da stabilizzare ha una superficie in pianta di circa 120.000 mq.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

3.5.2.1 LINEE GUIDA

In affiancamento agli interventi di riprofilatura morfologica del versante e di creazione di drenaggi sotterranei occorre realizzare interventi di ingegneria naturalistica finalizzati alla regimazione delle acque di dilavamento e al consolidamento dello strato superficiale con operazioni di piantumazione di essenze vegetali: interventi combinati di consolidamento. Per i dettagli si faccia riferimento all'elaborato PBSMA20953.

3.5.3 IA-04 Borro Lanzi esistente – Riprofilatura/Tombamento dell'alveo esistente

L'intervento di progetto verrà realizzato nel tratto d'alveo compreso tra lo sbocco del tombino di attraversamento della S.P. 14 e il futuro punto di collegamento del nuovo canale emissario previsto tra il lago di Castelnuovo e il Borro Lanzi.

Il progetto di sistemazione del Borro Lanzi è schematizzabile in due tratti:

- il primo, di lunghezza circa 1370 m, ubicato tra lo sbocco del tombino sotto la S.P. 14 ed il nuovo tratto di deviazione del borro verso il lago di Castelnuovo; in questo primo tratto il progetto prevede la riprofilatura e risagomatura del canale esistente e la realizzazione di un tratto di deviazione verso il lago di Castelnuovo di lunghezza 310 m;
- il secondo, di lunghezza circa 950 m, dalla deviazione del Borro Lanzi nel lago di Castelnuovo fino al punto di immissione del nuovo Canale Emissario nel Borro Lanzi esistente. In questo secondo tratto è stato previsto il riempimento dell'alveo esistente (tombamento) con terreno proveniente dagli scavi.

3.5.3.1 LINEA GUIDA

In corrispondenza del tratto finale del borro, si propone di creare scogliere rinverdite nei tratti in cui si prevede da progetto il rivestimento in massi naturali mediante la posa di talee di salice (IN02) e di piantumare le sponde a quote superiori con la creazione di fasce boscate PR01.

3.5.4 Interventi diffusi

Si suggerisce di attuare l'intervento GS01 diradamento selettivo in maniera diffusa sull'intero macrolotto.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

4. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Di seguito vengono riportati i riferimenti bibliografici citati in questo documento.

- Allegato 8 allo SIA "Aspetti vegetazionali ed agronomici - Analisi e linee progettuali, 2002"
- CESI - Progetto per il recupero ambientale della miniera di S. Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline Valdarno (FI). Relazione paesaggistica – Dicembre 2006 – A6034828
- Elaborato PBSMA20431 – Borro Valli - Relazione tecnico illustrativa
- Elaborato PBSMA20465 – Borro Percussente - Relazione tecnico illustrativa
- Elaborato PBSMA20873 – Relazione illustrativa
- Elaborato PBSMA20874 – Relazione opere a verde ed aspetti faunistici
- Elaborato PBSMA20882 – Planimetrie e profili dei borri
- Elaborato PBSMA20952 – Interventi borri
- Elaborato PBSMA20953 – Rinverdimento frane Piagge, Ronco, Cave Vecchie, Poggi Vecchi
- Elaborato PBSMA20954 – Rinverdimento frana Casa Vanni
- Elaborato PBSMA20287 – Relazione opere a verde ed aspetti faunistici
- Elaborato PBSMA20314 – Emissario di Castelnuovo – Planimetria opere a verde
- Elaborato PBSMA20302 – Emissario di Castelnuovo – Rivegetazione fronti di scavo – Particolari

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.
Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.