

REGIONE BASILICATA
PROVINCIA MATERA
COMUNI DI MONTALBANO JONICO - CRACO

ELABORATO

“Documento di risposta alla richiesta di integrazioni del Ministero Dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica, Commissione Tecnica PNRR – PNIEC al punto 3.Biodiversità (CTVA.REGISTRO UFFICIALE U.0006945_14/06/2023)”

PROGETTO

WIND FARM “CUSTOLITO” [ID 7885]

PROPONENTE

Custolito S.r.l.

Via Roberto Lepetit, 8/10-7°
20124 - Milano (Mi) - Italia
P.I. IT10790310964

TECNICO INCARICATO

Dott. Lorenzo Gaudiano

Biologo Faunista
Iscriz. Ord. Biologi N: AA_085674
P. IVA 07819910725
Via G. Salvemini 19 - 70056 Molfetta – Italia
lorenzo.gaudiano@biologo.onb.it
lnzgd@gmail.com

&

Dott.ssa Rosaria Pinto

Naturalista
P. IVA 03366590739
Corso Roma 232 – 74016 Massafra – Italia
pntrsr10@gmail.com



22/09/2023	01	Dott. Lorenzo Gaudiano	Società Custolito S.r.l.
19/09/2023	00		
DATA	REVISIONE	TECNICO INCARICATO	PROPONENTE

INDICE

1.PREMESSA	3
2.VALUTAZIONE DELL'ABBATTIMENTO O DELLA RIMOZIONE DI ESEMPLARI DI ALBERI E/O DI ARBUSTI.....	4
3.VALUTAZIONE DELLA PERDITA DI SUOLO	6
4.VALUTAZIONE DEL GRADO DI FRAMMENTAZIONE	7
5.MISURE MITIGATIVE E COMPENSATIVE	8
5.1 FAUNA	9
5.2 PIANO GESTIONE SPECIE RUDERALI	14
5.2.1 Fase preliminare di censimento	15
5.2.2 Monitoraggio <i>ante operam</i>	16
5.2.3 Monitoraggio in fase di esercizio.....	17
5.2.3.1 Buone Pratiche	18
5.2.4 Monitoraggio <i>post operam</i> e ripristino delle aree di cantiere.....	22
5.3 RIPRISTINO AMBIENTALE.....	22
5.3.2 Caratterizzazione e gestione del suolo in fase <i>ante-operam</i>	27
5.3.3 Caratterizzazione e gestione del suolo in corso d'opera	29
5.3.4 Caratterizzazione e gestione del suolo in fase <i>post operam</i>	30
5.3.5 Inerbimenti tecnici	32
6.BIBLIOGRAFIA	37

INDICE FIGURE

Figura 2.A – Localizzazione elementi arborei.....	5
Figura 3.A – Dettaglio delle aree dell’impianto valutate al fine di calcolare la perdita di suolo.....	6
Figura 5.3.5.A - Stratificazione verticale osservabile all’interno di una cotica erbacea	31
Figura 5.3.5.B - Misure sperimentali dell’erosione durante la stagione vegetativa	32

INDICE TABELLE

Tabella 5.1.a – Interdistanza reale tra le torri e distanza utili.....	10
--	----

INDICE FOTO

Foto 2.A – Elementi arborei geolocalizzati rispettivamente (da sinistra a destra) nei punti pt2, pt3, pt4.....	5
--	---

1.PREMESSA

Con il presente documento si forniscono le integrazioni come da richiesta del Ministero Dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Commissione Tecnica PNRR – PNIEC esposte con lettera (CTVA.REGISTRO UFFICIALE U.0006945) in data 14/06/2023, con

Oggetto:

[ID 7885] Progetto di impianto eolico denominato "Custolito" da realizzarsi nei comuni di Montalbano Jonico (MT), Scanzano Jonico (MT) e Craco (MT) con potenza di 31 MW e relative opere di connessione alla rete.

In riferimento al tema **biodiversità** (Punto 3 del suddetto documento), a seguire le risposte per ogni riferimento:

- Valutazione dell'abbattimento o della rimozione di esemplari di alberi e/o di arbusti;
- Valutazione della perdita di suolo;
- Valutazione del grado di frammentazione;
- Misure mitigative e compensative.

L'opera in oggetto, proposto dalla società Custolito S.r.l., prevede la realizzazione di un Parco eolico, costituito da n. 5 aerogeneratori, modello SG6.0- 170 da 6,2 MW di potenza nominale (per una potenzialità complessiva pari a 31 MW) e risulta caratterizzato, dal punto di vista impiantistico, da una struttura composta da:

- aerogeneratori completi delle relative torri di sostegno;
- impianto elettrico;
- opere civili di servizio.

L'impianto elettrico è composto sostanzialmente dai cavi in media tensione di collegamento tra gli aerogeneratori e la Sottostazione Elettrica di Trasformazione; lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l'impianto venga collegato alla Stazione Elettrica a 150 kV inserita in entra-esce sulla linea RTN "Pisticci – Senise", attraverso la esistente condivisa Stazione Utente 30/150 kV adiacente alla stazione di rete. Le opere civili sono costituite principalmente dalle strutture di fondazione degli aerogeneratori, dalle cabine elettriche e dalle opere di viabilità. Nel seguito si riporta la descrizione dei diversi elementi progettuali con la relativa illustrazione anche sotto il profilo architettonico. Per tutti i dettagli tecnici e gli approfondimenti, si rimanda all'elaborato di progetto A.15. denominato Disciplinare Descrittivo e Prestazionale degli Elementi Tecnici.

2.VALUTAZIONE DELL'ABBATTIMENTO O DELLA RIMOZIONE DI ESEMPLARI DI ALBERI E/O DI ARBUSTI

L'area interessata alla realizzazione dell'impianto eolico è prevalentemente interessata da un paesaggio di colline argillose (52.3%), inclusa l'area dell'impianto, del cavidotto e della stazione elettrica, mentre la restante parte è quasi equamente differenziata tra rilievi terrigeni con penne e spine rocciose a sud ovest dell'area di interesse (16.1%), paesaggio collinare terrigeno con tavolati a sud est (15.7%) e pianura di fondovalle lungo i principali corsi d'acqua (15.9%).

L'insieme paesaggistico, dell'area in esame, è costituito da segni geomorfologici, dai caratteri rurali tipici dei seminativi e della pastorizia e degli elementi della macchia e della vegetazione calanchiva.

Gli aerogeneratori sorgeranno nelle aree libere da vegetazione arborea, caratterizzate principalmente da pascoli naturali, praterie e, nelle zone non più soggette a pascolo, da vegetazione erbacea.

La copertura vegetazionale degli ambienti calanchivi e di forra è fortemente determinata da fattori abiotici della morfologia e del litotipo. Per esempio, l'insediamento della vegetazione arborea è ovunque fortemente ostacolato da due fattori limitanti: la presenza di suoli argillosi e la pendenza dei versanti. Pertanto le specie arboree compaiono generalmente solo nella parte bassa dei versanti o nei fondovalle, mentre i calanchi restano solitamente spogli (da qui i problemi di instabilità che da sempre caratterizzano queste zone) oppure riescono ad ospitare solo specie erbacee o arbustive di ridotte dimensioni.

In generale gli ambienti calanchivi e di forra sono dei fondamentali serbatoi di biodiversità in quanto la mancanza di disturbi antropici, quali quelli legati all'attività agricola, consentono la sopravvivenza di numerose specie vegetali, siano esse erbacee, arbustive o arboree, i cui habitat naturali sono andati gradualmente scomparendo con l'aumento della pressione antropica

Al fine di valutare l'eventuale abbattimento e/o rimozione di vegetazione, considerando le aree occupate sia in fase cantiere che in fase di esercizio, è emerso che gli unici elementi di natura arborea sono rappresentati da alberi di perastro, *Pyrus pyraster* (Fig. 2.A, Foto 2.A). Allo stato attuale il proponente si impegna a non rimuoverne alcuno: se durante l'esecuzione dei lavori ciò fosse necessario, gli elementi arborei saranno espantati e ricollocati in area subito limitrofa.

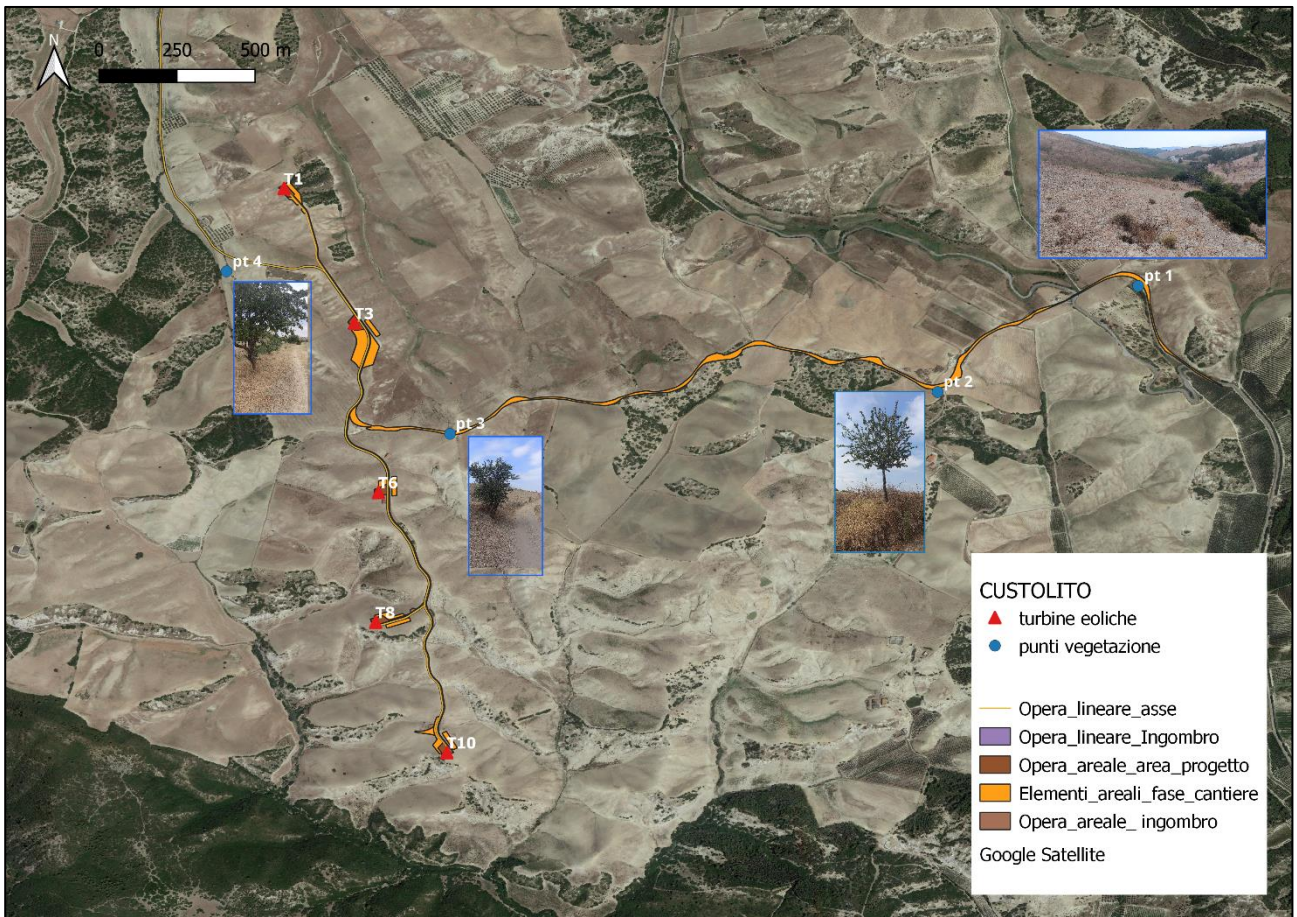


Figura 2.A – Localizzazione elementi arborei



Foto 2.A – Elementi arborei geolocalizzati rispettivamente (da sinistra a destra) nei punti pt2, pt3, pt4

3. VALUTAZIONE DELLA PERDITA DI SUOLO

Al fine di valutare il consumo totale di suolo derivante dalla realizzazione dell'opera in oggetto sono state considerate:

- le aree occupate dalle piazzole dei n. 5 aerogeneratori;
- le aree interessate dalla realizzazione della viabilità interna del parco e quindi di collegamento tra le torri eoliche;
- l'area occupata dal locale di connessione MT.

Tutte le suddette opere ricadono in ambiente definito tramite il Corine Land Cover 2018 in Seminativi ad aree non irrigue cod. 2.1.1. Il consumo di suolo totale dovuto alla realizzazione delle opere in oggetto in fase *post operam*, asseribile al compimento di piazzole, alla viabilità interna e del locale MT, è stimabile in 2,15 ha (Fig. 3.A).

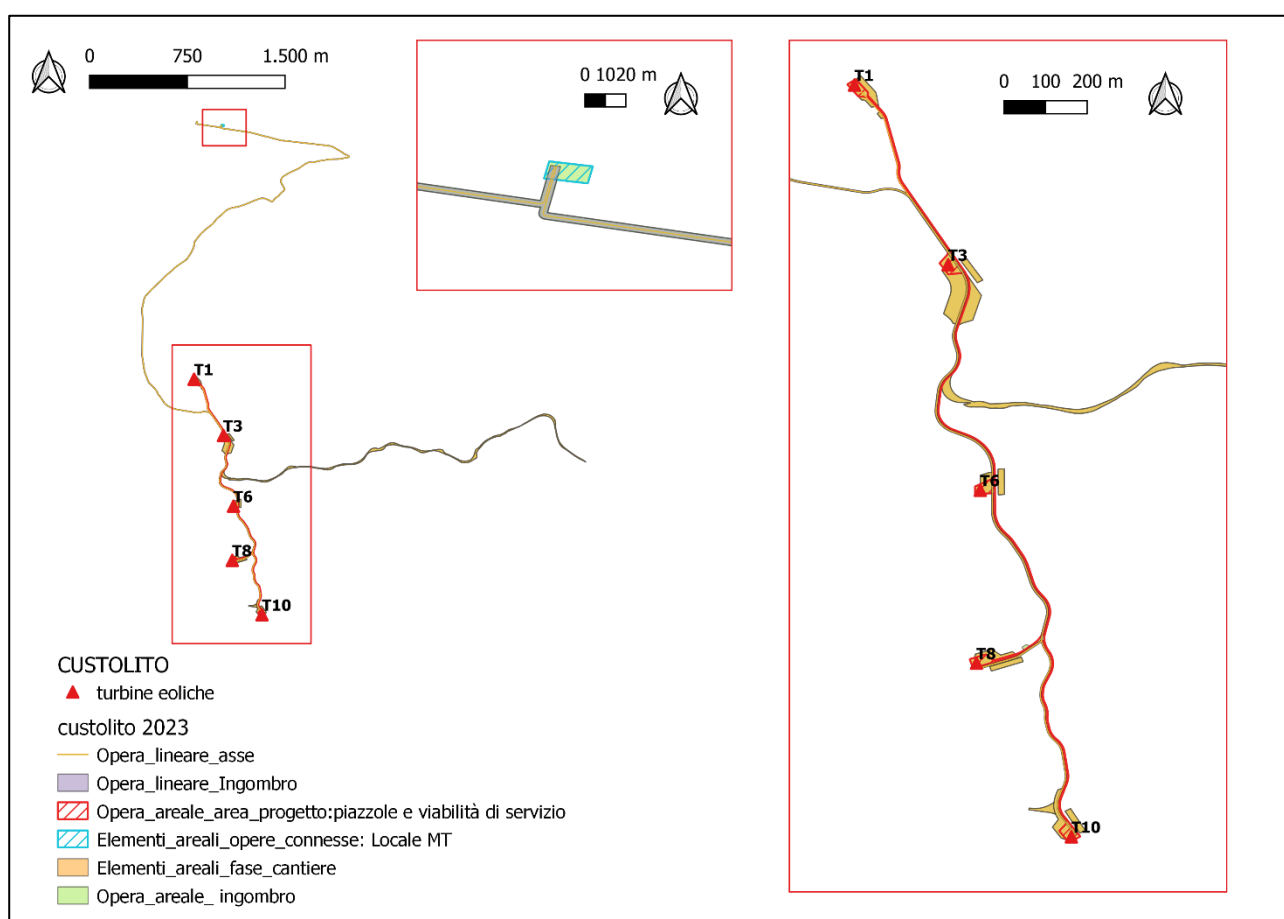


Figura 3.A – Dettaglio delle aree dell'impianto valutate al fine di calcolare la perdita di suolo

L'area complessivamente occupata risulta piuttosto contenuta, costituita unicamente dalle piazzole di servizio degli aerogeneratori, dall'area della cabina MT, nonché dai brevi tratti di viabilità realizzata ex novo. Tali aree verranno completamente ripristinate in fase di dismissione degli impianti e restituite agli attuali usi agricoli.

4.VALUTAZIONE DEL GRADO DI FRAMMENTAZIONE

La frammentazione dei paesaggi è una delle principali cause dell'allarmante perdita di specie in Europa (ad esempio a causa dell'isolamento delle popolazioni e della separazione di tipi di habitat complementari).

La valutazione del grado di frammentazione potenzialmente prodotto dalle opere in oggetto è basata sulla metodologia di calcolo dell'Effective Mesh-Size - m_{eff} (Jaeger, 2000), un indice correlato alla probabilità che due punti scelti a caso in una determinata area siano localizzati nella stessa particella territoriale:

$$m_{eff} = \frac{1}{A_{tot.}} (A_1^2 + A_2^2 + \dots A_i^2 + \dots A_n^2)$$

Dove:

- n è il numero delle *patches*;
- $A_{tot.}$ è il valore dell'area da indagare;
- A_i è l'area della *patch*.

L'indice m_{eff} si basa sulla probabilità che due punti scelti casualmente in una area siano collegati. Maggiore è il numero di barriere nel paesaggio, minore è la probabilità che i due punti siano collegati e minore è la dimensione effettiva della maglia. Può anche essere interpretato come la dimensione prevista della zona in cui verrà posizionato un punto scelto casualmente in qualsiasi punto della area in esame, o come la capacità di due animali della stessa specie posizionati casualmente in una area di ritrovarsi.

Al fine dell'analisi del caso studio in esame sono stati considerati:

- *Patch*: area occupata dalle piazzole 5, pari a 0,00126 km² ciascuna; viabilità interna (tra le torri eoliche) complessivamente pari a 0,015 km² ;
- Area totale ottenuta dalla somma delle aree delle *patch*, 0,213.

Il valore di m_{eff} è compreso tra 0 (interamente frammentato o sviluppato) e la dimensione della regione indagata (non frammentata). Il valore di m_{eff} ottenuto è pari a 0,01, indicando quindi un valore di frammentazione non critico.

5.MISURE MITIGATIVE E COMPENSATIVE

Le opere di mitigazione e compensazione si fondano sul principio che ogni previsione o progetto di intervento deve perseguire il miglioramento della qualità paesaggistica complessiva dei luoghi, o, quanto meno, cercare di garantire che non vi sia una diminuzione delle sue qualità, pur nelle trasformazioni.

Per quanto concerne l'opera in oggetto si fornisce il piano relativo a:

- Opere compensative sulla componente faunistica;
- Controllo delle specie ruderali;
- Ripristino ambientale;

Indirizzi generali di riferimento

Di seguito si riportano gli indirizzi generali di riferimento:

- adeguata conoscenza degli elementi caratterizzanti il paesaggio

È indispensabile un'approfondita conoscenza e lettura del contesto e delle caratteristiche paesaggistiche specifiche dei luoghi interessati dall'intervento, attraverso le differenti componenti fisico-naturali, storico-culturali, umane, percettive; un'esaustiva interpretazione del paesaggio permette di individuare gli elementi di valore, vulnerabilità e rischio e di valutare in maniera corretta le trasformazioni conseguenti alla realizzazione dell'intervento.

- Interdisciplinarietà e transdisciplinarietà

Ogni intervento sul paesaggio necessita dell'apporto di figure professionali differenti che nella specificità delle rispettive competenze, permettano una visione e una lettura globale di fenomeni e contesto: l'interdisciplinarietà e la transdisciplinarietà discendono direttamente dalla forte complessità implicita nella definizione di paesaggio.

- Utilizzo sostenibile delle risorse disponibili

Nell'ottica di una politica di tutela che promuova uno sviluppo sostenibile è necessario contenerne il più possibile il consumo eccessivo e non giustificato, ad esempio limitando gli interventi sul territorio dal punto di vista dimensionale e promuovendo le operazioni di recupero di manufatti già esistenti, sfruttando al meglio le potenzialità abitative delle aree edificate.

- Rispetto delle caratteristiche orografiche e morfologiche

Ogni intervento sul paesaggio deve correlarsi ed integrarsi in maniera armonica con le caratteristiche orografiche e morfologiche dei luoghi.

- Compatibilità ecologica

Gli interventi dovrebbero essere realizzati in modo da non compromettere l'ambiente e l'equilibrio degli ecosistemi; bisognerà pertanto tener conto delle influenze dell'opera sui meccanismi di funzionamento di questi ultimi, salvaguardare le caratteristiche di naturalità esistenti, promuovere la

conservazione della biodiversità e compensare situazioni di degrado; a tal fine si dovrà promuovere l'introduzione di elementi di naturalità e privilegiare l'utilizzo di tecniche e materiali di basso impatto ambientale e paesaggistico.

- Compatibilità visuale

Le opere dovrebbero avere una bassa incidenza rispetto alle visuali apprezzabili dalle principali percorrenze e rispetto ai punti di osservazione più significativi e dovranno tener conto delle nuove visuali, che vengono a crearsi a seguito dell'intervento. In particolare, dovranno essere privilegiate soluzioni progettuali, che permettano di preservare e contribuiscano a valorizzare la percezione visiva degli elementi più significativi e connotanti il paesaggio.

- Rispetto di elementi, tecniche, materiali tradizionali

La progettazione deve rispettare criteri congruenti con il sito d'intervento, impiegando tipologie, tecnologie costruttive e materiali della tradizione o comunque di provenienza locale, nell'ottica della semplicità e linearità delle scelte.

- Integrazione nel contesto

Considerato che ogni intervento sul territorio può produrre una certa discontinuità con le immediate vicinanze, la progettazione deve prevedere opportuni accorgimenti ed interventi (rinaturalizzazione, mitigazione, compensazione, ecc.), affinché si realizzi l'integrazione dell'opera con il contesto.

5.1 FAUNA

Le misure mitigative sulla componente faunistica saranno incentrate su:

- evitamento dell'esecuzione dei lavori in periodo riproduttivo (primavera-estate) poiché essa comporterebbe una accentuazione degli impatti alla fauna, provocando la perdita di riproduzioni e, quindi, di biodiversità del sito. Si suggerisce, pertanto, di limitare il più possibile le attività di cantiere, in particolare di movimento terra, durante il periodo riproduttivo;
- posa in opera di dissuasori per l'avifauna, costituiti da spirali colorate montate sulle corde di guardia per ridurre il rischio potenziale di collisione. Rappresentando un ostacolo visibile (volo diurno), e in condizioni ventose anche sonoro, permettono di segnalare la presenza di eventuali ostacoli;
- evitare o ridurre al minimo le emissioni sonore dalle attività di cantiere, sia in termini di interventi attivi che passivi, mediante le seguenti tipologie di misure:
 - utilizzo di attrezzature conformi ai limiti imposti dalla normativa vigente;
 - attrezzature idonee dotate di schermature;
 - adeguata programmazione temporale dell'attività;
- al fine di minimizzare il rischio di collisione, si intende adottare la verniciatura nera di una delle pale. In tal senso, il Norwegian Institute for Nature Research ha dimostrato una riduzione media del 71,9% del tasso di mortalità annuale dell'avifauna nel parco eolico da 152,4 MW di Smøla al largo della costa occidentale della Norvegia. La motivazione starebbe in una percezione delle pale bianche non come oggetti in movimento, bensì come una semplice

"sfocatura". Si tratterebbe di un fenomeno paragonabile all'effetto sfocato percepito dagli esseri umani quando, ad esempio, agitano rapidamente una mano davanti ai propri occhi. Pertanto, dipingere una pala di nero consentirebbe di creare dei pattern dinamici che gli uccelli riuscirebbero ad interpretare come oggetti in movimento, consentendo loro di evitare l'ostacolo a tempo debito.

- garantire una distanza utile al fine di mantenere un accettabile corridoio fra torri eoliche. Un calcolo indicativo può essere fatto sottraendo alla distanza fra le torri il diametro del rotore aumentato di 0,7 volte il raggio. Indicata con D la distanza minima esistente fra le torri, R il raggio della pala, si ottiene che lo spazio libero minimo è dato $S = D - 2(R + R \cdot 0,7)$. Con tali presupposti e incrociando tutte le possibili combinazioni tra torri attigue, si riportano in Tab. 5.1.a i valori di interdistanza reale tra le torri e la distanza utile tra le pale relativamente al progetto proposto: i valori vanno da un minimo di 249 ad un massimo di 334, determinando dei corridoi estesi e di conseguenza delle probabilità di collisione limitate. Difatti, il 75% delle interdistanze viene valutato come buono, il 25% sufficiente.

Tabella 5.1.a – Interdistanza reale tra le torri e distanza utili (espressa in metri).
Insufficiente: <200m; Sufficiente: 200-300 m; Buono: 300 – 700 m Ottimo: >700

TORRI	DISTANZA TRA LE TORRI (m)	RAGGIO (m)	DISTANZA UTILE TRA LE PALE (m)	GIUDIZIO
T1-T3	623	85	334	Buono
T3-T6	714	85	425	Buono
T6-T8	538	85	249	Sufficiente
T8-T10	607	85	318	Buono

Le misure compensative sulle componenti faunistiche saranno incentrate su:

- ripristino di habitat idonei;
- predisposizione di siti idonei alla nidificazione/riproduzione.

Per quanto concerne il primo punto si provvederà al ripristino di habitat idoneo, ovvero aree prevalentemente occupate da seminativi ad aree non irrigue. Tali ambienti saranno particolarmente vocati per alcune specie caratteristiche dell'area di impianto o per specie potenzialmente presenti, ma non contattate o definite "scarse", spesso di valore conservazionistico.

Una trattazione più completa è riportata nel capitolo relativo al ripristino di suoli naturali con gli eventuali indicatori di risultato di monitoraggio.

Per quanto concerne la predisposizione di siti idonei alla nidificazione/riproduzione si intende realizzare delle opere di compensazione così sintetizzate:

- installazione di n. 200 manufatti ecocompatibili (*nest-box*) finalizzata ad aumentare la disponibilità di siti riproduttivi per specie di rilevante interesse naturalistico;
- installazione di 200 *bat-box* finalizzate all'aumento dei siti di rifugio/riproduzione e di n.3 *bat-house* per specie maggiormente coloniali.

Nest box

Tipologia e predisposizione

Dovranno essere di due diverse misure di fori di entrata:

- di 32 mm di diametro: misura universale che permette l'ingresso alla maggior parte delle specie di piccoli uccelli
- di 26 mm di diametro: misura che permette l'ingresso solo alle cince;

Eventuali altre misure speciali, come ad es. di 45 mm per specie come storno, permetteranno all'occorrenza l'utilizzo anche a specie più piccole.

Le cassette possono essere collocate ad altezza uomo (1,5 m / 2 m) in modo da poterle facilmente controllare e pulire. Nelle aree coltivate è consigliabile collocarle più in alto per ridurre il disturbo provocato dalle attività umane. In tali aree di solito le cassette vengono appese ad una altezza tra i 2,80 e 3,50 m in modo che possano essere raggiunte con una scala a pioli. Non è necessario mettere all'interno alcun materiale.

Numero e distribuzione

Il numero delle cassette dipende dal tipo di habitat. Relativamente a parchi non vi è una prescrizione relativa al numero in quanto determinate specie come ad esempio le cince possono nidificare tra loro in siti prossimi. Nei boschi, invece, secondo l'età e il tipo di alberi e la disponibilità minima di cibo si possono collocare da 1 a 40 cassette nido. Se non si hanno dati di rilievi precedenti si possono distribuire le cassette con il seguente criterio:

- 60% cassette con foro di entrata di 32 mm di diametro;
- 20% cassette con foro di entrata di 26/27 mm di diametro;
- 20% cassette di dimensioni particolari come su descritto.

Non ci si deve aspettare che tutte le cassette siano occupate per la nidificazione. Alcune di esse possono essere utilizzate come ricovero notturno o come deposito per il cibo. Quando circa il 70% delle cassette è occupato si ritiene raggiunto un risultato ottimale.

Criteri

Orientamento: il foro di entrata dovrebbe essere rivolto a sud est. Tuttavia, se protetto dal vento, l'orientamento non è un fattore vincolante.

Pulizia: a partire da metà settembre si può iniziare a pulire i vecchi nidi. È sufficiente la loro rimozione senza l'uso di prodotti chimici. Solo se la cassetta è particolarmente sporca o infestata da parassiti è bene procedere con spazzola ed acqua con l'eventuale aiuto di un detergente biodegradabile.

Modalità di fissaggio: Per fissare le cassette agli alberi sarebbe bene usare speciali chiodi di alluminio. Contrariamente a quelli di ferro, questi non feriscono l'albero e soprattutto non costituiscono un pericolo per le lame delle seghe e motoseghe quando il legno verrà lavorato. La superficie liscia e non

attaccata dalla ruggine ne permette la rimozione anche dopo anni lasciando solo un piccolo foro nel tronco. Le cassette possono essere sganciate e riappese ogni volta senza dover rimuovere il chiodo.

Occupanti indesiderati: talvolta le cassette possono essere occupate da ospiti non desiderati come bombi, vespe, api selvatiche, calabroni, ghiri o altri roditori. Richiamando l'attenzione ad aprire i nidi con la massima prudenza per evitare pericolose punture, ricordiamo che anche questi animali hanno bisogno di protezione e pertanto è bene lasciare la cassetta a loro disposizione senza disturbarli. Poiché nei nostri climi è frequente l'occupazione delle cassette nido da parte di colonie di imenotteri e opportuno richiamare l'attenzione sulla pericolosità di questo evento: subire un attacco al volto, magari in posizione instabile in cima ad una scala, da parte anche di pochi esemplari può avere conseguenze anche tragiche. È quindi bene accertarsi preventivamente a distanza della loro eventuale presenza e comunque aprire le cassette quando le temperature sono basse e gli insetti intorpiditi.

Cassette nuove: è bene collocarle in autunno per fornire riparo notturno agli uccelli durante i mesi invernali. La protezione dal vento e dal freddo nei mesi invernali è talvolta un fattore più importante del cibo per la loro sopravvivenza.

Bat box

Numero e distribuzione

Verranno posizionate 200 *bat box* in aree considerate vocate, di due tipologie diverse per materiale (legno o cemento-segatura), metodo costruttivo (cassetta o tronchetto) e dimensione dell'entrata in modo da adattarsi a più specie di chiroteri. Nella messa a dimora verranno considerate altezza dal suolo, altezza dal piano di calpestio, orientamento bussolare, ore di sole ricevute, distanza dall'acqua, distanza da alberi e aree verdi, substrato (albero, muro, altro).

Criteri

L'altezza dal suolo deve essere superiore ai 4 metri e, in generale, in un posto tranquillo (poco rumore e poco passaggio di persone o animali che possono favorire anche le installazioni ad altezze inferiori).

L'esposizione al sole, importante soprattutto nei mesi primaverili è fondamentale per favorire le colonie di femmine riproduttive. Oppure, in alternativa, i rifugi devono essere in ombra per favorire la colonizzazione da parte dei maschi. Nel caso che si possano installare due Bat Box nella stessa area è bene diversificare l'afferenza.

I rifugi installati su edifici danno maggior garanzia di sicurezza ai pipistrelli rispetto a quelli installati sugli alberi (per il più difficile accesso da parte di predatori come ghiri, ratti, faine, serpenti e corvidi) e offrono un maggiore volano termico al rifugio che può così beneficiare di un microclima più stabile. La protezione assicurata dalla falda del tetto può inoltre garantire una maggior durata nel tempo del rifugio.

Il *fattore tempo* è molto importante e possono occorrere da pochi mesi fino a tre anni perché i pipistrelli si stabiliscano nel nuovo rifugio.

Evitare le aree illuminate da forti luci durante la notte: confondono i pipistrelli sul momento più opportuno per uscire dal rifugio per andare a caccia di insetti.

Sotto la *bat box* potrebbe accumularsi del guano. Si tratta di materiale secco (la chitina che costituisce l'esoscheletro degli insetti) che risulta inodore e si pulisce con semplicità. Sciolto nell'acqua può essere utilizzato come ottimo concime per le piante in vaso.

5.2 VEGETAZIONE E PIANO DI GESTIONE DELLE SPECIE RUDERALI

Per quanto concerne la vegetazione, si adotteranno principalmente le seguenti misure:

A) in fase cantiere:

- vicinanza a strade di rapida percorrenza, evitando di realizzare nuove strade di accesso;
- area con declivi modesti, priva di vegetazione e, possibilmente, dismessa da precedenti attività industriali o di servizio;
- utilizzo al massimo di piste esistenti in modo da limitare l'apertura di nuove vie d'accesso alle zone di cantiere;
- effettuazione del trasporto su gomma con carico protetto per limitare la dispersione di polveri, e in generale adottare un opportuno sistema di gestione nel cantiere di lavoro prestando attenzione a ridurre l'inquinamento di tipo pulviscolare;
- allagamento delle piste per mezzo degli idranti per limitare il propagarsi delle polveri nell'aria
- trasporto materiali e attrezzature effettuato per parti, evitando così il più possibile, l'impiego di mezzi pesanti che avrebbero richiesto piste più ampie;

B) in fase d'esercizio:

- a ripristinare le aree di terreno temporaneamente utilizzate in fase di cantiere per una loro restituzione alla utilizzazione agricola, laddove possibile;
- interrimento dei cavidotti e degli elettrodotti lungo le strade esistenti in modo da non occupare suolo agricolo o con altra destinazione;
- ripristino dello stato dei luoghi dopo la posa in opera della rete elettrica interrata;
- utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica per la realizzazione delle cunette di scolo ed i muretti di contenimento eventuali.

Azioni quali il rimaneggiamento del substrato, la formazione di cumuli di terreno vegetale e/o di terre di scavo, etc., creano condizioni estremamente favorevoli all'ingresso di specie ruderali e generaliste, caratteri tipici delle alloctone invasive, nelle aree di cantiere e nel loro intorno.

Ai fini della tutela della biodiversità, dei processi ecologici e dei servizi ecosistemici dei territori interessati dalla realizzazione di opere come quella in oggetto, è necessario prevedere la gestione delle specie vegetali alloctone invasive.

Particolare attenzione dovrà essere posta successivamente al completamento dell'opera, durante la fase di esercizio, prevedendo la gestione delle specie alloctone nell'ambito del piano di manutenzione di tutte le opere a verde.

In linea generale le azioni per il controllo delle specie ruderali prevedono il controllo e gestione di specie e sottospecie alloctone, al fine di prevenire le alterazioni strutturali e di funzionalità degli ecosistemi, la conflittualità con specie, sottospecie o popolazioni autoctone presenti sul territorio regionale e i rischi di carattere sociosanitario. A tal fine si dovrà prevedere:

- il rilevamento precoce di eventuali colonie locali di specie invasive;
- il controllo demografico delle specie invasive presenti nell'ambito di progetto o insediate durante le fasi realizzative e di esercizio, applicando azioni letali o non letali che minimizzino la capacità invasiva, nel rispetto delle specie non destinarie di tale misura, dei loro habitat e dei servizi ecosistemici associati;
- il contenimento delle specie invasive, da attuare già nelle fasi di cantiere utilizzando mezzi chimico-fisici o biologici che riducano i rischi di dispersione e diffusione;
- l'eliminazione completa e permanente, dall'ambito di progetto e di insediamento dell'opera, delle popolazioni di specie alloctone invasive;
- il divieto di introduzione di specie vegetali alloctone, anche nella realizzazione di interventi di compensazione ambientale.

Con riferimento alle definizioni riportate nel Regolamento EU 1143/2014, le modalità di intervento prevedono:

- eradicazione: eliminazione completa e permanente della popolazione di una specie esotica invasiva tramite mezzi letali o non letali;
- contenimento: qualsiasi azione volta a creare barriere che riducono al minimo il rischio che la popolazione di una specie esotica invasiva si disperda e si diffonda oltre la zona invasa;
- gestione: qualsiasi intervento letale o non letale volto all'eradicazione, al controllo demografico o al contenimento della popolazione di una specie esotica invasiva, che allo stesso tempo renda minimo l'impatto sulle specie non destinarie di misure e sui loro habitat.

Il Piano per la gestione delle specie alloctone invasive si articola in tre fasi:

1. la fase preliminare di censimento, antecedente l'avvio dei lavori e focalizzata sull'analisi dello stato di fatto *ante operam* dei territori interferiti;
2. la fase di monitoraggio ante operam e intervento *in corso d'opera*, che accompagna l'intero percorso di realizzazione, dall'allestimento dei cantieri fino al suo completamento;
3. la fase di verifica post operam per verificare l'assenza di infestanti negli interventi a verde di ripristino e di mitigazione e/o compensazione.

5.2.1 Fase preliminare di censimento

Preliminarmente all'apertura di un nuovo cantiere occorre raccogliere tutte le informazioni necessarie a definire gli elementi di criticità/sensibilità della componente vegetazionale dell'area oggetto di intervento e del suo immediato intorno, in modo da ottenere una fotografia dello stato di fatto di tale componente.

La fase preliminare ha le seguenti finalità:

- Identificare le aree con formazioni vegetazionali o specie floristiche di interesse naturalistico e conservazionistico interferite in maniera diretta o indiretta dalle opere in progetto. Sono aree che necessitano di una particolare tutela rispetto al rischio di invasione da parte di specie

alloctone e che di conseguenza dovranno essere costantemente monitorate durante il corso d'opera. Tra queste, rientrano sicuramente le aree oggetto di tutela ai sensi della normativa vigente in materia di aree protette e Siti delle Rete Natura 2000 (direttiva habitat 92/43/CEE) o gli elementi della rete ecologica regionale (RER) e provinciale (REP), ma anche eventuali aree ad elevato grado di naturalità e biodiversità non altrimenti tutelate;

- Censire le specie vegetali alloctone eventualmente presenti, a cura di un naturalista/botanico esperto, individuandone localizzazione e grado di diffusione;
- Raccogliere gli elementi conoscitivi ed operativi necessari per pianificare, prima dell'avvio degli scavi, interventi di contenimento e/o rimozione delle specie alloctone invasive eventualmente individuate;
- Definire i contenuti del programma di formazione destinato agli addetti del cantiere rispetto al riconoscimento delle specie alloctone invasive e alle modalità di segnalazione e gestione delle stesse.

5.2.2 Monitoraggio *ante operam*

La campagna di censimento floristico-vegetazionale condotta per il monitoraggio in fase *ante operam* deve evidenziare la presenza delle specie alloctone invasive nelle aree che saranno oggetto di cantierizzazione e nel relativo intorno, secondo le modalità di seguito specificate:

- Aree di indagine. Il monitoraggio delle specie alloctone deve riguardare tutte le aree di cantiere che saranno oggetto di disturbo, scotico, rimaneggiamento, transito, sosta, etc., comprese le piste, i campi base, le aree tecniche, le aree di deposito dei materiali e di deposito intermedio. Inoltre, è necessario considerare le aree attigue entro un buffer indicativo di 50 m, al fine di verificare da un lato l'eventuale espansione verso l'esterno di specie alloctone rilevate in corrispondenza delle aree di intervento o, dall'altro, evidenziare la presenza di eventuali individui o nuclei porta seme che potrebbero disseminare anche all'interno dell'area di intervento;
- Metodi: il metodo da adottare è quello del rilievo floristico speditivo, utilizzando specifiche schede di rilevamento da compilare in campo. Esse dovranno contenere, oltre ai dati stazionali di base, le seguenti informazioni minime relative alle specie alloctone: specie presenti ripartite negli strati di appartenenza (arboreo, arbustivo, erbaceo), copertura percentuale di ogni specie, altezza media, presenza di rinnovamento e stadio fenologico. Inoltre, in funzione della tipologia di opera e di cantiere (areale o lineare) e delle caratteristiche ambientali, è possibile integrare il monitoraggio con indagini più approfondite della vegetazione, quali rilievi fitosociologici e/o transetti lineari, finalizzate all'analisi della dinamica della vegetazione;
- Frequenza: una tantum prima dell'inizio dei lavori di realizzazione dell'opera, nell'anno precedente all'avvio dei lavori. Nel caso in cui si verifichi un ritardo significativo rispetto al cronoprogramma è necessario prevedere una ulteriore annualità di monitoraggio a ridosso dell'avvio dei cantieri. I rilievi devono essere effettuati durante la stagione vegetativa, indicativamente nel periodo aprile-settembre. Occorre svolgere due campagne di

monitoraggio nel corso dell'anno: una tardo-primaverile (maggio-giugno) ed una tardo-estiva (fine agosto-settembre), in modo da rilevare specie sia a sviluppo precoce che tardivo;

- Modalità di restituzione risultati: I risultati della campagna di rilievo su campo andranno inseriti in uno specifico report di monitoraggio. Il report dovrà sintetizzare ed analizzare i dati raccolti nelle schede di campo e riportare per ogni specie alloctona rinvenuta le caratteristiche, la diffusione e la cartografia delle aree interessate da popolamenti densi ed estesi; queste ultime andranno perimetrare su ortofoto georeferenziate o sulla carta di base del DB topografico regionale. Per ogni specie alloctona andranno inoltre proposte idonee modalità di gestione, specificando gli interventi di eradicazione o contenimento da realizzare durante la fase di allestimento dei cantieri. Il report dovrà essere trasmesso alla direzione lavori, che dovrà mettere in atto tali interventi.

5.2.3 Monitoraggio in fase di esercizio

La fase di esercizio è il momento più critico per l'insediamento e la diffusione di specie alloctone invasive. Le alterazioni dell'ambiente naturale indotte dalla realizzazione delle opere creano infatti condizioni ecologiche favorevoli all'attecchimento e alla diffusione di tali specie. I principali fattori predisponenti sono rappresentati dalla rimozione della vegetazione preesistente, con conseguente creazione di superfici di suolo nudo, peraltro oggetto di consistenti movimentazioni, sulle quali le specie alloctone invasive possono facilmente insediarsi (o re-insediarsi) e riprodursi fino a quando il suolo non verrà nuovamente occupato stabilmente da una vegetazione strutturata.

Il Piano di gestione delle alloctone deve prevedere un monitoraggio periodico, da svolgersi secondo le modalità di seguito specificate, del tutto analoghe a quelle previste per il monitoraggio in fase preliminare (cfr. par. 5.2.1), al fine di rendere confrontabili i risultati acquisite durante le diverse annualità.

Il monitoraggio delle specie alloctone invasive deve essere attivato a partire dalle primissime fasi di avvio del cantiere e deve proseguire in maniera periodica e costante fino alla conclusione di tutte le lavorazioni previste, inclusa la realizzazione delle opere accessorie e degli interventi di ripristino e di mitigazione e/o compensazione.

Il monitoraggio si affianca alla sorveglianza operativa, svolta dai lavoratori, che il Piano di gestione delle alloctone deve prevedere come buona pratica di cantiere (cfr. par. 5.2.3.1). Il suo obiettivo è il rilievo precoce di specie alloctone di nuovo impianto e la verifica dello stato delle specie alloctone eventualmente già presenti. Il confronto dei risultati di ogni annualità di monitoraggio e di questi con gli esiti dell'indagine preliminare consente di verificare le eventuali dinamiche di espansione delle specie alloctone già presenti, nonché l'ingresso di nuove specie.

Il monitoraggio in fase di esercizio ha inoltre lo scopo di verificare l'efficacia delle buone pratiche adottate nella fase di cantiere e la loro corretta applicazione. Pertanto, i risultati devono essere valutati anche da questo punto di vista, al fine di apportare, se necessario, eventuali modifiche od integrazioni alle pratiche adottate, ovvero prevedendo ulteriori momenti di formazione o aggiornamento dei lavoratori.

Il monitoraggio in corso d'opera deve avvenire secondo i criteri di seguito specificati:

- Area d'indagine. Il monitoraggio deve riguardare tutte le aree di cantiere che saranno oggetto di disturbo, scotico, rimaneggiamento, transito, sosta..., comprese le piste, i campi base, le aree tecniche, le aree di deposito dei materiali e di deposito intermedio. Inoltre, è necessario considerare le aree attigue all'opera e alle aree di cantiere entro un buffer indicativo di 50 m, al fine di verificare da un lato l'eventuale espansione verso l'esterno di specie alloctone rilevate in corrispondenza delle aree oggetto di intervento o, viceversa, di evidenziare la presenza di eventuali individui o nuclei porta seme che potrebbero disseminare anche all'interno dell'area di intervento;
- Metodi. Il metodo da adottare è quello del rilievo floristico speditivo, utilizzando specifiche schede di rilevamento da compilare in campo. Esse dovranno contenere, oltre ai dati stazionali di base, le seguenti informazioni minime relative alle specie alloctone: specie presenti ripartite negli strati di appartenenza (arboreo, arbustivo, erbaceo), copertura percentuale di ogni specie, altezza media, presenza di rinnovamento e stadio fenologico. Inoltre, in funzione della tipologia di opera e di cantiere (areale o lineare) e delle caratteristiche ambientali, è possibile integrare il monitoraggio con indagini più approfondite della vegetazione, quali rilievi fitosociologici e/o transetti lineari, finalizzate all'analisi della dinamica della vegetazione. I censimenti dovranno essere effettuati a cura di un naturalista/botanico esperto nelle metodiche di rilievo in campo e nel riconoscimento delle alloctone invasive;
- Frequenza. I rilievi andranno effettuati durante la stagione vegetativa, indicativamente nel periodo aprile-settembre, prevedendo di svolgere due campagne di monitoraggio all'anno: una tardo-primaverile (maggio-giugno) ed una tardo-estiva (fine agosto-settembre), in modo da rilevare specie sia a sviluppo precoce che tardivo;
- Modalità di restituzione risultati. I risultati della campagna di rilievo su campo andranno inseriti in uno specifico report di monitoraggio. Il report dovrà sintetizzare ed analizzare i dati raccolti nelle schede di campo e riportare per ogni specie alloctona rinvenuta le caratteristiche, la diffusione e la cartografia delle aree interessate da popolamenti densi ed estesi; queste ultime andranno perimetrare su ortofoto georeferenziate o sulla carta di base del DB topografico regionale.

5.2.3.1 Buone Pratiche

Si riporta di seguito una disamina delle buone pratiche finalizzate a prevenire l'insediamento ed eventualmente a controllare la diffusione delle specie alloctone invasive nelle aree di cantiere e in quelle limitrofe.

Si ricorda l'importanza dell'attuazione di un programma di formazione e coinvolgimento delle maestranze di cantiere a cui spetta l'applicazione delle buone pratiche di seguito descritte e, quindi, la loro efficacia.

Pulizia dei mezzi di cantiere. Spesso le specie alloctone vengono introdotte o trasportate dai mezzi utilizzati per i lavori di cantiere (ad esempio i mezzi utilizzati per le lavorazioni e per lo sfalcio dei margini delle strade, delle aree di cantiere, dei cumuli o in ambienti ripariali).

I semi o parti vitali di piante (es. radici) adese ai macchinari e trasportati dagli stessi possono rappresentare sorgenti di diffusione. Pertanto, è necessario che venga posta particolare cura alla pulizia delle macchine operatrici, in particolare delle parti a contatto con il terreno, come pneumatici, telai e organi lavoranti, sia in ingresso sia in uscita dai cantieri. La pulizia deve avvenire in aree dedicate, opportunamente impermeabilizzate e nelle quali sia prevista la raccolta e la filtrazione delle acque di lavaggio, in modo da evitare la dispersione dei semi e dei propaguli dilavati. Inoltre, occorre verificare che i mezzi provenienti da altri cantieri siano stati sanificati.

Movimentazione di materiali inerti e suoli. La movimentazione di materiali inerti e di terreno rappresenta una importante via di introduzione o di diffusione secondaria delle specie alloctone, in quanto semi o altre parti vitali possono essere trasportati insieme ad essi. Tale criticità assume particolare rilevanza in caso di cantieri localizzati all'interno o in prossimità di aree di rilevanza naturalistica. Si ricorda che è preferibile evitare l'introduzione di suoli provenienti dall'esterno che potrebbero essere contaminati da elementi vitali di specie alloctone.

Gestione dei materiali di scotico e delle superfici nude. Al fine di prevenire l'insediamento e la colonizzazione di specie alloctone sui cumuli di terreno stoccato, una buona pratica consiste nel provvedere al mantenimento o alla rapida ricostituzione di una copertura vegetale autoctona, mediante interventi di inerbimento con semina e/o idrosemina. Tali interventi dovrebbero riguardare non solo i cumuli ma più in generale tutte le superfici nude, compatibilmente con le attività di cantiere.

L'inerbimento deve prevedere l'uso di un miscuglio ad elevata biodiversità di specie autoctone (in particolare graminacee e leguminose), coerenti con le caratteristiche fisiche ed ecologiche del sito di intervento, che consenta di raggiungere la doppia finalità di realizzare una copertura densa ed efficace rispetto all'insediamento di eventuali specie alloctone e di favorire, con il successivo riutilizzo dello scotico, il ripristino della flora autoctona locale.

La tecnica migliore per l'inerbimento è l'utilizzo di fiorume raccolto in loco. L'intervento richiede una opportuna pianificazione in modo da consentire la preparazione dei quantitativi necessari (individuazione prati donatori e raccolta) nelle tempistiche richieste. Attualmente tutto il fiorume prodotto viene commercializzato ed impiegato entro un anno dalla raccolta, ma è possibile prevedere in caso di necessità (cantieri aperti) l'espansione della produzione.

Si può prevedere, in alternativa, una semina/idrosemina con specie a rapido insediamento (es. loglio e trifoglio), che garantiscono una immediata copertura della superficie e che, in un secondo tempo, vengono sostituite dalla colonizzazione spontanea delle specie autoctone. Tuttavia, in caso di inerbimento a lungo termine e in corrispondenza di contesti di pregio naturalistico è preferibile impiegare miscugli di sementi autoctone in quanto le varietà commerciali di loglio e trifoglio possono generare criticità ambientali, quali inquinamento genetico ed interferenze con successioni spontanee. Inoltre, i miscugli devono contenere principalmente graminacee e leguminose che hanno

caratteristiche biotecniche complementari: le radici fascicolate delle graminacee formano un feltro vivo, mentre le leguminose presentano apparati fittonanti che lo fissano con “chiodi vivi”, oltre a garantire un buon apporto azotato al suolo.

La composizione della miscela e la quantità devono essere stabilite in funzione del contesto ambientale ossia delle caratteristiche geolitologiche, pedologiche, microclimatiche, floristiche e vegetazionali della stazione e dovranno essere certificate la provenienza delle sementi, la composizione della miscela, il grado di purezza ed il grado di germinabilità.

Nel caso in cui la germinazione risultasse carente, l'intervento dovrà essere ripetuto sino ad ottenere una copertura soddisfacente.

Indicazioni più dettagliate sugli interventi di inerbimento possono essere trovate nel documento elaborato da ISPRA “Analisi e progettazione botanica per gli interventi di mitigazione degli impatti delle infrastrutture lineari 65.3/2010”.

Il ricorso alla tecnica di inerbimento deve essere valutato in funzione della permanenza dei cumuli e della stagione in cui avviene lo stoccaggio. Per superfici di suolo nudo relativamente piccole, in alternativa all'inerbimento, è possibile prevedere l'utilizzo di teli pacciamanti che proteggono efficacemente rispetto all'insediamento di specie alloctone. Questa tecnica mostra, inoltre, un'eccellente capacità nel determinare il disseccamento completo di molte specie erbacee e, in parte, anche arbustive. Può essere impiegata per la pulizia di piccole superfici colonizzate da specie alloctone.

Per quanto riguarda le modalità di stoccaggio del suolo, si raccomanda che gli accumuli temporanei di terreno vegetale non superino i 2-3 metri di altezza, onde evitare eccessiva compressione ed anossia degli strati più profondi (se l'altezza del cumulo dovesse superare i 3 metri predisporre opportuni terrazzamenti), e abbiano pendenze in grado di garantire la loro stabilità (30° o 40° al massimo) e di favorire il corretto inerbimento, evitando il dilavamento della semina. Per la loro manutenzione i cumuli dovrebbero essere dotati di strade di servizio perimetrali che ne garantiscano l'accesso.

Rimozione precoce. Nel caso in cui durante le attività di cantiere venga rilevata la presenza di nuovi individui o nuclei di specie alloctone è necessario provvedere alla loro immediata eliminazione. La rimozione tempestiva comporta i seguenti principali vantaggi:

- maggiore efficacia, in quanto intervenendo ai primi stadi di attecchimento e sviluppo la pianta non ha tempo e modo di crescere e di diffondersi nell'ambiente circostante;
- risparmio economico, in quanto è ovviamente più semplice e rapido asportare un singolo esemplare giovane rispetto ad un individuo adulto o ad un popolamento esteso, ed è più semplice la gestione dei residui vegetali;
- maggiore tutela delle cenosi naturali presenti nell'intorno delle aree di cantiere in quanto non si lascia il tempo alla specie invasiva di disperdere i semi/propaguli vitali ed espandersi.

Nel Piano di gestione delle alloctone deve essere contenuto un protocollo operativo per le operazioni di rimozione precoce, che definisca principalmente:

- le modalità di raccolta delle segnalazioni e attivazione delle operazioni di rimozione;
- il personale addetto all'esecuzione delle operazioni, che può essere interno se opportunamente formato sulla tematica delle specie alloctone, oppure esterno specializzato;
- le modalità di registrazione dell'intervento effettuato, possibilmente tramite una apposita scheda in cui vengano inserite la specie, la superficie interessata e la sua localizzazione, la tecnica di rimozione impiegata, le modalità di smaltimento dei residui vegetali;
- l'applicazione delle misure di contenimento previste per le specie alloctone con rischio sanitario.

In termini generali, il controllo meccanico (vedi capitolo misure contenimento seguente) è il metodo più immediato e idoneo per eliminare i primi focolai di alloctone e deve garantire, ove possibile, la rimozione di tutte le parti vitali, compreso l'apparato radicale (fondamentale per specie che si propagano anche per via vegetativa, quali per esempio *Ailanthus altissima*), al fine di limitare il rischio di ripopolamento del sito o una ulteriore diffusione. Ad esempio, per *Ailanthus altissima* l'estirpazione delle plantule effettuata ai primi stadi di invasività produce risultati soddisfacenti.

Gestione regolare. La gestione regolare della vegetazione (ad es. attraverso lo sfalcio, il taglio o l'estirpo periodico e regolare) di tutte o parte delle aree di cantiere, individuate in funzione delle lavorazioni, è uno dei possibili metodi di contenimento delle specie alloctone invasive. Il taglio frequente riduce progressivamente la capacità di accrescimento delle piante, impedendo il raggiungimento della maturità riproduttiva ed evitando così la possibilità di produrre semi e di diffonderli nelle aree adiacenti.

Il numero e la frequenza degli interventi devono essere valutati con i tecnici competenti in quanto dipendono da diversi fattori, tra cui principalmente:

- le caratteristiche microclimatiche locali e l'andamento meteorologico stagionale (in particolare precipitazioni e temperature);
- le caratteristiche delle specie alloctone presenti nelle aree di intervento (come da esiti dell'indagine preliminare), in quanto occorre verificare la loro fenologia e che non vi siano specie caratterizzate da una elevata capacità di riprodursi vegetativamente, per le quali il taglio favorisca la formazione di ricacci e polloni;
- la possibilità di accesso a tutte le aree di cantiere (es. in alcuni casi sono state osservate dune con collocazione e pendenze tali da impedire l'accesso dei mezzi per la manutenzione del verde);
- la possibilità di recuperare e distruggere tutti i propaguli prodotti dal taglio, altrimenti lo sfalcio può essere controproducente.

Aree esterne al cantiere. In caso di presenza di nuclei di specie alloctone invasive in aree esterne prossime al cantiere, è opportuno promuovere azioni di contenimento/eradicazione, fermo restando la possibilità di accesso a tali aree in termini sia logistici che amministrativi.

Questa modalità operativa è auspicabile anche nei casi in cui i rilievi eseguiti nel corso delle campagne di monitoraggio della vegetazione previste dal PMA rilevassero criticità nei punti di monitoraggio esterni alle aree di competenza dell'opera.

5.2.4 Monitoraggio *post operam* e ripristino delle aree di cantiere

Durante la fase di *post operam*, che dovrà avere una durata di almeno 24/48 mesi successivamente all'entrata in esercizio dell'opera, occorre proseguire il monitoraggio delle specie alloctone sia nelle aree oggetto di ripristino e di opere di mitigazione/compensazione sia nelle aree non oggetto di ripristino ma in cui è stato applicato il monitoraggio in corso d'opera. Le modalità di svolgimento del monitoraggio sono le medesime riportate al par. 5.2.3 (Monitoraggio in corso d'opera).

Nel caso dei ripristini, le opere a verde richiedono un lasso di tempo più o meno lungo (a seconda della tipologia) per potersi sviluppare e raggiungere quel grado di copertura e di struttura/complessità indispensabili a contrastare l'insediamento delle alloctone. Nei primi anni la manutenzione ordinaria dovrà quindi tenere conto degli esiti del monitoraggio *post operam* delle specie alloctone invasive, al fine di garantire l'efficacia dei ripristini e delle mitigazioni/compensazioni. In particolare, si dovrà verificare che le fallanze dovute al mancato attecchimento degli impianti, la mancata germinazione delle sementi o i ritardi di sviluppo, non lascino nicchie libere per l'insediamento di specie alloctone invasive.

5.3 RIPRISTINO AMBIENTALE

Il ripristino ambientale sarà garantito attraverso degli interventi di *restoration ecology* che hanno come obiettivo primario la restituzione di un ecosistema in grado di riacquisire in tempi più o meno rapidi l'integrità ecologica intesa come "la capacità di un ecosistema di sostenere e mantenere una comunità adattativa ed equilibrata di microrganismi aventi una composizione di specie, diversità e funzioni paragonabile a quella degli habitat naturali all'interno di una regione".

Il recupero naturale di habitat alterati a seguito dell'intervento da parte dell'uomo, avviene secondo dinamiche che possono richiedere tempi molto lunghi, superiori anche a diverse decine di anni, soprattutto se l'impronta dell'intervento ha causato il rimaneggiamento del substrato e di conseguenza la quasi scomparsa della banca seme e la rimozione degli apparati radicali. Per questi motivi gli interventi di *restoration ecology* sono volti ad accelerare intenzionalmente il processo di recupero, focalizzando l'attenzione sulle funzioni dell'ecosistema, con l'obiettivo di ottenere un sistema che sia in grado di proseguire nell'evoluzione senza ulteriori interventi da parte dell'uomo.

Al fine di ridurre gli impatti delle opere in oggetto sulle proprietà del suolo e sul ciclo idrologico, un approccio efficace è quello di implementare le buone pratiche di gestione del suolo durante le fasi di progettazione, costruzione e gestione delle superfici.

La mancata applicazione di buone pratiche di gestione per il mantenimento e/o il ripristino della qualità del suolo, può causarne alterazioni nelle caratteristiche fisiche, nella biologia e nel contenuto di sostanza organica, tali da rendere queste superfici difficilmente recuperabili, se non con ingenti

investimenti di risorse. Diversamente l'utilizzo di opportune tecniche di gestione per il ripristino di suoli di buona qualità consente di ridurre il deflusso superficiale e i processi erosivi, creare substrati idonei alla crescita vegetale, con un successivo minore dispendio di acqua e risorse. I suoli di qualità rappresentano quindi un vantaggio non solo ambientale ma anche di natura economica in quanto richiedono minori costi di gestione. In definitiva, una corretta gestione del suolo rappresenta un elemento chiave nei programmi di ripristino ambientale.

Gli indicatori primari, nell'ottica di un ripristino sostenibile del suolo, in considerazione degli impatti che le opere in oggetto possono generare sono rappresentati da:

- qualità del suolo;
- capacità d'uso dei suoli;
- funzioni del suolo e servizi ecosistemici.

Qualità del suolo

Un suolo di qualità (in salute) è in grado di fornire in modo continuativo servizi essenziali per le attività umane e la sopravvivenza degli ecosistemi e di mantenere le sue funzioni specifiche anche in condizioni di perturbazione o in risposta a cambiamenti esterni. È in grado quindi, di garantire l'infiltrazione, la ritenzione idrica e la regolazione del ciclo degli elementi nutritivi al fine di sostenere in modo ottimale la crescita di specie erbacee ed arboree, le quali intercettando le precipitazioni, riducono la quantità d'acqua che arriva al suolo, contribuendo a ridurre il rischio di erosione. Diversamente un suolo di scarsa qualità, non in salute e degradato, non sarà in grado di funzionare correttamente e quindi non potrà espletare al meglio le sue funzioni.

La valutazione della qualità del suolo e della direzione del suo cambiamento nel tempo costituisce un fondamentale strumento di programmazione per il ripristino e la conservazione della fertilità, per la difesa dall'impatto di fattori antropici e non, per la programmazione nell'uso del suolo e del territorio secondo forme di gestione compatibili con l'utilizzo attuale e futuro.

La valutazione della qualità del suolo viene normalmente effettuata mediante l'impiego integrato di indicatori agroambientali, normalmente individuati tra le variabili fisiche, chimiche e biologiche del suolo, opportunamente selezionati in relazione alle specifiche problematiche ambientali di un territorio ed alle sue possibili forme d'uso.

L'utilizzo degli indicatori trova applicazione sia nelle indagini preliminari (al fine di valutare le condizioni del suolo *ante operam* per orientare e pianificare il ripristino) sia nella fase di monitoraggio *post operam* (per valutare la riuscita dell'intervento e pianificare eventuali interventi di correzione/manutenzione).

Di seguito vengono riportati alcuni esempi di indicatori per la valutazione della qualità del suolo.

Esempi di indicatori fisici:

- *Tessitura del suolo*: distribuzione per classi di grandezza delle particelle elementari del suolo (sabbia, limo, argilla) all'interno della terra fine (frazione < 2mm) (AA.VV. 2006). La tessitura è un parametro molto importante, in quanto influenza molteplici proprietà chimico-fisiche del suolo tra cui:
 - la struttura e la porosità, regolando quindi la circolazione dell'aria e dell'acqua, nonché la ritenzione idrica;
 - la coesione, la durezza, la plasticità e l'adesività del suolo (influenzando quindi la lavorabilità e la percorribilità);
 - la capacità di scambio cationico (CSC) e la quantità di ioni disponibili nella soluzione circolante del suolo per la nutrizione vegetale.

- *Densità apparente (bulk density)*: parametro fisico che rappresenta la massa per unità di volume di suolo (compresi i vuoti), espresso solitamente in t/m^3 , kg/dm^3 o g/cm^3 (MATTM 2018). Strettamente legata alla porosità e quindi al grado di compattamento del suolo, la densità apparente influenza molteplici proprietà tra cui:
 - disponibilità di aria e acqua;
 - struttura del suolo;
 - lavorabilità e percorribilità;
 - infiltrazione e ritenzione idrica;
 - ambiente di sviluppo degli apparati radicali;
 - nutrizione vegetale.

Esempi di indicatori chimici:

- *Carbonio organico:* contenuto di carbonio organico del suolo svolge molteplici e fondamentali funzioni nutrizionali e strutturali, influenzando significativamente le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo. Un basso contenuto di carbonio organico indica generalmente bassa fertilità e biodiversità, perdita di struttura del suolo che si traduce in una diminuzione della capacità di ritenzione idrica, e in un aumento della densità apparente e del grado di compattamento. Il contenuto di carbonio organico influenza profondamente molteplici fattori tra cui:
 - la struttura;
 - la densità apparente;
 - la ritenzione idrica;
 - il colore e la capacità termica;
 - l'attività microbica;
 - la dinamica degli elementi nutritivi del suolo;
 - la CSC e il pH.

- *Reazione del suolo (pH):* espressa dal valore del pH (logaritmo negativo in base 10 della concentrazione in moli L⁻¹ di ioni H⁺ presenti nella fase liquida ottenuta dall'agitazione del suolo in acqua o soluzione salina) il quale generalmente varia nei suoli tra 4,0 e 8,5. Il pH è quindi un indicatore di acidità o alcalinità in grado di influenzare molteplici proprietà del suolo tra cui:
 - disponibilità dei nutrienti;
 - crescita e selezione delle specie vegetale;
 - attività microbica;
 - solubilità dei minerali;
 - solubilità e biodisponibilità di ioni tossici;
 - stabilità degli aggregati, grado di compattamento, ecc.

- *Calcare totale e calcare attivo:*

Il calcare totale rappresenta la componente minerale del suolo costituita prevalentemente da carbonati di calcio, magnesio e sodio. Considerando che il carbonato di calcio (CaCO₃) è dominante rispetto agli altri carbonati, normalmente il calcare totale fa riferimento soprattutto al contenuto di CaCO₃.

Il calcare attivo rappresenta invece il carbonato di calcio presente nel suolo che per le sue caratteristiche (natura chimica, cristallinità, ecc..) risulta essere maggiormente reattivo. In generale la presenza di carbonati nel suolo, ed in particolare del carbonato di calcio attivo, influisce su alcune proprietà tra cui:

 - formazione degli aggregati e della struttura;
 - disponibilità dei nutrienti;

- reazione del suolo.
- *Capacità di Scambio Cationico (CSC)*: capacità che hanno le superfici organiche e minerali del suolo di trattenere, attraverso forze elettrostatiche, i cationi (carichi positivamente) e di renderli successivamente disponibili per la nutrizione vegetale; misura la quantità di siti aventi carica negativa delle superfici degli scambiatori del suolo, le quali sono in grado di ritenere (e rilasciare) alcuni elementi fondamentali per la nutrizione vegetale, quali calcio, magnesio e potassio. Un suolo avente elevata CSC ha una maggiore capacità di reintegrare nella fase liquida i cationi assorbiti dalle radici o persi per lisciviazione.

Esempi di indicatori biologici

- *Indice QBS-ar*: è un indice basato sul grado di adattamento di più gruppi di artropodi (Isopodi, Acari, Collemboli, Sinfili, ecc.) alle condizioni ambientali. Questo comporta l'introduzione del concetto di "forme biologiche", ovvero un insieme di organismi che presentano determinate modificazioni delle strutture morfologiche finalizzate a adattarsi all'ambiente in cui vivono. Ad ogni gruppo, quale parametro di misura del valore ecologico, è attribuito un punteggio, l'indice ecomorfologico (EMI), che può variare da un minimo di 1, attribuito alle forme poco o nulla adattate alla vita edafica, ad un massimo di 20 per le forme che presentano il massimo adattamento alla vita edafica. Maggiore è il grado di adattamento dei microartropodi al suolo e minore è la loro capacità di abbandonare il suolo in condizioni sfavorevoli. La presenza/assenza degli organismi adattati diventa un buon indicatore del livello di disturbo del suolo;
- *Respirazione del suolo*: è uno dei parametri più utilizzati per quantificare l'attività microbica del suolo. Essa stima l'attività metabolica della popolazione microbica del suolo attraverso la misurazione della CO² prodotta dall'ossidazione della sostanza organica. La respirazione del suolo permette quindi di valutare la variazione nella popolazione microbica, la quale è influenzata da molteplici fattori quali l'umidità, la temperatura, la struttura del suolo, il contenuto di sostanza organica, etc. La respirazione del suolo viene utilizzata per valutare gli effetti dei trattamenti e delle tecniche colturali (es. l'apporto di pesticidi);
- *Conta dei lombrichi*: test semplice da utilizzare in campo, ma che fornisce una valutazione preliminare dello stato di salute di un suolo, consentendo di avere indicazioni sulla struttura e sulla dotazione di carbonio. L'attività dei lombrichi, infatti, garantisce una buona aerazione e circolazione dell'acqua, facilitando inoltre la penetrazione delle radici nel suolo. La valutazione si basa sul conteggio degli individui osservabili, il cui numero è influenzato dalle condizioni stagionali, dall'umidità e dalla reazione del suolo.

Capacità d'uso dei suoli (CSC)

La CSC è la capacità che hanno le superfici organiche e minerali del suolo di trattenere, attraverso forze elettrostatiche, i cationi (carichi positivamente) e di renderli successivamente disponibili per la nutrizione vegetale (Celi e Bonifacio 2016).

Funzioni del suolo e Servizi Ecosistemici

La qualità del suolo fa riferimento alla sua capacità di fornire e supportare una serie di servizi ecosistemici e funzioni d'interesse per l'uomo e per il mantenimento della salute dell'ecosistema. La fornitura di questi servizi e funzioni dipende anche dall'uso del suolo (e.g. agrario, zootecnico, urbano, forestale, ricreativo). A causa della significativa interconnessione, le pratiche gestionali atte a valorizzare alcuni servizi ecosistemici possono metterne a repentaglio altri o causare processi degradativi (e.g. erosione accelerata, inquinamento dei corpi idrici, perdita di biodiversità). Il *Millennium Ecosystem Assessment* del 2005 definisce i servizi ecosistemici come i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano, tra questi:

- supporto alla vita (es. formazione del suolo);
- approvvigionamento (es. produzione di cibo);
- regolazione (es. regolazione del clima);
- valori culturali (es. paesaggio).

5.3.2 Caratterizzazione e gestione del suolo in fase *ante-operam*

In fase preliminare, tramite sopralluoghi in loco e ricerca documentale, vanno raccolte tutte le informazioni utili a definire adeguatamente le caratteristiche del sito. Nelle fasi preliminari della progettazione, laddove sia realizzabile, è utile un'analisi storica dell'area con l'obiettivo di conoscere le caratteristiche e il tipo di utilizzazione effettuata precedentemente. Un'accurata indagine preliminare permette di avere una conoscenza globale delle aree interessate dal cantiere e delle eventuali problematiche presenti, consentendo non solo di orientare al meglio le scelte in fase progettuale, ma anche di migliorare la gestione dell'intervento in corso d'opera, valutare la riuscita del ripristino e indirizzare gli interventi di correzione/manutenzione in fase di monitoraggio. Di seguito si riportano le indagini preliminari necessarie alla pianificazione dell'intervento di ripristino.

Rilevamento piano altimetrico e rappresentazione cartografica dell'area

Indagine preliminare delle cartografie e successivi rilievi in campo volti all'individuazione delle seguenti informazioni relative all'area:

- esposizione;
- pendenza;
- dimensioni area;
- opere di contenimento e copertura del suolo presenti (es. muri di sostegno, vegetazione arborea/arbustiva/erbacea).

Indagini geologiche e geotecniche

Una conoscenza preliminare della geologia e dei litotipi è fondamentale, in quanto tali aspetti assumono grande importanza nelle fasi di ricostituzione del suolo. Le lavorazioni in corso d'opera

possono talvolta interessare gli orizzonti profondi del suolo, che sono generalmente più ricchi di scheletro (frazione grossolana del suolo di dimensioni superiori ai 2 mm) che deriva in massima parte dalla degradazione fisica della roccia madre. La successiva alterazione dei minerali di questa frazione granulometrica è alla base della pedogenesi; pertanto, le proprietà dei litotipi sono fondamentali per la conoscenza dei suoli e della loro evoluzione. In particolare, la maggiore o minore velocità di alterazione dei minerali e dunque la loro stabilità, dovuta non solamente alla struttura cristallina di molti di essi, ma anche all'ambiente di alterazione, influenza la neogenesi dei minerali argillosi, argille fillosilicatiche e ossidrossidi di ferro e alluminio, che sono una delle fasi fondamentali per la funzionalità/fertilità del suolo. Inoltre, come è noto, la natura della roccia madre può condizionare anche la tipologia delle associazioni vegetali che possono insediarsi sul suolo che vi si origina.

Indagini idrogeologiche e climatiche

Nelle fasi di ricostituzione del suolo l'irrigazione può rivelarsi fondamentale soprattutto nelle fasi immediatamente successive alla semina per permettere ai semi di attecchire più rapidamente al substrato ed eventualmente sostenere la vegetazione nascente in caso di stress idrico. Studi specifici relativi alla climatologia delle aree di intervento, integrati da valutazioni della capacità di ritenzione idrica del suolo, possono fornire importanti indicazioni circa l'opportunità o meno di realizzare impianti irrigui e/o irrigazioni di soccorso. La stima del contenuto d'acqua disponibile nel suolo, in particolare, può fornire indicazioni per la gestione del miglioramento e per la scelta delle specie da utilizzare negli interventi per il ripristino della componente vegetale.

Indagini pedologiche

Se il progetto di ripristino prevede, per tutta o almeno per parte dell'area interessata dai lavori necessari alla realizzazione dell'infrastruttura, la ricostituzione di un suolo simile a quello esistente prima degli interventi, è evidente che è necessario conoscere i tipi di suoli preesistenti e la loro distribuzione sul territorio. Il processo più lineare per avere tale informazione prevede la disponibilità di una cartografia dei suoli dell'area di dettaglio adeguato (1:50.000 – 1:10.000).

Qualora tale cartografia non fosse disponibile occorre effettuare una specifica indagine pedologica, differente in funzione delle caratteristiche delle diverse aree d'intervento:

- cantieri industriali fissi (es. impianti betonaggio): per ciascuna delle aree potrà essere realizzata la cartografia dei suoli in scala 1:10.000, al fine di caratterizzare con precisione la consistenza e le caratteristiche della copertura pedologica esistente;
- infrastruttura in via di realizzazione: per ciascuna area potrà essere realizzata la cartografia dei suoli in scala 1:25.000 per un'ampiezza variabile in funzione del tipo di opera (es. 200 m);
- aree di elevato valore naturalistico: l'indagine sul suolo può accompagnarsi ad indagini di altre componenti ambientali (es. vegetazione), applicando eventualmente indici specifici quali ad esempio le forme di humus.

5.3.3 Caratterizzazione e gestione del suolo *in corso d'opera*

Nel corso dei sopralluoghi le aree devono essere esaminate per quanto riguarda la congruità dei lavori eseguiti rispetto alle esigenze di conservazione dei suoli sia all'interno che all'esterno delle aree stesse, in riferimento alla fase di esercizio e al futuro ripristino.

Al fine di raggiungere gli standard qualitativi del suolo obiettivo nella fase *post operam*, le buone pratiche di gestione possono essere applicate in modo selettivo nelle diverse aree dello stesso cantiere. Ad esempio, se un suolo è stato adeguatamente protetto dai disturbi e dal compattamento durante i lavori, potrebbe verosimilmente già raggiungere gli standard qualitativi minimi previsti e non necessitare pertanto di restauro, consentendo quindi un abbassamento dei costi. In sede preliminare è opportuno quindi individuare le aree ove non vi sia la necessità di asportare il suolo, valutando altresì l'eventuale presenza di vegetazione arborea ed arbustiva, la quale dovrà essere adeguatamente protetta durante l'esecuzione dei lavori.

Durante la pianificazione del cantiere sarà quindi opportuno individuare diverse aree all'interno delle quali valutare l'applicazione selettiva delle pratiche di gestione del suolo. Di seguito si riportano le procedure per una corretta gestione del suolo in corso d'opera.

Protezione del suolo e delle piante *in situ*

Proteggere dal compattamento e dall'erosione il suolo esistente delimitando le aree con barriere geotessili, provvedendo alla posa di materiale protettivo (geotessile) e realizzando opere di regimazione delle acque;

- realizzare aree di protezione per la vegetazione arborea esistente: per il dimensionamento dell'area si consiglia di applicare una distanza di almeno 6 cm dal tronco per ogni cm di diametro del fusto (City of Toronto 2010);
- se il suolo dell'area di protezione della pianta è compattato eseguire una scarificazione per aumentare la permeabilità;
- nell'area di protezione della pianta deve essere presente uno strato di almeno 5-10 cm di lettiera (strato costituito da foglie e residui vegetali a diverso grado di decomposizione), in caso di assenza apportare 2-3 cm di compost seguito da uno strato di 5 cm di pacciamatura;
- in casi particolari (es. piante di grandi dimensioni o di particolare pregio o importanza), ove possibile sarebbe opportuno limitare il transito dei macchinari ad 1 metro di distanza dal limite della chioma.

Asportazione e conservazione del *topsoil*

- Valutare le condizioni di umidità del suolo per non degradarne la struttura e quindi alterarne, in senso negativo, le caratteristiche idrologiche (infiltrazione, permeabilità) e altre caratteristiche fisiche con la creazione di strati induriti e compatti, inidonei allo sviluppo degli apparati radicali;

- separare gli orizzonti superficiali (orizzonti A generalmente corrispondenti ai primi 20-30 cm), dagli orizzonti minerali sottostanti (orizzonti B e/o C a profondità > di 30 cm);
- eseguire una vagliatura prima del deposito al fine di separare il pietrame più grossolano da utilizzare come fondo del cumulo per favorire lo sgrondo dell'acqua.

Gli orizzonti più superficiali del suolo presentano le condizioni ottimali per l'insediamento delle specie autoctone nel caso di riutilizzo di materiale vegetale locale, ma anche per la germinazione delle specie commerciali. Essi possono contenere, inoltre, una banca seme molto ricca e materiale per la propagazione per via vegetativa, presupposto essenziale ad un inerbimento spontaneo con specie native, solitamente assenti nei miscugli commerciali.

Stoccaggio provvisorio

- Separare gli orizzonti superficiali da quelli profondi; eventualmente, se presenti, separare anche i materiali vegetali superficiali più o meno decomposti (lettiera) dal *topsoil*. I materiali vegetali con diametro > di 30 cm vanno anch'essi separati;
- selezionare la superficie sulla quale s'intende realizzare il deposito, in modo che abbia una buona permeabilità e non sia sensibile al costipamento; eventuale posa a terra di uno strato protettivo;
- realizzare cumuli distinti (in funzione del materiale, ovvero lettiera, *topsoil*, strati minerali, materiale vegetale di grosse dimensioni) di forma trapezoidale di altezza non superiore ai 1,5-2,5 m d'altezza, rispettando l'angolo di deposito naturale del materiale e tenendo conto della granulometria e del rischio di compattamento;
- impedire l'erosione attraverso corrette opere di regimazione delle acque e proteggendo lo strato organico superficiale;
- impedire il compattamento del suolo senza ripassare sullo strato depositato;
- preservare la fertilità del suolo seminando specie leguminose con possibilità di effettuare inerbimento in caso di interventi di lunga durata;
- monitorare ed eliminare eventuali sversamenti.

5.3.4 Caratterizzazione e gestione del suolo in fase *post operam*

Nella fase *post operam* il monitoraggio dovrà verificare che il ripristino delle aree temporaneamente occupate sia stato realizzato correttamente. La capacità di utilizzo delle aree e la loro funzionalità dovranno corrispondere alla situazione *ante operam*. Sarà altresì necessaria la verifica di un eventuale peggioramento delle proprietà fisiche del suolo (struttura, permeabilità, porosità, consistenza) a seguito di non corrette modalità di ripristino. Di seguito si riportano le procedure per una corretta gestione del suolo al termine dell'opera:

- eliminazione dei residui di lavorazione, del materiale protettivo eventualmente posato (*tout venant*) sulla superficie degli orizzonti minerali;
- dissodamento del suolo attraverso uno scasso fino a 60 – 80 cm. L' Obiettivo è favorire la creazione di una macroporosità in grado di permettere una buona circolazione dell'aria e

dell'acqua per un corretto sviluppo delle radici (Rivella et al. 2006). Si sottolinea l'importanza di effettuare tali operazioni quando il suolo è in "tempera" ovvero quando l'acqua in eccesso dovuta alle precipitazioni è defluita per gravità in profondità (Rivella et al. 2006);

- se il suolo è stato molto compattato è necessario procedere anche ad un decompattamento, con l'aiuto di un *ripper* montato su trattore di almeno 150 HP di potenza;
- posa del suolo opportunamente accantonato: il riporto degli orizzonti superficiali di suolo, asportati durante i lavori di scavo, deve essere eseguito con molta attenzione: è importante ridistribuire gli orizzonti nel giusto ordine per non stravolgere le caratteristiche pedologiche del suolo e compromettere l'insediamento della copertura vegetale. In particolare, occorre seguire gli accorgimenti di seguito riportati:

- creazione di uno strato drenante di base utilizzando la frazione più grossolana, eventualmente utilizzando lo scheletro;
- distribuzione della frazione minerale più fine o superficiale con eventuale interrimento dei sassi o utilizzo della frantumatrice. Se il riporto del suolo avviene su substrati particolarmente grossolani, al fine di evitare il deposito del terreno vegetale nella macroporosità degli strati sottostanti, è opportuna la posa di uno strato di fibra organica/geotessuto;
- distribuzione del topsoil: eventuale posa di «terreno vegetale alloctono», le cui caratteristiche devono essere opportunamente verificate (assenza di scheletro grossolano, tessitura franca, pH compreso tra 5,5 e 7, sostanza organica >1,5%, $8 < C/N < 15$, assenza di elementi tossici). La quantità di *topsoil* (accantonato o alloctono) da distribuire sulla superficie è un parametro cruciale per il ripristino della funzionalità del suolo e della vegetazione. Il suolo è una risorsa non rinnovabile (e costosa) e come tale deve essere utilizzata in modo oculato. A tal proposito alcuni studi hanno dimostrato come l'apporto di 30 o 10 cm di suolo produca risultati del tutto simili in termini di ricchezza di specie e composizione floristica;
- un adeguato apporto di *topsoil*. Diversi studi hanno evidenziato che uno strato eccessivo comporta un incremento della copertura vegetale ma una diminuzione della ricchezza di specie. Nel caso di semina di specie erbacee annuali su scarpata, gli studi di Rivera et al. hanno evidenziato come l'apporto di 10 cm di *topsoil* rappresenti il giusto compromesso tra costi e benefici. Diversamente le specie erbacee perenni e quelle arboree/arbustive sembrerebbero trarre vantaggio dall'impiego di una maggiore quantità di suolo. Alla luce di tali considerazioni è evidente che la quantità di *topsoil* da apportare è funzione di molteplici aspetti tra cui:

- a) condizioni stagionali,
- b) qualità del materiale apportato,
- c) specie utilizzate per il ripristino della copertura vegetale
- d) corretta applicazione delle buone pratiche, ecc..

- letamazione auspicabile o comunque preferibile all'impiego di concimi minerali, i quali devono essere somministrati negli anni successivi e causano in generale uno sviluppo superficiale degli apparati radicali;
- concimazione minerale localizzata nelle eventuali buche d'impianto delle specie arboree.

Nelle situazioni più complesse può risultare utile la distribuzione di altri ammendanti quali compost e zeolite. La quantità da distribuire è funzione delle caratteristiche del suolo obiettivo.

In natura il suolo è frutto di una lunga e complessa evoluzione, che vede l'interazione di diversi fattori (clima, substrato, morfologia, vegetazione, uomo e tempo), nel caso di ripristino l'obiettivo è quello di predisporre un suolo in una sua fase iniziale, ma che abbia poi i presupposti per evolvere mantenendo caratteristiche ritenute idonee (ISPRA 2010, suolo).

5.3.5 Inerbimenti tecnici

Importanza dell'inerbimento nei ripristini ambientali

L'inerbimento consiste nella realizzazione di una copertura erbacea seminata con funzione di protezione superficiale del terreno, al fine di evitare l'insorgere di fenomeni di erosione del suolo e di ruscellamento superficiale dell'acqua che potrebbero pregiudicare la riuscita degli interventi di ripristino ambientale.

L'azione antierosiva di una cotica erbacea stabile si esplica sia a livello di apparato epigeo, sia ipogeo. Una copertura erbacea chiusa protegge il terreno dagli effetti dannosi derivanti da forze meccaniche (pioggia battente, grandine, erosione idrica, erosione eolica, ecc.), in seguito all'assorbimento di parte dell'energia cinetica sotto forma di lavoro di deformazione degli organi epigei. Inoltre, all'aumentare della superficie fogliare (quantificabile ad es. come *Leaf Area Index* - LAI, ossia l'area fogliare rapportata all'unità di superficie di suolo, espressa in m² di superficie fogliare per m² di superficie di suolo), viene facilitata la restituzione in atmosfera, sotto forma di vapore, di parte delle precipitazioni intercettate (si parla propriamente di perdita di intercettazione).

A livello ipogeo le piante assolvono una importante funzione meccanica, sia trattenendo le particelle del suolo ed evitando un loro dilavamento, sia favorendo l'infiltrazione dell'acqua lungo vie preferenziali di percolazione e riducendo quindi il ruscellamento superficiale. Inoltre, l'apporto di sostanza organica, tramite organi morti ed essudati radicali, e la stimolazione nei confronti della microflora e microfauna tellurica accelerano i processi di umificazione con miglioramento delle caratteristiche strutturali e delle proprietà di coesione del terreno stesso.

L'azione antierosiva di una cotica erbacea è fortemente condizionata, oltre che dalla percentuale di copertura del suolo, anche dalla struttura verticale dello strato vegetale erbaceo, che anche con altezze limitate (30-90 cm) può presentare un notevole grado di complessità, in relazione alle forme biologiche presenti (specie a portamento eretto, a rosetta, reptanti, ecc.). In particolare, è possibile distinguere all'interno della struttura verticale di una cotica erbacea due componenti (NSW Department of Primary Industries 2005) (Figura 6.3.5.A):

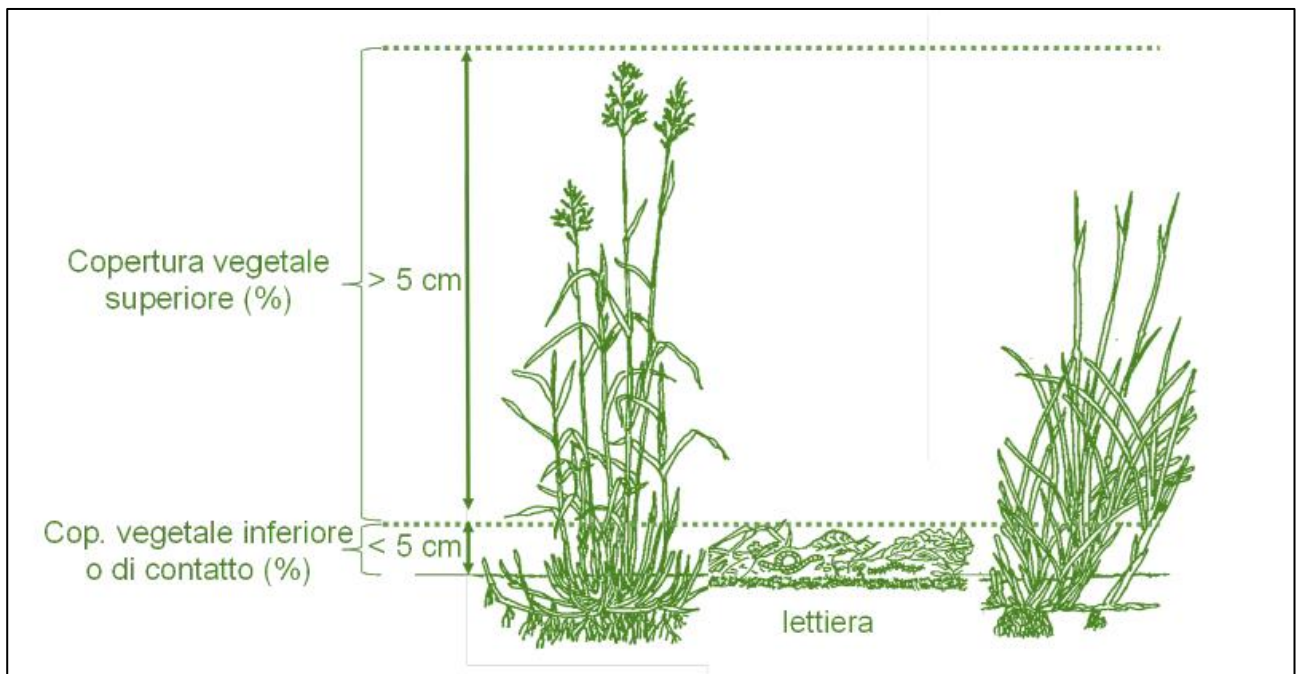


Figura 5.3.5.A - Stratificazione verticale osservabile all'interno di una cotica erbacea, con evidenziazione della copertura vegetale superiore e della copertura di contatto (Pignatti 1985, modificato)

- copertura vegetale superiore, al di sopra dei 5 cm di altezza dalla superficie del suolo, che svolge un ruolo fondamentale nell'intercettare la pioggia battente e ridurre l'impatto di questa sulla superficie del suolo;
- copertura di contatto, ovvero la copertura del materiale vegetale a contatto con il terreno (al di sotto dei 5 cm di altezza), che oltre a svolgere un ruolo di protezione nei confronti dell'effetto della pioggia battente, permette di ridurre il ruscellamento superficiale e favorisce la deposizione degli eventuali sedimenti trasportati dall'acqua; la copertura di contatto include fusti vegetali prostrati, rosette basali, aree basimetriche delle piante e lettiera, quest'ultima però meno efficace nel controllo del ruscellamento superficiale se non ancorata al suolo.

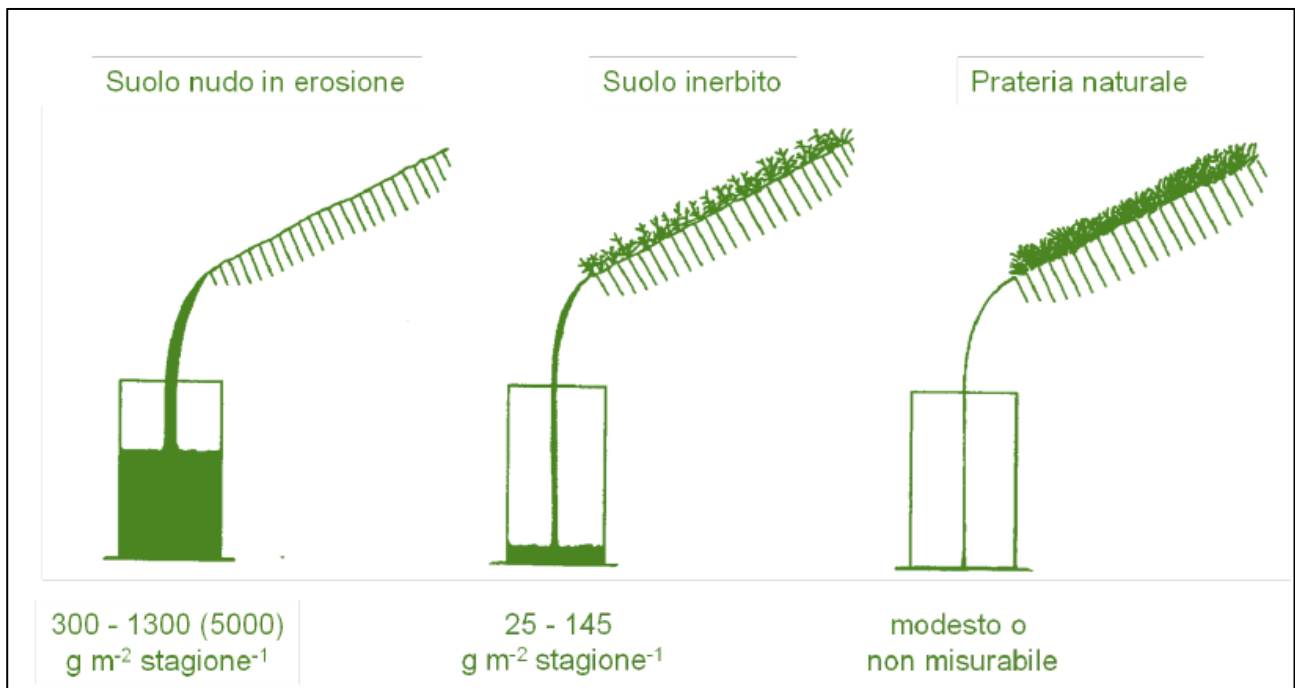


Figura 5.3.5.B - Misure sperimentali dell'erosione durante la stagione vegetativa in condizioni di copertura vegetale del suolo differenti (fonte dati Florineth, 1994).

Tre le importanti funzioni svolte da un manto erboso, si citano:

- trattenuta degli elementi nutritivi accumulati durante l'evoluzione pedogenetica, nell'ambito del profilo del suolo biologicamente attivo, con riduzione delle perdite per lisciviazione a valori comparabili a soprassuoli forestali;
- miglioramento del bilancio idrico e termico; in una giornata calda e soleggiata si calcola che gli strati di aria sovrastanti un prato, per effetto dell'evapotraspirazione fogliare, abbiano una temperatura inferiore di 5°C rispetto ad un terreno nudo e di 15°C rispetto ad una copertura d'asfalto (Noè 1994);
- mantenimento di condizioni microclimatiche favorevoli allo sviluppo biologico nel suolo e nello strato aereo prossimo al terreno stesso;
- capacità di filtrare e di decomporre, grazie all'ambiente umido e ricco di flora microbica, inquinanti atmosferici di vario genere depositati per gravità o tramite le piogge;
- migliore inserimento nel contesto ambientale delle aree rimaneggiate e mitigazione di impatti di tipo paesaggistico;
- mantenimento di una elevata biodiversità, sia vegetale, sia animale, e ricostituzione di habitat di interesse naturalistico.

Si sottolinea che la biodiversità della cotica erbacea risultante dalla semina agisce direttamente e indirettamente su tutti gli altri servizi ecosistemici; ad es. la presenza di specie differenziate per distribuzione verticale degli organi epigei e radicali consente di occupare meglio lo spazio aereo e sotterraneo, massimizzando l'effetto protettivo nei confronti di pioggia battente, ruscellamento, erosione e lisciviazione di nutrienti. La semplice consociazione di specie appartenenti alla famiglia delle Gramineae, caratterizzate da apparato radicale omorizzico con numerose radici fini che esplorano gli orizzonti superficiali del suolo, e Leguminosae, caratterizzate da apparato radicale a

fittone che si approfonda negli orizzonti sottostanti, permette un efficace utilizzo dello spazio da parte degli apparati radicali di un inerbimento. Queste considerazioni supportano l'evidenza scientifica che miscugli caratterizzati da una elevata diversità specifica danno origine a coperture vegetali in grado controllare efficacemente l'erosione superficiale (Lepš et al 2007; Kirmer et al. 2012).

Valutazione della riuscita dell'inerbimento

La verifica della riuscita di un inerbimento tecnico è una tappa molto importante nella fase di valutazione di un ripristino ambientale. Tale verifica è articolata in più fasi, che nell'ordine prevedono:

- Rilievo della vegetazione insediata:

La vegetazione può essere descritta all'interno di aree di saggio omogenee e rappresentative dell'inerbimento. Indipendentemente dal metodo utilizzato (*intercept point quadrat method*, transetto lineare, rilievo fitosociologico, ecc.), il rilievo vegetazionale dovrà permettere una quantificazione della copertura vegetale del suolo e una lista esaustiva delle specie vegetali presenti (nel caso di transetti lineari delimitando una porzione rettangolare che includa il transetto), attribuendo a ciascuna specie rilevata la propria percentuale di copertura (stima visiva o come proporzione dei contatti per gli altri metodi di rilievo).

- Valutazione dei parametri vegetazionali connessi alla riuscita dell'inerbimento, in particolare andranno valutati:
 - la copertura vegetale della cotica erbosa (totale e delle specie perennanti): l'area di insidenza della cotica erbosa proiettata al terreno. È un parametro importante per la valutazione della protezione antierosiva dell'inerbimento. In particolare, varie fonti bibliografiche individuano nel 70% di copertura del suolo la soglia al di sopra della quale sia l'erosione superficiale del suolo e sia i fenomeni di ruscellamento superficiale si riducono sensibilmente
 - la presenza di specie esotiche: Sebbene in particolari circostanze le specie esotiche possano essere considerate utili nel contesto dei ripristini ambientali (D'Antonio e Meyerson 2002), in generale la loro presenza viene considerata negativamente, in quanto competendo con le specie autoctone possono alterare profondamente le funzioni ecosistemiche e le dinamiche vegetazionali, vanificando gli obiettivi del ripristino (Vitousek et al. 1997; Nsikani et al. 2018).
 - la biodiversità della vegetazione insediata: Gli indici di biodiversità più frequentemente utilizzati in biologia (ricchezza specifica, indice di Shannon, equitabilità) possono essere facilmente calcolati per i singoli rilievi vegetazionali, in particolare se il rilievo prevede la compilazione di una lista esaustiva delle specie presenti (per il calcolo della ricchezza specifica, ovvero del numero totale di specie presenti) e la quantificazione delle percentuali di copertura (dalle cui proporzioni saranno calcolati l'indice di Shannon e l'equitabilità; Pignatti 1985).
 - la naturalità della vegetazione: Il concetto di naturalità della vegetazione si basa sulla lettura di una serie di vegetazione che dopo un evento di disturbo (ad es. movimento

terra) vede il susseguirsi di cenosi dinamicamente collegate tra di loro. Nei ripristini ambientali a bassa altitudine la dinamica inizia sempre da cenosi dominate da specie ruderali annuali, che solitamente si instaurano sul terreno nudo a partire dai propaguli che costituiscono la banca seme del terreno, fino ad arrivare, passando attraverso altre cenosi erbacee e arbustive e con tempi più o meno lunghi a seconda delle condizioni ambientali (in alcuni casi anche alcuni decenni di anni), a formazioni forestali caratterizzate da specie arboree.

6.BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2006. Appendice: specifiche delle proprietà e qualità dei suoli. In: Costantini, E.A.C. (Ed.), *Metodi di valutazione dei suoli e delle terre*, Cantagalli, Siena, pp. 912.
- Aeschimann D., Lauber K., Moser D.M., Theurillat J.P., 2004. *Flora Alpina*. Zanichelli, Bologna.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2011. *Environmental Stewardship Practices, Procedures and Policies for Highway Construction and Maintenance*. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Project 25- 25 (04). Chapter 4 Construction Practices for Environmental Stewardship. Section 4.11 Soil Management in Construction. http://environment.transportation.org/environmental_issues/construct_maint_prac/compendium/manual/.
- ARPA Lombardia, 2022. *Linee guida per il contrasto alla diffusione delle specie alloctone vegetali invasive negli ambienti disturbati da cantieri*. - ARPA Lombardia – 2022.
- Bianchetto E.; Albertosi A.; Targetti S.; Aceto P.; Cavallero A.; Lonati M.; Paoletti R.; Locatelli C.; Rossini F.; Cereti C.F.; Domizi L.; Ubertini G.; Scotton M.; Ziliotto U.; Piccinin L.; Porqueddu C.; Nieddu S.; Maltoni S., 2004. *Scelta delle specie e delle tecniche di inerbimento delle aree manomesse in differenti contesti ambientali*. Quaderni di divulgazione scientifica, ISCF, Lodi.
- Bignami M., Facciotto P.M., Mancini A., 1986 - *Cave e territorio*. Edizioni l'Arciere, Cuneo.
- Cavallero A., Aceto P., Gorlier A., Lombardi G., Lonati M., Martinasso B., Tagliatori C., 2007. *I tipi pastorali delle Alpi piemontesi*. Alberto Perdisa Editore, Bologna.
- Celi L., Bonifacio E., 2016. *Fertilità del suolo e disponibilità dei nutrienti*. In: Grignani, C., *Fertilizzazione Sostenibile. Principi, tecnologie ed esempi operativi*. Edagricole, Bologna, pp. 121-164. ISBN: 978- 88-506 -5445-1
- Celi L., Bonifacio E., 2016. *Fertilità del suolo e disponibilità dei nutrienti*. In: Grignani, C., *Fertilizzazione Sostenibile. Principi, tecnologie ed esempi operativi*. Edagricole, Bologna, pp. 121-164. ISBN: 978- 88-506 -5445-1
- D'Antonio C., Meyerson L.A., 2002. *Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis*. *Restoration Ecology* 10 (4): 703-713.
- D'Antonio C., Meyerson L.A., 2002. *Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis*. *Restoration Ecology* 10 (4): 703-713.
- Delaney J.T., Baack E.J., 2012. *Intraspecific chromosome number variation and prairie restoration – a case study in Northeast Iowa, U.S.A.* *Restoration Ecology* 20: 576 – 583.
- Florineth' D., Froitzheim N., 1994. *Transition from continental to oceanic basement in the Tasna nappe (Engadine window, Graubünden, Switzerland): evidence for Early Cretaceous opening of the Valais ocean*. *SCHWEIZ MINERAL PETROGR MITT* 74, 437-448, 1994.

Florineth' D., Froitzheim N., 1994. Transition from continental to oceanic basement in the Tasna nappe (Engadine window, Graubünden, Switzerland): evidence for Early Cretaceous opening of the Valais ocean. SCHWEIZ MINERAL PETROGR MITT 74, 437-448, 1994.

Hufford K.M., Mazer S.J., 2003. Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 147 – 155.

ISPRA, 2010. Analisi e progettazione botanica per gli interventi di mitigazione degli impatti delle infrastrutture lineari. Manuali e linee guida 65.3/2010

ISPRA, 2010. Il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture. <http://www.isprambiente.gov.it/files/manuale65-2010/65.2-suoli.pdf>.

ISPRA, 2010. Il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture. <http://www.isprambiente.gov.it/files/manuale65-2010/65.2-suoli.pdf>.

Jaeger J. A. G., 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation

Kirmer A., Baasch A., Tischew S., 2012. Sowing of low and high diversity seed mixtures in ecological restoration of surface mined-land. *Applied Vegetation Science* 15: 198 – 207.

Lepš J., Doležal J., Bezemer T.M., Brown V.K., Hedlund K., Arroyo M.I., Jörgensen H.B., Lawson C.S., Mortimer S.R., Geldart A. p., Barrueco C.R., Regina I.S., Šmilauer P., van der Putten W.H., 2007. Longterm effectiveness of sowing high and low diversity seed mixtures to enhance plant community development on ex-arable fields. *Applied Vegetation Science* 10: 97 – 110.

MATTM, 2018. Manuale di autovalutazione del suolo. http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/life/LifeCarbOnFarm_Manuale_auto_valutazione_suolo.pdf.

Nsikani M.M., van Wilgen B.W., Gaertner M., 2018. Barriers to ecosystem restoration presented by soil legacy effects of invasive alien N₂-fixing woody species: implications for ecological restoration. *Restoration Ecology* 26 (2): 235 – 244.

NSW Department of Primary Industries, 2005. Maintaining groundcover to reduce erosion and sustain production. AGFACTS P2.1.14, New South Wales, NSW Department of Primary Industries.

Pignatti S., 1985 - *Ecologia vegetale*. UTET. Torino.

Pignatti S., Menegoni P., Pietrosanti S., 2005. Bioindicazione attraverso le piante vascolari. Valori di indicazione secondo Ellenberg (Zeigerwerte) per le specie della Flora d'Italia. *Braun-Blanquetia* 39: 1 – 97.

Vitousek P.M., D'Antonio C.M., Loope L.L., Rejmanek M., Westbrooks R., 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology* 21: 1 – 16.