

## 4.5 INTERVENTI AGRONOMICI (E. Muzzi)

### 4.5.1 FINALITÀ

Riattivare il ciclo della fertilità del suolo e creare condizioni favorevoli all'impianto e allo sviluppo iniziale della vegetazione e favorire l'evoluzione dell'ecosistema ricostruito, nel breve e medio periodo.

### 4.5.2 QUADRO D'INSIEME

Questi interventi vanno progettati sulla base di una chiara visione degli obiettivi dell'intervento. Ciò richiede innanzitutto una buona conoscenza del substrato. Questa si raggiunge, come già evidenziato nel Cap. 3, attraverso lo studio del suolo esistente, nonché la raccolta e l'analisi di un numero di campioni di terreno adeguato alle esigenze operative ed alla zonizzazione prevista per l'intera area di intervento. Sulla base di queste informazioni, il progettista deve innanzitutto definire la necessità e l'entità degli interventi agronomici: si può puntare su un approccio intensivo, caratterizzato da forti input esterni, per modificare i caratteri fondamentali del suolo (pH, struttura, nutrienti) o, all'opposto, puntare su un approccio estensivo, tutto basato sulla comprensione delle condizioni ecologiche esistenti e sulla scelta di specie adatte a vegetare in tali condizioni, dove gli interventi esterni saranno limitati, se non del tutto assenti. Gli interventi agronomici previsti avranno comunque un effetto limitato nel tempo e non potranno essere reiterati, come nella comune pratica agricola. Questo richiederà scelte tecniche mirate, anche diverse da quelle agricole, per prolungare l'efficacia nel tempo degli interventi iniziali, col fine di condizionare il più possibile la dinamica biologica. Pertanto le scelte agronomiche dovranno essere fortemente integrate con i successivi interventi sulla vegetazione. In base a quanto definito negli obiettivi da perseguire, il progettista deve innanzitutto organizzare:

- a) *gli interventi con effetti a breve termine*: insieme di interventi che ha un'azione limitata nel tempo, ma che può essere fondamentale per l'impianto della vegetazione; sono tipici nel recupero di tipo agricolo (es. lavorazioni);
- b) *gli interventi con effetti a medio termine*: insieme di interventi che interagisce nel tempo con l'evoluzione della copertura vegetale e del substrato: sono molto importanti nel recupero di tipo naturalistico e forestale (es. la gestione della sostanza organica).

La progettazione deve avere come obiettivo non solo il raggiungimento di risultati immediati, ovvero l'impianto e l'attecchimento della vegetazione, bensì supportare anche le prime fasi dell'evoluzione della copertura vegetale. Una buona organizzazione degli interventi consente di raggiungere queste finalità a costi contenuti, limitando anche il numero degli interventi di manutenzione e di gestione. Per raggiungere ciò il progettista deve organizzare i diversi momenti operativi definendo:

- a) *gli interventi preliminari*: insieme delle operazioni colturali che devono essere eseguite in fase di predisposizione e preparazione del sito e del substrato;
- b) *gli interventi in fase di impianto*: insieme delle operazioni colturali che devono essere eseguiti in fase di semina o trapianto delle specie vegetali;
- c) *gli interventi in copertura*: insieme delle operazioni colturali che devono essere eseguite in presenza della copertura vegetale già insediata.

### 4.5.3 DETTAGLI

La progettazione agronomica deve essere organizzata per migliorare, in modo temporaneo o permanente, diversi caratteri del suolo ed in particolare:

- gli aspetti fisici,
- gli aspetti chimici,
- gli aspetti biologici,

tutti elementi che caratterizzano la fertilità del suolo stesso.

#### 4.5.3.1 INTERVENTI SUGLI ASPETTI FISICI DEL SUBSTRATO

Gli interventi finalizzati a migliorare i parametri fisici del substrato sono principalmente indirizzati alla modifica, parziale o totale, della porosità del suolo. Questa infatti condiziona in vario modo i caratteri fondamentali del substrato (areazione, permeabilità, ecc.). Questa caratteristica può essere modificata in modo temporaneo o permanente, interagendo con la tessitura e la struttura del substrato.

##### **Interventi sulla tessitura**

La tessitura, carattere statico del suolo legato alla sua composizione dimensionale, può essere modificata nel breve periodo, in modo permanente, solo con l'apporto di materiale minerale a granulometria specifica. Questo può derivare dal mescolamento di strati sovrapposti o dalla macinazione di ghiaie o ciottoli già presenti in posto.

Un suolo sabbioso ("leggero"), generalmente, ha una buona areazione, ma una scarsa capacità di trattenuta dell'acqua, in quanto la distribuzione del diametro dei pori è sbilanciata verso le dimensioni medio-grandi. L'opposto si verifica invece in un suolo argilloso ("pesante"), dove la porosità capillare di piccole dimensioni domina, con problemi di areazione, di plasticità, di forte coesione e di scarsa disponibilità idrica per le piante, per la forte adesione e coesione tra acqua e matrice solida. Per migliorare un suolo sabbioso sarà perciò necessario integrare la frazione colloidale minerale, mentre in un suolo compatto e pesante si dovrà potenziare la frazione grossolana, il tutto per equilibrare la distribuzione della porosità verso un 50% di pori piccoli (spazio per l'acqua) ed un 50% di pori grandi (spazio per l'aria).

Le quantità di sostanza minerale necessaria per modificare questa composizione dello strato superficiale del suolo, indicativamente varia, in funzione della granulometria dei materiali utilizzati, tra: 5 e 10 cm di materiale colloidale fine per un suolo sabbioso; tra 7.5 e 15 cm di materiale grossolano per un substrato pesante. Questi ammendanti devono essere distribuiti uniformemente sulla superficie e mescolati con cura, attraverso ripetute arature profonde del substrato, associate ad estirpature o ripature, per favorire una buona distribuzione e compenetrazione tra gli strati.

##### **Interventi sulla struttura**

Le singole componenti elementari che costituiscono un suolo possono legarsi chimicamente tra loro a formare degli aggregati, influenzando così la microporosità all'interno degli aggregati, ma anche la macroporosità, tra gli aggregati stessi.

La struttura è una caratteristica complessa e dinamica che può variare nel tempo, ma è certamente correlata positivamente con la presenza di cationi a più cariche ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{+++}$ ,  $\text{Al}^{+++}$ ) e di colloidali, specie quelli organici. All'opposto la struttura risulta essere alterata negativamente dalla presenza di cationi a singola carica, come  $\text{Na}^+$ , che mantengono dispersi i colloidali, da una forte acidità, che disperde i colloidali organici ed il ferro, nonché dall'assenza di attività microbiche, che non permette l'alterazione della sostanza organica e la sua trasformazione in colloidali stabili.

Esistono diversi modi per intervenire sulla struttura, con effetti diversificati nel tempo.

### ***Interventi di breve durata sulla struttura***

#### ***Lavorazione del substrato***

Questa operazione permette un forte aumento della porosità totale ed in particolare della macroporosità; ha come diretta conseguenza un aumento della percolazione, dell'aereazione, della capacità termica, mentre riduce la risalita capillare. Questi effetti hanno comunque una durata limitata, non superando, nelle condizioni peggiori, la stagione vegetativa; tuttavia, questo effetto temporaneo può comunque essere molto importante nella fase di impianto della vegetazione. In condizioni difficili, quali i substrati minerali argillosi o limosi, la lavorazione rappresenta un intervento fondamentale, se non il principale, per consentire un rapido insediamento della copertura vegetale. L'aratura risulta indispensabile, in quanto consente l'interramento della sostanza organica, dei residui, dei concimi e degli ammendanti necessari per il miglioramento del substrato. In situazioni pedologiche evolute, invece, la lavorazione può creare dei problemi, in quanto può interagire con la struttura già presente, alterandola: è necessario perciò sempre operare in condizioni di "tempera", quando cioè si raggiunge naturalmente la minima coesione tra le particelle del suolo, o comunque dopo periodi prolungati di siccità, dove i danni alla struttura risultano essere minimi.

La profondità di lavorazione dipende da diversi fattori, come lo spessore del substrato, l'orografia, il tipo di vegetazione da insediare e la disponibilità di mezzi ed attrezzi meccanici appropriati. In genere con l'aratura non si superano mai i 50-60 cm di profondità; per raggiungere profondità maggiori si può ricorrere alla rippatura, che rompe gli orizzonti e ne favorisce la compenetrazione, senza però variare la stratigrafia. Sulle arature, o scassi profondi, si deve poi intervenire con una o più estirpature/erpicate per rompere eventuali aggregati di grandi dimensioni (zolle). E' sempre da evitare un eccessivo affinamento del substrato superficiale, che comporta un disgregamento della struttura e una diminuzione nella porosità.



Foto 4.5.1. Lavorazione del substrato minerale sabbioso, utilizzando un erpice coltivatore, su scarpa.

### ***Interventi di lunga durata sulla struttura***

#### ***Integrazione della sostanza organica***

E' considerato il trattamento più importante per favorire la formazione di una struttura stabile e duratura, in tutti i diversi tipi di substrato. L'apporto di sostanza organica rappresenta l'elemento base per favorire l'attività biologica del suolo: mette a disposizione materiale ed energia che favoriscono i diversi organismi tellurici ed

apporta grosse quantità di sostanze colloidali. Non esiste un valore di riferimento ideale: il contenuto in sostanza organica varia in funzione delle condizioni ambientali, delle caratteristiche del substrato e della destinazione del sito. Come regola empirica si può considerare come riferimento (Tab. 1.3) un contenuto di sostanza organica minimo del 3 %, come valore medio di tutto lo strato alterato, concentrando una percentuale più elevata nei primi 15-20 cm; questo valore può salire fino al 6 -10 %, in condizioni microclimatiche più fredde. Valori superiori individuano substrati umiferi e torbosi.

Questo valore può variare in funzione della granulometria del terreno (Tab. 4.5.1).

Tab.4.5.1. Contenuto in carbonio organico e della sostanza organica, in funzione della granulometria espressa in g/kg (Violante, 2000).

	SABBIOSO		FRANCO		ARGILLOSO	
	C	S.O.	C	S.O.	C	S.O.
Scarsa	< 7	< 12	< 8	< 14	< 10	< 17
Normale	7 - 9	12 - 16	8 - 12	14 - 21	10 - 15	17 - 26
Buona	9 - 12	16 - 21	12 - 17	21 - 29	15 - 22	26 - 38
Ottima	> 12	> 21	> 17	> 29	> 22	> 38

[C = carbonio; S.O. = sostanza organica]

Per integrare la disponibilità tellurica di sostanza organica si possono utilizzare diversi tipi di materiali:

a) *Sottoprodotti zootecnici*

- *letame*: è la miscelanza di deiezioni liquide e solide con materiali vegetali di diversa origine, utilizzati come lettiera. Presenta qualità e caratteristiche diverse in funzione del tipo di animali, del tipo di lettiera e della durata del periodo di conservazione. La sua azione è molto importante in quanto, come colloidale organico, aumenta la reattività del substrato e nel contempo apporta grosse quantità di microrganismi e di sostanze minerali. La sua azione e la durata del suo effetto dipendono:

- dalla natura del substrato: che può favorire o meno processi di mineralizzazione;
- dalla profondità di interramento: che condiziona gli scambi gassosi e le condizioni di ossidazione;
- dall'epoca di distribuzione: dove a temperature maggiori corrisponde una ossidazione più rapida.

Le dosi di applicazione variano in funzione delle condizioni della stazione e degli obiettivi prescelti: in agricoltura la dose comunemente impiegata è pari a 20 - 50 t/ha di materiale tal quale. In condizioni difficili, come avviene in molti ripristini, la dose può raggiungere le 100 t/ha, che corrisponde ad una percentuale di circa l'1%, se distribuita nei primi 15 cm. In esperienze estere si sono impiegate dosi ancora più elevate, raggiungendo le 500 t/ha. E' importante sottolineare la necessità di utilizzare materiale "maturo", cioè conservato con cura per un lungo periodo; questo letame deve essere caratterizzato da un aspetto omogeneo, da un colore scuro e da un peso specifico elevato (700-800 kg/m<sup>3</sup>); va evitato il prodotto fresco che può risultare caustico e meno ricco in microrganismi e colloidali. Il letame, dopo essere stato distribuito, deve essere immediatamente interrato, per limitare fenomeni di ossidazione della sostanza organica e volatilizzazione dell'azoto. In commercio esiste anche il letame essiccato e pellettato, più comodo nel trasporto, nello stoccaggio e nella distribuzione, ma con una componente microbica limitata. La concentrazione di azoto presente favorisce un valore di C/N molto basso, tale da consentire una rapida mineralizzazione della sostanza organica (50-80% nel primo anno).

Tab.4.5.2. Composizione chimica del letame.

	S.S.	S.O.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C/N
Letame bovino	20 - 40	18 - 37	0.3 - 0.6	0.1 - 0.4	0.4 - 1	25 - 30
Letame equino	25 - 40	23 - 37	0.4 - 0.7	0.2 - 0.3	0.5 - 0.8	20 - 25
Letame ovino	30 - 40	28 - 38	0.5 - 0.7	0.2 - 0.5	0.5 - 1.5	20

[S.S. = sostanza secca; S.O. = sostanza organica; N = azoto; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = anidride fosforica; K<sub>2</sub>O = anidride potassica; C = carbonio]

- *liquame*: è una miscela di deiezioni solide, liquide, nonché acqua, prodotto nei moderni allevamenti senza più lettiera. Come il letame, anche il liquame prima di essere distribuito deve essere conservato per un congruo periodo di tempo, al fine di abbattere la carica patogena (è espressamente vietato utilizzare gli ambiti estrattivi per la discarica di sottoprodotti inquinanti: si devono utilizzare solo prodotti agronomicamente ineccepibili). A differenza del letame la percentuale di sostanza organica risulta essere più bassa ed il contemporaneo maggior contenuto in azoto (C/N più basso) porta alla formazione di humus labile, più facilmente degradabile e quindi con un effetto immediato. L'uso del liquame comporta anche maggiori pericoli di inquinamento, sia delle falde che dei corsi d'acqua superficiali: è necessario anche in questo caso distribuirlo e subito interrarlo o interrarlo direttamente in modo tale che la rapida ossidazione e mineralizzazione coincida con il maggior fabbisogno della vegetazione. Per limitare la lisciviazione delle sostanze nutritive e favorire un apporto di sostanza organica più duraturo, può essere utile associare la sua distribuzione con altri sottoprodotti organici a lenta degradazione, come paglia (C/N molto elevato). Le dosi consigliate non superano le 5 - 6 t/ha di sostanza secca, anche se si può arrivare a dosi di 8 t/ha. Le parcelle trattate con liquami presentano spesso una forte stimolazione della vegetazione presente (piante e semi), legata probabilmente alla presenza di sostanze ormonali.

	S.S.	S.O.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C/N
Liquame bovino	5 - 15	4 - 12	0.4	0.3	0.4	8 - 13
Liquame suino	2 - 5	1.5 - 3.7	0.25	0.14	0.25	5 - 7

[S.S. = sostanza secca; S.O. = sostanza organica; N = azoto; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = anidride fosforica; K<sub>2</sub>O = anidride potassica; C = carbonio]

Tab.4.5.3. Composizione chimica del liquame.

- *pollina*: è la mescolanza di feci e lettiera di allevamenti avicoli. A differenza delle altre deiezioni la pollina presenta un'elevata percentuale in sostanza organica (Tab. 4.5.4), associata ad un altrettanto elevato tenore in azoto (sia ureico che ammoniacale): questo si ripercuote sul valore del C/N che risulta essere basso, inferiore anche al liquame, favorendo quindi una mineralizzazione veloce e la formazione di humus labile. La sua utilizzazione deve perciò avvenire poco prima della semina delle specie vegetali e comunque deve essere integrata con altri materiali organici, a degradazione più lenta. La dose generalmente utilizzata non supera le 1 - 2 t/ha, in sostanza secca. Dosi più elevate possono aumentare molto la salinità della soluzione circolante e determinare problemi di causticità alle piante. La sua importanza nasce dalla disponibilità sul mercato di prodotti essiccati e pellettati di facile uso.

	S.S.	S.O.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C/N
Pollina fresca	15 - 65	12 - 50	0.5 - 2.7	0.3 - 3.5	0.2 - 0.4	10 - 18
Pollina essiccata	85 - 90	70 - 75	4.6	1.5	2.6	15.5

[S.S. = sostanza secca; S.O. = sostanza organica; N = azoto; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = anidride fosforica; K<sub>2</sub>O = anidride potassica; C = carbonio]

Tab.4.5.4. Composizione chimica della pollina.

#### b) Scarti organici trattati

- *compost / ammendanti*: esiste un'ampia casistica di prodotti ammendanti, derivati da residui organici compostati, cioè sottoposti a processi di fermentazione o di maturazione biossidativa. Fondamentalmente sul mercato si possono reperire due tipi di prodotto:

- *compost derivato da RSU* (o ammendante da residui urbani): prodotto derivato da rifiuti urbani selezionati e vagliati solo dopo il conferimento, al fine di isolare la componente organica, che viene poi compostata, dando origine al cosiddetto "FOS, frazione organica stabilizzata". La composizione di questo prodotto è molto variabile, in funzione della stagione, dell'area geografica di provenienza, del tipo di ali-

mentazione di chi lo produce e di molti altri fattori. La composizione e le caratteristiche del compost da RSU è comunque regolata da specifiche leggi, che fissano i valori minimi o massimi dei diversi componenti (Tab. 4.5.5). Questo materiale deve essere usato miscelato con terreno o con un substrato inerte. La quantità di FOS impiegabile sarà perciò funzione del tipo e della quantità del materiale utilizzato nella miscelazione. La miscela risultante dovrà presentare un tenore in metalli pesanti non superiore allo standard previsto per i “terreni bonificati”, come indicato dal D.G.R n.1183 del 24-05-96 della Regione Emilia Romagna. Viste le caratteristiche non sempre ben accette dagli agricoltori, questi ammendanti possono invece essere utilizzati con efficacia negli interventi di ripristino ambientale e paesaggistico. Deve essere posta attenzione alle quantità di composti azotati liberati per ossidazione del materiale. Questo rappresenta un altro limite all’impiego generalizzato. In situazioni particolari, come cave di argilla, sono stati proposti fino a 180 t/ha di s.s. di FOS viste le garanzie di salvaguardia naturali legate al tipo di substrato.

Tab.4.5.5. Caratteristiche dell’ammendante derivato da RSU (FOS) e dell’ammendante vegetale compostato.

PARAMETRI	UNITA' DI MISURA	LIMITI FOS	LIMITI AMM. VEGETALE
Materiali inerti	% ss	< 3	assenti
Vetri dimensioni	mm	< 3	assenti
Vetri	% ss	< 3	assenti
Plastiche	% ss	< 0.9	assenti
Ferrosi	% ss	< 0.9	assenti
Sostanza secca	%	> 55	> 55
Sost.organica	% ss	> 40	> 40
Sost.umificata	% ss	> 20	> 20
C/N		< 30	< 55
N tot	% ss	> 1	< 4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% ss	> 0.6	> 0.6
K <sub>2</sub> O	% ss	> 0.4	> 0.4
Granulometria	mm	0.50	0.50 - 25- 25
Salmonelle	N/50 g	assenti	assenti
Semi Infestanti	N/50 g	assenti	assenti
pH	6.0 - 8.5	6.0 - 8.5	
Arsenico	mg/kg ss	< 10	< 10
Cadmio	mg/kg ss	< 10	< 10
Cromo III	mg/kg ss	< 500	< 500
Cromo VI	mg/kg ss	< 10	< 10
Mercurio	mg/kg ss	< 10	< 10
Nichel	mg/kg ss	< 200	< 200
Piombo	mg/kg ss	< 500	< 500
Rame	mg/kg ss	< 600	< 600
Zinco	mg/kg ss	< 250	< 25000

- *compost derivato da materiali organici vegetali (ammendante compostato verde) e/o animali o dalla componente organica dei RSU derivati da raccolta differenziata (o ammendante compostato misto):* rispetto al materiale precedente sono del tutto assenti gli inerti e le materie plastiche, così come sono molto contenuti i valori dei metalli pesanti. Il notevole valore agronomico del prodotto si riflette anche nel prezzo, tanto da essere preferibilmente utilizzato nel vivaismo e nelle colture ortofrutticole. La Legge 748/84 prevede diverse denominazioni per questi prodotti ammendanti, che possono presentare tenori minimi in sostanza organica, compresi tra il 20 ed il 40% sul tal quale, tenori massimi in azoto tra il 2 ed il 4 % sul tal quale ed un rapporto C/N massimo compreso tra 20 e 55.

### c) Sottoprodotti agricolo/forestali

Tra gli ammendanti tradizionali sono poi da considerare con attenzione anche i materiali organici derivati dall'attività agricola e/o forestale. In molte situazioni questi materiali sono di facile reperibilità ed hanno un costo molto contenuto. In generale sono prodotti caratterizzati da tenori di sostanza organica elevata, anche se con un rapporto di C/N da elevato a molto elevato, fatta eccezione per lo sfalcio d'erba. Hanno perciò dei tempi di alterazione lunghi e possono creare dei problemi per l'immobilizzo di sostanze minerali, come l'azoto, durante il processo di ossidazione. Entrambi questi caratteri diventano invece molto interessanti per realizzare interventi efficaci nel medio periodo. Il prolungamento nel tempo della trasformazione della sostanza organica permette di bloccare nel substrato maggiori quantità di azoto (derivato contemporaneamente anche da liquami o concimi chimici), che altrimenti verrebbero liscivate. Materiali come la paglia e il legno cippato migliorano anche l'aerazione del substrato per un periodo di tempo prolungato. La scorza d'albero ha una forte azione acidificante ed anticlorotica; lo sfalcio d'erba interrato si ossida invece rapidamente e libera grandi quantità di CO<sub>2</sub> e blocca grosse quantità di azoto. Questi materiali perciò possono essere largamente utilizzati, rendendoli complementari di altri, come i liquami, che hanno effetti intensi, ma troppo immediati.

	S.S.	S.O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C/N
Paglia di frumento	80 - 88	75 - 83	0.3 - 2	0.2 - 0.3	0.5 - 1.1	100
Fieno di medica	85	77	2.5	0.5	2.1	25
Stocchi di mais	82 - 83	76	0.8	0.08	1.9	50
Sfalcio di prato stabile	16 - 20	4 - 11	0.8	0.1	0.3	12 - 15
Segatura	40 - 65		0.1 - 0.5	0.03 - 0.07	0.2 - 0.7	200 - 500
Scorza d'albero			0.6	0.06	0.22	100 - 1200

[S.S. = sostanza secca; S.O. = sostanza organica; N = azoto; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = anidride fosforica; K<sub>2</sub>O = anidride potassica; C = carbonio]

Tab.4.5.6. Ammendanti organici derivati da prodotti - sottoprodotti agricolo - forestali.

### d) Sovescio

La pratica del sovescio, o della precoltivazione, consiste nell'interramento di una coltura erbacea seminata appositamente, al fine di aumentare il tasso di sostanza organica e/o di azoto nel substrato. Le specie comunemente utilizzate nel sovescio sono: loglio, avena, segale ed orzo tra le graminacee; colza e senape tra le crucifere; veccia, trifoglio, lupino e meliloto tra le leguminose. Per la buona riuscita del sovescio è necessario predisporre un letto di semina adeguato (attraverso lavorazioni e concimazioni a servizio della coltura erbacea). Questa, seminata sia in autunno che in primavera, a seconda delle esigenze ecologiche della specie, viene lasciata crescere per poi essere interrata, meglio se trinciata, ad una profondità al massimo di 20-25 cm, in corrispondenza dell'impianto della vegetazione definitiva. Questo consente la mineralizzazione dei tessuti e l'aumento delle disponibilità sia in sostanza organica che in elementi minerali, in particolare di azoto. Se il fine dell'intervento è quello di produrre della sostanza organica è allora necessario allungare il periodo di crescita della coltura, ritardandone l'interramento, per favorire una maggiore lignificazione e un maggiore rendimento in humus. Questo può andare a scapito dell'azoto fissato e della quantità di CO<sub>2</sub> prodotta durante la decomposizione: può infatti creare dei problemi di immobilizzo di azoto dalla soluzione circolante nella fase di mineralizzazione. L'interramento deve avvenire con un certo anticipo rispetto alla semina o piantagione successiva, in funzione delle condizioni climatiche locali, al fine di consentire la prima mineralizzazione della sostanza organica interrata, fenomeno incompatibile con la germinazione e la crescita dei semi. I risultati, in termini di humus, sono comunque più limitati rispetto all'utilizzo di letame. Questa pratica può essere utile in mancanza di altre fonti di sostanza organica o in presenza di sfasamenti tra siste-

Foto 4.5.2. Distribuzione localizzata di letame ed immediato interrimento attraverso aratura, su scarpata fortemente inclinata.



mazioni ed inerbimenti. Infine, anche se può apparire ovvio, va verificata preventivamente l'effettiva fattibilità dell'intervento, viste le condizioni del terreno di partenza, la sua giacitura ed accessibilità e le esigenze delle specie da impiantare.

Tab.4.5.7. Specie erbacee utilizzate per il sovescio.

	CLIMA	RESISTENZA	SUBSTRATO	PH	APPORTO
GRAMINACEE					
<i>Lolium</i> spp.	M-TC	C	S-A	A-B	O
<i>Avena sativa</i>	M-TC	C-U	S-A	A-B	O
<i>Secale cereale</i>	TC-TF	F-U	S-A	A-B	O
CRUCIFERE					
<i>Brassica napus</i>	TC-TF	F-U	S	A-B	O
<i>Sinapis alba</i>	TC-TF	F-U	S	A-B	O
<i>Raphanus sativus</i>	TC-TF	F	A	A-B	O
LEGUMINOSE					
<i>Vicia sativa</i>	M-TC	C-U-S	S-A	A-B	O-N
<i>Vicia villosa</i>	TC-TF	F-C-U-S	S-A	A-B	O-N
<i>Lupinus luteus/ang.</i>	M-TC	C	S	A	O-N
<i>Melilotus album/offic.</i>	M-TC	F-C-S	S-A	B	O-N
<i>Trifolium incarnatum</i>	M-TC	C-U-S	S-A	A	O-N
<i>Trifolium subterraneum</i>	M-TC	C-U	A	A-B	O-N
<i>Trifolium alexandrinum</i>	M-TC	C	S	A	O-N

[M = Mediterraneo, TC = Temperato caldo, TF = Temperato freddo; C = Caldo, U = Umido,

F = Freddo, S = Secco;

S = Sabbioso, A = Argilloso; A = Acido, B = Basico; O = Sostanza organica, N = Azoto]

### Calcitazione

E' una tecnica che prevede la distribuzione e l'interrimento di grosse quantità (fino a 50 t/ha) di calcio, sotto diverse forme ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ , marna, ecc.), al fine di favorire, nel breve e medio periodo, la formazione o il miglioramento della struttura, sia in substrati sciolti che compatti, anche in presenza di quantità limitate di sostanza organica. Infatti il calcio nei substrati sciolti conferisce una grana più fine ed agisce come cemento tra le particelle; in quelli pesanti invece favorisce la coagulazione degli elettroliti negativi (colloidi), per formare aggregati più grandi. L'azione del calcio è però reversibile: una grossa asportazione accompagnata da una forte percolazione possono dilavarlo nel tempo, verso gli strati profondi. I materiali da utilizzare sono diversi:

- *calcare macinato*: finemente triturato ha un'azione lenta, ma duratura; è molto utile nei

- substrati ricchi in sostanza organica, in quanto ne evita un eccessivo e rapido consumo. E' preferito su substrati sciolti, in dosi che possono raggiungere le 10 t;
- *calce idrata*: idratandosi sul terreno si carbonata con la  $CO_2$ , trasformandosi in  $CaCO_3$  che precipita. Ha perciò una maggiore mobilità negli strati con una azione rapida ed immediata: per questo è preferita sui substrati compatti. Si devono usare calci "grasse", ricche di ossido di calcio, che devono essere distribuite in dosi fino a 2 t/ha, in mucchi o strati ricoperti con terreno, rimescolando il tutto dopo 15-20 giorni;
- *marne*: sono rocce argillose, ricche in  $CaCO_3$  (30-40%), finemente macinate o disgregate, che sono uniformemente distribuite, in dosi fino a 30-40 t/ha e poi interrate, attraverso ripetute lavorazioni. Sono preferite sui substrati sciolti;
- *calci di defecazione*: sottoprodotti degli zuccherifici, che essiccati presentano un 70-80% di  $CaCO_3$ , finemente suddiviso e anche con tracce di sostanze fertilizzanti, quali l'azoto ed il fosforo.

### **Condizionamento** (integrazione di Fe e colloidali organici)

Attraverso l'uso di particolari sostanze quali i composti inorganici del ferro (allume di ferro: nomi commerciali: Flotal, Glotal, Trifer) o i polimeri organici (cationici, anionici, non ionici e polari) è possibile migliorare, in modo più o meno stabile, la struttura dei substrati pesanti argillosi. Mentre i composti del Fe hanno fornito risposte positive e persistenti, per i polimeri organici invece si è riscontrato solo un effetto transitorio, legato probabilmente alla degradazione delle molecole da parte della microflora del terreno o al dilavamento. Le applicazioni di queste sostanze devono avvenire in contemporanea con le lavorazioni del substrato: è preferibile suddividere la distribuzione in diversi momenti: aratura, erpicatura, in modo da rendere più uniforme la sua distribuzione nel profilo. Le dosi variano con il substrato, ma risultano essere comprese tra 0.5-0.75 ‰ per i sali di ferro e tra 0.5-1 ‰ per i polimeri organici del peso del terreno da correggere. Problematici sono il loro reperimento sul mercato ed il costo elevato.

### **Controllo della salinità** (allontanamento di $Na^+$ )

In certi substrati la presenza di cationi monovalenti a grande raggio, come il  $Na^+$ , causa la mancata flocculazione dei colloidali, che rimangono perciò dispersi con conseguenze sulla porosità e sulla struttura del substrato. E' possibile intervenire, cercando di sostituire ed allontanare questi elementi minerali con altri cationi bi o trivalenti, attraverso la correzione del substrato, e poi favorirne un rapido allontanamento attraverso la rete di scolo. Per un maggior dettaglio si deve far riferimento al paragrafo sulle correzioni dei substrati alcalini (Cap. 4.5.3.2).

### **Potenziamento dell'attività biologica**

E' necessario eliminare o controllare tutti i fattori limitanti l'attività biologica, sia quella microbica che quella legata alla fauna tellurica. Tra questi i principali sono rappresentati da:

- pH troppo basso: questo limita, fino a bloccare, l'attività dei microrganismi; vengono così a mancare i comuni processi di degradazione, mineralizzazione ed umificazione, con conseguente accumulo di sostanza organica nel terreno. Il pH basso favorisce inoltre la dispersione dei colloidali, impedendone la flocculazione. E' necessario perciò portare il pH verso la normalità o la sub alcalinità, attraverso interventi di correzione (cfr. Cap. 4.5.3.2);
- temperature basse: per i processi biologici è considerato ottimo l'intervallo 25-30 °C. Questo può essere raggiunto grazie a interventi che favoriscono innanzitutto una buona areazione del substrato (cfr. Cap. 2.3);
- areazione limitata: la presenza di ossigeno assicura una normale attività ossidante, favorendo la microflora aerobica, responsabile dei processi di mineralizzazione - umificazione. E' quindi necessario mantenere sempre il substrato con una buona porosità, favorendo l'allontanamento delle acque di scolo stagnanti. Un eccesso di pratiche

agronomiche, come le lavorazioni, può però portare a fenomeni di eccessiva ossidazione, con distruzione rapida della sostanza organica.

### **Interventi sul regime termico**

La temperatura ha una notevole influenza su tutte le attività chimiche, fisiche e biologiche del suolo. Molto importante è la relazione tra temperatura e vegetazione: la condizione ottimale per l'attività radicale varia normalmente tra i 10 ed i 30°, con un ottimo verso i 20-25°. Il calore del suolo è legato principalmente all'irraggiamento solare, mentre apporti legati alle fermentazioni, od altro, hanno un ruolo secondario. Sono due le condizioni negative che, a volte, è necessario fronteggiare: l'eccesso di calore o, al contrario, la sua insufficienza.

#### ***Eccesso di calore***

Valori elevati nella temperatura dei primi orizzonti del suolo comportano il blocco nell'attività fisiologica delle piante, associato a fenomeni di forte evaporazione. Gli interventi necessari per limitare questi eccessi di temperatura, legati all'irraggiamento solare, possono essere di tipo morfologico o di tipo operativo.

#### ***Interventi morfologici***

Sono gli interventi che investono direttamente le forme di abbandono: progettando con attenzione, può essere evitato l'eccessivo irraggiamento modificando:

- a) *l'esposizione*: le aree esposte a mezzogiorno presentano una durata maggiore dell'insolazione, con conseguente forte aumento nelle temperature a cui si associa una fortissima escursione termica.
- b) *L'inclinazione*: è possibile variare l'angolo di incidenza dei raggi solari con il suolo; l'irraggiamento sarà massimo quando l'inclinazione del terreno rispetto all'orizzontale sarà eguale alla latitudine.

#### ***Interventi operativi***

Sono gli interventi che interessano direttamente il substrato:

- a) *mantenimento della pietrosità*:  
molte volte un'eccessiva pietrosità del substrato è considerata negativamente, sia in termini operativi che paesaggistici. In presenza di forti irraggiamenti però la presenza di massi e pietre di dimensioni adeguate crea delle piccole aree parzialmente ombreggiate, entro cui può insediarsi e svilupparsi della vegetazione: in tali condizioni sono perciò da evitare o limitare gli interventi sulla pietrosità, quali rimozioni o macinature.
- b) *Pacciamatura*:  
una buona pacciamatura di materiale vegetale permette di ridurre l'irraggiamento diretto del substrato, con un conseguente raffreddamento ed una diminuzione nell'evaporazione dell'acqua tellurica, spesso fattore limitante la crescita vegetale.
- c) *Irrigazione*:  
apporti di acqua attraverso l'irrigazione permettono, superata la fase dell'umettamento, una diminuzione della temperatura, sia per conduzione diretta sia per evaporazione.
- d) *Lavorazioni superficiali*:  
modificando la porosità superficiale e interrompendo la capillarità superficiale, attraverso delle lavorazioni, è possibile ridurre le perdite per evaporazione e nel contempo creare uno strato superiore molto poroso che limiti il riscaldamento di quelli sottostanti.
- e) *Drenaggio*:  
una buona dotazione in acqua del substrato favorisce un'elevata evaporazione, con raffreddamento dovuto al passaggio di stato, quindi, limitando il deflusso, in periodi di forte insolazione, si può potenziare il fenomeno.

### ***Insufficienza di calore***

Esistono situazioni in cui la temperatura del substrato risulta essere troppo bassa, tale da limitare l'attività biologica, ritardando la crescita delle piante e la germinazione dei semi. Anche in questo caso si possono prevedere interventi morfologici ed operativi.

### ***Interventi morfologici***

Sono gli interventi già analizzati nella condizione precedente (esposizione ed inclinazione) anche se sono da utilizzare all'opposto, per favorire un maggior irraggiamento.

### ***Interventi operativi***

#### ***a) Pacciamatura:***

utilizzando del materiale pacciamante, come i film plastici, che bloccano l'irraggiamento del terreno, è possibile aumentare, specie in periodi freddi, la temperatura del substrato in prossimità delle radici, limitando i danni da gelo, favorendo una ripresa precoce ed inibendo nel contempo la vegetazione infestante.

#### ***b) Drenaggio:***

favorendo un veloce allontanamento dell'acqua in eccesso si aumenta la presenza di aria nel suolo, con un conseguente maggior riscaldamento, visto il minor calore specifico dell'aria e la minore evaporazione.

#### ***c) Lavorazioni profonde:***

favorendo una più profonda penetrazione dell'acqua nel substrato si ottiene un più elevato riscaldamento dello strato superficiale, sede degli apparati radicali, causa la maggior presenza di aria nel suolo ed una diminuita evaporazione.

#### ***d) Lavorazioni superficiali:***

con la lavorazione dello strato superficiale, si aumenta decisamente la sua temperatura, causa l'aumento di porosità ed il mancato apporto capillare. Questo riscaldamento però interessa solo tale strato e può essere fatto in associazione alla semina, per favorire una maggiore precocità nella germinazione del seme.

### **4.5.3.2 INTERVENTI SUGLI ASPETTI CHIMICI DEL SUBSTRATO**

Il controllo e la gestione della componente chimica del suolo può avvenire attraverso:

#### ***a) Interventi sulla composizione del suolo minerale***

Le componenti mineralogiche di un suolo sono sottoposte a processi chimici o biochimici e possono condizionare nel lungo periodo la pedogenesi. E' possibile intervenire sulla componente minerale variando, almeno in parte, la composizione mineralogica di partenza, mescolando materiali con diverse caratteristiche (con effetti solo nel lungo periodo) o nei casi più estremi (come quello rappresentato dalla piritite) realizzando uno strato protettivo sufficientemente spesso per isolare le rocce originarie dall'attività chimica o biochimica del suolo (con effetti già nell'immediato).

#### ***b) Interventi sulla componente colloidale***

La porzione colloidale rappresenta l'elemento attivo in equilibrio con tutte le diverse fasi presenti. Per potenziarne l'azione è possibile intervenire sia sulla porzione organica che inorganica.

- *Interventi sulla porzione colloidale organica:* l'apporto di sostanza organica e la sua umificazione consentono un notevole potenziamento nell'attività colloidale: questo può avvenire direttamente attraverso ammendamenti, cioè la distribuzione e l'interramento di materiale organico (di origine e natura diverse), in quantità che sono funzione del substrato di partenza e della destinazione d'uso del sito, o, indirettamente, attraverso l'attività delle piante, dei loro residui e dei microrganismi presenti. Invece il processo di umificazione è funzione del tipo di microflora presente e delle condizioni microambientali in cui opera. Una corretta gestione di entrambi consente un graduale processo di alterazione, evitando gli eccessi di

un'ossidazione rapida o l'accumulo nel tempo. La distribuzione di sostanza organica e gli interventi atti a favorire l'umificazione sono diffusi, sia per la loro efficacia che per i costi relativamente contenuti. Questa componente rappresenta infatti uno degli elementi fondamentali del processo di ricostruzione ambientale: è attraverso questi residui e la loro alterazione che si innescano molti se non tutti i processi di pedogenesi e di evoluzione dell'ecosistema.

- *Interventi sulla porzione colloidale inorganica*: l'integrazione delle sostanze colloidali di origine minerale può avvenire direttamente, per riporto o per rimescolamento di strati o, indirettamente, favorendo l'attività di pedogenesi che, alterando la roccia madre, può portare alla formazione di sostanze argillose. Entrambe sono soluzioni problematiche: rapida ma costosa la prima, molto lenta la seconda.

c) *Interventi sulla disponibilità dei singoli elementi*

Attraverso apporti mirati è possibile, sia al momento dell'impianto che nel prosieguo, condizionare la composizione e la concentrazione della soluzione circolante: apporti sia organici che inorganici mettono a disposizione elementi o composti minerali che possono essere utilizzati per l'attività chimica e biochimica del substrato. Anche interventi colturali quali lavorazioni, debbio od altro, possono modificare la disponibilità dei diversi elementi.

d) *Interventi sulle condizioni stagionali*

Modificando le condizioni locali è possibile condizionare tutte le attività chimiche e biochimiche. In particolare alterando l'aerazione, la permeabilità, l'umidità e quindi la temperatura del substrato è possibile condizionare la disponibilità dei diversi elementi.

e) *Interventi sulla componente biotica del terreno*

E' possibile intervenire sia sulla componente microbiologica che su quella superiore: tutti quegli interventi che alterano la presenza e la quantità degli organismi viventi hanno delle ripercussioni a livello dei processi chimici del suolo e quindi anche sull'evoluzione del suolo stesso. Gli interventi possono interessare direttamente:

- *la componente microbiologica*: attraverso lavorazioni, concimazioni, correzioni e drenaggi e, in alcuni casi, anche inoculazioni o altro, è possibile interagire con questa componente, indirizzandola (cfr. Cap. 4.5.3.3);

- *la componente biologica superiore*: attraverso la scelta delle specie vegetali, gli sfalci, i diserbi, i diradamenti, le lavorazioni, le concimazioni, le correzioni e le altre pratiche colturali è possibile condizionare le specie vegetali superiori che, a loro volta, influenzano le condizioni e l'attività biochimica del substrato e quindi la sua evoluzione.

Nella progettazione ed organizzazione di questi interventi sono diversi gli elementi di natura chimica del terreno da considerare:

- la disponibilità di sostanze trofiche;
- la presenza di sostanze tossiche;
- la reazione della soluzione circolante.

#### 4.5.3.2.1 DISPONIBILITÀ DI SOSTANZE TROFICHE

Per il riavvio del ciclo della fertilità del suolo è necessario che il substrato presenti una concentrazione adeguata di macro, meso e microelementi, indispensabili per l'attività biologica (Tab. 1.5). Fondamentali da un punto di vista pratico sono i macroelementi: è su questi che si deve concentrare innanzitutto l'attenzione del progettista, in quanto sono quelli necessari in quantità maggiori e rappresentano il fattore limitante più importante. In particolare, è necessario controllare la presenza e la disponibilità di azoto, fosforo e potassio. La disponibilità di questi elementi dipende dalle caratteristiche del substrato, dalla pedogenesi e dalle finalità dell'intervento.

Substrati evoluti e ben conservati non presentano particolari problemi di disponibilità. In ambiti poco evoluti o minerali si hanno all'opposto grossi problemi: infatti gli interventi di integrazione (concimazioni, ammendamenti) causano sempre delle risposte pronte nella copertura vegetale. Per ogni sostanza minerale è difficile stabilire con precisione le quantità ottimali di riferimento, in quanto funzione delle caratteristiche geochimiche ed ecologiche della stazione (forma chimica, immobilizzazione, ecc.). Per gli elementi minerali più importanti sono stati definiti dei valori minimi e massimi di riferimento, per gli ambienti temperati (Tab. 1.5).

Le necessità di sostanze nutritive variano in funzione delle finalità, del tipo di intervento e degli aspetti tecnico-biologici dell'intervento stesso, già analizzati in precedenza. Importante è definire e progettare una strategia di intervento, applicarla e verificare nel tempo l'azione dei diversi elementi, per potere così eventualmente operare con successive integrazioni e/o aggiustamenti. Consideriamo più in dettaglio gli elementi minerali principali.

### Azoto

L'azoto, come noto, rappresenta un elemento minerale molto importante per la nutrizione delle piante, ma è anche il principale fattore limitante dell'attività biologica negli ecosistemi ricostruiti. Per le sue caratteristiche (elevata mobilità nel suolo, legame con attività biotica, ecc.), pone notevoli problemi tecnici. L'apporto di azoto nel terreno è quindi uno degli interventi agronomici più importanti e complessi. La quantità di azoto totale da somministrare varia molto in relazione alle condizioni ecologiche ed agli obiettivi prefissati. In genere, si opera con una forte concimazione organica, che può essere integrata da dosi contenute di prodotti azotati di sintesi (50 - 100 kg/ha di N), cercando di frazionare il più possibile nel tempo la distribuzione,



Foto 4.5.3. Distribuzione di concime chimico granulare con spandiconcime centrifugo.

per limitare il dilavamento ed evitare un impatto troppo forte sull'ecosistema. A differenza degli altri macroelementi, non sarà comunque possibile integrare le riserve, del substrato, dell'azoto, necessario per sostenere un sistema complesso, con poche somministrazioni, magari concentrate nel primo anno e sarà necessario prevedere integrazioni negli anni successivi all'impianto, attraverso distribuzioni in copertura nel lungo periodo.

Questo arricchimento può avvenire sotto diverse forme:

a) *da ossidazione della sostanza organica presente*: parte della sostanza organica naturalmente presente nel substrato viene mineralizzata, liberando sostanze trofiche. La disponibilità di azoto è perciò funzione diretta del contenuto, del tipo di sostanza

organica, delle condizioni ossido-riduttive (redox) presenti e della temperatura del sito, fattori che influenzano tutta l'attività microbiologica. La restante parte di questa sostanza organica può invece umificare, bloccando una certa quantità di azoto presente. Si possono quindi avere sia problemi quantitativi (eccesso di liberazione o carenza per immobilizzazione), sia problemi qualitativi di sfasamento temporale tra le necessità della copertura vegetale (massime nel periodo primaverile) e la disponibilità di azoto liberato (massima nel periodo estivo), specie nelle fasi di impianto ed insediamento della vegetazione.

b) *Da ammendanti organici*: attraverso l'apporto di ammendanti organici si condiziona pesantemente anche la disponibilità di azoto nella soluzione circolante. Infatti come ammendanti organici si ricorre comunemente a sottoprodotti zootecnici (letame o liquame) o scarti di produzione o lavorazione. Tutti questi materiali presentano tenori limitati di sostanze nutritive, ma i grandi volumi impiegati consentono apporti minerali importanti. In genere si preferisce utilizzare sottoprodotti "maturi", conservati cioè per un certo periodo di tempo: questo sia per limitare i problemi di inquinamento, che per migliorare la concentrazione degli elementi nutritivi e delle sostanze colloidali. Esistono anche diversi prodotti preparati industrialmente (compostati, terricciati, disidratati, pellettati), che sono comunemente utilizzati in situazioni sfavorite (difficile accessibilità, carenza di mezzi, ecc.) o dove non sono reperibili sottoprodotti agricoli.

Il tipo e le quantità di ammendanti organici da utilizzare sono funzione:

- del tipo di destinazione (agricola, non agricola);
- dello stadio evolutivo in cui si vuole inserire l'intervento (fase pioniera, fase evoluta);
- del tipo di substrato e della sua "fertilità residua";
- del carattere dell'intervento (intensivo, estensivo, puntuale, reiterato).

Comunemente in ambito agricolo si distribuiscono quantità comprese tra 10-100 t/ha di letame. La disponibilità di questa fonte di azoto è funzione della composizione del materiale (Tab. 4.5.2) e dell'attività microbica: la velocità di ossidazione dell'ammendante può essere valutata attraverso il valore del rapporto C/N: prodotti con un C/N basso tendono ad ossidarsi più facilmente e più rapidamente. Buona regola è perciò utilizzare un insieme di prodotti a velocità di mineralizzazione diversa, che si degradino e liberino l'azoto in un più ampio periodo di tempo. All'opposto è anche necessario controllare che durante i processi microbiologici di alterazione della sostanza organica, specie quella povera in azoto, non avvenga un temporaneo blocco di grosse quantità di questo elemento da parte della microflora: in questo caso dovranno prevedersi apporti mirati di sostanze minerali. La distribuzione della sostanza organica può avvenire solo in presemina, interrando prontamente il materiale, per limitare le perdite di N<sub>2</sub> come gas: la profondità di interramento dovrà comunque essere contenuta, 20-50 cm al massimo, in quanto è qui che si concentra l'attività microbiologica del suolo. In copertura possono essere distribuiti terricciati o compostati stabilizzati, anche se questa è una pratica poco diffusa, viste le forti perdite sia per ossidazione, che per volatilizzazione ed erosione.

c) *Da concimi di origine organica*: esistono molti sottoprodotti di origine animale/vegetale che, opportunamente trattati, vengono venduti come concimi azotati o azoto-fosforici. Presentano un tenore in azoto interessante (5- 15%), ma di forma variamente degradabile. E' così possibile, utilizzando sostanze diverse, graduare la liberazione del minerale per limitare le perdite per dilavamento e massimizzarne il rendimento.

Rispetto all'unità di azoto liberata sono però decisamente più costosi dei prodotti di sintesi: non va dimenticato che questi prodotti presentano anche un elevato tenore in sostanza organica. Il loro uso è principalmente condizionato dalla reperibilità e disponibilità locale. Tra tutti i diversi prodotti organici sono quelli a lenta o lentissima cessione che possono avere una notevole importanza dal punto di vista pra-

tico, vista la necessità, specie nelle destinazioni naturalistiche, di incrementare nel medio periodo la dotazione di azoto. I prodotti sono di solito interrati in fase di preparazione o al momento dell'impianto, anche per limitare le perdite per volatilizzazione. Non comportano in genere problemi di inquinamento, a meno di sovradosaggi, e comunque solo per i prodotti ad effetto immediato.

Tab.4.5.8. Composizione dei concimi azotati e azoto-fosforici di origine naturale.

	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
<u>MATERIALI A PRONTA MINERALIZZAZIONE</u>			
Farina di sangue	9 - 12	0.5 - 1.5	0.6 - 0.8
Guano	3 - 16	3 - 20	1 - 4
Borlande essiccate	3 - 6		6 - 8
Farina di pesce	5 - 12	3 - 7	
<u>MATERIALI A MINERALIZZAZIONE INTERMEDIA</u>			
Cuoio torrefatto	5 - 10		
Farina di carne	4 - 14	0.2 - 8.5	
Panelli	3 - 9		
<u>MATERIALI A MINERALIZZAZIONE LENTA</u>			
Farina di ossa	2 - 5	18 - 22	
Cuoiattoli	8	1	
Cascami di lana	8 - 15	0.1	0.2
<u>MATERIALI A MINERALIZZAZIONE LENTISSIMA</u>			
Pennone	10 - 14		
Cornunghia	9 - 15	2 - 5	

d) *Da concimi di origine minerale:* gli azotati minerali sono oramai solo di sintesi. Di questi ne esiste una casistica molto varia:

- concimi a pronto effetto: a base di nitrati;
- concimi ad effetto dilazionato: a base di ione ammonio, che solo parzialmente viene assunto tal quale, richiedendo invece una trasformazione microbiologica a ione nitrato;
- concimi organici: che richiedono anch'essi l'intervento della microflora per essere trasformati in ione ammonio e poi in ione nitrico (urea);
- concimi a lenta cessione: che consentono una cessione dilazionata nel tempo dell'azoto. Esistono diverse tecnologie produttive (Ammidi, urea + aldeidi, rivestimenti, matrici), ma tutte hanno la caratteristica di rilasciare l'azoto in tempi diversificati, che comunemente vanno dalle poche settimane ad 1-2 anni. Il costo tuttavia risulta molto elevato.

La scelta di un particolare formulato è funzione:

- delle esigenze agronomiche e/o ecologiche: pronto effetto, effetto dilazionato o prolungato;
- delle proprie caratteristiche chimiche in relazione al substrato: azione sul pH, presenza di macro o microelementi, salinità;
- delle esigenze operative: miscelazione con altri concimi, distribuzione, interramento.

Ad eccezione dei tipi a "lenta cessione" e di quelli organici, i costi di questi formulati sono sempre contenuti. La distribuzione dei concimi minerali azotati può avvenire sia in presemina, che in copertura. Le dosi da applicare sono funzione:

- delle esigenze della vegetazione: per ottimizzare l'intervento, favorendo un uso completo delle dosi;
- delle condizioni microclimatiche: per evitare dilavamenti in periodi umidi o crescite eccessive in periodi siccitosi;

- delle esigenze ecologiche: per evitare inquinamenti dovuti a percolazione profonda;

- degli altri apporti previsti.

Come regola generale si deve frazionare la concimazione azotata minerale in diversi momenti della stagione vegetativa, in modo da adattare la disponibilità del minerale alle reali esigenze del soprassuolo e favorirne un uso completo, limitando nel contempo l'inquinamento freatico. In presemina si dovranno preferire i concimi ad effetto dilazionato o a lento rilascio, se è già attiva la componente microbologica, altrimenti si dovranno preferire dei concimi a pronto effetto, alla semina, o meglio, in copertura. In molti interventi si preferisce distribuire in presemina del nitrato ammonico, che rappresenta un compromesso tra effetto immediato e dilazionato. E' sempre da preferire l'interramento per limitare le perdite per volatilizzazione o le perdite dovute ad erosione.

Tab.4.5.9. Concimi azotati di origine minerale.

	N (%)	INDICE DI SALINITÀ	EFFETTO SUL PH	MOMENTO D'IMPIEGO	NOTE
<b>A PRONTO EFFETTO</b>					
Nitrato di Sodio	15 - 16	100	Basico	Cop	
Nitrato di Calcio	15 - 16	52	Basico	Cop	Ca = 19%
<b>Intermedi</b>					
Nitrato ammonico	26 - 37	104.7	Acido	Cop	
<b>AD EFFETTO RITARDATO</b>					
Solfato ammonico	20 - 21	69	Acido	Pre / Sem	S = 24%
Urea	46	75.4	Acido	Pre / Cop	
<b>AD EFFETTO PROLUNGATO</b>					
Calciocianamide	20 - 21	31	Basico	Pre	Ca = 37% CaO = 20 - 30%
<b>A LENTA CESSIONE</b>					
IBDU	28 - 30		Acido	Pre / Sem	

[Cop = copertura; Pre = presemina; Sem = semina]

e) *Da sovescio*: quando i tempi tra sistemazione del substrato ed interventi di rivegetazione sono sfalsati, è possibile prevedere l'impianto di colture erbacee con l'obiettivo di aumentare la quantità di azoto presenze nel substrato (Tab. 4.5.7). Si ricorre in genere alla semina primaverile di leguminose foraggere a rapido accrescimento, sul substrato adeguatamente preparato e concimato; queste, sviluppandosi, creano biomassa, fissando nel contempo una buona quantità di azoto per via simbiotica (4 -100 kg/ha). Tutta la coltura viene poi opportunamente interrata, nell'autunno o nell'anno successivo, arricchendo il substrato: la risposta a questo intervento dipende molto dalle condizioni stazionali e dal momento dell'interramento: anticipando si ottiene sostanza organica che viene ossidata rapidamente, ritardando invece si favorisce la lignificazione delle piante e quindi aumenta la percentuale di sostanza organica umificata (cfr. Cap. 4.5.3.1).

### Fosforo

Dopo l'azoto, il fosforo rappresenta l'altro macro elemento minerale fondamentale, sia per la crescita delle piante che per la pedogenesi. Nei suoli temperati i valori di riferimento sono compresi tra 10 e 40 ppm, come P, mentre i valori di riferimento in ambito agricolo sono presentati nella Tab. 1.7.

Da un punto di vista operativo, si ricorre all'integrazione del fosforo principalmente attraverso le concimazioni, specie nella fase di avvio del recupero, al fine di dotare il substrato di un quantitativo più che sufficiente a sostenere lo sviluppo di una copertura vegetale. L'apporto può avvenire sotto diverse forme:

- a) *da ossidazione della sostanza organica*: in genere gli ammendanti organici presentano basse concentrazioni di questo elemento, ma le grandi quantità distribuite consentono discreti apporti di fosforo, in una forma considerata più facilmente assimilabile dalle piante. In particolare, letame e pollina sono i prodotti a più elevata concentrazione. Come per l'azoto, la disponibilità di questo elemento è legata all'attività ossidativa microbica della sostanza organica, ma a differenza di questo non si hanno particolari problemi di inquinamento, nè di sfasamento tra cessione ed assorbimento.
- b) *Da concimi organici*: certi sottoprodotti di natura organica presentano discrete percentuali in fosforo ed azoto per cui vengono considerati come concimi organici NP. Essendo materiali organici, devono anch'essi essere trasformati dalla microflora in tempi diversi, in funzione del C/N: avremo così prodotti a diversa velocità di ossidazione, con apporti dilazionati nel tempo (Tab. 4.5.8) carattere che può essere sfruttato per graduarne la disponibilità.
- c) *Da concimi minerali*: i concimi minerali derivano da rocce fosfatiche, variamente trattate o da sottoprodotti quali le scorie di altoforno o le ossa. I prodotti sottoposti a processi industriali risultano di pronto effetto, in quanto presentano elevati tenori in  $P_2O_5$  ed, in particolare in fosfato monocalcico, mentre le rocce fosfatiche macinate, con un'elevata componente in fosfato tricalcico, hanno tenori più limitati ed effetti più dilazionati. Vista la sua sensibilità alle condizioni chimiche è comunque indispensabile associare alla concimazione fosfatica il controllo della reazione del substrato.

Tab.4.5.10. Caratteristiche dei concimi fosfatici di origine minerale.

	$P_2O_5$ (%)	INDICE DI SALINITÀ	EFFETTO SUL PH	MOMENTO DI IMPIEGO	NOTE
AD AZIONE PRONTA					
Perfosfato semplice	18 - 21	8	Neutro	Pre	Ca = 18 - 21 S = 12
Perfosfato triplo	44 - 48	10	Neutro	Pre	Ca = 12 - 14%
AD AZIONE GRADUALE					
Fosfato naturale parz.solubile	20		Basico	Pre	
Fosfato termico	25 - 30		Basico	Pre	CaO = 30 - 40%
Fosfato alluminio calcico	30		Basico	Pre	CaO = 10%
Fosfato precipitato					
bicalcico diidrato	38 - 40		Neutro	Pre	
AD AZIONE LENTA					
Fosfato naturale tenero	27		Basico	Pre	CaO = 40 - 50%
Scorie Thomas	12		Basico	Pre	CaO = 50% Mg=3%

[Pre = presemina]

Per tutte le diverse fonti di fosforo la regola è la distribuzione e l'interramento in pre-semina: la limitata mobilità non permette migrazioni efficaci per cui la concimazione fosfatica deve avvenire in prearatura, prevedendo la successiva distribuzione del minerale in tutto il profilo. La scelta tra i diversi materiali è funzione principalmente del loro titolo e dell'azione acidificante o alcalinizzante che esercitano. Le dosi variano in relazione alle condizioni ed alla destinazione dell'area. Eccessi di fosforo in genere non causano sostanziali conseguenze alla copertura vegetale, in quanto verranno immobilizzati o in composti insolubili o nei colloidali. Discorso più complesso per quanto riguarda l'evoluzione pedologica: gli eccessi possono manifestarsi con accumuli di carbonati e la creazione di strati compatti. Normalmente si possono rag-

giungere dosi di 100-200 kg/ha di  $P_2O_5$ , come integrazione degli apporti legati alla sostanza organica, in funzione del tipo di vegetazione insediata: la messa a dimora di piante erbacee richiede sempre dosi maggiori.

### Potassio

Pur non facendo parte direttamente dei tessuti organici, viene assunto in grandi quantità dagli organismi viventi quale regolatore di molte funzioni, come il ciclo dell'acqua, degli zuccheri, degli amminoacidi, ecc.. I valori di riferimento per i substrati naturali sono compresi tra 100 e 300 come K, mentre per l'ambito agricolo si può far riferimento alla Tab. 4.5.11.

Tab.4.5.11. Valori di riferimento per il potassio in ambito agricolo (Landi, 1999).

TENORE	POTASSIO DISPONIBILE		POTASSIO SCAMBIABILE
	K (ppm)	$K_2O$ (ppm)	K (ppm)
Molto basso	< 40	< 50	< 40
Basso	40 - 80	50 - 100	40 - 120
Medio	80 - 125	100 - 150	120 - 240
Alto	125 - 165	150 - 200	240 - 480
Molto alto	> 165	> 200	> 480

Nei nostri ambienti raramente si ricorre all'integrazione diretta di potassio. Questo avviene solo su substrati sciolti, carenti in sostanza organica e colloidali. L'elemento centrale nella concimazione potassica negli interventi di recupero è rappresentato, anche in questo caso, dalla sostanza organica: l'apporto di prodotti organici consente una buona integrazione di questo elemento. La sua mobilizzazione avviene in genere in primavera, nel momento di massima attività microbiologica. A disposizione sono comunque diversi fertilizzanti di origine minerale (Tab. 4.5.12), che possono essere distribuiti per integrare almeno in parte la disponibilità del potassio nei primi anni di sviluppo: questi prodotti devono essere scelti in funzione delle condizioni pedologiche presenti (salinità, pH, carenze di microelementi) e delle esigenze tecniche (miscelazione tra prodotti diversi). Le dosi variano in funzione delle condizioni in cui si opera: somministrazioni abbondanti non creano comunque grandi problemi in quanto le piante presentano un'elevata richiesta di potassio, assimilandolo prontamente al di là delle loro esigenze. Comunemente non si superano mai i 100 kg di  $K_2O$  ad ettaro. Il prodotto in genere viene distribuito in preimpianto e poi interrato, in quanto dotato di mobilità limitata.

Tab.4.5.12. Composizione di concimi potassici.

	$K_2O$ (%)	INDICE DI SALINITÀ	EFFETTO SUL PH	NOTE
Solfato di potassio	50 - 53	46	Neutro	S = 18%
Cloruro di potassio	60 - 62	116	Neutro	
Ceneri di legno	3 - 8		Basico	CaO = 20 - 40 MgO = 1 - 15%
Sale potassico grezzo	10	38	Neutro	MgO = 5 %
Solfato di potassio e magnesio	22	43	Neutro	S = 22 % MgO = 8 %

### Concimi composti (binari e ternari)

Per coprire le esigenze contemporanee di più macroelementi, sul mercato sono disponibili fertilizzanti che presentano più elementi nutritivi associati. Questi si caratterizzano per composizione e dosaggi diversi, in funzione di esigenze colturali particolari (orticoltura, frutticoltura). Risultano essere comodi in quanto consentono distribuzioni uniformi in un unico intervento. Di contro hanno un costo elevato ed una maggiore difficoltà nei dosaggi accurati. Sono in genere utilizzati solo nelle concimazioni di impianto e copertura di essenze arboree ed arbustive. Nella Tab. 4.5.13 si riportano alcuni esempi di formulati in commercio, anche se i più utilizzati nella pratica risultano essere il fosfato ammonico ed il nitrato di potassio.

	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	INDICE DI SALINITÀ	EFFETTO SUL PH	MOMENTO DI IMPIEGO
Fosfato biammonico	18	46		34	Acidificante	Pre / Imp
Nitrato di potassio	13		44	74	Basico	Imp / Cop
Composti NPK: moltissime formulazioni tra cui:						
Bilanciato	10 - 15	10 - 15	10 - 15			Pre / Imp
ad N elevato	25	10	10			Pre / Imp
a P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> elevato	10	25	25			Pre / Imp
a K <sub>2</sub> O elevato	15	15	35			Pre / Imp

[Cop = copertura; Pre = presemina; Imp = impianto]

### Compatibilità tra fertilizzanti minerali

Nel scegliere i diversi prodotti fertilizzanti è importante sempre considerare la compatibilità reciproca, al fine di evitare interazioni con immobilizzi, volatilizzazioni o altro. A riguardo si può far riferimento alla Tab. 4.5.14 dove sono messi a confronto i principali fertilizzanti e le loro possibili associazioni.

Concimi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 Nitrato di sodio		u		u					u					u	u
2 Nitrato di calcio	u		u	n	n		u		n	u	u	u	n	n	u
3 Nitrato di potassio		u		u	u				u						u
4 Nitrato d'ammonio	u	n	u		u	n	n	n	u	n	u	u	u	u	n
5 Solfato d'ammonio		n	u	u		u	n	n	u	n	u	u			n
6 Urea				n	u				u				u	u	
7 Calciocianamide		u		n	n				n				n	n	
8 Fosforiti				n	n				n				n	n	
9 Perfosfati	u	n	u	u	u	u	n	n		n			u	u	n
10 Scorie Thomas		u		n	n				n				n	n	
11 Cloruro di potassio		u		u	u										n
12 Solfato di potassio		u		u	u										u
13 Fosfato biammonico		n		u		u	n	n	u	n					n
14 Composti bin/ternari	u	n		u		u	n	n	u	n					n
15 Calce	u	u	u	n	n				n		u	u	n	n	

[u = miscibili al momento dell'uso; n = non miscibili]

Tab.4.5.14. Tabella di miscibilità dei fertilizzanti minerali (Landi, 1999).

### Mesoelementi (Ca, Mg, S)

Per questo gruppo di sostanze minerali non esistono normalmente particolari esigenze: gli interventi di integrazione della sostanza organica, la correzione del pH e le concimazioni minerali dei macroelementi apportano quantità sufficienti di calcio, magnesio e zolfo, che si vanno ad aggiungere agli apporti legati alla naturale alterazione delle rocce. I valori di riferimento per il Ca ed il Mg sono rispettivamente 500-2000 ppm e 50-300 ppm (Bradshaw, 1982).

Per lo zolfo il discorso è più complesso: come anione si comporta in modo simile all'azoto, con possibili forti perdite per dilavamento, a cui si contrappone però un buon apporto sotto forma di precipitazione atmosferica. Solo per le destinazioni agricole, dove l'asporto delle produzioni può causare un depauperamento evidente, si può ricorrere ad interventi di reintegrazione specifici. Fenomeni di carenza possono manifestarsi solo in condizioni particolari, con valori di pH molto bassi, con permeabilità elevata e forte lisciviazione. In questi casi può essere utile integrare questi minerali, utilizzando dei concimi che presentano dosi anche elevate di questi stessi elementi. Apporti di calcio possono essere ottenuti distribuendo perfosfati, calciocianammide, scorie Thomas, fosforiti. Il magnesio è invece presente sempre nelle scorie Thomas, nel sale

potassico grezzo, nel solfato di potassio e magnesio, mentre lo zolfo può essere reintegrato utilizzando perfosfati e solfati.

Tab.4.5.15. Prodotti minerali con elevati quantitativi in calcio (Ca), magnesio (Mg) e zolfo (S).

Ca	Mg	S
Calce	Calce	Solfato di ammonio
Calcare	Dolomia	Solfato di potassio
Solfato di calcio	Scorie Thomas	Perfosfato minerale
Marna	Solfato di K e Mg	Solfato di calcio
Calcocianamide		
Nitrato di calcio		
Perfosfati		
Fosforiti		
Fosfato termico		
Fosfato allumino calcico		
Scorie Thomas		

### Microelementi

La presenza e disponibilità dei microelementi è correlata strettamente con le caratteristiche della roccia madre, con la sostanza organica e con l'entità della reazione della soluzione circolante. Una buona concimazione organica ed un controllo efficace del pH rappresentano gli interventi che, nella maggioranza dei casi, evitano problemi di carenza (Tab. 4.5.16), in quanto apportano e rendono disponibili i microelementi necessari. Anche la distribuzione di concimi minerali, così come l'irrigazione, possono favorire consistenti apporti (Tab. 4.5.17).

Tab.4.5.16. Valori di riferimento per i microelementi nel terreno (ppm/ss) (Sequi, 1989).

	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Carente	< 30	< 15	< 4	< 8	< 15	0.3
Ottimale	30 - 150	15 - 100	4 - 15	8 - 100	15 - 50	1 - 10
Tossico	non tossico	> 1000	> 20	> 200	> 75	> 100

Tab.4.5.17. Contenuto in microelementi in diversi concimi (ppm) (Stojkovska, Cooke, 1958).

CONCIME	Mn	Cu	Zn	B	Co
Letame	410	62	120	20	6
Nitrato di sodio	8	3	1		
Nitrato di calcio	24	22	15		
Solfato ammonico	6	2	0	6	
Perfosfato	11	44	150	11	4
Scorie Thomas	40000	30		30	3
Cloruro di potassio	8	3	3	14	1
Solfato di potassio	6	4	2	4	

Solo in casi limite può prevedersi la distribuzione di composti specifici per contrastare i fenomeni di carenza manifestati dalla vegetazione.

#### 4.5.3.2.2 PRESENZA DI SOSTANZE TOSSICHE

La presenza di concentrazioni elevate di microelementi minerali tossici in accumuli o strati residui dell'attività estrattiva può creare grossi problemi di inquinamento ambientale e problemi nello sviluppo della copertura vegetale. Innanzitutto è necessario definirne le quantità totali presenti e le quantità effettivamente disponibili per la vegetazione. Una parte di questi infatti può essere bloccata in reticoli cristallini o in

legami chimici e non essere perciò assimilabile. Sulla base del responso dell'analisi chimica, in presenza di quantità limitate di sostanze tossiche e fitotossiche è possibile utilizzare direttamente il substrato come supporto per la vegetazione, individuando con attenzione le tecniche agronomiche ed i materiali giusti per limitare i potenziali effetti negativi; altrimenti sarà necessario prevedere uno strato isolante o tampone (cfr. Cap. 4.2). I valori di riferimento per questa scelta sono forniti dal D.G.R. della Regione Emilia-Romagna n.1183 del 24-05-96 (Tab. 4.5.18).

ELEMENTO	VALORE MASSIMO PER TERRENI BONIFICATI(mg/kg ss)	VALORE MEDIANI, MINIMI E MASSIMI NEL SUOLO (mg/kg)	
As	20	6	0.1 - 40
Cd	1.5	0.35	0.01 - 2
Cu	100	33	2 - 250
Cr VI	10		0.06
Cr totale	100	70	5 - 1500
Hg	1	0.06	0.01 - 0.5
Ni	200	50	2 - 750
Pb	100	35	2 - 300
Zn	300	90	1 - 900

Tab.4.5.18. Standard di qualità del suolo adottata dalla Regione Emilia-Romagna (DGR n.1183 del 24-05-96).

In presenza di quantità evidenti di metalli pesanti, con possibili ripercussioni tossiche sulla vegetazione, la strategia fondamentale sarà quella di limitare la mobilità di questi elementi, cercando di insolubilizzarli o di bloccarli. Questo obiettivo può essere raggiunto attraverso diverse tecniche.

### Controllo del pH

Diverse sono le opzioni possibili:

a) **Calcitazioni:** come regola si deve aumentare la reazione del terreno per portarla in un ambito basico - alcalino attraverso delle calcitazioni. Questo causa una forte limitazione nella mobilità di quasi tutti i metalli pesanti, attraverso la loro precipitazione come idrati o carbonati; inoltre l'azione dello ione  $Ca^{++}$  limita l'assorbimento dei metalli a livello radicale. A quest'azione inibente fanno eccezione il Mo ed il Cr IV che invece necessitano di valori di pH bassi per essere bloccati. Con la calcitazione si aumenta la salinità costituzionale, che risulta essere più duratura nel tempo; inoltre si favorisce una migliore strutturazione del substrato, con conseguente miglioramento nell'aerazione ed una migliore umificazione della sostanza organica. Essendo un carattere che deve permanere nel tempo, è necessario provvedere alla distribuzione di prodotti diversi, ad efficacia differenziata o di uno stesso materiale, ma a granulometria diversificata, in modo tale da favorire un rilascio prolungato nel tempo.

b) **Utilizzo di concimi adeguati:** è necessario utilizzare concimi adeguati alle esigenze di controllo delle sostanze tossiche: fisiologicamente basici od acidi, a seconda delle condizioni e dei minerali da controllare.

### Controllo delle condizioni di ossido-riduzione

E' necessario mantenere sempre un ambiente ben aerato ed ossidante, in quanto condizioni riducenti possono aumentare la mobilità degli elementi minerali. Questo obiettivo si raggiunge con una adeguata progettazione della rete di drenaggio e di scolo ed una buona strutturazione del substrato.

### Ammendamento organico del substrato

L'apporto di grandi quantità di sostanza organica ed una sua corretta umificazione consentono di bloccare all'interno di composti organici ed umici molti elementi minerali, rendendoli di fatto indisponibili, visti i lunghi tempi per la loro successiva ossida-

zione. Bisogna quindi favorire i processi di umificazione e non una rapida mineralizzazione. E' perciò necessario organizzare un apporto graduato della sostanza organica, differenziando i diversi materiali organici da interrare, in funzione dei diversi tempi di degradazione. Alle volte la presenza di questi metalli pesanti rappresenta un limite a tutta l'attività microbica e quindi anche al processo di umificazione: sarà perciò necessario ricorrere a materiali organici preventivamente umificati per stimolare quest'azione chelante.

### **Rapido sviluppo della copertura vegetale**

Fenomeni di erosione, sia di natura idrica che eolica, possono causare forti perdite di materiale potenzialmente fitotossico o l'asportazione dello strato tampone: è necessario perciò favorire un rapido sviluppo della copertura vegetale per limitare tali effetti, oppure predisporre delle tecniche di ingegneria naturalistica (cfr. Cap. 4.4). Una buona copertura inoltre apporta ulteriore sostanza organica al terreno e blocca entro la massa vivente anche parte dei metalli pericolosi. Queste diverse tecniche devono essere applicate in conserva, sia per avere un'azione più intensa, ma anche per evitare effetti controproducenti: ad esempio, un eccesso nella distribuzione di sostanza organica fresca può portare alla formazione di grandi quantità di acidi organici che possono fissare i metalli, specie in ambienti poco aerati o anaerobici, movimentandoli nel substrato. Dove è prevista una destinazione agricola dei siti, è necessario controllare con attenzione la composizione degli elementi minerali dei prodotti raccolti: si possono verificare degli accumuli in metalli che possono portare a limitazioni nell'utilizzo o nella destinazione di tali prodotti. Ciò è molto importante per i prodotti in foglia, utilizzati sia per l'alimentazione umana che animale.

#### **4.5.3.2.3 REAZIONE DELLA SOLUZIONE CIRCOLANTE (pH)**

L'ultimo parametro chimico da considerare è rappresentato dalla reazione della soluzione circolante. Questo fattore, come già illustrato, influenza fortemente l'abitabilità del substrato e la nutrizione delle piante. Gli organismi possiedono, infatti, una diversa attitudine per la reazione del substrato, pur presentando sempre una certa adattabilità alle diverse condizioni. La stessa disponibilità di nutrienti è direttamente influenzata dalla reazione: risulta essere equilibrata in un intorno della neutralità, mentre con valori bassi, inferiori a 5, l'assimilabilità di N, P, K e S, ma anche di Ca, Mg, B e Mo, diviene problematica, così come con valori elevati, superiori a pH 8, sono Fe, Mn, Zn, Cu ed anche P a divenire indisponibili. E' necessario perciò valutare il valore della reazione ed eventualmente predisporre un intervento di correzione. La strategia di controllo della reazione è funzione dell'obiettivo, del carattere dell'intervento e della natura ed entità dell'alterazione. E' necessario analizzare innanzitutto i fattori che causano o hanno causato la reazione anomala. Se il fattore che condiziona la reazione è legato alla presenza di sostanze minerali che, come la pirite, si alterano originando acidi forti, la progettazione dovrà prevedere l'isolamento del materiale, in quanto correzioni od altri interventi risulteranno insufficienti o solo temporanei. Altrimenti il controllo della reazione può essere attuato con:

- *interventi diretti*: attraverso l'aggiunta di sostanze correttive appropriate;
- *interventi indiretti*: attraverso pratiche che hanno anche un'azione di contrasto verso la reazione anomala o le sue cause scatenanti.

La combinazione e l'integrazione di questi interventi dipende dal tipo di destinazione previsto: in presenza di un riutilizzo agricolo è possibile ricorrere principalmente ad una distribuzione di correttivi, magari ripetendo l'operazione ad intervalli regolari, in funzione della risposta al trattamento ed, eventualmente, associando altri interventi indiretti. Viceversa, in una destinazione di tipo naturalistico, la correzione potrà essere effettuata in modo diretto solo in preimpianto, mentre saranno gli interventi indiretti-

ti e gli effetti dell'evoluzione della vegetazione a condizionare maggiormente nel tempo l'andamento della reazione. Diverse sono al riguardo le filosofie di intervento: la prima è volta al controllo diretto ed immediato della reazione, l'altra è volta solo a favorire un buon insediamento della copertura vegetale che dovrà, coadiuvata solo da eventuali interventi indiretti, favorire la creazione di condizioni adeguate all'attività biologica ed alla sua evoluzione. Bisogna sempre evitare eccessi nella correzione, in quanto un'elevata e veloce variazione nel pH può causare problemi di carenza ed anche la mobilitazione di elementi fitotossici, specie quando si lavora con substrati minerali non pedogenizzati. Prendiamo in considerazione le diverse possibili condizioni anomale e i relativi rimedi.

## Eccesso di acidità

### *Interventi di controllo diretti*

#### *Correzione*

Rappresenta il mezzo più comune a cui si ricorre per innalzare una reazione troppo acida. Prevede la distribuzione e l'interramento di composti chimici di calcio e magnesio a reazione basica. Questi composti modificano il pH, reagendo con H ed Al, formando composti poco solubili od acidi deboli. L'azione di questi composti dipende da due parametri distinti:

- *potere neutralizzante*: che rappresenta la capacità di neutralizzazione chimica del materiale usato. E' un parametro che dipende in primo luogo dalla composizione chimica del materiale e, secondariamente, dalla percentuale di composto nel prodotto. Come riferimento viene preso il  $\text{CaCO}_3$  puro, a cui è attribuito 100 come potere neutralizzante, mentre tutti gli altri prodotti sono tarati rispetto a questo (Tab. 4.5.19);

CORRETTIVO	CaO (%)	$\text{CaCO}_3$ (%)	POTERE NEUTRALIZZANTE
Calce grassa viva	90 - 95		179
Calce grassa spenta	65 - 75		136
Calcare		75 - 98	100
Marna		20 - 40	
Calce di defecazione		35 - 45	80 - 90
Carbonato di Magnesio			119
Dolomia			

Tab.4.5.19. Composizione e potere neutralizzante di diversi correttivi rispetto al calcare.

- *efficacia di neutralizzazione*: è invece la velocità di reazione del materiale quando è incorporato nel substrato. E' funzione in primo luogo del grado di finezza: tanto più il materiale è fine tanto più viene a contatto con il substrato e con la soluzione circolante e quindi viene attivato più rapidamente.

Diversi sono i prodotti usati per correggere i substrati acidi:

- *calcare*: deriva da cave o da frantoi. Molto diffuso ed utile in quanto presenta un'azione graduale, che può essere anche modulata nel tempo. Molto importante infatti è la dimensione delle particelle che costituiscono il prodotto: miscele con granulometrie diversificate possono avere effetti e durata di neutralizzazione diversi. Viene commercializzato in quattro classi granulometriche: polverulento (con l'80% di prodotto < di 3 mm), triturato (con l'8% con una granulometria < di 5 mm), greggio (con frammenti grossolani di dimensioni superiori ai 5 mm) e granulato (che non è altro che prodotto polverulento, granulato artificialmente). Nasce a riguardo il problema della valutazione della qualità agronomica del materiale: esistono diverse metodologie che prevedono il vaglio del prodotto in setacci con "mesh" diversi e l'attribuzione di pesi con cui tarare l'indice di neutralizzazione del materiale (Tab. 4.5.20). Questo materiale è molto usato in aree prossime ai siti di produzione, per limitare i costi di trasporto, ma anche in tutte quelle situazioni in cui si ricerca un effetto modulato e prolungato nel tempo.

Tab.4.5.20. Metodo di standardizzazione proposta nello stato dello IOWA (U.S.A.) per la valutazione dell'efficacia di neutralizzazione di un correttivo (Casalicchio, 1977).

COEFFICIENTE		% DI PRODOTTO	
0.1	x	% di materiale passante il vaglio di 4 mesh	+
0.3	x	% di materiale passante il vaglio di 8 mesh	+
0.6	x	% di materiale passante il vaglio di 60 mesh	=

Efficacia di neutralizzazione = Somma dei tre prodotti

- *Marne*: sono rocce argillose con tenori di calcare che possono variare tra il 10 e l'80%, comunemente si aggirano attorno al 50%. Possono anche essere macinate o frantumate e quindi la loro qualità è funzione della granulometria. Visti i tenori in correttivo limitati, vanno utilizzate in grandi quantità, con elevati costi di trasporto. Possono però essere utilizzate negli interventi periodici, ripetuti, senza gli inconvenienti di altri correttivi. Il costo si abbatta se possono essere reperite in loco, magari come scarto di lavorazione.
- *Calce di Defecazione*: prodotto fine, residuo dell'industria dello zucchero, con percentuale di calcare compresa tra 35 - 45 %. Presenta una certa quantità di sostanza organica (5-10%). Se il prodotto è essiccato il tenore di  $\text{CaCO}_3$  raggiunge il 70-80%. Viene anch'essa utilizzata per lo più in prossimità dei siti di produzione, a causa degli elevati costi di trasporto, specie se il prodotto è ancora idratato.
- *Calce grassa viva*: derivata dalla cottura di calcari. E' un prodotto caustico, da maneggiare con cautela, in quanto può causare danni alla microflora del terreno, rendendolo sterile; è difficile da dosare e gli eccessi si ripercuotono sulla disponibilità di Mg e di altri microelementi. Viene commercializzata in zolle che devono essere lasciate "sfiorire" all'aperto, in modo da formare una polvere secca, che viene poi distribuita ed interrata. Ha un'azione molto energica ed immediata, per cui è molto efficace, specie nei substrati compatti, apportando un forte miglioramento nella sofficità. L'intervento con calce viene in genere suddiviso in 2 o più anni per limitare i problemi di causticità. Per contro, ha un effetto limitato nel tempo richiedendo, in ambito agricolo, periodiche integrazioni (per es. ogni 3-4 anni). Visto il potere neutralizzante molto elevato e quindi la scarsa quantità da impiegare normalmente, è il prodotto con costi di trasporto più contenuti.
- *Calce grassa idrata*: prodotto polverulento, di facile distribuzione, buona efficacia e pronto effetto, anche se richiede una certa attenzione per la causticità: come per la calce viva può dare dei problemi di carenza di microelementi e di eccesso di mineralizzazione dell'humus presente, specie se distribuito in eccesso. Nella pratica agricola viene evitata la contemporanea calcitazione con calce e la concimazione organica. Ha un buon tenore in CaO e quindi costi di trasporto contenuti.

#### Determinazione delle quantità di correttivo

In condizioni ordinarie la dose di correttivo necessaria per ridurre l'acidità a valori accettabili per la vegetazione può essere stimata direttamente attraverso il pH (Tab. 4.5.21), o viceversa attraverso un'analisi di laboratorio che restituisce il "fabbisogno in calce", espresso come tonnellate di  $\text{CaCO}_3$  per  $2000 \text{ m}^3$  di substrato. Nel primo caso si stima la quantità necessaria di prodotto in funzione del differenziale di pH da colmare, del tipo di terreno e del prodotto correttivo da utilizzare, ricavandola da una apposita tabella (Tab. 4.5.21).

Tab.4.5.21. Quantità di correttivo puro necessario per alzare di una unità il pH del substrato (t/ha) (Giardini, 1977).

TERRENO	CaO	Ca(OH) <sub>2</sub>	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>
Sabbioso	1.0 - 2.0	1.3 - 2.6	1.6 - 3.3	1.8 - 3.6
Limoso (argilla 10-20%)	2.0 - 3.0	2.6 - 3.9	3.3 - 4.9	3.6 - 5.4
Argilloso / Umifero	3.0 - 5.0	3.9 - 6.6	4.9 - 8.2	5.4 - 9.0

Nel secondo caso invece il valore di laboratorio ottenuto è sempre indicativo per difetto, sia perché i correttivi usati in campo sono meno efficaci delle soluzioni, sia perché non si ha mai una perfetta distribuzione del materiale nel terreno.

Questi metodi però non permettono di misurare l' "Acidità Residua o Potenziale". Infatti non bisogna dimenticare che il "fabbisogno in calce" di un substrato è correlato oltre che al pH anche a S, Al, H, Mn e Fe o più in generale alla capacità di scambio cationica del materiale. In particolari situazioni, in genere legate alla presenza di pirite, oltre che al pH è necessario valutare con attenzione anche il contenuto in S presente nel materiale, utilizzando metodologie chimiche diverse (Mays et al., 2000), al fine di rimodulare il quantitativo di correttivo da distribuire su tutta l'acidità potenziale presente e non solo su quella espressa dal pH.

Definita la dose, molto importante è modulare l'intervento di correzione alle esigenze dell'obiettivo previsto. Nelle destinazioni di tipo agricolo - intensive, o che comunque richiedono risultati immediati, è possibile utilizzare prodotti concentrati, a pronto effetto, che andranno poi periodicamente reintegrati. Alle volte l'eccessiva causticità dei prodotti richiede una somministrazione del correttivo in due o più annate distinte, per limitarne gli effetti negativi. Nelle destinazioni di tipo naturalistico - estensive, invece, i prodotti da utilizzare saranno quelli ad effetto meno intenso, ma più prolungato, come ad esempio il calcare. Si dovrà in questo caso utilizzare del materiale a granulometria differenziata, proprio per prolungare l'effetto di rilascio nel tempo. Si limiteranno così solo gli eccessi, per favorire un buon impianto ed un veloce sviluppo della vegetazione che, a sua volta, influenzerà l'evoluzione della reazione del substrato.

#### *Distribuzione del correttivo*

Il materiale deve essere distribuito in modo uniforme, su tutta la superficie. Deve essere interrato con un'aratura a 20-30 cm di profondità a cui dovranno seguire delle estirpature profonde per favorire la compenetrazione degli strati e la creazione di un profilo graduato senza sbalzi troppo forti nel pH.

#### *Interventi di controllo indiretti*

##### *Concimazioni con prodotti fisiologicamente basici*

Negli interventi di concimazione è necessario scegliere dei fertilizzanti in funzione della azione che gli stessi esercitano sul substrato: in questo caso si dovranno preferire prodotti ricchi in calcio, che sono fisiologicamente basici (Tab. 4.5.22).

OTTIMALE	INDIFFERENTE	NEGATIVA
Calcio cianamide	Urea	Solfato ammonico
Nitrato di calcio	Nitrato ammonico	Ammoniaca anidra
Scorie Thomas	Perfosfati	
Fosforiti	Solfato di potassio	
Sale potassico grezzo		
Salino potassico		

Tab.4.5.22. Scelta di concimi minerali su substrati acidi.

##### *Lavorazioni con rivoltamento degli strati*

Il rimescolamento del substrato può consentire un recupero di cationi lisciviati accumulati in profondità. Questo può avvenire con arature, ma più comunemente lo si ottiene in fase di scotico e di ricostruzione dello strato superficiale del suolo, attraverso una movimentazione accurata del substrato.

##### *Irrigazioni con acque ricche di sali minerali*

Dove è disponibile acqua ed è prevista l'irrigazione in copertura è possibile sfruttare l'effetto dei sali di calcio e magnesio disciolti. Bisogna però fare attenzione al bilancio minerale di questa operazione: questa deve apportare elementi minerali e non lisciviarli.

### ***Scelta delle specie***

Questa scelta rappresenta un elemento progettuale fondamentale: dove non sarà possibile, sia in termini tecnici che economici, un continuo controllo della reazione del substrato sarà allora necessario utilizzare specie e comunità adattate alle condizioni particolari del sito: per maggiori dettagli si rimanda al capitolo relativo alla vegetazione (Cap. 4.6).

### ***Eccesso di alcalinità***

Come già sottolineato nel Cap. 1 i substrati con eccesso di alcalinità possono essere suddivisi in relazione alla conducibilità elettrica (quantità totale di sali presenti), alla percentuale di sodio presente (ESP) ed al pH della soluzione circolante (Tab. 1.4). Gli interventi di controllo su questi substrati si differenziano a seconda della problematica da affrontare: avremo interventi sulla salinità ed interventi sulla sodicità.

### ***Interventi sulla salinità***

#### ***Interventi di controllo diretti***

##### ***Dilavamento e lisciviazione dei sali solubili***

E' necessario intervenire con grosse quantità di acqua per solubilizzare ed allontanare parte dei sali presenti. A seconda della quantità di acqua disponibile questa operazione può avere:

- *un effetto temporaneo*: che investe i primi centimetri del substrato, solo per favorire la nascita e la prima crescita dei semi, in genere fasi molto sensibili, a cui può anche seguire un ritorno dei sali per risalita capillare, senza danni eccessivi alla vegetazione, oramai insediata stabilmente; quest'ultima, tuttavia, per poter crescere e sviluppare dovrà essere tollerante alla salinità;
- *un effetto permanente*: per allontanare definitivamente i sali presenti, lisciviandoli in profondità od allontanandoli dal substrato. In questo caso è necessaria la presenza di una rete di scolo efficiente e profonda, per raccogliere ed allontanare i grandi volumi di acque salate ed evitare anche apporti dalla falda, per risalita capillare.

#### ***Interventi di controllo indiretti***

##### ***Miglioramento della permeabilità del substrato***

Attraverso le lavorazioni è possibile, almeno per un certo periodo di tempo, modificare la porosità e la permeabilità del substrato per facilitare il dilavamento. Con ripature profonde si possono rompere strati impermeabili e/o migliorare lo sgrondo delle acque in eccesso.

##### ***Miglioramento della struttura***

Un buon apporto di sostanza organica tende a migliorare la struttura del substrato e ad abbassare il pH, grazie alla formazione di acidi organici. Questo inoltre aumenta la porosità e la permeabilità del substrato, favorendo una più efficace lisciviazione dei sali.

##### ***Distribuzione di concimi compatibili.***

E' necessario distribuire sostanze fertilizzanti che non peggiorino le condizioni di salinità: in genere si preferiscono i prodotti fisiologicamente acidi e comunque preferenzialmente ricchi in Ca, piuttosto che in Na.

##### ***Pacciamatura***

Una buona pacciamatura della superficie, specie nei primi anni di impianto, limita le perdite di acqua per evaporazione e quindi limita la risalita capillare ed inoltre miglio-

ra l'infiltrazione delle precipitazioni meteoriche, favorendo la lisciviazione dei sali.

### **Scelta di specie tolleranti o resistenti**

Non sempre gli interventi di correzione consentono un allontanamento efficace e duraturo dei sali, specie negli interventi di recupero estensivo naturalistico, dove di solito si effettuano input esterni limitati. Questo comporta la necessità di insediare specie tolleranti agli eccessi di salinità, per avviare comunque il processo di pedogenesi.

### **Interventi sull'eccesso di sodio**

#### **Interventi di controllo diretti**

##### **Correzione**

Attraverso la distribuzione e l'interramento di appositi composti chimici è possibile favorire lo spostamento del sodio dalla soluzione e dalla matrice, la sua solubilizzazione e la successiva lisciviazione. I prodotti tipici sono dei derivati dello zolfo:

- *zolfo tal quale*: sia come polvere fine, che come sospensione acquosa viene distribuito in superficie, si trasforma in acido solforico e blocca il Na come  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ed anche il Ca, se necessario. Insieme al gesso è il prodotto più diffuso nelle correzioni: rispetto a quest'ultimo ha un'azione più lenta, per la necessità di ossidarsi e trasformarsi in acido.
- *Acido solforico*: ad azione rapida, ma molto pericoloso e costoso, efficace ed a pronto effetto.
- *Solfato ferroso*: presente in certe zone come sottoprodotto industriale e quindi utilizzabile come correttivo; presenta un titolo minimo del 90%.
- *Solfato di calcio* (gesso): polvere di selenite macinata o anche polvere di gesso anidro da costruzione, più costosa, ma comunque paragonabile alla precedente come azione correttiva. E' il correttivo principe, in quanto meno costoso, con una azione rapida e molto efficace: apporta Ca e favorisce l'allontanamento dell'Na.

Esiste anche la possibilità di utilizzare materiali come il calcare. Questo, rispetto al gesso, è certamente meno efficace, in quanto a pH elevati è poco solubile e forma uno ione carbonato più debole rispetto allo ione solfato. Ha però l'aspetto positivo di protrarre la sua azione nel tempo, permettendo un prolungamento nella correzione.

La scelta del materiale più idoneo da utilizzare è in genere legata a problemi di costo e di disponibilità locale, anche se nei recuperi ambientali sono molto pressanti le esigenze di gradualità e costanza nel tempo del contenimento del sodio.

##### **Determinazione della quantità di correttivo per suoli alcalini**

Il calcolo del fabbisogno in gesso necessario per diminuire il contenuto di sodio può essere ottenuto applicando la formula:

$$GR = 0,0086 * \frac{D * (ESP_i - ESP_f)}{10} * CSC$$

dove:

GR = fabbisogno in gesso (solfato di calcio) per correggere 1 cm di suolo (t/ha);

D = densità apparente del substrato seccato in stufa (comunemente 1.5);

$ESP_i$  = percentuale di sodio scambiabile iniziale (%);

$ESP_f$  = percentuale di sodio scambiabile finale (%);

CSC = capacità di scambio cationico del substrato (meq/100g);

valore che dovrà essere corretto in relazione alle caratteristiche del prodotto commerciale utilizzato.

##### **Distribuzione del correttivo**

A seconda del tipo di correttivo e del tipo di substrato si dovranno adottare degli schemi operativi diversi. Su substrati molto pesanti e compatti si deve preferire il solfato di calcio per la sua efficacia nel migliorare la struttura: il materiale dovrà essere

distribuito in modo uniforme, su tutta la superficie, ed interrato con un'aratura profonda, fino a 50-60 cm di profondità. Può essere utile eseguire delle estirpature profonde per favorire la compenetrazione degli strati, la creazione di un profilo graduato, senza forti sbalzi nel pH e caratterizzato da un buon drenaggio. Lo zolfo dovrà invece essere preferenzialmente distribuito negli strati superficiali, vista la necessità di trasformazione in acido solforico, che è legata all'attività della microflora edafica.

Tab.4.5.23. Confronto tra correttivi chimicamente puri per terreni salino/sodici rispetto al gesso, preso come riferimento.

CORRETTIVO	EFFICACIA	CORRETTIVO	EFFICACIA
Gesso	100	Acido solforico	175
Cloruro di calcio	117	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	62
Zolfo	526	Calcare	17

Tab.4.5.24. Caratteristiche minime dei correttivi commerciali per terreni salini e sodici.

CORRETTIVO	CaO (%)	S (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Uso IN SUBSTRATI
Anidride	30		45	salini/sodici
Gesso agricolo	25		35	salini/sodici
Solfato di Ca precipitato	25		35	salini/sodici
Cloruro di calcio	12			sodici
Zolfo agricolo		50		salini/sodici
Zolfo in sospensione		40		salini/sodici

### ***Interventi di controllo indiretti***

#### ***Miglioramento della permeabilità***

La permeabilità è importante sia per il dilavamento dei sali che per la trasformazione dello zolfo in acido: con le lavorazioni superficiali si migliora, almeno temporaneamente, questo parametro. Importanti sono anche rippature od estirpature profonde, per rompere eventuali strati e favorire il deflusso.

#### ***Realizzazione di una efficiente rete di scolo***

I composti del sodio devono essere allontanati attraverso una rete di scolo efficiente, sia superficiale che profonda. Inoltre deve essere evitata l'eventuale risalita capillare della falda, che deve perciò essere abbassata attraverso una rete drenante, per evitare ulteriori apporti.

#### ***Preparazione adeguata del letto di semina***

E' possibile realizzare apposite sistemazioni superficiali del letto di semina al fine di limitare la presenza dei sali in prossimità dei semi e quindi favorire una buona germinazione ed un buon impianto.

#### ***Apporto di concimi fisiologicamente acidi e/o ricchi di Ca***

La distribuzione di nitrato ammonico, perfosfato minerale, solfato ammonico, consentono il blocco e l'allontanamento del sodio, in quanto questi formano degli anioni molto forti, che sono solubili e dilavabili; inoltre lo ione calcio di altri concimi, come il nitrato di calcio o il fosfato monocalcico o il cloruro di calcio, sposta il sodio e consente un abbassamento del pH, passando da una salinità labile ad una costituzionale.

#### ***Apporto di concimi potassici***

Un buon apporto e disponibilità di potassio sembra inibire l'assunzione di sodio.

#### ***Miglioramento della struttura***

L'apporto di sostanza organica ha un buon impatto sulla struttura e sulla formazione

di acidi organici, che possono bloccare il sodio e dilavarlo, ma anche facilitare la solubilizzazione del calcare.

### ***Pacciamatura***

Una buona pacciamatura, specie nei primi anni di impianto, limita le perdite per evaporazione e quindi limita la risalita capillare e migliora l'infiltrazione delle precipitazioni meteoriche, favorendo la lisciviazione dei sali.

### ***Scelta di specie tolleranti o resistenti***

Non sempre gli interventi di correzione consentono un allontanamento efficace e duraturo dei sali, specie negli interventi di recupero estensivo naturalistico, che prevedono input esterni limitati. Questo comporta la necessità di insediare specie tolleranti agli eccessi di salinità, per avviare comunque il processo di pedogenesi.

### ***Innesamento di piante ad apparato radicale profondo***

La presenza di piante arboree ed arbustive con apparati profondi comporta un maggiore consumo di acqua con un abbassamento del piano di falda, limitando così i fenomeni di risalita capillare con affioramento dei sali.

#### **4.5.3.3 INTERVENTI SUGLI ASPETTI BIOLOGICI DEL SUBSTRATO**

In molti interventi di recupero di aree estrattive si ha a che fare con dei substrati minerali caratterizzati da processi di pedogenesi limitati o assenti, causa una scarsa o assente attività biologica (batteri azoto-fissatori, micorrize, azione della flora e fauna del suolo come decompositori, ecc.). Questo rappresenta un fattore limitante molto forte: se infatti è possibile, attraverso lavorazioni e concimazioni, favorire lo sviluppo di una copertura vegetale, nell'immediato queste non saranno in grado di generare e/o mantenere dei cicli trofici complessi o ricreare una struttura biologica più stratificata: solo un ambito pedologico adeguato, a sua volta condizionato dalla presenza di sostanza organica nelle sue diverse forme (fresca, alterata, umificata), ed una buona attività biologica, consentiranno la creazione di condizioni utili per l'attività biologica. In altre parole è la presenza di una significativa attività biologica nel substrato l'elemento che garantisce il mantenimento e l'evoluzione sia del soprassuolo che del sottosuolo. Di conseguenza, tutti gli interventi che favoriscono l'insediamento e la presenza dell'attività biologica non fanno altro che accelerare quei processi che controllano la "fertilità" nel suo significato più ampio. Inoltre l'attività biologica controlla e condiziona sia gli aspetti fisici (struttura, permeabilità, areazione) che chimici nel terreno (pH, metalli pesanti): anzi questo è il fattore che controlla e condiziona tutta l'attività ed i caratteri del substrato nel lungo periodo, ben al di là degli effetti dei trattamenti artificiali (concimazioni, lavorazioni, ecc.). E' perciò assolutamente prioritario per i progetti di recupero ambientale favorire l'attività biologica entro i siti da recuperare, attraverso interventi diretti ed indiretti.

### ***Interventi di controllo diretti***

Sono quegli interventi che favoriscono l'insediamento od il potenziamento dei microrganismi nel suolo. Questi prevedono l'apporto di microrganismi al substrato attraverso:

- a) *l'inoculazione*: aggiunta di colture microbiologiche specifiche direttamente al seme o al terreno, tecnica tipica nelle colture di leguminose per stimolare la presenza del *Rhizobium*, tipico simbionte radicale azoto fissatore; particolarmente adatta quindi per le colture da sovescio. Questa tecnica può essere molto utile in ambienti fortemente alterati e caratterizzati da contenuti in sostanza organica limitata: infatti gli altri microrganismi azotofissatori non simbiotici (*Frankia*) sono fortemente

dependenti dalla disponibilità di materiale organico perché è da questo che ricavano l'energia per i loro processi biochimici. Per contro il genere *Rhizobium*, pur sfruttando l'energia messa a loro disposizione dalle piante superiori, è molto sensibile alle condizioni ambientali (pH, metalli pesanti ecc.).

- b) *L'innescio di attività biologica*: attraverso l'apporto di una piccola quantità di terreno vegetale o agrario, da incorporare con una lavorazione superficiale al substrato (max 15 cm). Questo consente l'inoculo di molti microrganismi (batteri, funghi) e quindi una risposta più veloce nella dinamica o nello sviluppo della copertura vegetale. Esperienze sperimentali di tipo agricolo fissano in 0.3 mc/ha (3 cm di spessore) la quantità di terreno da distribuire, mentre in ripristini di tipo naturalistico la quantità utilizzata è stata superiore, fino a 5 cm di spessore. Il materiale originario è rappresentato dai primi orizzonti di un terreno naturale evoluto, che deve essere prelevato ed immediatamente distribuito, per evitare stress sulla componente biologica. In caso di uso di terreno agrario è da preferire, invece, il terreno a 15-20 cm di profondità, dove maggiore è il numero di microrganismi. Da sottolineare infine che l'uso di substrati pedogenizzati di origine naturale non deve contraddire la loro origine: un suolo evolutosi in un bosco avrà una componente biotica adattata a queste specifiche condizioni. Un suo eventuale riuso in interventi di recupero ambientale avverrà nella maggior parte dei casi in condizioni diverse da quelle di partenza: questo comporterà una modificazione profonda delle popolazioni microbiche, anche se gli effetti saranno sempre molto evidenti e la velocità di adattamento nelle popolazioni microbiche superiore rispetto ad una colonizzazione naturale.
- c) *Il trapianto di singole piante con relativo pane di terra*: per favorire una prima colonizzazione ed una successiva diffusione è utile prevedere la presenza di un'adeguata quantità di terreno "maturo" attorno agli apparati radicali, in particolar modo per le piante più esigenti e di grandi dimensioni. E' un intervento adatto per piccole superfici, da sfruttare anche come inoculo per altre piante. E' un intervento utile anche per favorire la sopravvivenza e lo sviluppo, oltre che delle popolazioni microbiche, delle stesse piante trapiantate.

### ***Interventi di controllo indiretti***

Rappresentano tutti quegli interventi che tendono a ricreare ed a mantenere nel tempo delle condizioni favorevoli all'attività biologica. Diversi possono essere gli approcci:

- a) *favorire la disponibilità di sostanza organica nel substrato*: come già sopra accennato la presenza di quantità adeguate di sostanza organica favoriscono una serie di processi di alterazione che liberano energia e materia, necessari per l'attività biologica. In particolare l'energia è indispensabile in processi chiave, quali l'azotofissazione: non bisogna dimenticare che l'azoto rappresenta l'elemento limitante nei processi di ripristino, sia per la sua ridotta disponibilità che per la sua mobilità. Sarà necessario prevedere, nella fase di impianto, adeguati apporti di sostanza organica, associati ad un rapido insediamento della copertura vegetale, tale da favorirne una continua produzione e reimmissione nel sistema (cfr. Cap 1.3);
- b) *mantenere condizioni ecologiche adeguate alle esigenze dei microrganismi*: il controllo delle condizioni ambientali si può raggiungere attraverso:
- una buona areazione del terreno;
  - una sufficiente umidità del suolo;
  - un'adatta reazione della soluzione circolante;
  - una limitata quantità di metalli pesanti;
  - una sufficiente presenza di calcio.

Il progetto deve considerare con molta attenzione le esigenze chimico-fisiche della componente biologica, per favorirne e stimolarne l'attività. Infatti se gli interventi previsti riescono a mantenere nel tempo delle condizioni ottimali il numero dei microrganismi aumenta velocemente, si diversifica e crea condizioni sempre più favo-

revoli all'attività biologica, contrapponendosi agli effetti limitanti della stazione (pH estremi, concentrazioni di metalli pesanti, ecc.).

Il progetto dovrà perciò concentrarsi contemporaneamente su queste due diverse direttrici: disponibilità e controllo. Se le condizioni non sono favorevoli, l'aggiunta artificiale di grandi quantitativi di materia organica è di per sé inutile, in quanto il suo effetto o si esaurirà nel giro di pochi anni, o porterà alla formazione di sostanze fitotossiche (es. in anaerobiosi).

#### 4.5.3.4 STRATEGIE PER POTENZIARE LA FERTILITÀ

Nel caso del ripristino di un'area estrattiva esaurita è necessario definire una strategia che permetta il potenziamento della fertilità dei substrati minerali abbandonati.

Diverse sono le opzioni, in funzione delle condizioni di fertilità di partenza, legate alle caratteristiche del sito ed agli obiettivi e alle tecniche adottate:

- a) *condizioni di elevata fertilità*, legate al riuso di materiale pedogenizzato, che ha subito limitati rimaneggiamenti (riuso immediato, "transplanting"): in questo caso non sono da prevedere particolari strategie di potenziamento della fertilità, visto il suo tenore già elevato.
- b) *Condizioni di buona fertilità*, ma in presenza di materiali sottoposti ad intensi rimaneggiamenti e prolungati periodi di conservazione. In questo caso una parte del tenore in sostanza organica, presente al momento dei lavori, è stato perso in fase di movimentazione e conservazione: sarà necessario prevedere un limitato apporto a sostegno della attività biologica già presente, per raggiungere quei livelli teorici di fertilità minimi (almeno 70 t<sub>ss</sub> di sostanza organica humificata), attraverso la distribuzione e l'interramento di adeguate quantità di materiale organico a C/N diversificato, in associazione a fonti adeguate di N, per evitare competizioni con l'attività biologica già presente.
- c) *Condizioni di limitata fertilità*, legate sia alla manipolazione e conservazione, ma anche all'origine del materiale (agricolo, ecc.). In questo caso si dovrà prevedere un intervento di arricchimento nel tenore della sostanza organica intenso, viste le limitate percentuali e l'eccessiva alterazione che questa ha subito durante le lavorazioni e/o nelle manipolazioni in campo.
- d) *Condizioni di completa assenza di fertilità*, tipiche di substrati minerali messi a nudo dall'attività estrattiva ed utilizzati per ragioni diverse nel rimodellamento delle superfici finali, senza apporti di materiale pedogenizzato. In questo caso l'entità dell'intervento dovrà essere particolarmente intensa, dovendo, nel giro di poco tempo, ripristinare un minimo di attività biologica stabile nel substrato. Qui dovranno applicarsi tutte le opzioni possibili per favorire una buona disponibilità di materiale organico ed una corretta attività microbiologica che ne favorisca l'umificazione.

Nelle condizioni migliori un unico intervento può essere considerato sufficiente per raggiungere gli obiettivi prefissati. Viceversa, nelle condizioni peggiori (punti c) e d)) sarà invece necessario prevedere più interventi, ampliando, ove possibile, la fase di preimpianto, in modo tale da sfruttare al massimo le potenzialità tecniche possibili (es. sovescio).

In tutte le diverse condizioni alla fase di preimpianto dovrà comunque sempre essere associata una fase di controllo in copertura (cfr. Cap. 4.8), sia per proseguire la strategia di potenziamento adottata sia per verificare gli obiettivi raggiunti.

#### Interventi per potenziare la fertilità

E' possibile suddividere gli interventi in funzione dell'epoca di impianto della vegetazione. Gli interventi sotto elencati sono tra loro associabili ed assemblabili in modi e tempi diversi, a seconda delle possibilità tecnico-economiche presenti in ogni area in ripristino.

### ***Pre impianto: prima dell'impianto della vegetazione***

- *Conservazione e recupero della sostanza organica esistente*: raccolta, conservazione e reimpianto degli strati pedogenizzati presenti prima dell'escavazione (sostanza organica fresca ed umificata) (cfr. Cap. 4.2).
- *Reperimento di materiale pedogenizzato in loco*: in particolare è possibile usare stratificazioni superficiali ricche in sostanza organica (sia fresca che umificata), eventualmente anche terreno agricolo, dotato di frazioni limitate, ma comunque non trascurabili, di materiale organico (cfr. Cap. 4.2).
- *Ammendamento organico diretto*, attraverso l'interramento di materiali di origine vegetale ed animale di natura diversa, in funzione:
  - del C/N: compreso tra 20 -1000;
  - dei tempi di alterazione legati alle dimensioni nei materiali impiegati.
- *Concimazione azoto-fosfatica*, sia organica che chimica, utilizzando prodotti e materiali diversi, principalmente organici, differenziati in funzione dei tempi di rilascio dell'azoto presente:
  - a pronto effetto (settimane): es. prodotti chimici, farina di sangue;
  - ad effetto differito (mese): es. letame, cuoio torrefatto, prodotti chimici;
  - ad effetto prolungato (mesi): es. cascami di lana;
  - a lungo termine (anni): es. cornunghia, pennone;  
in quantità corrispondenti alle necessità: 1) di alterazione della sostanza organica introdotta per raggiungere un valore di C/N pari a 30; 2) di crescita della copertura vegetale appena insediata (100-150 unità di azoto per anno).
- *Ammendamento organico indiretto*, legato all'uso dei concimi NP organici, previsti nel punto precedente.
- *Interramento di tutto questo materiale organico ad una profondità contenuta (30 cm)*, per mantenere condizioni di aerobiosi, nonchè evitare diluizioni eccessive.
- *Creazione di un ambiente edafico coerente con le esigenze microbiologiche*, non asfittico, ben areato, drenante, con una soluzione circolante chimicamente equilibrata e ben dotata in elementi minerali.

### ***Impianto: al momento dell'insediamento della vegetazione***

- *Insediamento rapido di una copertura vegetale ad elevata produttività*, per produrre un'elevata quantità di massa organica e per sfruttare tutte le risorse che via via si liberano dal substrato.
- *Insediamento di specie azoto-fissatrici*, erbacee ed arboree, per favorire nel tempo la disponibilità di azoto.
- *Insediamento di specie a radicazione diversificata*, specie in profondità, per favorire una esplorazione completa del substrato ed un riuso completo degli elementi minerali liberati dalla mineralizzazione o da altri processi.

### ***Post impianto - in copertura: dopo l'insediamento della vegetazione***

- *Concimazioni in copertura di composti azoto fosforici*:
  - a rapido rilascio (settimane) (prodotti chimici, sangue secco);
  - a medio rilascio (mesi) (prodotti chimici, cuoio);per integrare le esigenze della vegetazione, soprattutto per quanto riguarda l'azoto, evitando ogni competizione con la massa organica in via di alterazione, fino a raggiungere una quantità totale di unità di azoto pari a 1000.
- *Ammendamenti in copertura*, distribuendo sostanza organica (es. liquami od altro a C/N basso), per integrare, sia in termini minerali che organici, la componente edafica.
- *Gestione della copertura*, per favorire la produttività biologica nel corso di tutto l'anno (sfalci, trinciatura, disponibilità irrigue, ecc.), massimizzando, nei primi anni dopo l'impianto, la produzione di massa organica.
- *Gestione del sito e del suolo*, tale da mantenere o migliorare le condizioni per una buona

attività biologica (controllo del drenaggio, rotture degli strati impermeabili, allontanamento dei sali, ecc.).

### Applicazioni pratiche

Partendo da quanto sopra illustrato sono state predisposte alcune simulazioni relative. Si sono definiti diverse tipologie di ammendamento:

- letame, compost, paglia, segatura, cippato.

Questi ammendanti sono stati tra loro diversamente incrociati a dosi diverse: 10, 25, 50 t sul secco.

Alle diverse combinazioni possibili tra ammendanti è stata associata una nuova variante: la concimazione azotata, rappresentata da due diverse forme di apporto:

- distribuzione all'impianto di concimi organici a rilascio diversificato, utilizzando tre classi di prodotti:

- cuoio / farine di carne;
- farine di ossa / cascami di lana;
- pennone / cornunghia;

- distribuzione in copertura di concime chimico minerale, ma solo se la disponibilità annua che non raggiunge le 100 unità di N/ha.

Incrociando ammendanti, concimazione azotata organica all'impianto, nonché concimazione azotata in copertura, si sono realizzate diverse simulazioni in presenza di un'ipotetica copertura erbacea mista, graminacee e leguminose, la cui produttività era funzione delle risorse azotate disponibili, per un periodo di 20 anni.

I risultati ottenuti (Fig. 4.5.1), adottando condizioni realistiche ma sempre ottimistiche ( $k_1$ ,  $k_2$ , ecc.), mostrano come la modifica anche solo parziale del tenore in humus stabile nei primi 30 cm di profilo rappresenta un obiettivo di difficile attuazione. Solo prevedendo enormi quantità di materiali si è potuto raggiungere, ma solo per pochi anni, quella soglia teorica rappresentata da 70 t/ha di sostanza organica umificata secca che permetterebbe, attraverso la sua ossidazione, il liberarsi di risorse sufficienti per mantenere una copertura erbacea nel tempo.

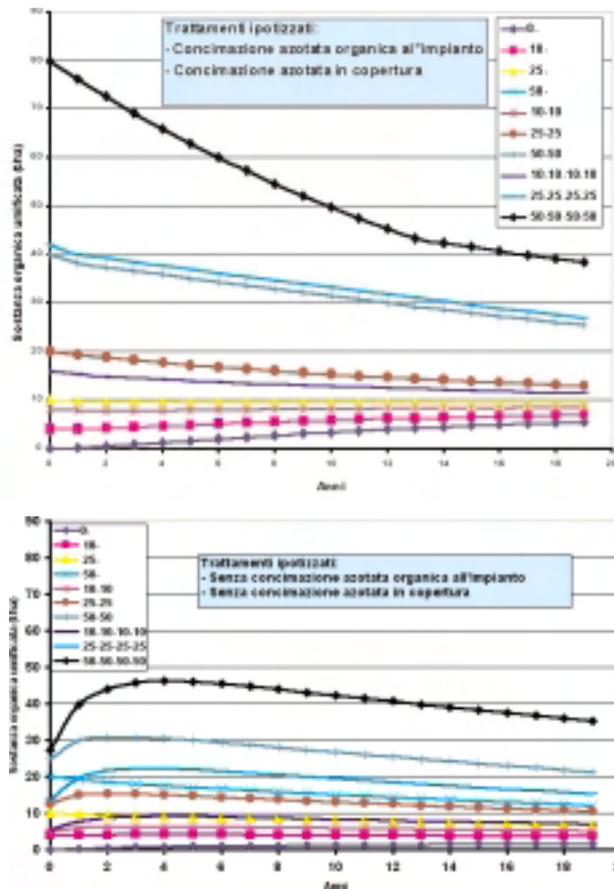


Fig.4.5.1. Confronto tra ammendanti diversi all'impianto (letame, paglia, segatura, scorza d'albero a dosi diverse) e concimazioni azotate di impianto ed in copertura: andamento della sostanza organica umificata presente nei primi 30 cm, nei 20 anni successivi all'interramento, in presenza di una copertura erbacea.

Tra le diverse tecniche molto importante in associazione agli ammendamenti è risultata essere la concimazione di azotati organici a lenta cessione che ne favorirebbero una pronta umificazione, mentre la distribuzione in copertura non ha permesso di evidenziare grandi differenze.

Tutto questo deve indirizzare gli sforzi del progettista verso una gestione molto attenta del materiale pedogenizzato, che in genere, già dispone all'inizio dell'attività mineraria. Percentuali anche limitate (1-2%) di sostanza organica rappresentano una condizione difficilmente eguagliabile attraverso interventi agronomici, vista anche la difficoltà di reiterazione degli interventi negli anni.

L'ammendamento diventerebbe solo un intervento accessorio, di integrazione.

In caso contrario l'insufficiente disponibilità di sostanza organica presente e l'esiguo apporto esterno limiteranno i flussi di energia e materia entro il suolo, frenando così lo sviluppo della vegetazione e la sua evoluzione. In queste condizioni dovranno essere gli interventi di supporto in copertura a sostenere, almeno in parte e per un periodo congruo (10 anni), tutta l'attività biologica presente, pena una sua regressione e la perdita degli effetti positivi legati ad essa (copertura del suolo, difesa dall'erosione idrica, eolica, ecc.).

#### 4.5.4 APPENDICE

##### **Campionamento del terreno**

Per ottimizzare gli interventi agronomici è necessario conoscere con una certa precisione i caratteri chimico-fisici dei substrati presenti nelle diverse sottozone individuate nell'area in ripristino. Le informazioni su questi caratteri possono essere desunte da diverse fonti:

- a) da analisi indirette, quali analisi morfologica, analisi pedologica, analisi della vegetazione, analisi del paesaggio, a cui si rimanda nei rispettivi capitoli;
- b) da analisi dirette, quali le analisi chimico-fisiche su campioni di suolo raccolti in sito.

##### ***Analisi dirette***

Lavorando in ambiti già valutati in fase istruttoria (cfr. Cap.3) queste analisi avranno un carattere di dettaglio, per definire con precisione le condizioni edafiche presenti in ogni sottozona (o unità di paesaggio).

##### ***Numero di campioni***

Il primo problema da risolvere è il numero di campioni necessario per caratterizzare con una precisione accettabile i diversi ambiti di lavoro. Essendo aree escavate e ricostruite artificialmente possono essere caratterizzate da una grande variabilità di substrato. Operando poi con substrati che possono non aver subito nessun processo di alterazione o pedogenesi, la variabilità può essere ancora più accentuata. La diversità pedologica può anche dipendere dall'organizzazione del cantiere di lavoro: una corretta esecuzione delle diverse operazioni (scotico, accumulo, distribuzione, stratificazione, ecc.) può ridurre notevolmente la variabilità del sito. Per il campionamento in ogni sottozona omogenea si può prendere come riferimento i suggerimenti proposti da Gemmell (1977) per il campionamento casuale, dove ad ogni campione sono associati 10 o più sotto campioni raccolti sempre casualmente nell'area circostante il punto campione, per un raggio di 25 m. Bradshaw (1982), invece, suggerisce di effettuare 5-10 campioni ad ettaro; anch'egli comunque consiglia di sottocampionare, per ridurre il numero di analisi. In questo caso, con 10-20 sottocampioni per punto, non si dovrebbe mai scendere al di sotto dei 4 punti campione ad ettaro. Attenzione però che con i sottocampioni si livellano i valori, nascondendo eventuali estremi presenti. Questi numeri devono comunque essere tarati sulle condizioni e caratteristiche di ogni singola sottozona. Il metodo di raccolta di campioni può essere diverso: quello più comune è cer-

tamente il campionamento casuale su tutta la superficie, anche se è possibile adottare il sistema a griglia regolare, specie in sottozone molto omogenee, o a grappolo, raccogliendo solo dove è evidente o presunta la differenza nel substrato. Ogni campione o sottocampione deve essere prelevato con le stesse modalità ed alla stessa profondità. Questa può variare in funzione della profondità di radicazione delle piante insediate ed in funzione del clima: nelle zone più secche è preferibile raggiungere profondità maggiori. Al termine del prelievo comunque si deve aver raccolto sempre lo stesso quantitativo di materiale per l'analisi. Questo dovrà essere eseguito con trivella o vanga, preferibilmente in acciaio inox e comunque pulita, evitando contaminazioni incrociate e provvedendo all'immediato cartellinatura del campione.

#### Analisi fisiche

Diversi sono i parametri fisici che possono essere usati per caratterizzare un substrato:

- granulometria;
- densità apparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );
- infiltrazione ( $\text{mm}/\text{h}$ );
- porosità (%);
- potenziali idrici (%).

Fatta eccezione per casi particolari, quali sottoprodotti di lavorazione o sedimenti, in genere si ricorre quasi esclusivamente all'analisi granulometrica e alla densità apparente. Le altre caratteristiche, dipendendo più o meno direttamente dalla prima, possono cioè essere estrapolate con una buona approssimazione (Tab. 4.5.25).

GRANULOMETRIA	INFILTRAZIONE	POROSITÀ	DENSITÀ	CIC	PA	ACQUA DISPONIBILE	
	( $\text{mm}/\text{h}$ )	TOTALE (%)	APP. ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	(%)	(%)	PESO (%)	VOLUME (%)
Sabbioso	50 (25 - 250)	38 (32 - 42)	1.65 (1.5 - 1.8)	9 (6 - 12)	4 (2 - 6)	5 (4 - 6)	8 (6 - 10)
Franco sabb.	25 (12 - 75)	43 (40 - 47)	1.50 (1.4 - 1.6)	14 (10 - 18)	6 (4 - 8)	8 (6 - 10)	12 (9 - 15)
Franco	12.5 (8 - 20)	47 (43 - 49)	1.40 (1.3 - 1.5)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	12 (10 - 14)	17 (14 - 20)
Franco argil.	8 (3 - 15)	49 (47 - 51)	1.35 (1.3 - 1.4)	27 (23 - 31)	13 (11 - 15)	14 (12 - 16)	19 (16 - 22)
Limo argilloso	2.5 (0.3 - 5)	51 (49 - 53)	1.30 (1.2 - 1.4)	31 (27 - 35)	15 (13 - 17)	16 (14 - 18)	21 (18 - 23)
Argilloso	0.5 (0.1 - 1.0)	53 (51 - 55)	1.25 (1.2 - 1.3)	35 (31-39)	17 (15 - 19)	18 (16 - 20)	23 (20 - 25)

[CIC = capacità idrica di campo; PA = punto di appassimento]

#### Analisi chimiche

Le analisi chimiche accessorie alla progettazione agronomica devono definire la reazione del substrato, la disponibilità dei nutrienti e la presenza di eventuali elementi con chiarezza i substrati variano in funzione delle condizioni in cui si opera: in genere sono sempre raccomandati i seguenti elementi:

	Valori medi o normali
- pH in acqua	6-8
- pH in KCl	5-7
- calcare totale (%)	
- calcare attivo (%)	
- CSC (meq/100g)	10 - 20
- Sostanza Organica (%)	2.0 - 3.0
- N totale (‰)	0.6-1.0
- P o $\text{P}_2\text{O}_5$ totale (‰)	P: 0.2 - 0.35, $\text{P}_2\text{O}_5$ : 0.45 - 0.80
- P o $\text{P}_2\text{O}_5$ assimilabile (Olsen) (ppm)	P: 6 - 10, $\text{P}_2\text{O}_5$ : 13 - 25

Tab. 4.5.25 Proprietà fisiche di riferimento del substrato in fine della granulometria (Agric. Comp. 1985).

- K o K<sub>2</sub>O disponibile (ppm) K: 80 - 125, K<sub>2</sub>O: 100 - 150
- conduttività elettrica (mS/cm o mmho/cm) < 4
- Ca / Mg / Na / K scambiabili (ppm) Ca: 1000 - 2000, Mg: 180 - 360, K: 120 - 240, Na 90 - 200
- Saturazione cationica (%) 40 - 60
- ESP < 15

mentre solo in condizioni particolari (già individuate con le analisi eseguite in fase preliminare) è necessario definire anche i restanti parametri:

- microelementi (ppm);
- metalli pesanti (ppm);
- fabbisogno in calce (t/ha);
- fabbisogno in gesso (t/ha).

L'importanza relativa dei singoli parametri fisico chimici rispetto alle proprietà del suolo sono messe in evidenza dalle Tab. 4.5.26-27

Tab.4.5.26. Relazione tra parametri fisici analitici e caratteri fisico-biologici del substrato (Sequi, 1999).

	CARATTERISTICHE FISICHE			CARATTERISTICHE BIOLOGICHE		
	ACQUA-SUOLO	ARIA-SUOLO	STRUTTURA	ERODIBILITÀ	ATT.BIOLOGICA	MINERALIZ.
Granulometria	XX	XX	XX	XX	X	X
Densità app.	XX	XX	XX	XX	X	X
Calcare	XX	XX	XX	XX	X	X
pH			X		XX	XX
Sali solubili	X	X	X	X	X	X
Sostanza Org.	XX	XX	XX	XX	XX	XX
N totale					XX	XX
C/N	X	X			XX	XX
CSC						
Saturazione			X		XX	XX
ESP	XX	XX	XX	XX	X	X
P					X	X
K, Ca, Mg					X	X
S					X	X
Microelementi					X	

[Livello informazione: x = orientativo, xx = parziale, xxx = molto buono]

Tab.4.5.27. Relazione tra parametri chimici analitici e caratteri chimico-fisici del substrato (Sequi, 1999).

	CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE			CARATTERISTICHE CHIMICHE				
	SCAMBIO CATIONICO	SCAMBIO ANIONICO	POTERE TAMPONE	K Ca, Mg	N	P	S	MICRO ELEMENTI
Granulometria	XX	X	X	X	X	X		
Densità app.								
Calcare		X	XX	XX	X	XX	X	X
pH	X	XX	X	XX	XX	XX	X	XX
Sali solubili			X	X	X	X	X	X
Sostanza Org.	XX	XX	XX	X	X	XX	XX	XX
N totale					XX	X		
C/N					XX	X	X	
CSC	XXX		XX	XX				
Saturazione		X	X	XX	X			
ESP					X			
P						XXX		
K, Ca, Mg			X	XXX				
S			X				XXX	
Microelementi								XXX

[Livello informazione: x = orientativo, xx = parziale, xxx = molto buono]

## 4.6 VEGETAZIONE (G. Rossi)

### 4.6.1. FINALITÀ

Dopo aver risistemato il substrato, dotandolo anche di un'adeguata rete idraulica, gli interventi da prevedere avranno lo scopo di ricreare una copertura vegetale, in sintonia con le caratteristiche ambientali del sito, gli obiettivi del progetto ed il paesaggio circostante.

### 4.6.2 QUADRO D'INSIEME

Sulla base delle analisi preliminari e degli indirizzi generali adottati (obiettivo, tipologia, approccio, disponibilità finanziaria) è necessario definire le scelte operative relative alla vegetazione. La progettazione riguarda la scelta delle specie vegetali da impiegare ed i metodi per impiantarle nel sito. E' necessario operare scelte a diversi livelli, per ogni singola sotto-zona omogenea individuata:

- definire le finalità degli interventi ricostruttivi della vegetazione, che potranno essere:
  - *tecnico-funzionali*: quando viene considerato l'aspetto produttivo agricolo, ingegneristico, urbano o paesaggistico;
  - *naturalistiche*: quando vengono enfatizzate maggiormente le relazioni tra le diverse componenti ambientali, nonché, le serie dinamiche della vegetazione spontanea all'interno del sito;
- definire la lista delle specie da impiegare per ogni unità di paesaggio (udp), sulla base degli elementi conoscitivi raccolti nel sito e degli indirizzi adottati, integrati da informazioni relative ad:
  - aspetti climatici e microclimatici;
  - aspetti pedologici;
  - aspetti morfologici della stazione (pendenza, esposizione, ecc.)
  - aspetti biologici (persistenza, velocità di crescita, resistenze, ecc.);
  - aspetti biotecnici (habitus radicale, fogliare, ecc.);
  - aspetti ingegneristici (resistenza al taglio, alla sommersione, all'interramento ecc.);
  - aspetti legislativi o consuetudini;
  - aspetti commerciali, legati al reperimento dei vari materiali;
- definire la distribuzione spaziale e temporale delle piante, a piccola scala, al fine di formare delle "unità ecologiche" il più possibile "autosufficienti" (cioè in grado di formare dei nuclei di vegetazione in grado di "autosostentarsi", evolvere e a bassa necessità di manutenzione);
- organizzare queste unità in una distribuzione spaziale e temporale a grande scala, tale da formare un mosaico (quadro generale) in cui risolvere le connessioni con il paesaggio circostante, la rete ecologica di riferimento, le difese antincendio, le quinte ed i mascheramenti temporanei e definitivi;
- definire il tipo di materiale biologico da impiegare (semi, talee, piantine radicate, ecc.) e le relative tecniche di impianto, acquisendo informazioni circa la possibilità di:
  - reperimento del materiale (mercato, direttamente in natura);
  - trasporto, conservazione temporanea ed acclimatamento dello stesso;
  - la scelta del tipo di impianto (semina, trapianto, misto);
  - definire le tecniche e i metodi di manutenzione del materiale messo a dimora, al fine di consentire un veloce superamento della fase di impianto.

## 4.6.3 DETTAGLI

### 4.6.3.1 SCELTA DELLE SPECIE

#### Finalità da perseguire

Definite le finalità del recupero ambientale per l'area, sia in generale che nelle diverse sotto-zone (o unità di paesaggio) che la compongono è necessario in primo luogo individuare il ruolo che ciascuna unità deve espletare nell'opera di recupero e le strategie più adatte per raggiungere questi obiettivi.

Si possono riconoscere due diverse finalità, anche se di per sé non mutualmente esclusive:

a) *una finalità tecnico-funzionale*, che può prevedere diversi aspetti:

- economico - produttivi (colture agricole, forestali);
- ingegneristici (consolidamenti, e difesa antiersiva);
- paesaggistici (valenza scenica, uso ricreativo, didattico, testimoniale, ecc.);

b) *una finalità naturalistica*, che vede predominare il recupero e l'estensione delle zone a verde, degli ambiti protetti ed in generale delle nicchie disponibili per la flora e la fauna selvatiche.

Nella realtà questi due aspetti tendono a coesistere, per tale motivo è necessario armonizzarli, nonché definire il livello a cui si vuole applicarle.

La destinazione di "riuso funzionale" può essere:

- agricolo-intensiva;
- agricolo-estensiva;
- ad arboricoltura da legno;
- forestale (in senso lato);
- per l'allevamento di animali (es. piscicoltura, ecc.).

La destinazione di "riuso ingegneristico" può essere:

- una difesa antiersiva profonda;
- una difesa antiersiva superficiale;
- una finalità operativa-produttiva (infrastrutture, ecc.);

Per il riuso con valenza paesaggistica si possono definire diversi scopi:

- *di mitigazione*, ovvero la sistemazione finale del 'nuovo' paesaggio vegetale - diverso da quello originario. Esso tende comunque a mitigare gli aspetti indesiderati dell'intervento quali, ad esempio, le forme innaturali del terreno, la disetaneità delle nuove piantagioni e le nuove valenze introdotte (ad esempio, quelle ricreative);
- *di integrazione con il paesaggio circostante*: in questo caso l'intervento tende a ricostruire nel sito di intervento la vegetazione presente negli ambiti limitrofi; la finalità ultima è quella, col tempo, di non lasciar traccia dell'intervento realizzato;
- *di compensazione*: dove l'intervento di riqualificazione ambientale va ad operare nel mosaico del paesaggio circostante, con la funzione di bilanciarne i vari caratteri e funzioni, introducendo, ad esempio, caratteri di forte naturalità in un quadro complessivo di decisa antropizzazione.

Per il riuso naturalistico si può definire un diverso livello nella successione dinamica:

- intermedio, dominato da specie erbacee ed arbustive competitive cioè, in evoluzione;
- avanzato, dominato da specie arbustive ed arboree, in evoluzione;
- finale, dominato da formazioni sub-climax o climax, in equilibrio dinamico (testa della serie).

Sulla base di tutte le informazioni raccolte nelle analisi preliminari e delle scelte operate nella prima fase progettuale (studio ambientale dell'area e zone limitrofe, definizione della vegetazione potenziale, dei principali tipi vegetazionali e della serie dinamica, obiettivo del progetto, tipo di intervento e disponibilità operative)

è necessario, a questo punto, definire la lista delle specie vegetali da utilizzare. Molti sono gli elementi da considerare per definire una lista utile. La scelta dovrà tenere conto degli:

- a) *aspetti climatici*: innanzitutto in funzione della capacità di adattamento delle diverse specie alle condizioni climatiche generali e locali presenti nel sito, nonché in funzione della loro plasticità. Esistono, nel territorio regionale, differenze sostanziali, legate sia alla continentalità che all'altitudine: quello emiliano-romagnolo è un clima di transizione, tra un ambito mediterraneo (costa e basso Appennino) ed uno continentale (pianura interna). Inoltre, la parte montuosa presenta situazioni ancora diverse, con condizioni sempre più fredde salendo in quota. In modo approssimativo, ma efficace, si possono identificare ambiti di pianura vicino alla costa, di pianura interna, di collina e, infine, di montagna (media e alta);
- b) *aspetti pedologici*: in base alle affinità con il substrato presente in quella zona. Sono frequenti le situazioni in cui la dinamica evolutiva è bloccata o molto lenta, per cui il determinismo edafico sulla vegetazione è notevole.

Molti sono gli aspetti del substrato che influenzano la vegetazione:

- tessitura:
    - suoli leggeri (sabbiosi, sciolti, sassosi);
    - suoli pesanti (argillosi, compatti);
  - reazione:
    - suoli acidi;
    - suoli basici - alcalini;
  - trofismo (ricchezza in elementi minerali ed in particolare in N):
    - suoli oligotrofici;
    - suoli eutrofici;
  - sostanza organica:
    - substrati minerali;
    - substrati umiferi;
  - presenza di sostanze tossiche:
    - suoli contaminati da minerali fitotossici;
    - suoli con presenza naturale di minerali fitotossici;
    - suoli senza sostanze fitotossiche;
- c) *aspetti legati alla stazione*: le specie possono dare delle risposte diverse in funzione dei caratteri morfologici presenti; queste caratteristiche influiscono molto sia sul microclima che sui caratteri del substrato. In particolare è necessario considerare:
- esposizione:
    - nord (fresca);
    - sud (arida);
  - pendenza della pendice:
    - forte (che può limitare la presenza di essenze arboree);
    - contenuta;
  - persistenza idrica:
    - a lento sgrondo (idromorfo);
    - a rapido sgrondo (non idromorfo);
  - potenza dello strato superficiale:
    - superficiale;
    - profondo;
  - presenza e qualità di materiale pedogenizzato:
    - substrati minerali;
    - substrati pedogenizzati;
- d) *aspetti biologici*: le specie da utilizzare dovranno essere scelte anche per i loro caratteri biologici.
- Importante è definirne:
- provenienza:

- autoctone, alloctone;
- strategia:
  - ruderali, stress tolleranti, competitive;
- persistenza:
  - annuali, biennali, perenni;
- forma biologica:
  - fanerofite, camefite, terofite, emicriptofite, geofite;
- crescita:
  - rapida, lenta;
- resistenza a sostanze fitotossiche:
  - specie e cultivar resistenti, specie sensibili;
- resistenza alle condizioni della stazione:
  - plastiche (adattabili), esigenti;
- resistenza a parassiti o malattie:
  - resistenti, sensibili, ospiti intermedi;
- presenza di infestanti e/o parassiti endemici.

Nel complesso sono sempre da preferire specie autoctone, evolute, persistenti, adattabili e resistenti alle malattie.

e) *aspetti biotecnici*: le specie devono essere utilizzate in funzione di comportamenti che possono avere ricadute positive. Si possono classificare in relazione alla:

- funzione:
  - produttive (alta, o bassa: utile per limitare i pericoli di incendio o la necessità di gestione);
  - protettive del substrato;
  - migliorative del substrato;
- habitus radicale:
  - fittonante (utile per i consolidamenti);
  - ramificato (utile per la difesa antierosiva superficiale);

Foto 4.6.1. Prime fasi della piantagione di arbusti durante il recupero di una cava di argilla nell'Appennino emiliano.



- habitus epigeo (fusti e rami):  
ramificato (utile per limitare l'azione erosiva della pioggia)  
monocaula;
- habitus dell'apparato fogliare:  
a fogliame persistente (utile per tutto l'anno);  
caduco (utile solo nel periodo vegetativo).

La scelta dipenderà dalle finalità previste dal progetto e dal tipo di protezione richiesta per quella unità di paesaggio.

f) *aspetti ingegneristici*: alle specie impiegate possono essere richieste particolari comportamenti:

- resistenza al taglio;
- resistenza allo strappo radicale;
- resistenza alla sommersione;
- resistenza all'interramento;
- resistenza all'inghiottimento;
- resistenza all'azione del mantello nevoso;
- resistenza agli effetti della caduta di pietre e/o massi.

g) *aspetti pratico-organizzativi*: le specie prescelte devono essere facilmente reperibili oppure, in caso di mancata disponibilità, moltiplicabili anche in sito, per cui dovranno essere scelte in funzione del:

- tipologia di moltiplicazione:  
gamico; agamico;
- capacità di moltiplicazione:  
facile; difficile;
- disponibilità commerciale:  
presente; assente;

h) *aspetti legislativi o di consuetudine*: molte volte la scelta delle specie è condizionata da fattori esterni, indipendenti dai problemi tecnici o biologici. La presenza di particolari vincoli legislativi (parchi, riserve naturali, norme di polizia forestale, norme fitosanitarie) possono limitare le scelte progettuali, sia come specie che per provenienza: il materiale deve avere un'origine locale e quindi richiedere grandi lavori di moltiplicazione per evitare, per quanto possibile, contaminazioni genetiche. Inoltre può essere limitato l'uso di piante esotiche, pur in presenza di buoni riscontri tecnici. Altri vincoli possono nascere da limitazioni nella diffusione di ospiti intermedi di particolari malattie, come ad esempio il "colpo di fuoco" batterico delle Rosacee, che oggi rappresenta un grave problema biologico ed economico, specie in Pianura Padana, limitando il possibile uso di biancospini, peri, prugnoli, cotonastri o di altre specie, utili alla ricostruzione del manto vegetale.

## Scelta delle specie

### Specie legnose

Come illustrato in termini generali nei Cap. 2 e 3, gli studi preliminari al progetto devono fornire una base conoscitiva sul sito e il suo intorno. In particolare, va svolto uno studio geobotanico completo che metta in evidenza i seguenti elementi:

- fascia di vegetazione in cui è inserita l'ex cava;
- flora spontanea presente nei pressi del sito ed eventualmente in aree di cava limitrofe abbandonate da tempo;
- principali associazioni vegetali presenti nei dintorni e delle serie dinamiche di riferimento;
- sulla base dei dati precedenti, definire la vegetazione naturale potenziale che potrebbe svilupparsi sul sito nel tempo, ed eventuali situazioni di blocco che potrebbero sopraggiungere nella dinamica della vegetazione prevista.

Da queste informazioni sarà possibile dedurre una lista di specie erbacee, arbustive ed

arboree da impiegare, nonché le tappe della serie dinamica che si vuole ricostruire (o saltare). Gli interventi di piantagione non devono tendere al raggiungimento immediato di situazioni stabili o mature (vicine cioè alle situazioni di climax, normalmente il bosco), ma piuttosto devono innescare e favorire, col tempo, il ritorno a condizioni di elevata naturalità, in relazione anche all'uso previsto per quel sito (Regione Toscana, 2000; Biondi, 1996). In genere, si tende a saltare gli stadi pionieri delle serie perché di lunga durata e/o a bassa copertura (situazioni di partenza povere dal punto di vista nutrizionale) oppure perché costituite da situazioni effimere, a dominanza di terofite (specie nitrofile annuali). Inoltre, le specie pioniere legnose efficaci per il ripristino di aree di cava (almeno in situazioni aride), sono veramente poche, come *Spartium junceum* e, al più, *Rosa canina* e *Ligustrum vulgare*. Pertanto, grazie anche a lavorazioni e, dove necessario o possibile, anche concimazioni ben calibrate, si cerca di ricostruire gli stadi intermedi; qui verranno poi inseriti (o meglio inseriti dopo un certo periodo di tempo) elementi dello strato arboreo degli stadi più evoluti, magari sotto forma di giovani individui che trovano riparo (ombra, umidità) nell'ambito della vegetazione erbacea o, meglio, delle macchie costituite entro pochi anni dai cespugli messi a dimora. Gli interventi devono quindi favorire ed accelerare la colonizzazione spontanea delle specie locali, attraverso quella che può essere definita una "successione controllata".

Data la vastità della Regione Emilia-Romagna e la diversità climatica, topografica e pedologica, è difficile dare indicazioni operative valide per ogni situazione.

Sarà appunto lo studio preliminare a dare l'indicazione di base da cui partire. Tuttavia, come già ricordato nel Cap. 3, esistono, oltre a studi floristici e vegetazionali (AA.VV. 1993; Alessandrini e Rossi, 1997; Fariselli et al., 2001; Piccoli e Puppi, 1997; Tomaselli, 1997), anche se spesso localizzati in aree ristrette, degli strumenti orientativi abbastanza generali e utili al fine che qui ci si prefigge. Ci si riferisce al lavoro di sintesi su base regionale prodotto recentemente da Ubaldi et al. (1996). In particolare, per le diverse fasce e zone di vegetazione, vengono fornite delle indicazioni circa le essenze legnose da utilizzare in interventi di sistemazione ambientale, su substrati però già in grado di supportare specie tutto sommato abbastanza esigenti (terreni paragonabili ai campi abbandonati). Si ripropone qui una sintesi dei principali riferimenti forniti in quella sede. Indicazioni utili sull'ecologia delle specie legnose presenti in Emilia-Romagna si rinvencono anche in diverse pubblicazioni specifiche (AA.VV. 1983; Cristofolini e Galloni, 2001).

Con l'uso della carta fitoclimatica prodotta da Ubaldi et al. (1996) si potrà individuare la localizzazione del sito di intervento e quindi le specie che questi autori consigliano nelle opere di riforestazione.

Specie arboree ed arbustive per interventi di forestazione in Emilia-Romagna per fasce di vegetazione, in ordine decrescente di quota (da Ubaldi et al., 1996, modif.):

#### ***Fascia montana (zona delle faggete)***

<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Sorbus aria</i>
<i>Laburnum alpinum</i>	<i>Salix capraea</i>
<i>Populus tremula</i>	<i>Cytisus scoparius</i>
<i>Cytisus sessilifolius</i>	<i>Ostrya carpinifolia</i>
<i>Fraxinus ornus</i>	

Il pioppo tremolo, preferisce substrati arenacei e decalcificati. Ad esso si può accompagnare l'arbusto *Cytisus scoparius*, acidofilo. *Ostrya carpinifolia* e *Fraxinus ornus* sono specie semi-pioniere e crescono nella parte più bassa di questa fascia di vegetazione, su suoli preferibilmente sciolti e più o meno ricchi di carbonati. Specialmente *Ostrya carpinifolia* non resiste in suoli che non siano ben drenati. Queste ultime due specie sono molto diffuse anche nei boschi delle aree collinari e submontane, ma qui sono più esigenti, in particolare *Ostrya carpinifolia*.

### ***Fascia submontana fresca (boschi misti di latifoglie)***

<i>Quercus pubescens</i>	<i>Fraxinus ornus</i>
<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Populus tremula</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Rosa canina</i>
<i>Juniperus communis</i>	<i>Salix apennina</i>
<i>Cytisus sessilifolius</i>	<i>Pyrus pyraeaster</i>
<i>Rhamnus catharticus</i>	<i>Laburnum anagyroides</i>

A livello della fascia submediterranea fresca *Pinus sylvestris* è diffuso spontaneamente nel parmense mentre, nel reggiano, modenese e bolognese, è praticamente limitato alla fascia sub-mediterranea calda. *Populus tremula* in questa fascia tende a diventare più esigente per l'acqua e, pertanto, andrà evitato il suo uso su scarpate e versanti troppo aridi. *Salix apennina* è una specie alto-arbustiva diffusa spontaneamente su suoli più o meno argillosi e specialmente su depositi di frana e scarpate detritiche, sempre però con umidità disponibile nel suolo. *Cytisus sessilifolius* può essere utilizzato nelle esposizioni fresche e su suoli piuttosto evoluti (predilige quelli carbonatici ed abbastanza argillosi).

A queste specie, in situazioni particolarmente difficili e fuori da aree protette, può essere aggiunto *Pinus nigra*, specie non autoctona in regione, ma interessante per la sua adattabilità a condizioni difficili di substrato (come molte altre specie del genere) e con grande capacità di creare condizioni idonee per specie autoctone più esigenti. In interventi da prevedere in un secondo tempo, la specie va poi rimossa, per favorire così le specie autoctone che, nel frattempo, sono cresciute.

### ***Fascia submediterranea calda (boschi misti di latifoglie, con dominanza di roverella)***

<i>Quercus pubescens</i>	<i>Fraxinus ornus</i>
<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Populus tremula</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Rosa canina</i> (ed altre specie del genere adatte)
<i>Juniperus communis</i>	<i>Spartium junceum</i>

Tra queste *Quercus pubescens* e *Fraxinus ornus* possono essere largamente impiegate, anche per suoli di diverso tipo. *Pinus sylvestris* è diffuso allo stato spontaneo nel parmense, reggiano e modenese, su qualsiasi substrato, mentre, nel bolognese, la sua colonizzazione naturale è limitata ad alcuni suoli sabbiosi della formazione delle arenarie di Loiano solo sui versanti esposti a nord o sui terreni più o meno pianeggianti. *Populus tremula* in questa fascia può trovare un'impiego molto limitato, soprattutto su suoli sabbiosi sciolti e profondi. *Crataegus monogyna*, *Rosa canina* e *Juniperus communis* sono consigliabili per tutta la fascia, con riserve per il paesaggio collinare sublitoraneo, dove



Foto 4.6.2. Impianto di ginestra odorosa (*Spartium junceum*) su substrati argillosi di cava (Appennino reggiano).

si mostrano più esigenti, preferendo superfici pianeggianti e versanti esposti intorno a settentrione. *Spartium junceum* trova condizioni ottimali su tutti i versanti nel territorio collinare romagnolo, mentre, nella restante parte della fascia, preferisce nettamente i versanti soleggiati. *Spartium junceum* vive su suoli in genere argillosi. Il suo uso in sperimentazioni per il recupero di terreni argillosi ha dato in passato ottimi risultati (Bagnaresi e Chiusoli, 1976), come del resto anche nel caso delle prove realizzate nel Comune di Carpineti (Reggio Emilia) nel 1986 (Bagnaresi et al, 1990; Bagnaresi et al., 1991) e ancora, in parte in essere, come verrà illustrato nel Cap. 5.

Nel basso Appennino romagnolo possono essere utilizzate anche specie mediterranee, come *Quercus ilex* e *Pistacia terebinthus*.

### **Zone planiziali**

<i>Quercus robur</i>	<i>Carpinus betulus</i>
<i>Acer campestre</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
<i>Rhamnus catharticus</i>	<i>Berberis vulgaris</i>
<i>Cornus sanguinea</i>	<i>Pyrus pyraeaster</i>
<i>Ligustrum vulgare</i>	

In certe zone della costa sono adatte anche specie mediterranee, come: *Quercus ilex*, *Phyllirea angustifolia* e *P. latifolia*.

### **Situazioni particolari**

Le specie legnose possono essere poi selezionate per l'uso locale (entro la propria fascia di riferimento) per particolari caratteristiche ecologiche (es. tipo di suolo, disponibilità di acqua) o morfo-anatomiche. Quest'ultimo è il caso ad esempio del tipo di apparato radicale che esse presentano e che può essere preferito in certe situazioni piuttosto che in altre.

### **Alberi e arbusti di suolo decisamente acido**

<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus pinea</i>	<i>Erica arborea</i>
<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Cistus salvifolius</i>	<i>Genista germanica</i>
<i>Genista tinctoria</i>	<i>Cytisus scoparius</i>	<i>Quercus petraea</i>
<i>Calluna vulgaris</i>	<i>Castanea sativa</i>	

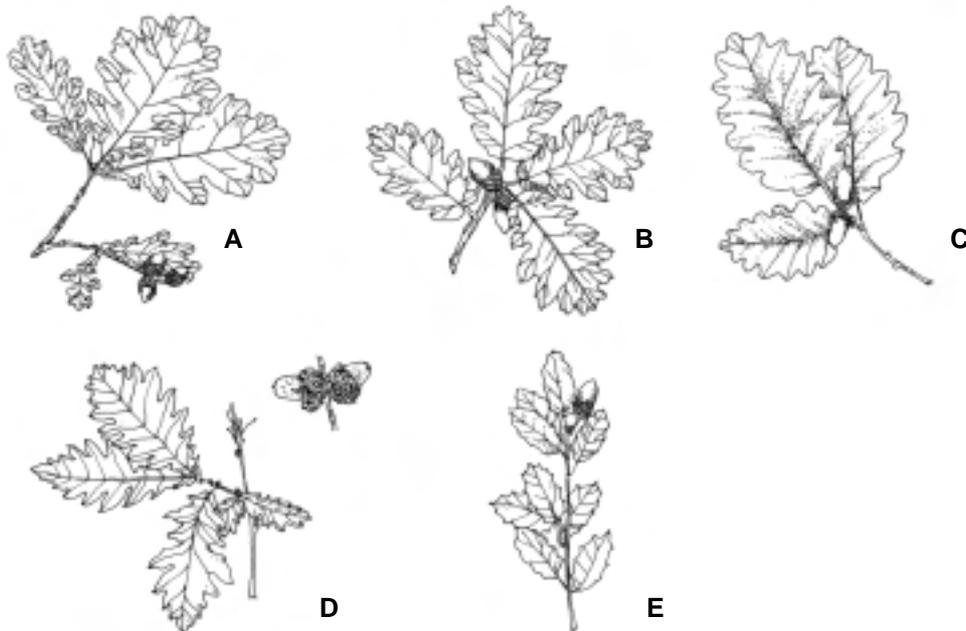
### **Alberi e arbusti di suolo debolmente acido**

<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Fraxinus oxycarpa</i>	<i>Prunus avium</i>
<i>Carpinus betulus</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Ostrya carpinifolia</i>
<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Populus tremula</i>
<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Juniperus communis</i>	<i>Laburnum anagyroides</i>
<i>Frangula alnus</i>	<i>Salix capraea</i>	<i>Salix eleagnos</i>
<i>Salix cinerea</i>	<i>Sambucus nigra</i>	<i>Sambucus racemosa</i>
<i>Cornus mas</i>	<i>Cornus sanguinea</i>	<i>Ligustrum vulgare</i>
		<i>Phillyrea angustifolia</i>

### **Alberi e arbusti di suolo alcalino**

<i>Alnus incana</i>	<i>Fraxinus oxycarpa</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>
<i>Populus alba</i>	<i>Acer campestre</i>	<i>Quercus ilex</i>
<i>Quercus pubescens</i>	<i>Acer opalus</i>	<i>Acer monspessulanum</i>
<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Salix alba</i>	<i>Ostrya carpinifolia</i>
<i>Pinus nigra</i>	<i>Hippophae rhamnoides</i>	<i>Juniperus communis</i>
<i>Sambucus nigra</i>	<i>Viburnum tinus</i>	<i>Cornus mas</i>
<i>Cornus sanguinea</i>	<i>Prunus spinosa</i>	<i>Laburnum anagyroides</i>
<i>Ligustrum vulgare</i>	<i>Phillyrea angustifolia</i>	<i>Rhamnus cathartica</i>
<i>Rhamnus alaternus</i>	<i>Spartium junceum</i>	<i>Viburnum lantana</i>

Fig.4.6.1. Specie di quercia presenti in Emilia-Romagna.  
 A) farnia (*Quercus robur*);  
 B) roverella (*Q. pubescens*);  
 C) rovere (*Q. petraea*);  
 D) cerro (*Q. cerris*);  
 E) leccio (*Q. ilex*).



*Viburnum tinus*  
*Cotinus coggyria*  
*Evonymus latifolia*  
*Pistacia terebinthus*

*Viburnum opulus*  
*Rosa canina*  
*Berberis vulgaris*  
*Genista radiata*

*Colutea arborescens*  
*Pyrus piraster*  
*Cytisus sessilifolius*

**Specie di suoli argillosi**

*Spartium junceum*  
*Rhamnus catharticus*

*Quercus cerris*  
*Salix apennina*

*Pyrus pyraster*  
*Ulmus minor*

**Specie di suoli sciolti, sabbiosi**

*Populus tremula*  
*Pinus pinaster*

*Quercus pubescens*  
*Pinus pinea*

*Fraxinus ornus*  
*Ulmus minor*



Foto 4.6.3. Prove sperimentali di recupero ambientale di cave di argilla in Appennino reggiano (Carpineti). Impianto con successo di ginestra odorosa (*Spartium junceum*), dopo 12 anni dall'intervento.

Fig.4.6.2. Alcune specie di acero presenti in Emilia-Romagna.

A) opalo (*Acer opulifolium*);  
 B) acero minore (*A. monspessulanum*);  
 C) oppio (*A. campestre*).

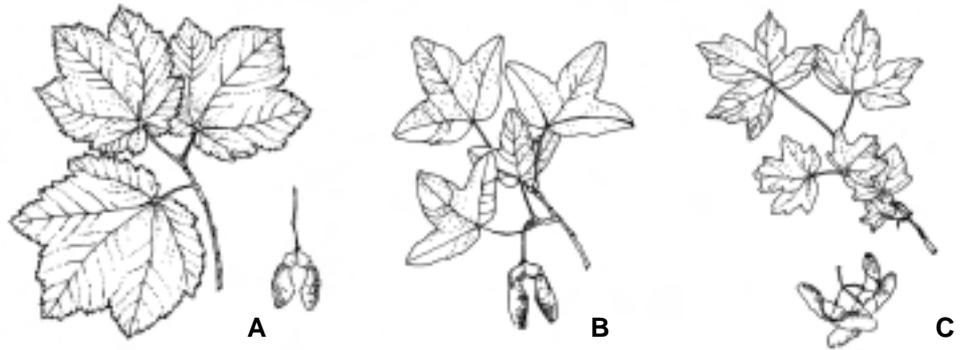
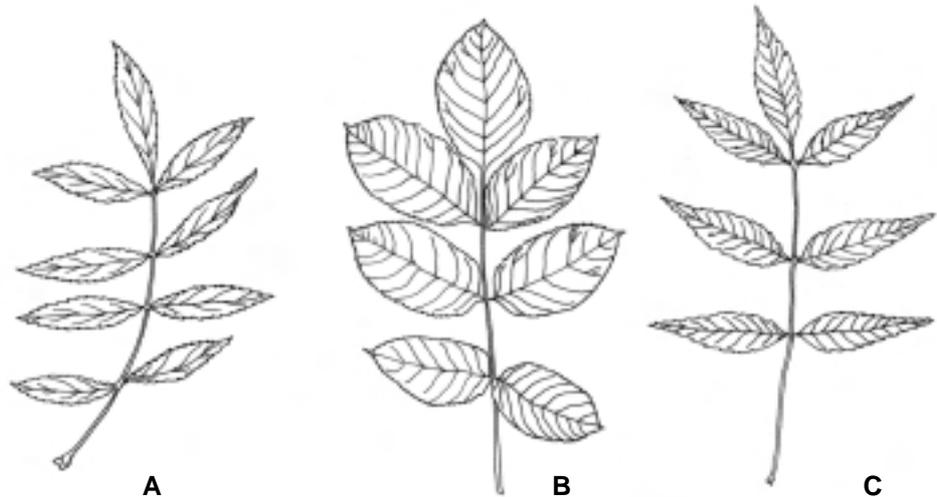


Fig.4.6.3. Specie di frassino presenti in Emilia-Romagna.

A) Frassino meridionale (*Fraxinus oxycarpa*);  
 B) ornello (*F. ornus*);  
 C) frassino comune (*F. excelsior*).



**Specie di suoli pietrosi umidi o freschi**

*Salix apennina*  
*Salix capraea*

*Sorbus aria*  
*Populus tremula*

*Laburnum alpinum*  
*Laburnum anagyroides*

**Specie di suoli pietrosi aridi**

*Cotinus coggyria*

*Fraxinus ornus*

**Specie di ambienti umidi planiziali**

*Fraxinus oxycarpa*  
*Populus alba*  
*Salix purpurea*  
*Frangula alnus*

*Quercus robur*  
*Salix cinerea*  
*Salix triandra*  
*Viburnum opulus*

*Ulmus minor*  
*Salix alba*  
*Salix fragilis*

**Specie di ambienti umidi collinari e montani**

*Salix eleagnos*  
*Salix triandra*  
*Alnus incana*

*Salix capraea*  
*Salix fragilis*  
*Populus alba*

*Salix apennina*  
*Salix cinerea*  
*Sambucus racemosa*

**Specie di ambienti aridi planiziali-costieri**

*Pyracantha coccinea*  
*Phillyrea angustifolia*  
*Ligustrum vulgare*  
*Hippophae ramnoides*  
*Pinus pinaster*

*Ligustrum vulgare*  
*Quercus ilex*  
*Prunus spinosa*  
*raxinus ornus*

*Phillyrea latifolia*  
*Ruscus aculeatus*  
*Rosa sp.*  
*Pinus pinea*



**A**



**B**



**C**



**D**

Fig.4.6.4. Alcune specie di arbusti presenti in Emilia-Romagna, utilizzabili per recuperi ambientali:  
 A) olivello spinoso (*Hippophae rhamnoides*);  
 B) ligustro (*Ligustrum vulgare*); C) frangola (*Frangula alnus*);  
 D) spincervino (*Rhamnus catharticus*).



**A**



**B**

Fig.4.6.5. Alcune specie di arbusti presenti in Emilia-Romagna, utilizzabili per recuperi ambientali:  
 A) corniolo (*Cornus mas*);  
 B) sanguinella (*C. sanguinea*).

Fig.4.6.6. Alcune specie di arbusti presenti in Emilia-Romagna, utilizzabili per recuperi ambientali:

- A) ginestra dei carbonai (*Cytisus scoparius*);
- B) ginestra odorosa (*Spartium junceum*);
- C) maggiociondolo (*Laburnum anagyroides*).

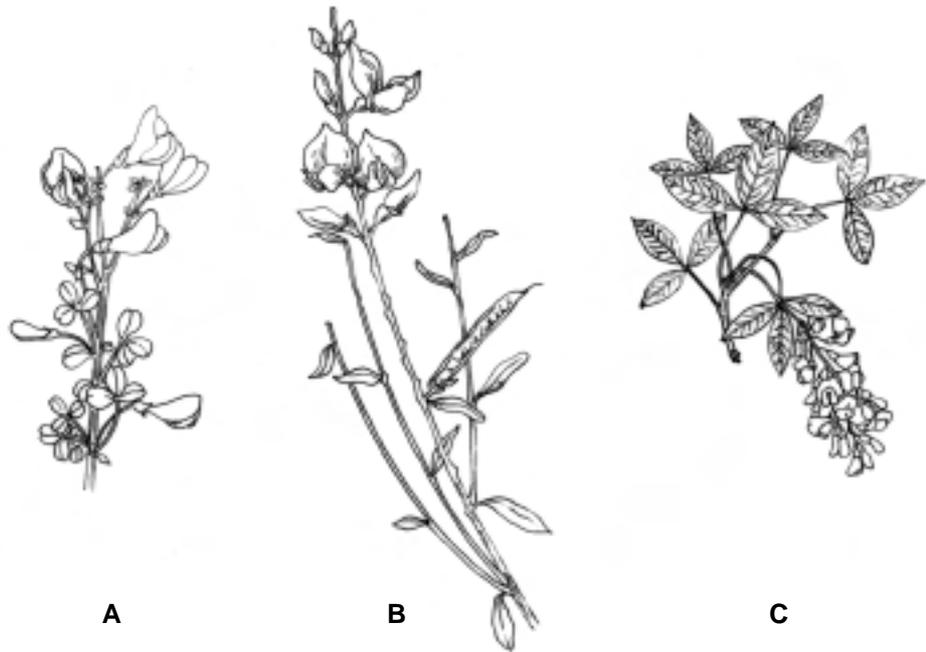


Fig.4.6.7. Alcune specie di arbusti presenti in Emilia-Romagna, utilizzabili per recuperi ambientali:

- A) vesicaria (*Colutea arborescens*);
- B) emero (*Coronilla emerus*).



Fig.4.6.8. Alcuni salici presenti in Emilia-Romagna, utilizzabili per recuperi ambientali:

- A) salice cinereo (*Salix cinerea*);
- B) salicone (*S. capraea*).

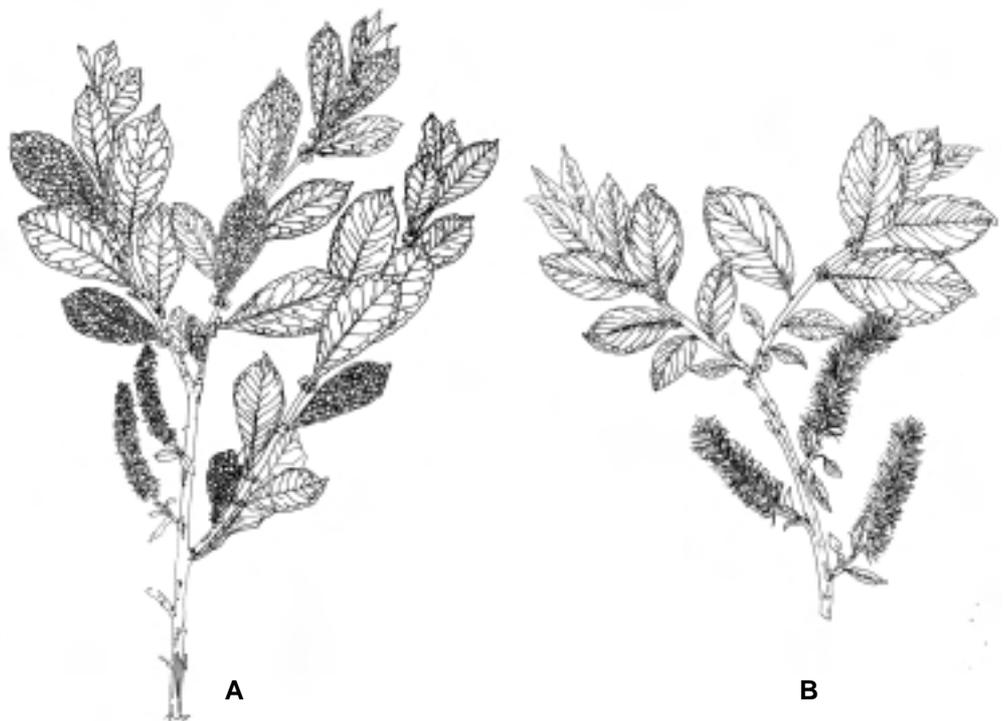




Fig.4.6.9. Alcuni salici presenti in Emilia-Romagna, utilizzabili per recuperi ambientali:  
A) salice da ceste (*Salix triandra*);  
B) salice fragile (*S. fragilis*).



Fig.4.6.10. Alcuni salici presenti in Emilia-Romagna, utilizzabili per recuperi ambientali:  
A) salice ripaiolo (*Salix eleagnos*);  
B) salice rosso (*S. purpurea*).

**Specie di ambienti aridi planiziali-interni**

<i>Prunus spinosa</i>	<i>Rosa sp.</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
<i>Ligustrum vulgare</i>	<i>Acer campestre</i>	

**Specie di ambienti aridi collinari e montani**

<i>Pyracantha coccinea</i>	<i>Spartium junceum</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Ligustrum vulgare</i>	<i>Viburnum lantana</i>	<i>Ruscus aculeatus</i>
<i>Prunus spinosa</i>	<i>Rosa sp.</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
<i>Acer monspessulanum</i>	<i>Acer campestre</i>	<i>Juniperus communis</i>
<i>Quercus ilex</i>	<i>Cistus salvifolius</i>	<i>Erica arborea</i>
<i>Hippophae ramnoides</i>	<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Cotynus coggyria</i>
<i>Quercus pubescens</i>		

**Specie che possono tollerare una certa salinità del suolo**

<i>Hippophae ramnoides</i>	<i>Juniperus communis</i>	<i>Populus alba</i>
<i>Salix alba</i>	<i>Pinus pinea</i>	<i>Alnus glutinosa</i>

### **Alberi che di regola sviluppano radici fittonanti, profonde**

<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Quercus cerris</i>
<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus pubescens</i>
<i>Quercus robur</i>		

### **Alberi radicanti superficialmente, con radici ampie, sparse fittamente poco sotto la superficie del suolo**

<i>Acer campestre</i>	<i>Alnus incana</i>
<i>Salix</i> sp.pl.	<i>Ulmus minor</i>

### **Alberi con radici ampie e sviluppo in profondità**

<i>Acer platanoides</i>	<i>Carpinus betulus</i>	<i>Pinus nigra</i>
<i>Pinus pinaster</i>	<i>Prunus avium</i>	

Per quanto riguarda la fauna, inoltre, è utile tener presente che certe specie sono più utili che altre, al fine di attrarle nei siti di cava restaurati, come si può osservare in Tab. 4.6.1.

Tab.4.6.1. Quadro sinottico delle caratteristiche di alcune specie arbustive ed arboree utilizzabili negli interventi di rinaturalizzazione, in funzione della fauna.

Specie vegetali a portamento arboreo-arbustivo e rampicanti legnose utilizzabili in ricostruzioni ambientali o in grado di colonizzare aree di cave dismesse o presenti nelle zone limitrofe, adatte a fornire nutrimento a:

**U)** Uccelli frugivori;

**R)** Roditori arboricoli e/o uccelli;

**I)** Insetti impollinatori;

**E)** erbivori/fitofagi di importanza naturalistica e in particolare Lepidotteri).

Alcune specie sono inoltre particolarmente adatte a fornire siti per la nidificazione (N) di Passeriformi. L'uso locale di queste specie vegetali va comunque valutato anche in base alle esigenze ecologiche delle stesse piante, quindi in sintonia con le diverse fasce fitoclimatiche presenti in Emilia-Romagna (a cura di R. Groppali).

Pini	<i>Pinus</i> sp. pl.	– R, E
Ginepri	<i>Juniperus</i> sp. pl.	– U, N, R, I
Tasso	<i>Taxus baccata</i>	– U, E, R
Salici	<i>Salix</i> sp. pl.	– E, I
Pioppi	<i>Populus</i> sp. pl.	– E, I
Noci	<i>Juglans</i> sp. pl.	– R
Ontani	<i>Alnus</i> sp. pl.	– E
Carpino bianco	<i>Carpinus betulus</i>	– R, E
Nocciolo	<i>Corylus avellana</i>	– R, E
Castagno	<i>Castanea sativa</i>	– I, R
Querce	<i>Quercus</i> sp. pl.	– E, I, R
Faggio	<i>Fagus sylvatica</i>	– R, E
Olmi	<i>Ulmus</i> sp. pl.	– E, I
Bagolaro	<i>Celtis australis</i>	– U
Gelsi	<i>Morus</i> sp. pl.	– U
Vitalba	<i>Clematis vitalba</i>	– E, I
Ribes	<i>Ribes</i> sp. pl.	– U, I, R, E
Fico	<i>Ficus carica</i>	– U
Crespino	<i>Berberis vulgaris</i>	– U, I, R, N
Lampone	<i>Rubus idaeus</i>	– U, I, R, E
Rovi	<i>Rubus</i> sp. pl.	– U, I, N, E, R
Rose	<i>Rosa</i> sp. pl.	– U, I, R, E
Perastro	<i>Pyrus pyraeaster</i>	– I, R, E
Cotognastri	<i>Cotoneaster</i> sp. pl.	– U, I
Melo selvatico	<i>Malus sylvestris</i>	– U, I, R, E

Sorbo degli uccellatori,	<i>Sorbus aucuparia</i>	- U, I
Ciavardello	<i>Sorbus torminalis</i>	- U, I
Sorbo montano	<i>Sorbus aria</i>	- U, I
Pero corvino	<i>Amelanchier ovalis</i>	- U, I
Agazzino	<i>Pyracantha coccinea</i>	- U, I, N
Nespolo	<i>Mespilus germanica</i>	- I, N
Biancospini	<i>Crataegus</i> sp. pl.	- U, I, E, R, N
Ciliegio	<i>Prunus avium</i>	- U, I, R
Ciliegio canino	<i>Prunus mahaleb</i>	- U, I
Prugnolo	<i>Prunus spinosa</i>	- U, E, I, R, N
Ginestra dei carbonai,	<i>Cytisus scoparius</i>	- I, E
Ginestre	<i>Genista</i> sp. pl.	- I, N, E
Ginestra odorosa	<i>Spartium junceum</i>	- I, E
Robinia	<i>Robinia pseudacacia</i>	- I
Vescicaria	<i>Colutea arborescens</i>	- I, E
Scotano	<i>Cotinus coggygria</i>	- I
Terebinto	<i>Pistacia terebinthus</i>	- U, I
Aceri	<i>Acer</i> sp. pl.	- I, E
Agrioglio	<i>Ilex aquifolium</i>	- U, I, N, E
Fusaggini	<i>Euonymus</i> sp. pl.	- U, I
Alaterno	<i>Rhamnus alaternus</i>	- U, I
Spincervino	<i>Rhamnus catharticus</i>	- U, E, I
Frangola	<i>Rhamnus frangula</i>	- U, E, I
Tigli	<i>Tilia</i> sp. pl.	- I, E
Fiordistecco	<i>Daphne</i> sp. pl.	- U, I
Olivello spinoso	<i>Hippophaë rhamnoides</i>	- U
Olivagno	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	- I
Cisti	<i>Cistus</i> sp. pl.	- I
Sanguinello	<i>Cornus sanguinea</i>	- U, I
Corniolo	<i>Cornus mas</i>	- U, R, I, N
Edera	<i>Hedera helix</i>	- U, I, N, E
Erica arborea	<i>Erica arborea</i>	- I
Brugo	<i>Calluna vulgaris</i>	- I, E
Frassini	<i>Fraxinus</i> sp. pl.	- E
Ligustro	<i>Ligustrum vulgare</i>	- U, I, E, N
Filliree	<i>Phillyrea</i> sp. pl.	- U, I
Sambuchi	<i>Sambucus</i> sp. pl.	- U, I
Lantana	<i>Viburnum lantana</i>	- U, I, R
Laurotino	<i>Viburnum tinus</i>	- U, I
Pallon di maggio	<i>Viburnum opulus</i>	- U, I
Madreselva	<i>Lonicera</i> sp. pl.	- U, I
Caprifoglio	<i>Lonicera</i> sp. pl.	- U, I, E

### Specie erbacee e loro miscugli

Anche per le specie erbacee si può far riferimento alle principali fitocenosi che crescono nel territorio regionale (Alessandrini e Rossi, 1997; Fariselli et al., 2001; Piccoli e Puppi, 1997; Tomaselli, 1997). In questo caso, ancor più che nel precedente, sarà però difficile se non impossibile reperire sul mercato semi di tali specie, soprattutto di provenienza locale. Nella realtà ci si può quasi sempre rivolgere solo al mercato delle sementi; questo, in genere, fornisce miscugli standard per prati stabili, ma in cui entrano specie in realtà piuttosto esigenti (*Dactylis glomerata*, *Trifolium*

*pratense*), mentre le zone da inerpire spesso sono assai aride e povere in sostanza organica. Tuttavia, è possibile reperire sul mercato, soprattutto presso le grandi aziende sementiere, anche semi di singole specie, per realizzare miscugli *ad hoc*, a seconda delle esigenze del sito di intervento.

Di seguito si riportano alcuni miscugli utilizzabili per suoli di diversa natura, a cui si può far riferimento a seconda delle esigenze locali e della disponibilità di mercato.

#### **Specie per suoli acidi**

<i>Agropyron repens</i> (Graminacea)	<i>Agrostis canina</i> (Graminacea)
<i>Alopecurus pratensis</i> (Graminacea)	<i>Alopecurus myosuroides</i> (Graminacea)
<i>Anthoxanthum odoratum</i> (Graminacea)	<i>Cynodon dactylon</i> (Graminacea)
<i>Festuca</i> gruppo <i>rubra</i> (Graminacea)	<i>Festuca rubra</i> subsp <i>commutata</i> (Graminacea)
<i>Holcus lanatus</i> (Graminacea)	<i>Festuca pratensis</i> (Graminacea)
<i>Poa annua</i> (Graminacea)	<i>Holcus mollis</i> (Graminacea)
<i>Dactylis glomerata</i> (Graminacea)	<i>Lolium perenne</i> (Graminacea)
<i>Agrostis schraderana</i> (Graminacea)	<i>Avenella flexuosa</i> (Graminacea)
<i>Trifolium pratense</i> (Leguminosa)	<i>Vicia villosa</i> (Leguminosa)
	<i>Trifolium repens</i> (Leguminosa)

#### **Specie per suoli basici**

<i>Anthylls vulneraria</i> (Leguminosa)	<i>Festuca pratensis</i> (Graminacea)
<i>Agrostis stolonifera</i> (Graminacea)	<i>Cynodon dactylon</i> (Graminacea)
<i>Festuca arundinacea</i> (Graminacea)	<i>Bromus erectus</i> (Graminacea)
<i>Lotus corniculatus</i> (Leguminosa)	<i>Medicago lupulina</i> (Leguminosa)
<i>Medicago sativa</i> (Leguminosa)	<i>Melilotus officinalis</i> (Leguminosa)
<i>Vicia sativa</i> (Leguminosa)	<i>Trifolium hybridum</i> (Leguminosa)
<i>Astragalus monspessulanus</i> (Leguminosa)	<i>Hippocrepis comosa</i> (Leguminosa)
<i>Onobrychis viciaefolia</i> (Leguminosa)	<i>Rapistrum rugosum</i> (Crucifere)
<i>Salvia pratensis</i> (Labiata)	

#### **Specie per suoli argillosi**

<i>Agropyron repens</i> (Graminacea)	<i>Cynodon dactylon</i> (Graminacea)
<i>Festuca arundinacea</i> (Graminacea)	<i>Festuca pratensis</i> (Graminacea)
<i>Festuca</i> gruppo <i>rubra</i> (Graminacea)	<i>Lolium perenne</i> (Graminacea)
<i>Dactylis glomerata</i> (Graminacea)	<i>Agrostis stolonifera</i> (Graminacea)
<i>Lotus corniculatus</i> (Leguminosa)	<i>Melilotus album</i> (Leguminosa)
<i>Melilotus officinalis</i> (Leguminosa)	<i>Trifolium hybridum</i> (Leguminosa)
<i>Hedysarum coronarium</i> (Leguminosa)	<i>Astragalus monspessulanus</i> (Leguminosa)
<i>Rapistrum rugosum</i> (Crucifere)	

#### **Specie per suoli sabbiosi**

<i>Cynodon dactylon</i> (Graminacea)	<i>Agropyron repens</i> (Graminacea)
<i>Festuca arundinacea</i> (Graminacea)	<i>Poa pratensis</i> (Graminacea)
<i>Lotus corniculatus</i> (Leguminosa)	<i>Trifolium repens</i> (Leguminosa)

#### **Specie per substrati gessosi**

<i>Cynodon dactylon</i> (Graminacea)	<i>Agropyron repens</i> (Graminacea)
<i>Poa pratensis</i> (Graminacea)	<i>Lotus corniculatus</i> (Leguminosa)
<i>Medicago lupulina</i> (Leguminosa)	<i>Medicago sativa</i> (Leguminosa)
<i>Melilotus officinalis</i> (Leguminosa)	



Foto 4.6.4. Prato derivato dalla semina di un miscuglio di diverse specie, dove però a 12 anni dall'intervento, domina la graminacea *Festuca arundinacea*.

Foto 4.6.5. Prato derivato dalla semina di un miscuglio di diverse specie, dove, a 12 anni dall'intervento, è presente ancora una buona diversità in specie, soprattutto leguminose e graminacee.

### **Specie per suoli con buona disponibilità idrica, almeno temporanea**

*Lolium* sp.pl. (Graminacea)

*Alopecurus pratensis* (Graminacea)

*Festuca pratensis* (Graminacea)

*Festuca* gruppo *rubra* (Graminacea)

*Poa pratensis* (Graminacea)

*Hedysarum coronarium* (Leguminosa)

*Trifolium pratense* (Leguminosa)

*Alopecurus myosuroides* (Graminacea)

*Phleum pratense* (Graminacea)

*Festuca arundinacea* (Graminacea)

*Poa annua* (Graminacea)

*Lotus corniculatus* (Leguminosa)

*Trifolium repens* (Leguminosa)

*Medicago lupulina* (Leguminosa)

*Festuca arundinacea*, *Hedysarum coronarium* e *Agropyron repens* vanno inserite in proporzione non elevata, in quanto esse tendono a diventare molto invasive e quindi a deprimere la diversità del cotico erboso. In situazioni di suolo piuttosto favorevole (buona disponibilità di sostanza organica e umidità), si possono impiegare anche specie più esigenti, come *Dactylis glomerata*, *Alopecurus pratensis*, *Medicago sativa*, *Vicia villosa* e *Trifolium pratense*.

### **Suoli tendenzialmente più aridi**

*Agropyron repens* (Graminacea)

*Festuca* gruppo *ovina* (Graminacea)

*Festuca rubra* (Graminacea)

*Melilotus album* (Leguminosa)

*Trifolium repens* (Leguminosa)

*Medicago lupulina* (Leguminosa)

*Hippocrepis comosa* (Leguminosa)

*Cynodon dactylon* (Graminacea)

*Bromus erectus* (Graminacea)

*Lotus corniculatus* (Leguminosa)

*Melilotus officinalis* (Leguminosa)

*Anthyllus vulneraria* (Leguminosa)

*Onobrychis viciaefolia* (Leguminosa)



Foto 4.6.6. Prato con dominanza di *Festuca arundinacea*, nonostante la semina iniziale di diverse specie.

Foto 4.6.7. Prato con dominanza di *Hedysarum coronarium*, nonostante la semina iniziale di diverse specie, fin dalle prime fasi di crescita delle piante.

### **Specie erbacee con resistenza alla salinità**

<i>Agrostis stolonifera</i> (Graminacea)	<i>Festuca arundinacea</i> (Graminacea)
<i>Agropyron repens</i> (Graminacea)	<i>Phragmites australis</i> (Graminacea)
<i>Trifolium repens</i> (Leguminosa)	<i>Taraxacum officinale</i> (Composita)
<i>Cirsium arvense</i> (Composita)	

Va sottolineato anche in questo caso che la composizione floristica, in genere, cambia col tempo: le specie che riescono ad insediarsi stabilmente sono poche. Tuttavia, almeno nei casi migliori, si verifica un arricchimento con specie provenienti dai margini dei siti di ripristino, soprattutto se occupati da vegetazione spontanea.

### **Miscugli**

La molteplicità dei fattori ecologici e la variabilità della loro azione producono ritmi e modalità di sviluppo differenziati, entro l'habitat ricostruito, che rendono difficile prevedere le percentuali delle specie con cui sarà composto il popolamento vegetale definitivo. Tuttavia, normalmente, si instaura un equilibrio che dipende dalle singole specie e dai caratteri ecologici della stazione. Favorire il raggiungimento di questi risultati rientra nei compiti e nella capacità del tecnico operatore, che avrà avuto l'avvertenza di studiare nei dettagli le caratteristiche fisiche e biologiche del sito, prima di predisporre la sua rivegetazione.

### **Criteri di scelta delle specie sulla base delle caratteristiche bio-tecniche.**

Con questo termine si intende l'attitudine di una pianta ad adempiere alle particolari esigenze che si incontrano nell'attività di recupero ambientale. Fra queste vi sono (Schiechtel, 1973, modificato):

- capacità di resistenza alle sollecitazioni meccaniche, che si presenta nei terreni franosi e nel caso dell'erosione;
- capacità di legare e consolidare il terreno mediante il sistema radicale della pianta;
- adeguata resistenza allo strappo ed al taglio delle radici delle piante.

#### *Specie che resistono all'inghiainamento ed erosione successiva*

<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Laburnum anagyroides</i>
<i>Laburnum alpinum</i>	<i>Juniperus communis</i>
<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>
<i>Salix</i> sp. pl.	<i>Corylus avellana</i>
<i>Prunus spinosa</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
<i>Sambucus racemosa</i>	<i>Rubus idaeus</i>
<i>Berberis vulgaris</i>	<i>Ligustrum vulgare</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Alnus incana</i>

#### *Specie resistenti all'erosione* (Schiechtel, 1973)

In questo caso si ha come effetto lo scoprimento dell'apparato radicale, almeno in parte.

<i>Salix</i> sp. pl.	<i>Rumex scutatus</i>
<i>Rumex acetosella</i>	<i>Rubus idaeus</i>
<i>Euphorbia cyparissias</i>	<i>Hippocrepis comosa</i>
<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Anthyllis vulneraria</i>

#### *Specie resistenti all'azione abrasiva della neve* (Schiechtel, 1973)

Sono specie elastiche, che resistono in tal modo al peso ed al passaggio ad es. di slavine:

<i>Laburnum alpinum</i>	<i>Laburnum anagyroides</i>
<i>Salici di piccola taglia in genere</i>	<i>Corylus avellana</i>
<i>Cornus sanguinea</i>	<i>Ligustrum vulgare</i>

Segue Tab. 4.6.2 che riporta alcune delle più significative caratteristiche ecologiche e bio-tecnologiche delle specie consigliate per gli interventi in Emilia-Romagna.

Tab.4.6.2. Quadro sinottico dei caratteri biotecnici e delle esigenze ecologiche di alcune specie legnose utilizzabili negli interventi di rinaturalizzazione.

Specie arboree e arbustive	Caratteri biotecnici							Caratteri della stazione								Specie arboree e arbustive	
	Fogliame	Crescita	Sciabilità	Clima	Altezza massima	Forma	Esigenze nutrienti	Pesante	Sciolta	Idromorfa	Umida	Secca	Acida	Basica	Sodica		Superficiale
<i>Acer campestre</i>	c	2	23	12			34	1	1	1	1	0		1		0	<i>Acer campestre</i>
<i>Acer monspessulanum</i>	c	1	4	12			23	1	1			1		1		1	<i>Acer monspessulanum</i>
<i>Acer opalus</i>	c	2	23	12			3		1			1		1		1	<i>Acer opalus</i>
<i>Acer platanoides</i>	c	23	23	23	3	123	3	1	1		1			1	1	0	<i>Acer platanoides</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	c	3	4	23	2	234	23	1	1	1	1		1			0	<i>Alnus glutinosa</i>
<i>Alnus incana</i>	c	3	23	23	2	234	23		1		1	1		1		0	<i>Alnus incana</i>
<i>Berberis vulgaris</i>	p	2	23	123	1	45	23	1	1		1	1		1	1	1	<i>Berberis vulgaris</i>
<i>Calluna vulgaris</i>	p	1	4	12	1	5	1		1			1	1			1	<i>Calluna vulgaris</i>
<i>Carpinus betulus</i>	c	2	23	23	2	2345	3	1	1	1	1		1			0	<i>Carpinus betulus</i>
<i>Cistus salvifolius</i>	c	1	4	12	1	5			1						1	1	<i>Cistus salvifolius</i>
<i>Colutea arborescens</i>	c	1	4	123	1	45	3		1		1	1		1		0	<i>Colutea arborescens</i>
<i>Cornus mas</i>	c	2	23	23	1	45	3	1			1	1		1		1	<i>Cornus mas</i>
<i>Cornus sanguinea</i>	c	12	23	123	1	45		1		1	1			1		0	<i>Cornus sanguinea</i>
<i>Cotinus coggyria</i>	c	2	4	123	1	45	23		1			1		1		1	<i>Cotinus coggyria</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	c	23	4	123	1	45	23	1	1		1	1	1	1		1	<i>Crataegus monogyna</i>
<i>Cytisus scoparius</i>	c	1	3	23	1	45	3	1				1	1		1		<i>Cytisus scoparius</i>
<i>Cytisus sessilifolius</i>	c	1	3	23	1	5	23					1		1		1	<i>Cytisus sessilifolius</i>
<i>Erica arborea</i>													1				<i>Erica arborea</i>
<i>Frangula alnus</i>	c	12	23	23	1	5	3	1			1		1				<i>Frangula alnus</i>
<i>Fraxinus excelsior</i>	c	3	4	123	3	13	3	1			1			1	1		<i>Fraxinus excelsior</i>
<i>Fraxinus ornus</i>	c	1	4	12	2	23	23	1			1	1		1			<i>Fraxinus ornus</i>
<i>Fraxinus oxycarpa</i>	c	2	4	12	3	123	3	1		1	1			1			<i>Fraxinus oxycarpa</i>
<i>Hippophae ramnoides</i>	c	3	3	12	1	45	2		1		1	1		1		0	<i>Hippophae ramnoides</i>
<i>Juniperus communis</i>	p	1	23	12	1	45	2	1	1			1		1		1	<i>Juniperus communis</i>
<i>Laburnum alpinum</i>	c	2	23	3	1	45	23	1			1		1				<i>Laburnum alpinum</i>
<i>Laburnum anagyroides</i>	c	3		23	1	45	23	1			1		1	1			<i>Laburnum anagyroides</i>
<i>Ligustrum vulgare</i>	c	3	23	123	1	45	23	1			1	1		1	1		<i>Ligustrum vulgare</i>
<i>Ostrya carpinifolia</i>	m	3	4	12	2	234	3	1			1			1			<i>Ostrya carpinifolia</i>
<i>Phillyrea angustifolia</i>	p	1	2	1	1	5	3		1			1		1		1	<i>Phillyrea angustifolia</i>
<i>Phillyrea latifolia</i>	p	1	23	12	1	45	3		1		1		1			1	<i>Phillyrea latifolia</i>
<i>Pinus nigra</i>	p	2	4	23	3	1	2	1			1			1		1	<i>Pinus nigra</i>
<i>Pinus pinaster</i>	p	2	4	12	3	1	3		1		1		1		1	1	<i>Pinus pinaster</i>
<i>Pinus pinea</i>	p	2	4	1	3	1	3		1			1					<i>Pinus pinea</i>
<i>Pinus sylvestris</i>	p	2	4	23	3	1	23	1	1	1	1	1	1			1	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Populus alba</i>	c	3	4	123	3	23	34	1		1	1			1			<i>Populus alba</i>
<i>Populus tremula</i>	c	3	3	23	3	123	3	1		1	1		1			1	<i>Populus tremula</i>

Specie arboree e arbustive	Caratteri biotecnici						Caratteri della stazione						Specie arboree e arbustive	
	Fogliame		Clima		Altezza massima		Esigenze nutrizionali		Idromorfa		Secca			Superficiale
	Crescita	Sciabilità	Clima	Altezza massima	Forma	Esigenze nutrizionali	Pesante	Sciolta	Idromorfa	Umidità	Basica	Sodica		
<i>Prunus avium</i>	c	3	4	23	3	12	3	1	1	1	1	1	<i>Prunus avium</i>	
<i>Prunus spinosa</i>	c	2	23	123	1	45	23	1	1	1	1	1	<i>Prunus spinosa</i>	
<i>Pyracantha coccinea</i>	p	2	4	123	1	45	3	1	1	1	1	1	<i>Pyracantha coccinea</i>	
<i>Pyrus pyraeaster</i>	c	2	3	23	2	23	3	1	1	1	1	1	<i>Pyrus pyraeaster</i>	
<i>Quercus cerris</i>	m	2	4	23	3	123	3	1	1	1	1	1	<i>Quercus cerris</i>	
<i>Quercus ilex</i>	p	1	23	12	2	23	3	1	1	1	1	1	<i>Quercus ilex</i>	
<i>Quercus petraea</i>	m	1	4	23	3	1	34	1	1	1	1	1	<i>Quercus petraea</i>	
<i>Quercus pubescens</i>	m	1	4	12	2	23	23	1	1	1	1	1	<i>Quercus pubescens</i>	
<i>Quercus robur</i>	m	12	4	23	3	1	3	1	1	1	1	1	<i>Quercus robur</i>	
<i>Rhamnus cathartica</i>	c	2	4	23	1	5	23	1	1	1	1	1	<i>Rhamnus cathartica</i>	
<i>Rosa canina</i>	c	2	23	123	1	45	2	1	1	1	1	1	<i>Rosa canina</i>	
<i>Ruscus aculeatus</i>	p	1	12	23	1	5	3	1	1	1	1	1	<i>Ruscus aculeatus</i>	
<i>Salix alba</i>	c	3	23	123	2	234	34	1	1	1	1	1	<i>Salix alba</i>	
<i>Salix alpestrina</i>	c	2	23	23	2	45	23	1	1	1	1	1	<i>Salix alpestrina</i>	
<i>Salix caprea</i>	c	3	23	23	2	45	3	1	1	1	1	1	<i>Salix caprea</i>	
<i>Salix cinerea</i>	c	3	23	3	1	45	2	1	1	1	1	1	<i>Salix cinerea</i>	
<i>Salix eleagnos</i>	c	3	23	123	1	45	2	1	1	1	1	1	<i>Salix eleagnos</i>	
<i>Salix purpurea</i>	c	3	3	123	1	45	23	1	1	1	1	1	<i>Salix purpurea</i>	
<i>Salix triandra</i>	c	3	3	123	1	45	23	1	1	1	1	1	<i>Salix triandra</i>	
<i>Sambucus nigra</i>	c	3	3	23	1	4		1	1	1	1	1	<i>Sambucus nigra</i>	
<i>Sambucus racemosa</i>	c	3	23	3	1	4	34	1	1	1	1	1	<i>Sambucus racemosa</i>	
<i>Sorbus aria</i>	c	1	4	3	1	4	23	1	1	1	1	1	<i>Sorbus aria</i>	
<i>Sorbus aucuparia</i>	c	3	4	23	1	234	3	1	1	1	1	1	<i>Sorbus aucuparia</i>	
<i>Spartium junceum</i>	p	3	23	12	1	45	2	1	1	1	1	1	<i>Spartium junceum</i>	
<i>Ulmus minor</i>	c	3	3	23	2	234	23	1	1	1	1	1	<i>Ulmus minor</i>	
<i>Viburnum lantana</i>	c	2	23	23	1	45	3	1	1	1	1	1	<i>Viburnum lantana</i>	
<i>Viburnum opulus</i>	c	2	3	23	1	45	3	1	1	1	1	1	<i>Viburnum opulus</i>	
<i>Viburnum tinus</i>	p	2	3	12	1	45	3	1	1	1	1	1	<i>Viburnum tinus</i>	

[Fogliame: c) caduco, p) persistente, m) marcescente

Crescita: 1) lenta, 2) intermedia, 3) veloce

Sciabilità: 1) molto sciabilia, 2) mediamente sciabilia, 3) sub.-eliofila, 4) eliofila

Clima: 1) mediterraneo, 2) temperato caldo, 3) temperato freddo

Altezza chioma: 1) bassa, 2) intermedia, 3) alta (1) piano arbustivo, 2) piano dominato, 3) piano dominante)

Forma: 1) 1a grandezza, 2) 2a grandezza, 3) ceduibili, 4) grandi arbusti, 5) piccoli arbusti

Esigenze nutrizionali: 1) molto oligotrofiche, 2) oligotrofiche, 3) mesotrofiche, 4) eutrofiche

Profondità stazione superficiale: 0) adattabile, 1) adatta]

## Scelte su piccola scala

Nell'inserire le specie citate in un sito in fase di ripristino è necessario far riferimento non solo alla fascia fitoclimatica di riferimento, ma anche alle comunità vegetali in cui queste crescono allo stato naturale. Come già detto ripetutamente, il miglior riferimento sono i tratti di vegetazione meno disturbati presenti nei dintorni del sito di intervento. Infatti, la combinazione delle specie cambia da una fitocenosi all'altra. Avere dei riferimenti concreti nell'area ci permetterà di stabilire la quantità reciproca delle diverse essenze da impiegare e quindi le specie dominanti e quelle accompagnatrici o sporadiche. Se si dispone poi di uno studio fitosociologico, si può far riferimento alle tabelle di associazione e vedere quali sono le specie che costituiscono la combinazione specifica caratteristica. Si farà riferimento a questo elenco di specie per cercare, nell'intervento, di tendere alla sua ricostruzione.

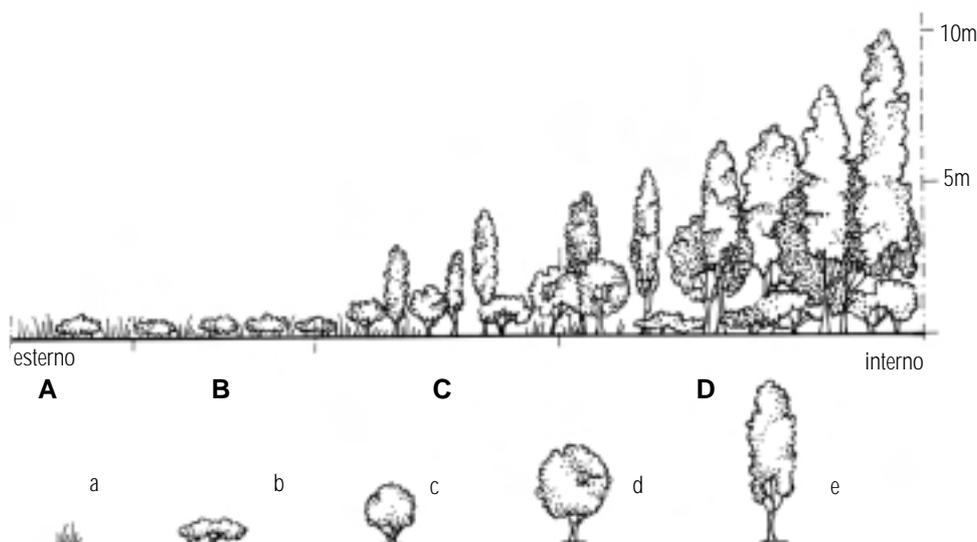


Fig.4.6.11. Struttura di una teorica macchia seriale di vegetazione. Nel disegno viene rappresentata solo una metà dell'elemento di rinverdimento; l'altra metà è specularmente simmetrica rispetto al centro della macchia stessa (Sartori, 1991).  
A: con dimensione di 4 m;  
B: 6 m;  
C: 8 m;  
D: 12 m;  
a: erba  
b: basso arbusto  
c: alto arbusto  
d: albero di bassa taglia  
e: albero di grande taglia.

E' interessante notare che sono stati ideati anche dei sestri d'impianto specifici per ricostruzioni ambientali che simulano le fitocenosi boschive naturali. In particolare Sartori (1992, 2001) ha ideato e verificato l'utilità delle così dette "macchie seriali" di vegetazione.

Esse rappresentano un metodo innovativo di rimboschimento che imita i processi naturali di spontanea riforestazione. La macchia seriale, vista in planimetria, ha forma più o meno ellittica, con un nucleo centrale di specie arboree e arbustive floristicamente simili agli aspetti della vegetazione più evoluti della zona di impianto (testa della serie), circondato da fasce di vegetazione progressivamente meno evolute, fino ad arrivare agli stadi iniziali di spinto pionierismo (base della serie).

Nel caso di disponibilità di studi dinamici e sulle serie naturali di vegetazione per l'area di intervento questi tipi di impianto saranno facilmente utilizzabili.

### ***Criteri di scelta delle specie sulla base delle loro caratteristiche di crescita***

Spesso, nei recuperi ambientali delle cave, l'uso di specie ecologicamente adatte a superare i diversi fattori limitanti non è ancora sufficiente; vanno selezionate e combinate assieme (consociate) anche e soprattutto specie con speciali qualità "bio-tecniche", derivanti dalle loro caratteristiche morfo-anatomico e funzionali. A queste qualità si è già fatto riferimento in vari punti del manuale, ma ci sembra opportuno qui richiamarle in sintesi, vista la loro importanza. In generale, dovranno essere specie molto adattate alle difficili condizioni locali (cioè "specialiste"), quindi da ricercare soprattutto tra quelle che crescono allo stato spontaneo nei paraggi della ex cava o in cave rinaturalizzatesi da sole (in tempi molto lunghi!). In particolare esse dovrebbero presentare:

- veloce attecchimento e crescita, per garantire una rapida copertura erbacea o erbaceo-arbustiva, con effetto antierosivo;
- un'azione antierosiva continua nel corso dell'anno, evitando, dove possibile, periodi con copertura carente o rada (utilizzando anche l'effetto pacciamante dell'apparato aereo disseccato);
- apparato radicale ed aereo ben sviluppato per consolidare e affermare la difesa del suolo;
- con la propria biomassa che non deve "soffocare" la crescita delle altre specie, al fine di garantire una maggior biodiversità (es. vitalba);
- ciclo vegetativo lungo, o armonizzato con quello delle altre specie presenti (precoci, tardive);
- durata nel tempo, (almeno qualche anno), al fine di permettere l'istaurarsi di condizioni migliori per specie più esigenti (perenni meglio delle annuali);
- buona riproduzione con semi e loro elevata germinabilità nel suolo;
- capacità di riproduzione vegetativa (rizomi, stoloni);
- produzione abbondante di lettiera, al fine di migliorare le condizioni del suolo;
- capacità di fissare l'azoto, al fine di arricchire il suolo;
- un'elevata integrazione fisiologica rispetto alle esigenze di altre specie insediate (es. competizione tra erbacee ed arboree, utilizzando ad es. specie sfasate come ciclo o poco competitive tra loro (annuali), o evitando specie eccessivamente adduggianti (sulla) e soffocanti (agropiro, sulla);
- elevata integrazione spaziale (specie con radici superficiali associate a specie con radici profonde, per massimizzare l'esplorazione degli orizzonti ed il recupero di sostanze liscivate);
- meglio se sempreverde, piuttosto che caducifolia (difficile o impossibile ad aversi nel nostro clima).

Ovviamente queste caratteristiche non si possono ottenere tutte e non tutte con poche specie. E' possibile avere l'effetto desiderato (in genere una copertura erbacea o erbaceo-arbustiva, piuttosto continua e perenne), associando specie diverse: ad es. specie che abbiano forma biologica diversa (es. terofite, cioè annuali - *Vicia villosa* -, con perenni come le emicriptofite, es. *Lotus corniculatus*); oppure specie che presentino sfasamenti significativi nell'epoca di sviluppo (vegetativo e riproduttivo) nel corso della stagione vegetativa: specie a sviluppo primaverile (es. *Vicia villosa*) consociata con altre a sviluppo tardo-estivo (*Medicago sativa*).

Anche gli apparati radicali sono importanti e si possono sfruttare in modo diverso, a seconda delle loro caratteristiche morfologiche (già viste nel paragrafo precedente, per le legnose); in genere, anche qui, conviene consociare specie con apparati radicali di diversa forma e profondità, al fine di aver maggior possibilità di successo, sfruttando tutte le nicchie ecologiche disponibili.

Quanto all'"aggressività delle specie", come già ricordato, alcune tendono a dominare sulle altre, per caratteristiche morfologiche (piante erbacee, ma di taglia notevole, fino a 50-100 cm di altezza). Questo è il caso di *Festuca arundinacea* e di *Hedysarum coronarium* (sulla), che nel giro di pochi anni possono, da sole o quasi, costituire la copertura erbacea dei siti recuperati, annientando la maggior parte delle altre specie seminate. In questo caso, sulla base di esperienze dirette, la miglior soluzione è l'intervento con lo sfalcio (1-2 volte all'anno); questo trattamento contiene le specie più esuberanti e permette lo sviluppo e l'affermarsi di specie meno competitive, quali i trifogli. Il taglio (o la brucatura da bestiame, es. di pecore) stimola anche la crescita stessa nel trifoglio, che emette nuovi getti laterali dalle gemme basali.

### ***Piante acquatiche e palustri***

A volte può essere interessante, per finalità naturalistiche, non condurre tutta la vegetazione verso gli stadi più maturi della serie evolutiva, bensì realizzare e mantenere stadi duraturi, per altro spesso in situazione azonale. Ci si riferisce, ad esempio, alle



praterie aride, ricche di orchidee, piuttosto che alle zone umide. Per l'inserimento di piante acquatiche e palustri in bacini di cava, recuperati più o meno completamente a zona umida, può risultare utile la consultazione di alcune pubblicazioni disponibili in ambito regionale, sia a livello di conoscenza di base (Piccoli et al., 1983), che applicative, proprio con specifico riferimento a questa finalità (Senni e Merloni, 1993). Inoltre utili informazioni possono essere desunte anche da Bernardoni e Casale (2000).

### Sintesi finale sull'uso delle specie vegetali

In sintesi, abbiamo visto come nella scelta delle specie da impiegare sia necessario tener conto di:

- a) *specializzazione ecologica delle specie* (acidofile/basifile, ecc.);
- b) *comunità vegetali di riferimento in cui crescono* (con lo scopo di ricostruire alcune di queste, a partire da modelli naturali, presenti nei dintorni, a livello di composizione in specie e rapporti quantitativi tra le stesse);
- c) *serie dinamica della vegetazione* (definibile sulla base della fascia di vegetazione in cui si opera e del mosaico di comunità presenti nei dintorni, con definizione dei diversi stadi e della loro sequenza temporale). In questo caso, in linea generale, si cercherà di ricostruire non gli stadi pionieri (troppo lenti nell'instaurarsi e progredire), bensì stadi intermedi con all'interno già le specie (semi o giovani piante) degli stadi più avanzati della serie (prevalentemente alberi). Ciò eventualmente può essere anche scalato nel tempo, inserendo le specie degli stadi più avanzati in un momento successivo (alcuni anni o più), al fine di garantire loro migliori condizioni edafiche, rispetto alla situazione di partenza;
- d) *realizzare il massimo livello possibile di diversità floristica*. Benché le condizioni ecologiche di partenza condizionino fortemente le specie da utilizzare, le scelte progettuali devono tendere al raggiungimento della maggior diversità biologica possibile; ciò va inteso in senso molto ampio, sia in termini di composizione floristica (maggior numero di specie) sia di fisionomia della vegetazione (prati, arbusteti, boschi) e di comunità vegetali;
- e) *quando possibile, esclusione delle specie non appartenenti alla flora locale*. Nel caso che si utilizzassero anche specie non autoctone, per particolari esigenze ecologiche locali, queste però andranno sostituite nel tempo, non appena le condizioni create da queste piante permetteranno la crescita di specie autoctone. Ciò è particolarmente vero per le aree ad elevato valore naturalistico.

Ta. 4.6.3. Quadro sinottico dei caratteri, biotecnici e delle esigenze ecologiche di alcune specie erbacee utilizzabili negli interventi di rinaturalizzazione

Specie erbacee	Caratteri biologici												Resistenza al clima				Caratteri della stazione			Idromorfismo stazione				Reazione		
	Ciclo (1-4)	Sviluppo (1-2)	Portam. (1-2)	Altezza (cm)	Prf. rad (cm)	Època flor.	Resist. ombreg.	Adatt. clima	Esigenze nutrienti	Capacità ricaccio	Consoc. (1-2)	N.ro semi grammo	Freddo	Caldo	Umido	Secco	Pesante	Leggera	Ghiaiosa	Umifero	Somm.	Umido	Secco	Acida	Alcalina	Sodica
<i>Agropyron repens</i>	3	23	1	150	80	3	4	23	2	1	2	260	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1
<i>Agrostis canina</i>	3	23	2	60	20	23	23	23	3	1	1	20000	1									1		1		
<i>Agrostis stolonifera</i>	3	3	12	70	30	23	23	23	4	1	1	20000	1		1		1	1	1	1	1	1		1	1	1
<i>Alpeccurus pratensis</i>	3	12	1	100	20	1	23	123	3	1	1	1400	1		1	1				1		1		1		1
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	123	1	12	90	50	1	4	23	2	1		1600	1	1			1	1	1	1		1	1	1	1	1
<i>Anthyllis vulneraria</i>	123		12	50	50	23	4	123	2	1	1	440	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1	1
<i>Bromus erectus</i>	3	1	1	60	60	23	4	12	23	1	2	250		1	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1
<i>Cynodon dactylon</i>	3	23	12	30		34	4	12	34	1	2	4000		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dactylis glomerata</i>	3	1	1	100		12	2	123	3	1	1	900	1	1		1	1	1	1		1	1				1
<i>Festuca arundinacea</i>	3	1	1	150	50	23	23	123	3	1	2	600	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Festuca gruppo rubra</i>	3	2	1	70	50	23	2	123	24	1	1	1000	1	1			1	1	1	1	1	1		1	1	1
<i>Festuca pratensis</i>	3	1	1	120		23	4	123	4	1	1	500	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Festuca rubra commutata</i>	3	1	1	60		12	4	123	23	1	1	1000	1	1		1	1				1		1			1
<i>Hedysarum coronarium</i>	3		12	80		2	4	12	3	1		250		1	1	1						1		1	1	1
<i>Holcus lanatus</i>	3	1	1	160		23	23	12	4	1	2	3500	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Holcus mollis</i>	3	1	1	120		23	23	12	2	1	2	4300			1		1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Lolium italicum</i>	12	1	1	90	80	2	3	12	34	1	1	550	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Lolium perenne</i>	3	1	1	70	120	23	4	123	34	1	1	500	1		1		1	1	1	1	1	1		1	1	1
<i>Lolium comiculatus</i>	3		12	80	100	23	34	23	4	1	1	1000	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Medicago lupulina</i>	12		1	60	30	3	4	123	4	1	1	550	1	1			1	1	1	1	1	1		1		1
<i>Medicago sativa</i>	3		1	90	200	3	4	23	34	1	2	600	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Melilotus albus</i>	12		1	100	70	3	3	123	23	1		550	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1		1
<i>Melilotus officinalis</i>	12		12	100	50	23	4	123	3	1	1	660	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1		1
<i>Onobrychis viciifolia</i>	3		1	60		2	34	12	34	1	2	65	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1
<i>Phleum pratense</i>	3	1	1	100		23	34	23	34	1	1	2500	1		1		1	1	1	1	1	1		1		1
<i>Poa annua</i>	1	2	2	35	10	1234	23	23	4	1	1	2600	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1		1
<i>Poa pratensis</i>	3	12	1	90	60	2	23	23	4	1	1	4500	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Trifolium hybridum</i>	23	3	12	50	40	3	4	23	4	1	1	1500	1		1		1	1	1	1	1	1		1		1
<i>Trifolium pratense</i>	3		12	50	80	3	4	123	4	1	1	600	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1
<i>Trifolium repens</i>	3	3	12	50	70	23	4	123	34	1	1	600		1	1		1	1	1	1	1	1				1
<i>Viola villosa</i>	12	4	2	60	80	12	4	123	34	1		35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1

(Ciclo: 1) annuale, 2) biennale, 3) perenne

Sviluppo: 1) cespitosa, 2) rizomatosa, 3) stolonifera, 4) rampicante

Portamento: 1) eretto, 2) prostrato

Resistenza all'ombreggiamento: 1) molto sciafile, 2) mediamente sciafile, 3) sub-afiofile, 4) afiofile

Adattamento al clima: 1) mediterraneo, 2) temperato caldo, 3) temperato freddo

Esigenze nutrienti: 1) molto oligotrofici, 2) oligotrofici, 3) mesotrofici, 4) eutrofici

Consociazione: 1) sì, 2) sì con attenzione]

f) *Provenienza locale e controllata dei materiali vegetali.* Purtroppo, l'attuale mercato vivaistico e sementiero non fornisce un'ampia gamma di specie da utilizzare, come più volte sottolineato, per altro quasi mai di origine locale (a meno di produzione locale *ad hoc*, possibile in genere solo per interventi di alto livello naturalistico, cioè quando si è all'interno di un'area protetta). Pertanto, pragmaticamente, è necessario per lo più adattarsi al materiale vegetale disponibile, in attesa di produzioni più eco-compatibili e anche più varie dal punto di vista biologico (specie, sottospecie adatte alle diverse situazioni da recuperare).

Infine, va evidenziato come non sia possibile indicare dei "miscugli tipo" di specie, in quanto ogni situazione di recupero va calibrata in base ai fattori ambientali che qui agiscono e alla fascia fitoclimatica di riferimento. Per cui il tecnico, meglio se supportato da un botanico nell'analisi di campo, stabilirà di volta in volta il miscuglio migliore, reperibile in base alle disponibilità del mercato e alle risorse economiche attivate per l'operazione stessa.

A maggior ragione, non è possibile fare generalizzazioni sulla serie di vegetazione da ricostruire (impostata nei suoi fondamenti, con le specie guida): ogni situazione va definita di caso in caso e si dovrà agire di conseguenza. A breve termine è prevista l'uscita per la Regione Emilia-Romagna di una carta della serie di vegetazione qui presenti.

### Scelte su grande scala (F. Neonato)

La ricostruzione di un paesaggio vegetazionale non può prescindere da considerazioni sulle complesse interrelazioni esistenti tra quelle che sono le componenti privilegiate dell'architettura del paesaggio, ovvero la terra, l'acqua, le pietre, le piante ed ogni forma di vita. Infatti, la scelta delle specie vegetali si può basare sia su valenze strettamente ecologiche, sia su altre più legate al paesaggio di riferimento; si pensi all'ulivo o al cipresso in Italia centrale, alle palme in Liguria; naturalmente il criterio dipende - come già detto - dalle finalità dell'intervento. Ma anche il tipo di materiale vegetale, il sesto di impianto, le forme dell'imboschimento e la disposizione delle piantagioni, interferiscono pesantemente sull'aspetto finale della vegetazione affermata. Ancora adesso, ad esempio, è riconoscibile l'"artificialità" di certi impianti post-bellici, che certamente non si armonizzano con il paesaggio circostante.

Esiste inoltre un'importante valenza da tenere in considerazione, che è il "rispetto delle immagini tradizionali"; ciò comporta la lettura in chiave storica, culturale, evocativa anche della vegetazione, quale prodotto delle trasformazioni umane. In pratica, può verificarsi una frattura tra un modello vegetazionale corretto dal punto di vista ecologico (formazione climax, ad esempio) e un modello storico, agricolo o forestale tra gli altri, che rende assolutamente unico e peculiare quel paesaggio sinantropico.

Ciò non significa evidentemente la riproduzione pedissequa del territorio circostante, ma semmai il tentativo di individuare le invariabili, le strutture portanti, i "*land-mark*", che consentono di costruire un paesaggio compatibile con l'ambito di riferimento e ben inserito nel mosaico ecologico.

Si aggiunge un'altra considerazione legata alla sostenibilità del modello vegetazionale proposto. Come è noto, il concetto di sostenibilità si basa sull'equilibrio di tre componenti: quella ambientale, quella economica e quella sociale. In questa visione risultano davvero anacronistiche forme di paesaggio legate a modelli sociali non più esistenti; ci si riferisce in particolare alle sistemazioni idraulico-agrarie connesse all'azienda promiscua di collina o bassa montagna, alle colture agrarie tradizionali, ai manufatti storici (cascine, fienili, pozzi, forni, ecc.), che sicuramente costituiscono una memoria ed un patrimonio di grande valore, ma che entrano in veloce declino non appena vengono meno le attività umane ad esse connesse.

Per una corretta comprensione delle dinamiche del paesaggio è di grande aiuto l'approccio multidisciplinare, proprio dell'ecologia del paesaggio. Questa disciplina consente di analizzare il paesaggio nelle sue componenti naturali ed antropiche, nella loro evoluzione temporale.

Le fasi di analisi dell'ecologia del paesaggio si articolano come segue: inquadramento generale dell'ambito paesaggistico di riferimento; individuazione degli aspetti 'strutturali' del territorio; definizione dell'ecomosaico di base o individuabile come quello formato dalle biogeocenosi vegetali, in quanto ad esse spetta il ruolo maggiore di controllori del flusso di energia e di materia e la capacità di costruzione dell'ambiente e di interazione col suolo e la formazione di un microclima" (Ingegnoli, 1997). La tessera del mosaico può essere anche definita come ecotopo, ed in tal senso non va intesa solo come biogeocenosi, ma anche in senso paesistico.

La definizione dell'ecomosaico assume maggiore significato, ed oltre una certa scala di intervento esso è essenziale, quando va indagato nella sua serie storica. In questo caso sono assolutamente utili le cartografie elaborate dall'IGM (Istituto Geografico Militare) alla scala 1:25.000 nel 1890 circa, nel 1940 circa e nel dopoguerra. Tali cartografie, perfettamente sovrapponibili, riportano simbologie utili alla ricostruzione del paesaggio umano, a cavallo di un secolo di grandi cambiamenti. Da esse è possibile desumere in termini anche quantitativi (areali) le dinamiche demografiche, quelle forestali ed agrarie. Dal 1970 circa sono inoltre disponibili le cartografie tecniche regionali (C.T.R.), ad una risoluzione migliore (scala di restituzione 1:5.000), le foto aeree e le fotocarte. Dalla disamina della cartografia si ottengono le carte delle unità di paesaggio alle diverse soglie storiche, le aree a dinamismi in atto, le permanenze e le invarianti del paesaggio.

Ulteriore cartografia può essere prodotta dalle precedenti e da indagini storiografiche, iconografiche più puntuali, tra queste: la carta dell'habitat naturale, la carta dell'habitat umano, la carta dell'assetto fondiario, la carta della qualità colturale, ed altre ancora, a cui applicare indici strutturali e funzionali propri dell'ecologia del paesaggio.

La definizione e la comprensione (grazie anche alla cartografia tematica e all'uso dei GIS) delle unità di paesaggio che compongono l'area di studio consente, solitamente ad una scala maggiore, di studiare le singole unità di transizione e di elaborare la carta degli interventi e delle forme di gestione.

Una volta che sono state ben chiarite le finalità della ricostruzione vegetazionale, le modalità tecniche, i tempi e le risorse, è importante compiere quelle scelte che "ancorano" il *pattern* al mosaico, alla trama dominante della/e unità di paesaggio di riferimento. Questo può essere conseguito attraverso:

a) "l'analisi soggettiva", basata sostanzialmente sul processo visivo; si rivela particolarmente utile quando l'area di studio non ha grandi dimensioni e quando non costituisce in sé una valenza ambientale e/o paesaggistica, ma al contrario contiene criticità e forme di degrado.

L'analisi soggettiva è volta ad individuare sostanzialmente:

- l'unità di paesaggio comprendente l'area da rivegetare, ovvero, sulla scorta di quanto anche detto a proposito dell'ecologia del paesaggio, è necessaria la comprensione dell'ecomosaico di riferimento;
- il bacino visuale da cui l'area in oggetto è visibile, tra cui i picchi, i punti di osservazione, i centri abitati, le strade panoramiche, ecc.. Tra questi vengono individuati i relativi 'punti di vista-chiave', da cui si coglie una vista d'insieme dell'area di studio. Può rivelarsi di grande utilità scattare delle immagini a cui successivamente dare dei punteggi per meglio gerarchizzare le visuali più significative;
- nello stesso modo deve essere individuato il bacino visuale percepibile dall'interno dell'area di studio e i relativi punti di vista-chiave: anche dall'area di studio possono esserci visuali sgradite, soprattutto in funzione della destinazione prevista;
- a questo punto può essere redatta la carta delle visuali negative da nascondere o elementi critici, di grande utilità in fase di progettazione degli interventi migliorativi;

- allo stesso modo è utile elaborare la carta delle visuali positive, da esaltare, e degli elementi di forza; in questa accezione possono essere mantenute preesistenze vegetali, emergenze naturali, ma anche manufatti particolari, ad esempio, quale testimonianza storica, o “*landmark*”;
  - è altresì utile individuare le tipologie delle forme del paesaggio vegetale di riferimento, in particolare le piante singole (esemplari isolati), gli elementi lineari (siepi e filari), gli elementi a blocchi o gruppi (boschi, boscaglie, arbusteti);
  - sempre dall'ecologia del paesaggio, è utile rilevare le tipologie delle forme del territorio circostante che determinano nel “pattern” vegetazionale dei cambiamenti, delle forme di transizione, delle fratture funzionali, quali faglie, linee di sella, improduttivi, corsi d'acqua, infrastrutture, ecc.;
  - con lo stesso approccio, anche altri elementi sono importanti per la comprensione del territorio: “*landmark*” o elementi assolutamente unici di quel paesaggio, che funzionano da riferimento sulla grande scala per allineamenti, proporzioni, scansioni pieno/vuoto, ecc.;
- b) a questo punto risulta utile conoscere quelle che sono le tradizioni, tecniche e culturali, dell'area di studio, in particolare:
- colture agricole e rotazioni;
  - forme di allevamento per fruttiferi e viti;
  - governo e trattamento dei boschi;
  - presenza di pascolo, debbio, ecc.;
  - riferimenti storici o religiosi legati alla vegetazione (alberi o boschi sacri, monumenti vegetali, ecc.);
- c) possono quindi essere fatte le scelte che portano a determinare le principali forme del pattern, sulla base di:
- la forma: aperta/chiusa, a contorni regolari o meno, frastagliata, continua, ecc.;
  - la dimensione dei lotti di piantagione;
  - la piantagione: a elementi isolati, lineare, a blocchi;
  - sistema di tracciamento per la piantagione: regolare, sinusoidale, a macchie seriali, ecc.;
  - la struttura: aspetto naturaliforme o meno;
  - l'età del materiale: aspetto mono o pluri-planare;
  - la composizione delle tipologie: arborea, arbustiva, erbacea;
  - la densità o rarefazione: compatta, con chiarie;
  - la tessitura, il colore e l'architettura delle chiome;
  - l'inserimento di elementi non vegetali di complemento al paesaggio proposto;
  - il tipo di gestione che le scelte progettuali comportano.

#### 4.6.3.2 TECNICHE DI IMPIANTO (E. Muzzi, G. Rossi)

##### Scelta della modalità e del materiale di impianto

Due sono le opzioni possibili per l'impianto della vegetazione: semina o piantagione. Per le essenze erbacee nella pratica ricostruttiva si ricorre quasi esclusivamente alla semina; esistono però altre tecniche come il trapianto di porzioni del cotico erboso (zollatura), in genere piccole piote prelevate in prossimità del sito, distribuite nelle aree seminate con lo scopo di favorire la naturale disseminazione di essenze locali. A riguardo è anche possibile prevedere la distribuzione di organi di piante, quali gli stoloni, mescolati al terreno di riporto, che vengono erpicaturi ed interrati per moltiplicarne il numero (es. *Cynodon dactylon*).

Viceversa per le essenze arboreo/arbustive è necessario definire la modalità più corretta per l'impianto. Molti sono gli elementi che incidono su questa scelta:

- fattori di ordine generale: obiettivo finale;

- fattori di ordine locale:
  - obiettivo per la vegetazione;
  - tempi previsti;
  - disponibilità economica;
  - vincoli legali/programmatori;
  - posizione e giacitura dell'area;
  - viabilità e accesso;
  - disponibilità di manodopera e di calendario;
  - presenza di vivai/ditte specializzate;
  - disponibilità di materiale di propagazione;
  - disponibilità di mezzi di sostegno (acqua, terreno);
- fattori legati alla stazione:
  - condizioni climatiche;
  - condizioni edafiche;
  - presenza di competizione (associazione con altre specie);
  - presenza di parassiti e predatori;
- fattori biologici:
  - modalità di sviluppo radicale;
  - difficoltà nel reperimento del seme (salici, pioppi);
  - difficoltà o scalarità nel superamento della dormienza;
  - facilità di propagazione;
  - facilità di radicazione;

Storicamente si è passati da un uso generalizzato della semina ad un sempre più diffuso ricorso alla piantagione. Questa infatti presenta una minore aleatorietà e si adatta meglio a condizioni estreme. E' tipica di specie non fittonanti a lento sviluppo nei primi anni: si adatta molto bene a siti già vegetati, consentendo un superamento rapido della concorrenza delle erbacee ed evitando i danni da insetti e roditori. La semina, all'opposto, si adatta alle stazioni migliori con una limitata presenza di parassiti, alle specie fittonanti e con una semente a rapida germinazione e crescita, alle densità elevate. Come regola la semina risulta essere una pratica più economica anche se è necessario valutare con attenzione tutti i costi di gestione a medio e lungo periodo del soprassuolo ottenuto. Visto il particolare tipo di intervento incentrato sulla necessità di superare rapidamente i principali danni ambientali e paesaggistici, si preferisce oramai ricorrere estesamente alla piantagione, anche se ricerche recenti (Ingegnoli, 1999) hanno dimostrato una miglior diversificazione legata alla pratica della semina. La semina, invece, è molto diffusa in nord America, anche se i risultati migliori si sono avuti solo sui terreni migliori: alle volte si preferisce ricorrere alla semina dove non esiste una competizione diretta da parte di altra vegetazione (Bradshaw e Chadwick, 1980). L'esperienza sperimentale di Carpineti (RE) dimostra invece come una corretta associazione/competizione tra erbacee e arbustive su substrati minerali risulta essere più importante delle modalità di impianto (Muzzi e Rossi, 1992; Muzzi e Roffi, 1999).

Accanto a tali modalità è necessario definire il tipo di materiale da impiegare nell'intervento, specie nella piantagione. Si hanno diverse possibilità:

- *Piante a radice nuda*

Metodo applicato a piante di dimensioni piccole e medie (altezza 30-200 cm) di pochi anni.

Le piante a radice nuda risultano:

- poco costose;
- facilmente trasportabili;
- conservabili in sito per lunghi periodi;
- facilmente impiantabili;
- soggette a forte crisi di trapianto;
- in forte competizione con le erbacee;
- soggette a vandalismi;
- esigenti in cure: pacciamatura, sfalci, irrigazioni;
- con tempi di impianto molto stretti (riposo vegetativo).

Sono piante da utilizzare in condizioni preferenzialmente buone di substrato.

#### - *Piante in contenitore*

E' un sistema applicato a piante piccole e medio piccole (30-150 cm), di pochi anni ed alle specie con radici fittonanti. Le piante in contenitore risultano:

con minori traumi al trapianto;	con maggiori problemi di trasporto;
conservabili in sito;	più costose;
con calendario di impianto più ampio;	soggette a vandalismi;
	in minore competizione con le erbacee (in funzione dell'altezza).

Sono piante che possono essere utilizzate anche in condizioni edafiche difficili ed in periodi diversificati.

#### - *Piante in zolla*

E' un sistema applicato per esemplari standard o di grandi dimensioni o per piante sensibili al trapianto. Le piante in zolla risultano essere:

a pronto effetto;	più costose;
in minor competizione con le erbacee;	con maggiori problemi di trasporto;
con minori danni da parassiti;	con maggiori problemi di movimentazione;
con minori traumi al trapianto;	con maggiori problemi di piantagione;
	richiedono maggiori cure: irrigazione per alcuni anni;
	con maggiori problemi di conservazione in sito.

Sono piante tipiche di siti con buoni substrati, utilizzate in genere in prossimità di infrastrutture civili ed urbane.

#### - *Piante in talea*

E' un sistema applicato alle specie che radicano con molta facilità: in pieno campo vengono utilizzati quasi esclusivamente per salici e pioppi.

Le piante in talea risultano essere:

poco costose;	soggette a forte crisi di trapianto;
facilmente trasportabili;	in forte competizione con le erbacee;
conservabili in sito per lunghi periodi;	con tempi di impianto limitati (riposo vegetativo - fine inverno);
	facilmente impiantabili.

E' un metodo che nei nostri climi ha dato risultati apprezzabili solo in stazioni fresche con una presenza adeguata e costante di acqua: si adatta perciò solo a situazioni idromorfe come le sistemazione dei corsi d'acqua o in presenza di ristagni localizzati.

### **Reperibilità del materiale**

Un'adeguata disponibilità di materiale vegetale di buona qualità rappresenta un elemento decisivo nella progettazione ed esecuzione del recupero ambientale di tipo ricostruttivo. In generale questi progetti richiedono sempre grandi quantità di materiale di propagazione; per coprire queste esigenze si hanno due possibilità: il mercato o la raccolta e la propagazione diretta.

#### ***Il mercato***

Si può ricorrere a fonti commerciali specializzate che in tempi rapidi mettano a disposizione sia semi sia propaguli in grandi quantità e con adeguati standard di qualità (purezza, vitalità, dimensioni, ecc.). Il problema che il mercato pone è rappresentato dal possibile, se non certo, inquinamento genetico causato dall'uso di materiale di provenienza lontana o comunque non ben definita. Questo comporta il rilascio e la diffusione di ecotipi estranei, non sempre del tutto adattati alle particolari condizioni microclimatiche e stazionali locali. Gran parte del seme disponibile per le essenze erbacee, ad esempio, proviene da paesi lontani, sia europei (orientali) che sud ameri-

cani, mentre per le arboree esistono solo poche specie tutelate, di cui si conosce e si certifica la provenienza. Il controllo delle provenienze è un notevole problema anche per il materiale agamico. Oltre alla questione della provenienza qui si ha anche il problema della uniformità genetica: essendo questi degli interventi con un'elevata valenza naturalistica è necessario evitare la diffusione di piante propagate da poche piante madri, in quanto verrebbe a mancare la variabilità genetica di fondo tipica dei popolamenti naturali (almeno nelle condizioni ottimali).

*Reperimento delle sementi di specie erbacee, arbustive ed arboree autoctone e di provenienza locale in Emilia-Romagna e Lombardia*

Recentemente (2001) la Regione Emilia-Romagna (settore Foreste) ha attuato un progetto di ricerca per individuare liste floristiche di specie erbacee autoctone da utilizzarsi in interventi di rinaturazione. In particolare sono state saggiate 140 specie, fornendo alla fine un giudizio sul loro impiego pratico. In tempi brevi si attuerà, a livello sperimentale, un programma di raccolta semi e parti di piante per la loro riproduzione. I dati prodotti saranno raccolti in un apposito manuale, mentre la seconda fase dell'azione intrapresa prevede la produzione in massa di tali sementi per opere di ripristino, tra cui le stesse cave. Per quanto riguarda invece la produzione vivaistica regionale di specie legnose è migliorata la produzione, con introduzione di nuove specie, quali i salici da talea. Inoltre, si è curato molto il controllo sulla provenienza dei semi (certificazione della provenienza).

Per quanto riguarda la provenienza locale e le specie autoctone, in alcune regioni limitrofe come la Lombardia, a cura dell'ente regionale, si stanno producendo ormai da alcuni anni piante, soprattutto erbacee, per interventi di riqualificazione floristica e ripristino (soprattutto a livello sperimentale), a partire da materiale raccolto in natura. Si tratta del "Centro Regionale per la Flora Autoctona", con sede presso il Parco Naturale Regionale del Monte Barro (Lecco), al quale competono la gestione economica, il coordinamento tecnico ed amministrativo di tutte le attività del centro, nonché i rapporti operativi con le aree protette regionali. Per la supervisione scientifica dei progetti il Centro si avvale dell'Unità di Ecologia Vegetale e Fitogeografia del Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale dell'Università degli Studi dell'Insubria. Il Dipartimento di Ecologia del Territorio dell'Università di Pavia collabora nella raccolta in natura dei semi delle specie di interesse e nella loro conservazione. Gli aspetti più strettamente agronomici sono garantiti dalla Fondazione Minoprio (Vertemate con Minoprio - CO). La programmazione strategica ed il finanziamento del progetto spettano alla Direzione Generale "Tutela ambientale", Ufficio gestione e valorizzazione della regione Lombardia. L'obiettivo fondamentale del Centro è quello di acquisire conoscenze e procedure che, anche mediante il coinvolgimento di qualificati operatori privati del settore agricolo e florovivaistico, garantiscano la disponibilità di specie vegetali erbacee ed arbustive compatibili con le popolazioni locali (lombarde) adatte all'impiego in opere di riqualificazione - recupero ambientale e negli interventi di ingegneria naturalistica e ad intraprendere progetti di conservazione di specie rare e/o minacciate.

Il Centro ha pertanto il compito di:

- 1) individuare le situazioni critiche per la conservazione della biodiversità vegetale in Lombardia;
- 2) raccogliere e integrare dati e informazioni sull'ecologia, sulla biologia riproduttiva e, quando necessario, sulla variabilità genetica intra e inter-popolazione delle specie vegetali, ai fini della loro propagazione e conservazione *in situ* ed *ex situ*;
- 3) definire protocolli di coltivazione e avviare la produzione pilota di materiale vivo;
- 4) promuovere attività florovivaistiche ed agricole ai fini di una produzione massiva di materiale vegetale autoctono in ottemperanza alle leggi e alle normative regionali;
- 5) programmare, sovrintendere e fornire assistenza negli interventi di ripopolamento o reintroduzione di specie rare, realizzati nel sistema regionale delle aree protette, nonché dare la propria consulenza nella progettazione e nell'esecuzione degli inter-

venti di recupero ambientale per mezzo delle piante.

Ogni volta che una nuova specie o un nuovo gruppo di specie è inserito nelle attività del Centro, viene seguita una procedura standard di analisi che prevede diverse fasi, tra cui fondamentali sono le seguenti:

- 1) raccolta di semi/frutti monospermi in campo;
- 2) analisi della germinabilità della specie mediante test di diverso tipo;
- 3) redazione di protocolli di coltivazione;
- 4) produzione delle piante richieste.

E' stato anche istituito una sorta di marchio "doc" per le piante qui prodotte, denominato *FLORA AUTOCTONA*<sup>®</sup>. Questo marchio, di proprietà del Centro, qualifica le attività di servizio in merito al controllo dei materiali vegetali riprodotti e diffusi; può essere riprodotto esclusivamente dal Centro e dalle Imprese autorizzate con le modalità determinate dal disciplinare del marchio.

Il disciplinare del marchio *FLORA AUTOCTONA*<sup>®</sup> si applica alle piante raccolte sul territorio della Regione Lombardia, o in zone botanicamente omogenee, riportate in un elenco aggiornato periodicamente a cura del Centro. Lo stock di materiale vegetale disponibile per ogni specie è corredato da nome scientifico, data di prima riproduzione e zona di raccolta del materiale. Per ogni specie è fornito il protocollo di coltivazione messo a punto dal Centro.

### ***Qualità del materiale***

I parametri necessari per valutare con accortezza il materiale da acquistare sono funzione del tipo di materiale.

#### *Sementi*

Per tutte le partite di seme esistono delle precise norme. In particolare ogni confezione deve presentare un cartellino in cui accanto a tutte le informazioni legali il produttore/rivenditore deve specificare:

- genere, specie, sottospecie, varietà;
- la provenienza (località);
- l'anno di produzione;
- peso di 1000 semi;
- la purezza;
- la germinabilità;
- numero di semi interi per kg.

#### *Qualità degli organi*

Il materiale disponibile si può presentare nelle diverse forme: radice nuda, zolla, contenitore, talea. Nella valutazione qualitativa sono due gli elementi che devono essere controllati con attenzione: l'apparato radicale e l'apparato aereo.

#### *Apparato radicale*

In relazione al tipo di materiale diversi sono gli aspetti da controllare.

#### *Piante a radice nuda*

La qualità del materiale a radice nuda si manifesta attraverso:

- un sistema radicale abbondante, ricco in capillizio;
- un sistema radicale ben equilibrato rispetto al fusto e rispetto allo spazio con una buona distribuzione nelle diverse direzioni;
- l'assenza di poche grosse radici, bensì la presenza di molte radici fini;
- un buono stato fisiologico: assenza di parti disseccate, rotte, deteriorate o putrefatte.

Per piante dotate di fittone inoltre devono avere:

- un fittone sufficientemente lungo, almeno 20 cm;
- in caso di ripicchettamento, avere un apparato radicale secondario ben sviluppato e formato.

Per raggiungere questi standard:

- le piante devono essere estratte nel periodo giusto (riposo vegetativo) e nel momento corretto (assenza di gelo o di venti disseccanti);

- le piante devono rimanere all'aria il meno possibile sia in vivaio che in campo: comunque sempre protette dal sole e da eventuali venti dissecanti;
- il materiale deve essere adeguatamente preparato per il trasporto al fine di evitare danni legati a vento e sole ma anche alle movimentazioni necessarie.

#### *Piante in zolla*

La qualità del materiale con zolla è legata:

- alla dimensione del pane di terra in relazione alle dimensioni della pianta, per evitare il trapianto di limitate porzioni di apparato radicale rispetto all'epicorno;
- alla presenza di una zolla compatta e consistente;
- ad una presenza abbondante di capillizio entro la zolla;
- ad una buona protezione con sacco di juta o contenitore per piante più grandi.

Per raggiungere questi standard:

- le piante devono essere preparate per tempo per limitare i danni all'apparato radicale all'espianto, attraverso periodiche zollature o potature;
- le piante devono essere estratte nel periodo giusto (riposo vegetativo) e nel momento corretto (assenza di gelo o di venti dissecanti);
- le piante devono essere subito avvolte e sostenute per evitare danni all'apparato radicale;
- il materiale deve essere adeguatamente preparato per il trasporto al fine di evitare danni legati a vento e sole ma anche alle movimentazioni necessarie.

#### *Piante in contenitore*

La qualità del materiale in contenitore è legata:

- all'età delle piante: queste devono avere una età ed una dimensione tali da adattarsi alle caratteristiche del contenitore; è necessario evitare una eccessiva permanenza delle piante in contenitori piccoli, non adatti. Questo può causare delle deformazioni all'apparato radicale. A tale riguardo può essere utile controllare, al momento della scelta, la presenza di eventuali tagli alla parte aerea della pianta, tagli necessari per limitare il rigoglio degli individui;
- all'assenza di radici che fuoriescono, con danni dovuti a perdite di parte dell'apparato radicale;
- all'assenza di radici orizzontali o incurvate verso l'alto (problemi di sviluppo ed ancoraggio);
- all'assenza di radici a sviluppo circolare;
- ad una buona penetrazione dell'apparato radicale in tutta la massa del substrato: le radici devono occupare tutto il substrato presente al fine di renderlo coerente ed omogeneo ed evitare eventuali rotture del pane di terra al momento dello svaso (tipico di specie a sviluppo fascicolato che non approfondiscono le radici nella parte inferiore dei vasi specie di quelli profondi).

Per raggiungere un buono standard è necessario perciò acquisire materiale di età certa, dove le dimensioni del vaso sono coerenti con le esigenze della pianta, dove le radici riempiono il substrato per intero senza essere limitate, obiettivo che si raggiunge attraverso una preventiva organizzazione e programmazione delle produzioni con accordi precisi con le ditte moltiplicatrici. Questa risulta essere di difficile attuazione in quanto variabile in relazione alle specie, alle condizioni climatiche locali ed al mezzo di coltivazione. Il tempo medio necessario per produrre piante di piccole dimensioni è di 12-24 mesi per la maggior parte delle specie. La produzione di piante di più grandi dimensioni richiede una seconda stagione di crescita.

#### *Apparato aereo*

Per piante arbustive o per ceppaie: si deve valutare la presenza di più fusti vigorosi, di diametro consistente.

Per le piante arboree si deve valutare:

- la presenza di fusto diritto, senza storture o flessuosità;
- l'assenza di ferite o di cicatrici;

- la presenza del germoglio terminale in buone condizioni, non disseccato, né infestato da parassiti;
- un buon equilibrio tra altezza e diametro: si può a tale riguardo considerare buono un valore di H/D minore di 100 ed ottimo nell'intervallo 70-80.

Per le talee è necessario innanzitutto verificare le dimensioni: la lunghezza non deve essere minore di 50 cm con diametri comunque superiori a 2.5 cm. Le gemme superiori non devono essere danneggiate; la talea non deve presentare danneggiamenti, malattie e deve essere ben conservata e fresca.

### **La raccolta diretta**

Si può ricorrere anche ad una raccolta diretta, in loco, del materiale necessario (zone contermini alla ex cava). Dal punto di vista naturalistico questa è la scelta più corretta: le particolari condizioni, spesso estreme, e la necessità di risultati sicuri indirizzano il progettista verso il materiale selezionato in loco. L'impegno in questo caso però risulta molto gravoso. È necessario organizzare un cantiere di lavoro per lunghi periodi dell'anno, al fine di raccogliere in modo differito i propaguli delle diverse specie che, scolarmente, vengono a maturazione. Questo materiale deve poi essere manipolato in modo adeguato: ripulito, trattato, conservato, oppure preparato, moltiplicato e messo a dimora in vivaio a radicare. Tutto questo richiede risorse, sia umane che finanziarie, capacità ed esperienza, elementi pressoché mai disponibili presso aziende escavatrici. La raccolta diretta può essere però molto utile per reperire del materiale adattato da propagare in vivai o aziende specializzate, coinvolte attraverso accordi o contratti. Nella raccolta i problemi da affrontare sono diversi, a seconda del tipo di piante da propagare.

#### *Specie erbacee*

Per le erbacee in genere ci si concentra sul materiale gamico rappresentato dai semi. Si deve provvedere a periodiche raccolte di semi in siti posti in prossimità o nelle vicinanze dell'area in ripristino. Il momento della raccolta è legato ad una attenta osservazione della sequenza stagionale e della fenologia della specie. Come regola generale, il periodo ideale per la raccolta dei semi sembra essere il momento del viraggio del colore dei tegumenti, quando oramai l'embrione è già indurito. Questo momento può, in ambiti naturali, essere dilatato su un certo intervallo di tempo, in funzione delle differenze ecologiche tra i siti e delle diversità genetiche degli individui: questo costringe a raccolte scalari e ripetute.

I metodi di raccolta in campo possono essere diversi:

- diretta, a mano*: attraverso l'asportazione dei semi direttamente dai culmi delle piante madri. È un sistema poco produttivo, costoso, adatto per la preparazione di limitate quantità di materiale da moltiplicare (es. specie rare di interesse naturalistico e conservazionistico, da riprodurre per introduzioni), difficile in quanto richiede una attenta osservazione della fenologia per definire in modo esatto il momento migliore della raccolta che, comunque, dovrà essere anticipata per evitare la disseminazione naturale. Nel contempo, è un sistema non distruttivo per cui sono possibili passate successive ad epoche diverse per raccogliere semi di specie diverse. Utili informazioni in merito alle tecniche di raccolta dei semi possono essere desunte anche dal "*Field manual for seed collectors*" messo a punto dal "*Millennium seed bank project*" dei *Royal Botanic Gardens* di Kew (Gran Bretagna), disponibile sul sito internet [www.rbgekew.org.uk/msbp/internat/fieldmanual.html](http://www.rbgekew.org.uk/msbp/internat/fieldmanual.html).
- Con sfalcio*: con l'asportazione di parte della porzione epigea della pianta che poi viene messa a seccare in siti controllati per favorire la maturazione completa e la naturale deiscenza dei semi. È un sistema più produttivo, meno costoso, meno vincolato dall'epoca del distacco e fisiologicamente più corretto, ma comporta una alterazione del cotico che limita eventuali possibili raccolte successive o ulteriori sfalci. Può essere svolto con successo nelle zone prative circostanti al sito di intervento.

c) *Con aspirazione*: qui i semi vengono lasciati cadere sulla lettiera o sul terreno per poi essere raccolti per aspirazione diretta con apposite macchine semoventi che intrappolano le parti leggere aspirate. Esempi di questa tecnica si sono avuti nei paesi anglosassoni ma sempre per piccole quantità di materiale. E' un metodo pratico, non distruttivo, anche se può richiedere interventi preventivi quali rastrellature per facilitare l'aspirazione.

In generale però tutti questi metodi applicati alle essenze erbacee consentono raccolte limitate che difficilmente coprono le esigenze di seme del ripristino. Inoltre gran parte del materiale raccolto risulta essere poco puro, alterato, infestato da parassiti e difficilmente germinabile richiedendo quindi successivi interventi per consentire la conservazione e la successiva germinazione.

Tab.4.6.4. Specie arboree: propagazione per seme: epoca di fioritura, epoca e modalità della raccolta.

Specie	Epoca fioritura	Età minima (anni)	Periodicità fruttificazione	Epoca raccolta	Modalità
<i>Acer campestre</i>	apr.-mag.	10	1	sett.	A mano sulla pianta
<i>Acer platanoides</i>	mar.-apr.	20	1-3	sett.-ott.	A mano sulla pianta
<i>Acer pseudoplatanus</i>	apr.	20	1-3	sett.	A mano sulla pianta
<i>Alnus glutinosa</i>	feb.-mar.	6-8	1-3	set.-nov	A mano sulla pianta
<i>Alnus incana</i>	feb.-apr.	3-5	1-3	set.-nov.	A mano sulla pianta
<i>Betula pendula</i>	apr.-mag.	15	1-3	set.	A mano sullapianta
<i>Carpinus betulus</i>	mar.	10-20	1-2	set.-ott.	A mano sulla pianta
<i>Castanea sativa</i>	giu.	10-15	1-4	ott.-nov.	A mano a terra
<i>Corylus avellana</i>	dic.-gen.	15-20	2-3	set.	A mano terra/ pianta
<i>Fagus sylvatica</i>	apr.-mag.	40-60	10-15	ott.	A terra
<i>Fraxinus excelsior</i>	apr.-mag.	25-30	2-5	set.	A mano-terra/pianta
<i>Fraxinus ornus</i>	apr.-mag.	20	1-2	set.	A mano terra/ pianta
<i>Fraxinus oxycarpa</i>	apr.-mag.	?	?	set.	A mano terra/ pianta
<i>Juglans regia</i>	apr.-mag.	8-10	1-2	set	A mano a terra
<i>Laburnum anag.</i>	mag.-giu.	?	1-2	set.-ott.	A mano dalla pianta
<i>Ostrya carpinifolia</i>	apr.	15	1-3	ago.	A mano dalla pianta
<i>Quercus cerris</i>	apr.-mag.	15-20	1-3	ott.	A mano a terra
<i>Quercus ilex</i>	mag.-giu.	20	1-3	ott.-dic.	A mano a terra
<i>Quercus petraea</i>	mag.	40	4-5	set.-ott.	A mano a terra (reti)
<i>Quercus pubescens</i>	mag.	10-12	1-2	ott.-nov.	A mano a terra (reti)
<i>Quercus robur</i>	apr.-mag.	40	4-5	ott.-nov.	A mano a terra (reti)
<i>Prunus avium</i>	apr.-giu.	6-7	1-3	giu.-lug.	A mano a terra (reti)
<i>Prunus padus</i>	apr.-giu.	?	1-3	giu.lug.	A mano a terra (reti)
<i>Sambucus nigra</i>	apr.-giu.	1	1	ago.-set.	A mano a terra (reti)
<i>Sorbus aria</i>	mag.-giu.	?	?	ago.-set.	A mano a terra (reti)
<i>Sorbus aucuparia</i>	mag.-giu.	10	2-3	ago.-set.	A mano a terra (reti)
<i>Sorbus torminalis</i>	mag.-giu.	?	?	ago.-ott.	A mano a terra (reti)
<i>Tilia cordata</i>	lug.	20-30	1-3	set.-ott.	A mano a terra (reti)
<i>Ulmus glabra</i>	mar.-apr.	30-40	1-2	primavera	A mano a terra (reti)

#### *Specie arbustive ed arboree*

Il materiale di propagazione utilizzato per queste specie è costituito quasi esclusivamente da piantine radicate o porzioni di piante (talee o altro) con o senza radici. L'uso diretto del seme risulta essere nei nostri ambiti molto limitato, anche se recenti esperienze hanno dimostrato l'efficacia, nel lungo periodo, di questa pratica.

Per le piante arboree la raccolta dei semi è tipicamente manuale (Tab. 4.6.4) con prelievo o distacco diretto degli stessi o degli eventuali frutti o con una raccolta a terra o su teli dei propaguli caduti naturalmente o artificialmente (attraverso battitura, vibrazione, potature o altro). Anche in questo caso la produttività dipende dalla naturale produzione delle piante (anni di pasciona) e dalla loro conformazione ed accessi-

bilità. Comunemente la raccolta del seme è legata ad una fase di pre-moltiplicazione assistita che richiede però tecniche e personale molto specializzato: difficilmente può essere realizzato in loco da personale senza esperienza. Anche in questo caso molto importante è prevedere una raccolta differenziata per ambiti e piante diverse per ampliare la variabilità genetica di fondo del materiale di propagazione. La raccolta dovrebbe essere ripetuta anche in anni diversi in quanto è stato dimostrato che in un singolo anno elevata è la omogeneità genetica tra la discendenza. Nella raccolta del seme diverse sono le difficoltà che si possono incontrare:

- nella scelta di gruppi di piante (mai piante isolate) in condizioni simili sia per età (ne troppo giovani o vecchie) che fase fenologica (maturazione);
- nella scelta del momento ideale per la raccolta: non troppo anticipato in quanto si perde in germinabilità, ne troppo differito per evitare possibili perdite di seme: il momento ideale deve cadere tra la maturazione e la caduta del seme, dove questo intervallo è sempre molto condizionato dalle caratteristiche della stazione e della stagione. Comunque è sempre meglio non anticipare troppo la raccolta in quanto si possono avere semenzali più deboli;
- nella raccolta vera e propria e nella prima conservazione e manipolazione.

Anche per il materiale agamico valgono analoghe considerazioni: è una pratica esclusivamente manuale, che richiede l'asportazione e la conservazione corretta del materiale di natura molto varia (talee, talee radicate, polloni, ecc.). Le epoche ed il tipo di materiale sono funzione delle esigenze delle singole specie propagate (Tab. 4.6.5). Anche in questo caso è indispensabile ricorrere a molte fonti di materiale per evitare una eccessiva uniformità: a differenza del seme qui ogni talea o propagulo risulta essere identico in tutto al genitore.

Esistono alcune regole per la raccolta delle talee che hanno una validità generale:

- le porzioni di legno giovane hanno sempre una maggiore capacità rizogena ma molto spesso hanno una limitata disponibilità di riserve e quindi tendono a disseccarsi più facilmente;
- le porzioni di legno vecchio radicano con più difficoltà ma hanno grandi quantità di elementi di riserva;
- le talee prelevate nelle porzioni basali hanno maggiori capacità rizogene rispetto a quelle apicali;
- le talee devono essere tagliate inferiormente subito sotto ad un nodo, mentre superiormente è sempre meglio lasciare una piccola porzione di legno (1-3 cm) sopra l'ultimo nodo;
- il prelievo deve avvenire in momenti ottimali:
  - per le talee legnose è il periodo di riposo invernale;
  - per le talee semilegnose è il periodo di attività metabolica in cui inizia la lignificazione dei germogli:
    - primavera-autunno per le latifoglie;
    - autunno-primavera per le aghifoglie;
- il prelievo oltre che essere distribuito deve avvenire su piante tendenzialmente sane;
- il prelievo e la messa in opera delle talee legnose devono essere organizzati in modo tale da favorire la formazione di un nuovo apparato radicale prima del risveglio vegetativo;
- il prelievo e le successive fasi di trasporto devono essere organizzate in modo da limitare danni al materiale dovuti sia a disidratazione che a minimi termici;
- le talee legnose di latifoglie sempreverdi devono essere liberate delle foglie presenti;
- le talee legnose di conifere devono essere liberate degli aghi presenti nella parte mediana e basale;
- le talee legnose possono essere conservate in ambienti adatti per un certo periodo di tempo;
- le talee semilegnose vanno prelevate immediatamente prima della loro messa a dimora e comunque mantenute a basse temperature con una elevata umidità;

- le talee semilegnose presentano sempre alcune foglie o parti di esse, in media 2-3 foglie piccole.

Tab.4.6.5. Specie arboree: propagazione per seme: epoca di fioritura, epoca e modalità della raccolta.

Specie	Origine	Tipo	Trattamenti	Difficoltà	Prelievo	Utilizzo
<i>Acer campestre</i>	C	SL	O-N	C	Mg-Gn	t
<i>Acer platanoides</i>	C	SL	O-N-R	D	Gn	t
<i>Acer pseudoplat.</i>	C	SL	O-I-R	C	Mg-Gn	t
	C	L	O-I-R	C	Fe	t
<i>Alnus glutinosa</i>	C	SL	O-N	C	Gn-Lu	t
<i>Amelanchier ovalis</i>	C	SL	O-N	C	Mg-Gn	t
<i>Arbutus unedo</i>	C	SL	O-R-N	D	Lu	t
<i>Berberis vulgaris</i>	C	SL	O-N-S	C	Mg-Gn	t
<i>Betula pubescens</i>	C	SL	O-N-S	C	Gn-Lu	t
<i>Carpinus betulus</i>	C	SL-L	O-N-S	C	Mg	t
<i>Castanea sativa</i>	C	SL	O-N-S	C	Gn	T-t
<i>Celtis australis</i>	C	SL	O-N	F	Lu	t
	C	L	O-S	C	Fe	t
<i>Colutea arborescens</i>	C	SL	O-N-S	F	Lu-Ag	T
	C	L	O-I-S	F	Fe	T
<i>Cornus mas</i>	C	SL	O-N-S	F	Gn	
	C	L	O-I-R	F	Dc	
<i>Coronilla emerus</i>	C	SL	O-S-I	C	Gn-Lu	t
<i>Corylus avellana</i>	C	SL	O-N-S	C	Gn	t
	C	L	O-R	D	Fe	t
<i>Cotinus coggygria</i>	C	SL	O-N	C	Gn-Lu	t
<i>Eleagnus angustifolia</i>	C	SL	O-N-S	D	Lu-Ag	t
	C	L	O-S	D	No	t
<i>Evonymus europeans</i>	C	SL	O-S-N	F	Gn-Ag	t
	C	L	O-N	F	Ot-Nv	t
<i>Fagus sylvatica</i>	C	SL	O-N-S	D	Mg-Gn	t
<i>Fraxinus excelsior</i>	C	SL	O-N-S	D	Lu	t
<i>Gleditsia triacanthos</i>	R	L	S	C	Mz	t
<i>Hippophae rhamn.</i>	R	L	S	F	Inverno	t
	C	SL	O-N-S	C	Gn-Lu	t
	P	SL	S	F	Inverno	t
<i>Juniperus communis</i>	C	SL	S	F	Ag-Ot	t
<i>Laburnum anagy.</i>	C	SL	O-S	C	Lu	T-t
	C	L	O-R	C	Di	T-t
<i>Ligustrum vulgare</i>	C	SL	O-I-S	C	Lu-Ag	t
	C	L	O-S	F	Nv-Di	t
	C	E	O-N-S	C	Gn	t
<i>Morus alba/nigra</i>	C	SL	O-N-S	C	Gn-Ag	t
	C	L	O-S	F	Ge-Fe	t
<i>Pinus sylvestris</i>	C	SL	O-N-S	C	Ap-Mg	t
<i>Populus alba/nigra</i>	C	L	—	F	Inverno	T-t
	R	L	O-R	C	Inverno	T-t
<i>Populus tremula</i>	C	SL	O-NC	C	Inverno	T-t
	C	L	O-S	C	Inverno	T-t
	R	L	O-N-S	C	Inverno	T-t
<i>Pyracantha coccy.</i>	C	SL	O-N-S	F	Lu-Ag	T-
	C	L	S	F	No-Fe	T-t
<i>Quercus robur</i>	C	SL	O-N-S	D	Mg-Gn	
	C	E	O-N-S	D	Lu-Ag	t
<i>Quercus petraea</i>	C	E	O-N-S	D	Gn	t
<i>Rhamnus cathart.</i>	C	SL	S-N	C	Lu-Ag	t
<i>Frangula alnus</i>	C	L	S	C	Gn	t
<i>Robinia pseudoacacia</i>	R	L	O-S	C	Mz-Ap	t

<i>Rosa canina</i>	C	SL	O-N-S	F	Ag-Se	t
<i>Salix</i> spp.	C	L	—	F	Ot-Mr	T-t
<i>Sambucus nigra</i>	C	E	O-N-S	C	Mg-Gn	t
<i>Cytisus scopar.</i>	C	SL	O-N-R-S	D	Gn	t
<i>Tilia cordata</i>	C	SL	O-N-R	C	Mg-Gn	t
<i>Tilia platyphyllos</i>	CSL-E		O-N-R-S	D	Mg-Gn	t
<i>Tamarix gallica</i>	C	L	S	F	Ot-Fe	
<i>Ulmus</i> spp	C	L	O-S	C	Inverno	t
	C	SL	O-N-R-S	D	Gn	t
	P	L	O-S	C	Inverno	
<i>Viburnum lantana</i>	C	SL	O-I-S	F	Lu-Ag	i
	C	SL	O-N-S	C	Gn	t

[Origine: C) caulinare, R) radicale, P) pollone;

Tipo: L) legnosa, SL) semilegnosa, E) erbacea;

Trattamenti: O) ormoni, N) nebulizzazione, R) riscaldamento basale, S) substrato, I) irrigazione;

Difficoltà: F) facile, C) complessa, D) difficile;

Utilizzo: t) talea radicata, T) talea.]

### **Preparazione e conservazione del materiale**

Il materiale raccolto deve essere gestito in modi diversi a seconda dell'impiego previsto. Nel caso di raccolta di materiale da utilizzare per una moltiplicazione consistente, sia come seme sia come pianta o talea radicata, sarà necessario ricorrere a ditte e vivai specializzati per eseguire tutti gli interventi ed i trattamenti necessari sul materiale raccolto. Nel caso invece di impiego immediato e diretto in sito, per piccoli interventi, saranno necessari alcuni semplici trattamenti al materiale raccolto, tali da poter essere eseguiti direttamente in azienda nei cosiddetti vivai volanti.

#### **Seme**

Se il seme deve essere seminato subito dopo la raccolta non necessita di particolari interventi (attenzione alle fermentazioni dovute agli accumuli, sacchi ecc.). Viceversa quello da conservare deve essere innanzitutto liberato di tutte le strutture anatomiche e di tutte le impurità presenti. Le porzioni carnose dei frutti devono essere allontanate attraverso la macerazione o la rimozione diretta; i legumi o le capsule devono essere trebbiati e tutti i residui presenti devono essere separati, così come vanno eliminati tutti i semi danneggiati. Il materiale così ottenuto deve essere poi essiccato. Comunemente si adotta un'essiccazione naturale in luoghi aerati, freschi, non soleggiati, difesi da insetti e parassiti, in strati di spessore limitato (anche 10 cm) per evitare fermentazioni anomale e riscaldamenti e con un mescolamento periodico della massa. Può essere utile effettuare trattamenti antiparassitari per limitare i danni dovuti a parassiti. L'entità dell'essiccazione a cui devono essere sottoposti i semi è funzione delle loro caratteristiche intrinseche: per le essenze arboree si possono avere semi "ortodossi" che possono cioè essere essiccati fino a concentrazioni limitate di acqua (8-10%) senza che questo comprometta la loro vitalità, ma esistono anche altri semi, specie tra le arboree, detti "recalcitranti" che invece devono sempre mantenere un elevato contenuto in acqua (25-50%). Questi sono tipici di specie quali querce, aceri di monte.

Per una conservazione prolungata si deve ricorrere ad un controllo più accurato sia della temperatura sia dell'umidità. In genere le specie erbacee possono essere conservate senza nessun tipo di controllo, ma solo dopo l'essiccazione. Viceversa per le arbustive ed arboree si hanno esigenze maggiori e si ricorre al controllo della temperatura:

- per le specie ortodosse si può abbassare la temperatura anche a valori inferiori allo 0°C;
- per le specie recalcitranti invece è necessario, visto il loro elevato tenore in umidità, non scendere sotto la soglia dello 0°C, mantenendosi in un intervallo compreso tra 0 e 10°C.

Esistono infine specie il cui seme risulta essere di difficile conservazione (salici, pioppi, betulle, olmi) per cui è conveniente seminarle il più presto possibile in quanto non dotate di alcun tipo di dormienza.

#### *Talee*

Anche le talee, caulinari o radicali, necessitano di una preparazione. In genere si provvede a tagliare le parti asportate in elementi regolari di uguale lunghezza: per le talee caulinari legnose si preferiscono talee di diametro maggiore di 2.5 cm e lunghe almeno 40-50 cm, mentre per quelle radicali si preparano elementi di 10-20 cm. Si devono sempre lasciare solo alcune gemme nella parte aerea, in genere 2-3. E' sempre buona cosa predisporre le talee identificando la polarità attraverso vernice o differenziando i tagli apicali o basali. Una volta preparate le talee legnose di latifoglie possono essere conservate per un certo periodo in ambiente freddo ed umido per limitarne, sia all'aperto che al chiuso, la disidratazione. Può essere utile, anche in questo caso, effettuare dei trattamenti anticrittogamici o antiparassitari per evitare la diffusione di parassiti. Per le conifere è invece meglio prevedere un riuso immediato come per le talee semilegnose o erbacee. La conservazione per un periodo prolungato può avvenire in sacchi di plastica riempiti di torba o in tagliole in sabbia o terreno e sabbia.

### *Trattamenti al materiale e moltiplicazione controllata*

#### *Seme*

In molti casi è necessario intervenire sul seme per stimolare la germinabilità, ovvero per permettere un rapido superamento della dormienza. Questo risulta essere utile, se non necessario, per il materiale raccolto in sito, specie per le essenze arboree arbustive. La dormienza, cioè l'adattamento delle singole specie alle variazioni stagionali, può avere diverse cause:

- morfologiche: presenza di involucri impenetrabili o duri;
- chimiche: presenza di composti inibenti nel pericarpo;
- fisiologiche: presenza di fattori endogeni inibenti.

Alle singole cause corrispondono diversi interventi al seme:

- a) *scarificazione*: trattamento di tipo meccanico, termico o chimico; serve per eliminare le dormienze morfologiche o chimico-meccaniche: rompe involucri molto duri, asporta tegumenti esterni oppure li indebolisce o li incrina. La scarificazione meccanica è una pratica tipica di aziende specializzate in quanto richiede macchinari specifici. Più facile, anche se pericoloso, è il ricorso alla scarificazione chimica con acido solforico concentrato al 95%. Si procede sommergendo il seme asciutto con l'acido in bacinelle resistenti, lasciandolo a mollo per un periodo di tempo variabile che varia tra i pochi minuti alle ore a seconda delle specie, ma anche della partita di seme. Estratto, il seme deve essere lavato in acqua corrente per 10-15 minuti e poi asciugato. E' un metodo che si adatta a tutte le specie ed a tutte le partite, risulta però pericoloso e costoso anche se è possibile un riuso ripetuto del materiale. Altro elemento positivo è rappresentato dall'azione disinfettante operata dall'acido. Altre volte è sufficiente immergere il seme in acqua molto calda (60-70°C) per poi lasciarlo in ammollo per circa 24 ore. Viene comunemente utilizzato per seme di leguminose arboree come la *Robinia pseudoacacia* o il *Cercis siliquastrum*;
- b) *vernalizzazione*: trattamento che contrasta la dormienza fisiologica attraverso la bassa temperatura. E' necessario innanzitutto mettere a bagno il seme per 12-24 ore poi dopo un trattamento antifungino (immergendolo per 10 minuti in ipoclorito di Na al 2% di Cl), stratificarlo in cassette, alte 25-30 cm, con materiale che trattiene l'umidità (sabbia torba, vermiculite o loro miscele) in un rapporto di 1 a 3 ad una temperatura compresa tra 2 e 7°C, per periodi diversi a seconda dell'entità della dormienza. Passato il periodo previsto, i semi devono essere raccolti e seminati o, conservati a basse temperature (< 0°C);
- c) *estivazione*: è anch'esso un trattamento che contrasta la dormienza fisiologica. Risulta essere complementare alla vernalizzazione: il seme viene stratificato e man-

tenuto a 20°C di temperatura; viene utilizzato in genere alternandolo alla vernalizzazione.

Il seme, trattato o meno, a questo punto deve essere messo a dimora. Questo può avvenire in diversi periodi dell'anno in funzione della specie, dei trattamenti subiti e delle condizioni climatiche locali (vento, gelate). In estate od in autunno vengono messi a dimora i semi più delicati, non conservabili, e quelli non preventivamente trattati: in questo caso il superamento della dormienza avviene in modo del tutto naturale. Viceversa quelli trattati possono anche essere seminati anche in primavera dopo aver superato artificialmente la dormienza: questo limita i possibili danni legati a parassiti o a gelate tardive. La semina in vivaio o in aree controllate ha come finalità la produzione di materiale da propagare poi in pieno campo. Le essenze erbacee possono così essere moltiplicate in parcelle, o campi, appositi al fine di ottenere quantità sufficienti di seme. Le condizioni in cui si moltiplica il seme non devono essere troppo diverse dalle condizioni finali al fine di mantenere una adeguata pressione selettiva sul materiale in propagazione. Le essenze arboree vengono invece seminate in siti controllati per dare origine a piantine radicate. In genere il modo più semplice per produrre piantine è rappresentato dal cassone, un adeguato volume di terriccio contenuto da tavole o assi fuori terra entro cui sono fatti germinare i semi raccolti.

In genere si predispongono le sponde (40-50 cm di altezza) e sul fondo del cassone si distribuisce uno strato di materiale vegetale (foglie, fascine o altro) spesso fino a 5 cm come cuscinetto impermeabile alle radici. Su questo si distribuisce il terriccio di semina vero e proprio, in genere rappresentato da una miscela di terreno e sabbia o torba. Su questo terriccio si seminano a file i semi, considerando sempre una germinabilità del 50%, ad una distanza reciproca di circa 10 cm tra le fila, interrando il seme ad una profondità proporzionale 2-3 volte la dimensione dei semi. Il cassone dovrà poi, nel periodo di crescita, essere periodicamente irrigato e controllato provvedendo ad una prima cernita e diradamento delle piantine in presenza di una elevata emergenza. Le piante che raggiungono l'autunno (S1) dovranno essere tutte estratte e trapiantate o direttamente a dimora (cosa non sempre consigliabile viste le dimensioni limitate) o, in fitocelle, vasi o bancali dove rimarranno un altro anno fino a raggiungere le dimensioni volute (S1T1) (> 50-10 cm). A questo punto le piante sono pronte e potranno essere prelevate e messe a dimora.

Utili indicazioni sulle tecniche di riproduzione da seme di alberi e arbusti possono essere dedotte dalla consultazione del volume "Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea" a cura dell' APAT (Agenzia Nazionale Protezione Ambiente e Servizi Tecnici, Roma), disponibile anche sul sito internet:

[www.sinanet.anpa.it/Biosfera/documentazione.asp#propagazione](http://www.sinanet.anpa.it/Biosfera/documentazione.asp#propagazione).

#### *Talee*

Il materiale di propagazione agamico può presentare una diversa facilità di radicazione. Si possono avere:

- specie che radicano con facilità: che possono essere utilizzate direttamente in campo (bioingegneria) o preventivamente radicate in vivaio senza particolari interventi (salici, pioppi);
- specie che radicano con una certa difficoltà: che invece richiedono interventi mirati per favorire una rapida radicazione; la tecnica vivaistica mette a disposizione oramai moltissimi trattamenti utili a questo scopo quali nebulizzazione, riscaldamento basale, ecc. .

Esistono dei trattamenti, a cui può essere sottoposto il materiale agamico, che possono essere eseguiti direttamente in azienda senza richiedere una particolare attrezzatura o specializzazione. In particolare:

- a) *sostanze ormonali*: si possono usare delle sostanze auxiniche (IBA- NAA) per stimolare la formazione di primordi radicali. Si può optare per una:
  - immersione in soluzioni concentrate per pochi secondi (1000-10000 ppm);
  - immersione in soluzioni diluite per più ore fino a 24;

- trattamento basale con ormone in polvere miscelato con talco.

Tra le diverse sostanze è certamente da preferire l'NAA in quanto commercializzato in formulati pronti all'uso. Alle volte si associano agli ormoni dei trattamenti fungicidi, come il benomil, che ne aumentano l'efficacia;

b) *substrato di radicazione*: le talee possono essere messe a dimora in appositi substrati ottenuti dalla miscelazione di diversi materiali per favorire una buona areazione, una buona capacità idrica di campo ed una facile estrazione finale della pianta radicata. Si possono usare:

- terreno vegetale di buona qualità: di difficile reperimento, costoso, variabile nelle caratteristiche e composizione e potenzialmente carico di patogeni, ma anche di utili micorrize;

- sabbia: economica, facilmente reperibile, dotata di una ampia macroporosità ma incapace di trattenere acqua, in genere si preferisce quella fine (0.05-0.5 mm) più adesiva al materiale vegetale, anche se pesante;

- torba: costosa, facilmente reperibile, leggera, con una grande capacità di trattenere l'acqua, è da preferire per la radicazione quella di sfagno che presenta una maggiore capacità di ritenzione dell'acqua;

- perlite (2-5 mm di diametro) o vermiculite (4-8 mm di diametro): leggere, dotate di una elevata capacità idrica (150 - 300% rispetto al peso), porose ma costose.

In genere si miscelano i diversi materiali rapporti standard: sabbia - torba: 2:1 - 3:1 o sabbia-torba-terreno:1/3:1/3:1/3, per ottenere un substrato leggero, sciolto ma capace di trattenere l'umidità;

c) *pacciamatura*: può essere utile utilizzare del polietilene nero come pacciamante superficiale dei cassoni di propagazione. Questo infatti limita le perdite di calore favorendo un maggior riscaldamento a livello radicale specie nella parte finale dell'inverno, stimolando la crescita dei primordi radicali;

d) *letto caldo*: uno strato di 60-70 cm di letame maturo, meglio se equino od ovino, favorisce, attraverso la fermentazione, l'aumento locale della temperatura per un periodo di 60-70 giorni; questo permette ai primordi radicali di differenziarsi più rapidamente e quindi crescere durante il periodo invernale quando la parte aerea della talea risulta essere ancora ferma, bloccata dalle basse temperature dell'aria.

Il materiale agamico raccolto e preparato nel periodo di riposo vegetativo, verso la fine dell'inverno, fine febbraio, può essere trattato con le sostanze rizogene e poi messo a radicare in appositi cassoni, o fitocelle o in trincee a terra.

In genere i cassoni fuori terra, ottenuti anche con materiale di recupero (assi, tronchi, sponde in calcestruzzo) risultano essere i più comodi. E' necessario predispor-

Foto 4.6.9. Messa in tagliola di piantine, in attesa di un loro futuro impiego.



re sul fondo dei cassoni uno strato di materiale organico di 5 cm di spessore costituito da fascine, foglie, stame: questo rappresenta una barriera per lo sviluppo inferiore delle radici. Sopra questo va poi posizionato il substrato di radicazione. Queste devono essere interrate per gran parte della loro lunghezza lasciando emergere solo 2-3 gemme. In genere si lasciano 10-15 cm tra le singole talee e 20-30 cm tra le file delle talee. Il processo di formazione dei primordi e delle radici dura per parecchi mesi e quindi le nuove piantine saranno disponibili solo nell'autunno successivo quando potranno essere facilmente estratte senza eccessivi danni all'apparato radicale ed essere messe a dimora definitiva. E' possibile, specie nei primi mesi di radicazione intervenire con pacciamature o letti caldi tali da favorire un aumento nella temperatura del substrato tale da favorire una radicazione più rapida.

In particolari condizioni può essere preferibile produrre del materiale in zolla per limitare i danni al trapianto: molto utile a riguardo è il ricorso alle fitocelle, cioè sacchetti di polietilene (7-12 cm di diametro per 20-30 cm di altezza) riempiti di substrato entro cui viene posizionata la talea. Nell'autunno successivo le singole piante vengono liberate dall'involucro in plastica e trapiantate con l'intero pane di terra.

### *Trasporto e acclimatamento*

Per le piante un momento molto delicato è rappresentato dalla movimentazione del materiale verso l'area di impianto. E' necessario che il trasporto venga organizzato con la massima cura al fine di limitare:

- le fluttuazioni nella temperatura (gelo, colpi di calore, di sole ecc.);
- i maltrattamenti e le mutilazioni;
- i disseccamenti.

A tale riguardo è necessario che il trasporto sia il più rapido possibile, dotando il materiale di un imballaggio proporzionale alle condizioni ed alla lunghezza del viaggio, utilizzando contenitori e mezzi di difesa comunque idonei a far fronte ad eventuali cambiamenti climatici non previsti. L'apparato radicale deve essere sempre mantenuto fresco tramite sacchi di polietilene, con sabbia, torba o altro. E' necessario sempre evitare un contatto diretto delle radici con sponde e pianale dei mezzi. Particolare attenzione deve essere posta per il materiale in zolla specie se di grandi dimensioni: la movimentazione deve avvenire entro contenitori appositi e deve essere effettuata in modo corretto per evitare danneggiamenti. Va sempre preferito il trasporto su mezzi dotati di telone. Va sempre evitato il contatto diretto con il sole. Fondamentale è organizzare con cura il trasporto per minimizzare i tempi di carico e scarico, ma anche per preparare per tempo il sito dove scaricare e conservare il materiale. Regola d'oro: mettere in tagliola il materiale subito dopo l'arrivo in cantiere evitando inutili perdite di tempo, utilizzando, in via provvisoria, anche solo della sabbia umida.

Molte delle piante moltiplicate in vivaio richiedono spesso un periodo di acclimatamento prima della loro piantagione. Queste, cresciute in ambienti protetti, risultano essere tenere e succulente e quindi più sensibili a variazioni repentine delle condizioni di allevamento. E' preferibile in questi casi predisporre un periodo di acclimatamento ed adattamento alle nuove condizioni: questo risulta essere indispensabile nel caso di forti differenze ambientali tra vivaio e sito di destinazione. In molti casi è sufficiente acquisire e disporre del materiale con un certo anticipo rispetto all'impianto al fine di favorire un certo indurimento dei tessuti. Per le piante in vaso non si hanno particolari problemi, si può provvedere ad una prima fase di indurimento in prossimità del vivaio, a cui far seguire un periodo di adattamento in prossimità dell'impianto (da poche settimane ad una stagione), provvedendo magari ad una protezione con terra, paglia o altro. Viceversa per le piante a radice nuda è necessario predisporre apposite tagliole entro cui conservare per un certo periodo (una stagione, ma alle volte anche un anno) le piantine. La conservazione in tagliola oltre che favorire un certo indurimento, consente di avere fisicamente a disposizione tutto il materiale necessario

per l'impianto, evitando ritardi e disguidi con il fornitore. Inoltre il materiale può già essere preventivamente posizionato in siti strategici per la successiva fase di messa a dimora. La conservazione in tagliola può essere anche utile per sincronizzare la fenologia della pianta con le condizioni climatiche locali: molte volte i vivai sono situati lontano, magari in pianura, per cui la fenologia e la fisiologia della pianta risultano essere sfasate rispetto al sito di destinazione. Quando in vivaio si inizia a spiantare può essere già troppo tardi per impiantare in montagna. Per ovviare a ciò è preferibile acquisire con anticipo il materiale, conservarlo in tagliola e quando le condizioni sono favorevoli eseguire il trapianto. La tagliola non è altro che una trincea scavata in terra, sufficientemente profonda, tale da contenere gran parte della lunghezza delle piantine. Queste possono essere posizionate nella trincea in modo sbrigativo solo nel caso di un sicuro reimpiego a breve termine (qualche giorno), viceversa in caso di un riuso differito (mesi, stagioni) si devono collocare le piante con molta attenzione, distanziandole di qualche centimetro con regolarità, al fine di evitare un eccessivo affastellamento con conseguenti fermentazioni ed alterazioni del materiale. Le piante devono poi essere immediatamente reinterrate con cura preferendo sempre materiale sciolto, drenante che andrà adeguatamente costipato.

## Impianto della vegetazione

### *Semina*

Le modalità e le finalità di questa pratica si differenziano in funzione del tipo di vegetazione da mettere a dimora.

#### *Semina delle essenze erbacee*

Ad eccezione di terreni rocciosi o sassosi la semina viene effettuata sempre su substrati preparati con lavorazioni ripetute, associate ad ammendamenti e concimazioni. La semina di erbacee interessa, in genere, tutta la superficie e può essere effettuata:

- manualmente: su piccole superfici, ripide od inaccessibili;
- meccanicamente: su grandi superfici, accessibili e poco ripide.

La distribuzione del seme può avvenire:

- *a righe*: utilizzando seminatrici per cereali, che interrano in un unico passaggio il seme: queste si adattano solo a terreni buoni, non sassosi, a pendenza limitata ed in presenza di un miscuglio omogeneo per dimensione dei semi. Questa tecnica consente un buon risparmio di seme. In presenza di miscugli differenziati (ad esempio graminacee e leguminose) risulta essere inapplicabile per la necessità di passaggi ripetuti in funzione delle dimensioni della semente, con notevole aggravio di costi e tempi;
- *a spaglio*: utilizzando distributori centrifughi, tipo spandiconcime; il sistema si adatta a tutte le condizioni orografiche, ha una elevata capacità di lavoro ma richiede una certa attenzione al fine di ottenere una buona uniformità di distribuzione. Il seme deve essere preventivamente suddiviso in funzione delle dimensioni richiedendo perciò diversi passaggi ripetuti, magari incrociati, per distribuire il miscuglio differenziato. Il seme deve poi essere interrato attraverso il passaggio di erpici a denti, anche se in condizioni particolari, substrati sassosi o rocciosi, può essere lasciato in superficie.

La semina dovrebbe poi essere integrata con una pacciamatura allo scopo sia di contenere l'erosione superficiale (cfr. Cap. 4.4), sia di proteggere il letto di semina da una eccessiva evaporazione, favorendo nel contempo l'infiltrazione dell'acqua meteorica nel substrato: questo risulta essere fondamentale in tutte le stazioni caldo aride. In genere si utilizza paglia o fieno a seconda delle locali disponibilità in dosi che si attestano attorno ad 1 kg/m<sup>2</sup>. Lungo i pendii è necessario provvedere a sistemi che blocchino il materiale pacciamante sulla pendice (cfr. Cap. 4.4). La quantità di seme da distribuire è molto influenzata dalle condizioni della stazione e dalla composizione del miscuglio: elevate percentuali di leguminose causano forti aumenti nelle dosi da distribui-

re. In genere si prevede una quantità di seme di 20-30 g/m<sup>2</sup> escludendo le specie a seme grosso (come le vicie) che vengono aggiunte separatamente.

#### *Semina di specie arboree ed arbustive*

Per le essenze arboree la semina diretta risulta essere una tecnica oramai poco diffusa. Come già detto in precedenza presenta rischi di insuccesso tali da renderla oramai desueta causa la forte competizione esercitata dalla vegetazione presente, a cui si associa l'azione di predatori e parassiti in presenza di piante che germinano e crescono con molta lentezza. Nonostante tutto questo la semina rappresenta sempre una possibilità da non sottovalutare specie nelle zone più favorite, dove si avranno rapide crescite, e nelle zone più difficili dove l'apertura di buche o altri interventi, meccanici o manuali, non sono possibili o risultano essere molto difficoltose.

La semina può essere organizzata in modi diversi:

- *a tutto campo*: su tutta la superficie dell'area, si opera in genere lungo due direzioni tra loro normali per migliorare l'uniformità della distribuzione, richiede però molto seme per compensare la limitata germinazione ed i danni da predatori; è un sistema adatto per grandi superfici, in carenza di manodopera, in stazioni fertili;
- *localizzata*: limitata cioè a parte della superficie: si può in questo caso seminare:
  - a strisce, larghe anche 50-150 cm, posizionate a distanze variabili a seconda delle necessità (1-2.5 m);
  - a piazzole: porzione di superfici di dimensioni diverse;
  - a buche: piccole superfici di 0.25-0.5 m di lato; queste vengono preparate manualmente lavorando il terreno in profondità con piccone e zappa, modellando il terreno in modo concavo o convesso a seconda di condizioni siccitose o umide.

Per le specie arboree ed arbustive si preferisce la localizzazione del seme sia per limitarne le quantità, sia per permettere una preparazione apposita del sito sia in presenza che nella sua gestione successiva. Il sistema a strisce risulta essere troppo geometrico ed inefficace nel controllo dell'erosione superficiale, inoltre facilita l'attività di predazione degli animali, quali i roditori, che nella ricerca di cibo si muovono sempre per linee rette. Meglio posizionare il seme in postarelle disposte ai vertici di triangoli (30 x 30 x 30 cm) dove i semi vengono distribuiti in sovrannumero (3-20 semi) e preventivamente trattati contro i predatori con veleni o repellenti. Ogni posta deve essere preventivamente concimata per stimolare una rapida crescita del semenzale (50 g di 10.10.10 o similare) evitando sempre il contatto diretto con il seme per limitare possibili danni.

La semina può poi avvenire su:

- *terreno sodo*: questa è tipica di zone rocciose, ciotolose dove difficile è un intervento meccanico profondo così come, all'opposto, in zone sabbiose dove, comunque, la presenza di vegetazione infestante risulta essere limitata o assente; il seme una volta distribuito deve essere in parte interrato con erpicature superficiali. Il risultato può essere buono se associato a una regolare distribuzione di precipitazioni;
- *terreno lavorato (smosso)*: dove viene effettuata una lavorazione profonda (estirpatura o rippatura meglio che aratura), rifinita in superficie (aratura e/o erpicatura) su cui si distribuisce e si interra il seme che può anche essere rullato (tipico di zone aride, per facilitare il contatto con il suolo, o in autunno per limitare il rigonfiamento dovuto al gelo).

La quantità di seme da utilizzare è funzione di diversi elementi:

- le dimensioni del seme;
- la densità cercata per l'impianto finale;
- la qualità della semente (germinabilità, purezza ecc.);
- la presenza di parassiti e predatori in loco;
- il tipo di semina (localizzata o a spaglio).

Come regola generale ogni intervento di imboscamento deve avere una densità iniziale elevata per consentire una chiusura rapida delle chiome (entro 5-10 anni); inoltre questa deve essere aumentata in presenza di specie sciafile, con chioma e radici

espansive e per quelle a lento accrescimento. Nelle condizioni meno fertili conviene sempre mantenere una densità elevata in quanto si ha in genere una mortalità elevata e/o la necessità impellente di migliorare il sito in tempi rapidi. Fanno eccezione le zone aride dove la competizione per l'acqua deve limitare il numero delle piante presenti. L'elevata densità richiederà poi un diradamento successivo.

#### *Epoca di semina*

Il momento della semina dipende da diversi fattori:

- *dalla germinabilità del seme*: specie che mantengono la germinabilità per breve periodo devono essere seminate subito (estate, autunno);
- *dalla conservabilità del seme*: seme di difficile conservazione va seminato in estate/autunno;
- *dal tipo di seme*: seme raccolto in sito e non pretrattato deve sempre essere seminato in autunno per favorire il naturale superamento della dormienza, pena il salto di un anno nella germinazione;
- *dalla presenza di parassiti e predatori*: più il seme rimane nel terreno più elevata è la probabilità di danni ad opera di predatori;
- *dal clima*:
  - in zone caldo aride è preferibile la semina in autunno o prima dell'inizio delle piogge;
  - in zone di alta montagna si semina in autunno vista la brevità del periodo vegetativo estivo;
  - in zone umide nel periodo primaverile estivo è preferibile la semina in primavera, con seme pretrattato;
- *dal miscuglio*: è notorio che le semine autunnali favoriscono nei nostri climi le graminacee mentre all'opposto semine primaverili, specie su substrati freddi, (argille) favoriscono lo sviluppo delle leguminose; la scelta del periodo di semina va quindi armonizzato con le caratteristiche del miscuglio;
- *dalle caratteristiche della stazione*: accesso al sito e nel sito sono elementi fondamentali specie su substrati minerali: la presenza di percentuali elevate di argilla o limo rendono il substrato praticamente inaccessibile fino alla tarda primavera rendendo problematica la semina, specie in presenza di un lungo periodo estivo siccitoso. In questi casi si è costretti a seminare in tarda estate, primo autunno, momento ottimale per l'accessibilità dei mezzi meccanici;
- *dalle finalità tecniche attribuite alla copertura vegetale*: in pendii o scarpate dove è necessario prevedere interventi immediati contro l'erosione è preferibile operare semine anticipate (tarda estate – inizio autunno) per favorire la rapida affermazione di un cotico protettivo costituito principalmente da graminacee, magari supportate da concimazioni azotate ripetute; dove la vegetazione assume invece solo funzioni naturalistico biologiche esiste una maggiore libertà di scelta, potendo anche prevedere delle semine differenziate nel tempo per aumentare la variabilità della copertura.

#### *Protezione del seme*

La semina localizzata permette di proteggere almeno in parte il seme da agenti esterni.

In primo luogo è possibile organizzare una difesa rispetto ai predatori:

- ricoprendo le piazzole con una leggera pacciamatura o con strame o con frasche di arbusti oppure posizionando dei sassi in prossimità della buchetta;
- pretrattando il seme con prodotti velenosi o repellenti tossici (fosforo di Zn, olio bruciato, ecc.);
- posizionando una rete metallica di ferro non zincato a maglie strette sulla superficie del terreno (molti predatori attaccano il seme dall'alto); questa gabbia potrà essere rimossa o lasciata arrugginire sul posto;
- posizionando delle piccole gabbie in rete metallica zincata a maglie più grandi sul sito seminato: questa gabbia dovrà poi essere rimossa.

### Uso del "topsoil"

Un particolare tipo di semina è rappresentato dal cosiddetto "topsoil". Il metodo prevede la rimozione e conservazione dei primi centimetri di suolo (2-6 cm) che viene poi ridistribuito in spessore limitato sul terreno da rivegetare. Questo consente il trasferimento di tutta la "banca del seme" presente nel primo strato, in associazione alla microflora e microfauna del terreno. Punti critici del metodo risultano essere la raccolta, in cui si deve evitare uno scotico eccessivo, con relativa diluizione del materiale, e la conservazione, che deve avvenire in cumuli di spessore molto limitato (minore di 1 m), mantenuti freschi e aerati per evitare fermentazioni localizzate e condizioni di anaerobiosi (cfr. Cap. 4.2).

### Trapianto di essenze arboree e arbustive

Per ottenere dei buoni risultati è innanzitutto necessario migliorare tutto il substrato attraverso lavori di preparazione e di concimazione (cfr. Cap. 4.5). Solo in situazioni di accessibilità limitata e pendenza elevata si opterà per interventi localizzati (buche, strisce) ben sapendo che la percentuale di fallanze aumenterà causa la siccità estiva.

#### Scavo

Utilizzando piante radicate (da seme o da talea) sia a radice nuda che in pane di terra è necessario predisporre un vano adeguato nel terreno in cui inserire l'apparato radicale. Si hanno diverse possibilità:



Fig.4.6.12. Messa a dimora di un semenzale di un anno, a fessura.

- *fessura*: si adatta a semenzali o trapianti di 1 anno e solo su terreno preventivamente lavorato. E' da evitare sul terreno sodo. Con un colpo di vanga o di zappa si apre una fessura in cui si posiziona il semenzale disponendo con attenzione le radici sul piano opposto alla vanga. Questa deve essere estratta per poi compattare con cura il terreno per ricomporre la fessura. E' un metodo sbrigativo, ad elevata produttività ma adatto solo alle condizioni edafiche migliori;
- *buca*: utilizzato in terreni lavorati o su substrati sciolti in zone con limitati problemi di aridità estiva. Si adatta a piante di diverse età e dimensioni:
  - per piante di 1-2 anni (S1, S1T1): si apre una buca di dimensioni contenute 25x25x25 cm sufficiente per posizionare le radici distese, o la fitocella integra, in modo tale che il sistema radicale non sia disturbato. La profondità della buca deve essere maggiore della lunghezza delle radici o della fitocella. Se il materiale con cui è costituita la fitocella tende a sfaldarsi, può essere conveniente operare dei tagli verticali in diversi punti nel contenitore plastico della fitocella, senza estrarre la zolla al fine di evitare dei danni all'apparato radicale;
  - per piante di più anni: si apre una buca di dimensioni maggiori (40x40x40 cm) realizzando al centro un cono di terreno su cui si posiziona la piantina distendendo le radici lateralmente e riempiendo poi la buca con la terra smossa, utilizzando in primo luogo quella dei primi strati, che deve essere leggermente costipata in modo da evitare che si formino o rimangano dei vuoti attorno alle radici. Il colletto deve rimanere a livello del terreno o appena più basso (1-2 cm) per evitare fenomeni di mercescenza o di scalzamento. La pianta deve essere posizionata verticalmente;

Fig.4.6.13. Messa a dimora di piante di uno o due anni, in buca.

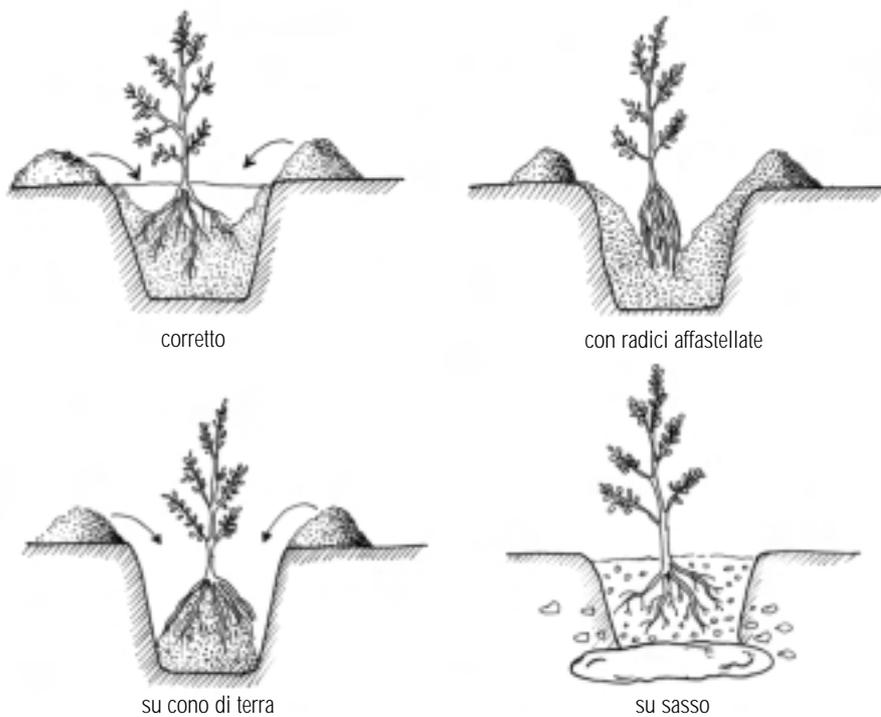
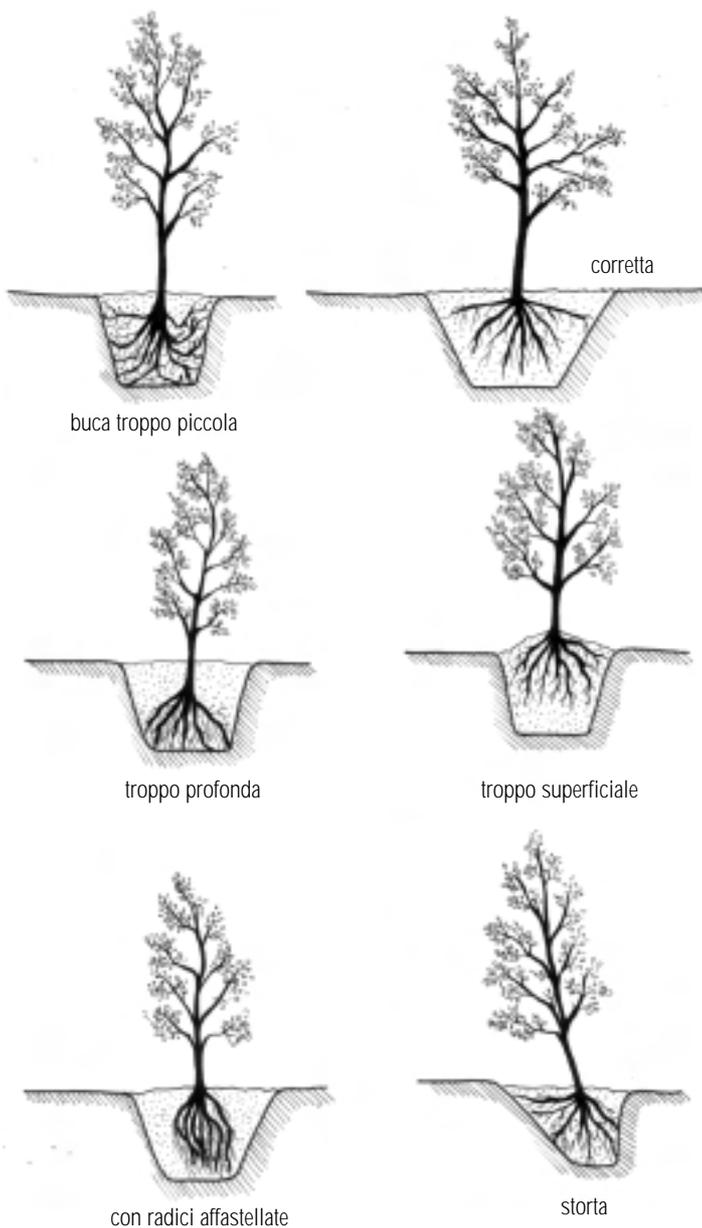


Fig.4.6.14. Messa a dimora di piante di più anni, in buca.



- per le piante in zolla (di maggiori dimensioni): si deve scavare una buca di dimensioni adeguate al pane di terra; si prepara la pianta eliminando tutti i materiali di copertura e sostegno non biodegradabili; si mette a dimora la pianta evitando movimenti traumatici alla zolla, poi si compatta il tutto con terreno di qualità ed infine si ancora la pianta con picchetti o tutori per evitare ribaltamenti.

In tutti i casi è necessario valutare la potenza del substrato e la presenza di eventuali ostacoli sotterranei (sassi isolati, massi, strati compatti): ove possibile vanno eliminati per favorire l'approfondimento radicale.

Per poter operare una assestamento accurato del terreno attorno alle radici può essere utile distribuire una piccola quantità d'acqua sul terreno smosso. In zone siccitose può essere utile predisporre attorno ad ogni buca un arginello al fine di trattenerne le precipitazioni o il deflusso superficiale. In pendio è invece necessario predisporre una contropendenza verso monte entro cui si posiziona centralmente la buca per accumulare il deflusso superficiale, evitando nel contempo il possibile interrimento legato all'erosione superficiale. Per evitare un eccessivo disseccamento del terreno, nelle zone siccitose è preferibile scavare la buca e immediatamente dopo mettere a dimora la pianta.

Tutte queste operazioni devono essere eseguite da squadre di due persone al massimo in modo che uno prepara la buca e l'altro prevede all'impianto delle singole piante. È necessario partire dall'alto verso il basso in modo da limitare possibili danni alle piante già insediate. Ad ogni squadra di piantatori deve essere poi garantita la presenza del materiale: attenzione nel caso di piante a radice nuda: ogni squadra deve avere un secchio con muschio o stracci umidi per contenere le piantine e per mantenerle umide e riparate.

#### *Epoca del trapianto*

Il momento ideale per la messa a dimora dei trapianti è rappresentata dal periodo di quiescenza quando le temperature non sono troppo basse da danneggiare il materiale. Sono l'autunno e la precoce primavera i due momenti ideali per l'impianto. La scelta è funzione del tipo di materiale e della stagione. Lavorando con piante a radice nuda nei nostri climi è sempre da preferire la stagione autunnale: le piante infatti hanno la possibilità di attivare il sistema radicale prima del risveglio primaverile della pianta, aumentando così la probabilità di sopravvivenza. Il trapianto primaverile è da preferire invece in zone con inverni molto freddi e a cui segue una stagione primaverile - estiva piovosa (zone montane). Con piante in vaso i problemi risultano essere molto più contenuti: i danni all'apparato radicale sono limitati ed il periodo di adattamento risulta essere breve, ampliando così le possibilità di attecchimento dell'impianto ed anche il calendario dei lavori.

#### *Preparazione del materiale da trapiantare*

Le piante prima di essere messe a dimora devono essere controllate e preparate sia nel sistema radicale che in quello aereo.

#### *Sistema radicale*

Gli interventi sono diversi in funzione del tipo di materiale:

- *piante a radice nuda*: devono essere allontanate le parti deperite, secche, rotte o morte. Si può armonizzare il sistema radicale con tagli di sfoltimento per eliminare curvature, fittoni. Molto utile è mantenere l'umidità attorno al sistema radicale immergendolo in una miscela di acqua terreno e letame in dosi di un terzo ciascuna (inzarfatura);
- *piante in contenitore*: va innanzitutto eliminato il contenitore non biodegradabile.

Estratta la pianta dal contenitore è necessario controllare lo stato del sistema radicale: se risulta essere eccessivamente distorto o attorcigliato, è consigliabile evitare il trapianto e contestare al fornitore la partita. In alternativa può essere necessario, visti i tempi e l'organizzazione, tagliare le radici distorte o che fuoriescono o potare con tagli verticali il capillizio radicale esterno. Nel caso di vasi di materiale organico è necessario interrarli bene (almeno qualche centimetro) per evitare il fenomeno dello

“stoppino” con dispersione nell’atmosfera di acqua: in genere conviene sempre mettere preventivamente in ammollo il vaso affinché si impregni.

#### *Sistema aereo*

Anche in questo caso i controlli si differenziano in funzione del tipo di materiale:

- *in giovani piante*: è necessario controllare l’equilibrio tra parte aerea e radicale; in genere non si hanno problemi; salvo per il materiale rimasto a lungo in vivaio: in questo caso possono essere utili potature e sfoltimenti; in presenza di specie sempreverdi arbustive può essere necessario ridurre l’apparato aereo per diminuire la traspirazione della pianta;
- *in piante adulte*: per piante a radice nuda può essere utile diminuire il sistema aereo visti anche i danni che possono comunemente subire nel trasporto e nell’impianto operando dei tagli a filo di collare lungo l’astone. In presenza di conifere non è necessario effettuare alcun taglio.

#### *Pacciamatura dei trapianti*

Dopo la messa a dimora le piante arboree, specie se piccole, devono essere difese dalla competizione delle altre specie: in particolare dalle essenze erbacee che molto spesso sono associate all’impianto. Si può ricorrere a diverse tecniche, in primo luogo la pacciamatura: attorno alla pianta si predispone una area sufficientemente grande (1 m di diametro) libera dalla presenza di vegetazione, distribuendo o posizionando materiali diversi. Infatti la pacciamatura può essere di tipo:

- *inorganica*: posizionando materiali come:
  - film plastico: nero, opaco, impermeabile di durata media di 3 anni, sia in banda continua (100-250 cm) che in fogli singoli (120x120 cm) da interrare alle estremità;
  - tessuto plastico: maglia tessuta permeabile all’aria ed all’acqua; crea minori problemi di approvvigionamento alla pianta specie in suoli sabbiosi drenanti;
  - sassi, ghiaia, sabbia: materiale a volte facilmente reperibile in loco, da distribuire in uno spessore di 10-15 cm; molto utili in aree siccitose mentre in zone umide possono non essere sufficienti;
- *organica*: posizionando materiale come:
  - scorza a pezzi: materiale a lenta decomposizione e di lunga durata (minima 3 anni) senza particolari effetti tossici, da posizionare in uno spessore di 8-15 cm; risulta essere igroscopica fissando parte della pioggia caduta;
  - trucioli/chip di legno: materiale a veloce decomposizione, può interagire con il ciclo dell’azoto bloccandone buona parte durante la degradazione microbica; da distribuire in spessori di 8-15 cm; può presentare fenomeni di tossicità;

Foto 4.6.10. Particolare della messa in tagliola.



- paglia: di rapida decomposizione (1-2 anni), interagisce al ciclo dell'azoto; sensibile al vento ed al fuoco; facilita la presenza di roditori e di altri parassiti; blocca l'irraggiamento del suolo, raffreddandolo; permette la conservazione dell'umidità, migliora la struttura ed apporta sostanza organica;
- sostanza organica fresca: ricavata da sfalci locali, è da evitare in quanto il materiale fermenta, sviluppando calore e rilasciando sostanze fitotossiche;
- dischi di materiale organico: elementi prefabbricati circolari (30-70 cm di diametro) o quadrati (30-100 cm di lato) di fibre di legno di cocco, di sughero o di cartone; sono garantiti per 2-4 anni di durata.

### *Difesa*

In molte zone bisogna fare i conti con gli animali selvatici: questi infatti possono danneggiare la vegetazione, specie quella più giovane. Può essere importante, perciò, predisporre una difesa diretta dell'area o delle singole piante.

#### *Difesa dell'area*

Consiste nel recintare l'area con uno steccato tale da limitare l'intrusione di animali di grossa taglia quali cervidi o cinghiali. Questo può essere facilmente ottenuto utilizzando della paleria di castagno di lunghezza compresa tra 150-200 cm di 8-10 cm di diametro. Questa deve essere interrata per almeno 50 cm approntando uno scavo (con trivella o a mano) entro cui deve essere infissa fortemente. Importante è infine la costipazione attorno al palo del terreno smosso, evitando il posizionamento di pietre o altro. L'interasse ottimale tra i pali è di 3 m. Sui pali devono poi essere fissati almeno 4 ordini di filo (posizionati a 25-25-35-35 cm partendo da terra) utilizzando delle cambrette posizionate in diagonale sui pali. Il filo deve essere tirato sempre a mano, per evitare tensioni e carichi eccessivi, per cui presenta sempre un certo gioco sulle cambrette, cosa che eviterà logoramenti e rotture. Negli angoli, o anche periodicamente in tratte rettilinee prolungate, è necessario inserire delle controventature per aumentare la stabilità del palo. Queste sono comunemente interne utilizzando altri pali posizionate in diagonale lungo le due direzioni della recinzione. E' sempre necessario prevedere e predisporre accessi controllati (varchi, cancelli o scalandrini).

#### *Difesa delle singole piante*

Ogni pianta può essere dotata di una difesa diretta tale da proteggerla dall'azione dei predatori. Si può ricorrere a:

- protezione fisica (shelter): utilizzando tubi di plastica di lunghezza variabile (40-180 cm) di diametro >10 cm, o griglie di plastica di altezza compresa tra 50 e 180 cm e diametro tra 10 e 45 cm con maglie variabili tra 2x2 e 20x20 cm, che vanno posizionate e fissate o con l'ausilio di supporti o canne o anche griglie di rete metallica a maglie fitte;
- protezione chimica: utilizzando prodotti chimici da distribuire in autunno inverno dotati di una azione repellente nei confronti di cervidi, caprioli, lepri topi ed uccelli; sono disponibili come tinteggianti, a spruzzo ed a polvere; hanno il limite della persistenza richiedendo periodici trattamenti ripetuti.

### *Messa a dimora delle talee*

Le talee predisposte vanno messe a dimora provvedendo all'interramento di gran parte della loro lunghezza. E' preferibile che rimanga un numero limitato di gemme (2-3) in superficie. L'impianto può avvenire direttamente, specie in substrati sciolti e in presenza di talee non troppo grosse o meglio predisponendo con un asta metallica un foro nel terreno entro cui inserire la talea. Il foro non deve essere più lungo della talea per evitare vuoti che possono favorire il disseccamento della talea. L'epoca ideale è la fine dell'inverno quando il terreno non è più gelato, prima che le piante inizino a vegetare. Nei nostri climi è comune anche l'impianto nel periodo autunno inverno, prima del gelo. Questo consente di dilazionare il lavoro

in un periodo più lungo anche se espone le talee a maggiori danni legati sia al freddo che a parassiti e vandali.

#### **4.6.3.3 MANTENIMENTO DELL'IMPIANTO**

L'impianto della vegetazione rappresenta solo il primo momento del ripristino: l'intero ecosistema ricostruito deve essere controllato ed assistito per renderlo nel giro di pochi anni parzialmente o totalmente autonomo. Questa fase può durare tra 2 e 3 anni a seconda delle condizioni.

Gli interventi di manutenzione devono:

- permettere alle piante di superare le difficoltà dell'insediamento (trapianti, adattamenti, ecc.);
- permettere la creazione di una sufficiente riserva minerale ed organica tale da sostenere lo sviluppo vegetale: un sistema che si autosostiene è quello in cui le riserve, sono sufficienti a soddisfare le esigenze della copertura vegetale senza depauperarsi;
- riavviare i diversi cicli che caratterizzano la fertilità (sostanza organica, azoto, fosforo ecc.);
- indirizzare le prime fasi evolutive verso l'obiettivo prescelto.

Comunemente si predispone un sistema standard di manutenzione: in realtà la risposta della vegetazione nei diversi siti sarà sempre diversa perché diverse sono le condizioni in cui si opera. Per raggiungere le finalità e gli obiettivi previsti si deve innanzitutto organizzare un sistema di monitoraggio che permetta di osservare lo sviluppo dell'intera comunità vegetale ricostruita e definisca gli interventi adeguati. E' perciò necessario mantenere sotto stretto controllo la copertura vegetale in tutti i suoi diversi aspetti: grado di copertura totale; presenza di singole specie e loro abbondanza, stato della copertura, ecc.. Queste osservazioni possono poi essere integrate da analisi periodiche del suolo, tali da definire con precisione lo stato chimico e nutrizionale del substrato. Dai risultati di queste osservazioni è possibile modulare con precisione i diversi interventi di sostegno relative sia alle essenze erbacee che arboreo-arbustive.

#### **Interventi sulle specie erbacee**

##### ***Risemina***

Le aree dove la semina ha dato risultati non soddisfacenti (zone scoperte, gradi di copertura limitati) devono essere riseminate. In pendii e scarpate la risemina immediata risulta essere fondamentale viste le finalità di difesa e controllo dell'erosione. In zone pianeggianti le necessità sono meno stringenti ed in molti casi si lascia il suolo scoperto alla naturale evoluzione. La risemina deve prevedere un minimo di preparazione del substrato per permettere al seme di insediarsi. Su plaghe limitate si può ricorrere a lavorazioni manuali (zappettature, rastrellamenti) per smuovere la superficie del suolo. Se invece le superfici sono estese conviene ricorrere, ove le pendenze lo permettano, ad interventi meccanici oppure all'idrosemina. Se la risemina avviene in stagioni diverse dalla semina ordinaria è necessario modificare almeno in parte la composizione del miscuglio per adattarla alle nuove condizioni.

##### ***Concimazione***

I sistemi ricostruiti hanno, in genere, nell'azoto l'elemento limitante specie in aree poco fertili. E' necessario supportare la disponibilità dell'azoto attraverso periodici apporti che possono derivare da interventi di concimazione diretta e/o da specie azoto fissatrici a seconda delle condizioni in cui si opera. Piccole quantità di azoto sono annualmente distribuite (30-50kg/ha di N) in modo tale da sostenere ed integrarne la disponibilità. Se la risposta della vegetazione appare stentata le dosi possono anche essere aumentate tenendo sempre presente che ad una maggiore concimazione

mazione azotata corrisponde sempre una maggiore esigenza idrica. Lo stimolo nella crescita dovuto ad eccessi di azoto, oltre che a problemi di inquinamento generale, crea dei problemi anche alla stessa copertura vegetale. Un eccesso di produzione di materiale organico si ripercuote con un forte effetto pacciamante durante le stagioni successive, con addugiamento e morte delle piante presenti, stimolando inoltre la diffusione delle annuali a discapito delle perenni. E' perciò necessario associare sempre a forti concimazioni anche periodici interventi di sfalcio e trinciatura del materiale vegetale.

### ***Sfalcio***

Negli anni immediatamente dopo l'impianto è necessario predisporre degli interventi di sfalcio del cotico. In questa fase infatti questa pratica consente di stimolare l'accestimento delle graminacee, di controllare la diffusione delle specie non desiderate, contenere il vigore delle specie cespugliose e di favorire una rapida chiusura del ciclo della sostanza organica attraverso un suo ritorno al suolo. Lo sfalcio deve essere associato, in questa prima fase, alla trinciatura evitando l'allontanamento del materiale: solo in casi eccezionali, in presenza di produzioni di biomassa eccessive (a seguito di forti concimazioni di impianto), per evitare la formazione di uno strato pacciamante troppo "potente", è preferibile allontanare il materiale. La necessità e la frequenza dello sfalcio deve perciò essere giudicata volta per volta: in zone in pendio dove la copertura vegetale deve esercitare un pronto effetto antierosivo è conveniente sfalciare con periodicità (anche più volte all'anno), mentre in tutte le altre situazioni si ricorre ad uno sfalcio massimo all'anno in tarda estate dopo la disseminazione del seme prodotto. Molta attenzione deve essere posta all'epoca dell'intervento al fine di favorire o contrastare la presenza di certe specie.

### ***Diserbo***

Interventi di diserbo chimico possono essere utilizzati in via eccezionale e solo in presenza di particolari problemi al cotico erboso. Forti infestazioni di essenze non desiderate possono interagire con la fase di impianto del cotico, limitando od ostacolando l'insediamento delle specie seminate. Solo in questo caso può essere giustificato prevedere un intervento mirato di diserbo per contenere le specie non desiderate. Nella pratica però risulta essere molto difficile intervenire in post emergenza vista la varietà di specie che caratterizza i miscugli dei ripristini: anche i più semplici presentano sempre almeno un'associazione di graminacee e leguminose. Si può invece predisporre un intervento in pre-emergenza in corrispondenza della semina dopo le lavorazioni di preparazione del suolo, in modo tale da contenere, almeno per un certo periodo, tutte le nuove plantule che si formano in questa fase favorendo lo sviluppo della copertura seminata. I principi attivi da utilizzare sono ad esempio il Chlortiamide, o la Simazina.

### ***Irrigazione***

L'irrigazione del cotico erboso risulta essere funzione del tipo di destinazione finale dell'area prescelto. Destinazioni intensive (parchi, giardini, verde sportivo ecc.) richiedono una veloce affermazione del cotico ed una sua persistenza nella stagione, cosa possibile solo ricorrendo ad apporti artificiali di acqua. L'effetto dell'irrigazione risulta essere molto importante nel primo e secondo anno dall'impianto, quando il cotico risente in modo molto pesante della siccità estiva. In presenza di destinazioni naturalistico estensive i costi elevati, sia in mezzi che in manodopera, e l'effetto sul cotico con sviluppi eccessivi, mancato approfondimento dei sistemi radicali e selezione di specie a scapito di essenze resistenti, relegano questa pratica solo a situazioni estreme dove, alla siccità legata al clima si deve sommare l'esposizione, il tipo di substrato, la morfologia. Il progetto deve, ove ritenuto necessario, definire con attenzione tutti gli aspetti tecnico pratici quali il metodo (pioggia, scorri-

mento, ecc.) la fonte di approvvigionamento, i volumi derivati, la tipologia (soccorso, continua) e la frequenza.

## **Interventi sulle piante arboree e arbustive**

### ***Risarcimenti***

Nella redazione del progetto deve sempre essere considerata una certa percentuale di insuccesso nell'impianto delle specie arboreo arbustive: questo comporta un sovradimensionamento nelle densità iniziali per compensare queste perdite. L'entità di queste fallanze è funzione delle condizioni ambientali e del substrato presenti: valori fino al 10-20 % sono da considerare del tutto normali. In siti difficili, su substrati minerali non pedogenizzati si possono raggiungere nei primi 3 anni fallanze dell'ordine del 50-70%. In questi casi parte delle fallanze devono essere recuperate attraverso nuovi reimpianti. In realtà elevate percentuali di insuccesso dimostrano come le scelte tecniche operate siano state insoddisfacenti e questo deve portare ad una rivisitazione "in corso d'opera" del progetto, inserendo modifiche sostanziali tali da consentire risultati migliori. In questi casi una completa rilavorazione dell'area può risultare molto più conveniente ed efficace rispetto ad un reintegro parziale.

### ***Lavorazioni/Diserbo***

In tutti gli impianti in cui non è prevista la pacciamatura è necessario predisporre nei primi anni un monitoraggio, associato ad interventi di controllo, delle essenze erbacee cresciute in prossimità delle specie arboreo-arbustive. Questo controllo diviene fondamentale in presenza di semenzali di piccole dimensioni: l'effetto competitivo del cotico erboso rispetto ai fattori di crescita (luce, acqua, minerali ecc.) può limitare se non compromettere lo sviluppo delle essenze arboree. Si può intervenire con lavorazioni al suolo o con il diserbo delle essenze erbacee.

#### ***Lavorazioni***

E' possibile ricorrere ad una leggera lavorazione attorno ai fusti (diametro di 0.5-1 m). Ciò permette, oltre al controllo delle erbacee, di limitare l'evaporazione dal suolo favorendo nel contempo una più rapida infiltrazione dell'acqua meteorica. La lavorazione costringe inoltre la pianta arboreo-arbustiva ad approfondire le radici e quindi risentire di meno di eventuali periodi siccitosi e consente l'interramento degli eventuali concimi distribuiti in copertura. Il materiale lavorato può poi essere opportunamente posizionato per formare un vaso, necessario a contenere sia il rifornimento idrico artificiale che l'eventuale deflusso superficiale naturale: questa è una prassi utilizzata nelle stazioni più siccitose dove l'acqua rappresenta il principale fattore limitante. L'epoca ideale per tale lavorazione è sempre la primavera in corrispondenza del periodo piovoso e comunque sempre prima del periodo siccitoso. E' infine necessario porre la massima attenzione per non danneggiare il colletto e la radice.

#### ***Diserbo***

In alternativa e/o ad integrazione della lavorazioni, può essere necessario intervenire per contenere lo sviluppo delle piante erbacee attraverso il diserbo. Si può ricorrere ad interventi di tipo meccanico (sfalci localizzati) o, eccezionalmente, ad interventi di tipo chimico. Le condizioni ambientali condizionano la scelta della tecnica:

- in zone dove l'acqua non rappresenta un fattore limitante si può semplicemente sfalciare il cotico in prossimità delle piante arboree (diametro 1 m), questo ha un effetto solo parziale consentendo una successiva ricrescita ;
- in zone dove l'acqua rappresenta un fattore limitante ma solo per un periodo limitato può essere utile predisporre solo un contenimento chimico delle erbacee attraverso disseccanti (Paraquat, Diquat);
- in zone dove l'acqua rappresenta un fattore limitante per gran parte dell'anno può essere utile un controllo totale sul cotico attorno alle singole piante attraverso la distribuzione di prodotti sistemici (Glyphosate).

In genere nei recuperi si tende ad evitare interventi di tipo chimico per problemi ambientali: in presenza di ampie superfici e grandi carichi di lavoro l'efficienza e la produttività del controllo chimico può essere utile, fatte salve tutte le opzioni di salvaguardia sia del personale che dell'ambiente (dose, tecnica di distribuzione, momento, condizioni climatiche ecc.). L'intervento deve comunque essere organizzato ed eseguito con cura per evitare danneggiamenti meccanici (tagli da dischi, scortecciamenti da filo) o chimici alle piante arboree da diserbare.

### ***Irrigazione***

Negli anni successivi all'impianto alle volte si ricorre all'irrigazione delle essenze arboree. L'irrigazione può essere effettuata tramite fornitura diretta e manuale dell'acqua, in corrispondenza di ogni pianta, o più raramente attraverso un sistema di irrigazione, in genere a goccia, o simile, a seconda della destinazione finale, della morfologia, dell'accessibilità dei siti e della disponibilità idrica. Le reti di distribuzione dell'acqua vengono in genere mantenute in funzione ed efficienza per 3-4 anni per poi essere abbandonate. Viceversa la somministrazione diretta viene effettuata per irrigazioni di soccorso a cadenza irregolare, a seconda delle necessità dettate dall'andamento stagionale. In genere si devono distribuire almeno 25-50 l di acqua per pianta a seconda delle condizioni. In questo caso fondamentale risulta essere l'accessibilità del sito per poter accedere con le cisterne necessarie. Essendo una pratica molto impegnativa, in genere, la si adotta solo per piante di prima grandezza, da pronto effetto, che in genere subiscono traumi al trapianto molto più forti.

### ***Potature di formazione nei primi anni***

Nei primi anni può essere utile intervenire con tagli di potatura sulle essenze arboreo arbustive per determinare la forma voluta per quella specie/individuo o per recuperare dei danni dovuti a parassiti o vandalismi.

Molte latifoglie, specie a radice nuda, nonostante tutti gli interventi di supporto alla piantagione, possono subire forti crisi di trapianto. Questo può comportare disseccamenti della gemma apicale o di branche laterali. Per recuperare la forma ideale ed ottenere un fusto verticale e vigoroso è possibile potare la pianta arborea a 15-20 cm dal terreno nell'inverno del secondo anno dall'impianto per conservare un solo getto, il più vigoroso. Nel terzo anno può essere utile, per favorire uno sviluppo in altezza, potare i germogli laterali a 20 cm di lunghezza che negli anni andranno via via soppressi.

Per la formazione di ceppaie è invece necessario procedere ad un taglio basso a 15-20 cm dal terreno sopra una gemma quando il semenzale ha raggiunto almeno 60 cm di altezza. In genere si ceda a partire dal secondo – terzo anno dall'impianto a seconda della vigoria della pianta. Anche in questo caso può essere utile controllare i nuovi germogli ed eventualmente diradarli scegliendo i più vigorosi.

Per la formazione degli arbusti si può procedere come per le ceppaie con la differenza che nell'inverno dell'anno successivo al taglio è preferibile eseguire un raccorciamento dei germogli almeno della metà della loro lunghezza per favorire la formazione di nuove ramificazioni.

Tab. 4.6.6. Propagazione agamica di specie arboreo-arbustive di interesse naturalistico: quadro sinottico delle tecniche necessarie.

Specie	Utilizzo	Sito prop.	Conservazione del seme	Facilità propagazione	Trattamenti al seme	Epoca raccolta
<i>Acer campestre</i>	S	V	F	C	E-V	Ag-Ot
<i>Acer opulus</i>	S	V	F	C	E-V-S	Se-Ot
<i>Acer platanoides</i>	S	V-C	F	F	V	Se-Ot
<i>Acer pseudoplat.</i>	S	V	D	C	V-S	Ag-Se
<i>Alnus spp.</i>	S	V-C	F	D	V	Se-Ot
<i>Amelanchier ovalis</i>	S	V	F	F	V-S	Se-Ot
<i>Arbutus unedo</i>	S	V-C	F	F	I	Mz-Ap
<i>Berberis vulgaris</i>	S	V	D	F	V	Se-Ot
<i>Betula spp.</i>	S	V	D	F	V	Lu-Ag
<i>Carpinus betulus</i>	S	V-C	D	F	V-E	Se-Ot
<i>Castanea sativa</i>	S	V	D	F	V-I	Ot
<i>Celtis australis</i>	S	V	?	F	V	Se-Ot
<i>Colutea arborescens</i>	s	V	F	D	S-V	Ot-Nv
<i>Cornus mas</i>	S	V	F	D	V	Ag-Se
<i>Cornus sanguinea</i>	S	V	F	D	V	Ag-Se
<i>Corylus avellana</i>	S	V	F	C	V	Ag-Se
<i>Cotinus coggygria</i>	S	V	F	D	V-S	Ag-Se
<i>Crataegus monogyna</i>	S	V	F	D	V-S	Se-Ot
<i>Cytisus scoparius</i>	S	V	F	D	V-S	Ag-Se
<i>Eleagnus angustifolia</i>	S	V				
<i>Evonymus europeans</i>	S	V	F	F	V	Se-Ot
<i>Fagus sylvatica</i>	S	V	F	F	(V)	Ot-Nv
<i>Fraxinus excelsior</i>	S	V	F	C	V-E	Se-Ot
<i>Fraxinus ornus</i>	S	V	F	C	V-E	Se-Ot
<i>Fraxinus oxycarpa</i>	S	V-C	F	F	(V)	Se-Ot
<i>Hippophae rhamn.</i>	S	V	F	F	(V)	Se-Ot
<i>Juniperus communis</i>	S	V	D	C	V-E-S	Se-Ot
<i>Laburnum anagr.</i>	S	V	F	C	S	Ag-Se
<i>Ligustrum vulgare</i>	S	V	F	F	(V-E)	Ot-Dc
<i>Malus sylvestris</i>	S	V	F	F	V	Se
<i>Morus alba</i>	S	V	F	C	V-E	Se
<i>Morus nigra</i>	S	V	D	F	I-V	Ag-Se
<i>Ostrya carpinifolia</i>	S	V	F	C	V-E	Ag-Se
<i>Pinus nigra</i>	S	V-C	F	F	V	Ot-Fe
<i>Pinus sylvestris</i>	S	V-C	F	F	V	Ot-Fe
<i>Populus spp.</i>	S	V	D	F	I	Gn-Lu
<i>Prunus avium</i>	S	V-C	F	C	V-E	Gn-Lu
<i>Prunus padus</i>	S	V-C	F	C	V-E	Ag-Se
<i>Prunus spinosa</i>	S	V-C	F	C	V-E	Ag
<i>Pyracantha coccinea</i>	S	V-C	F	F		Ag-Se
<i>Pyrus pyraister</i>	S	V	F	C	V-E	Se
<i>Quercus cerris</i>	S	V-C	D	C	V	Se-Nv
<i>Quercus spp.</i>	S	V-C	D	F		Se-Nv
<i>Rhamnus cathartica</i>	S	V	F	D	V-S	Se
<i>Frangula alnus</i>	S	V	F	D	V-S	Ag
<i>Robinia pseudoacacia</i>	S	V	F	C	S	Se-Ot
<i>Rosa canina</i>	S	V	F	D	V-E	Ot
<i>Salix spp.</i>	S	V	D	F	-	Se
<i>Sambucus nigra</i>	S	V	F	C	V-S	Lu-Ag
<i>Cytisus scopar.</i>						
<i>Sorbus aria</i>	S	V	F	C	V	Se
<i>Sorbus aucuparia</i>	S	V	F	C	V-E	Se
<i>Sorbus domestica</i>	S	V	F	D	V-E	Se
<i>Spartium junceum</i>	S	V-C	F	F	I	A

<i>Tamarix gallica</i>	S	V	D	F	-	Se
<i>Taxus baccata</i>	S	V	F	C	V-E	Ag-Se
<i>Tilia</i> spp.	S	V	F	C	V-S	Se-Ot
<i>Ulmus</i> spp.	S	V	D	F	(V)	Gn

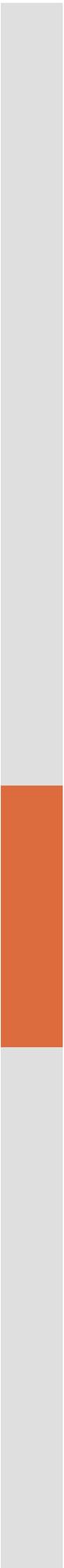
[Utilizzo: S) seme;

Sito: V) vivaio, C) campo;

Conservazione: F) facile, D) difficile;

Facilità: F) facile, C) complessa, D) difficile;

Trattamenti: E) estivazione, V) vernalizzazione, S) stratificazione, I) immersione].



## 4.7 FAUNA (R. Groppali)

### 4.7.1 FINALITÀ

Creare condizioni favorevoli all'insediamento e alla presenza stabile di fauna selvatica o introdotta, con lo scopo di raggiungere un rapporto equilibrato tra le diverse componenti dell'ecosistema ricostruito.

### 4.7.2 QUADRO D'INSIEME

Sulla base delle analisi preliminari e degli indirizzi generali adottati (obiettivo, tipologia, approccio) è necessario definire le scelte operative relative alla fauna. La progettazione deve definire siti e condizioni ambientali idonee per la fauna da ospitare, ma deve anche definire gli interventi di tipo prettamente faunistico, come le reintroduzioni, le immissioni o le catture ed allontanamenti delle specie non desiderate. E' necessario operare scelte a diversi livelli, per ogni unità di paesaggio / zona omogenea individuate all'interno del sito di intervento:

- *definire le finalità da perseguire per la fauna:*
  - a) finalità di tipo naturalistico: creare, attraverso particolari interventi le condizioni ambientali necessarie per attirare dall'esterno la fauna selvatica che si desidera che qui si insedi stabilmente (uccelli, mammiferi, rettili, anfibi, invertebrati); questi interventi possono essere poi associati a strutture quali capanni o torri di avvistamento o percorsi guidati, a scopo didattico o turistico (Senni e Merloni, 1993);
  - b) finalità di tipo ricreativo o produttivo (pesca sportiva, itticultura, caccia): anche in questo caso, vanno progettate soluzioni tecniche idonee per le specie immesse o che si vuole attirare, nonché per chi ne usufruirà;
- *definire la lista delle specie animali*, da introdurre e/o da attirare dalle zone circostanti o invece da allontanare o almeno contenere (gatti, cani, ratti, nutrie ed altre specie esotiche qui giunte naturalmente o introdotte), sulla base di elementi conoscitivi raccolti sul sito e degli indirizzi adottati nel progetto, ponendo particolare attenzione alle esigenze di tali animali. In particolare si dovranno considerare fattori:
  - microclimatici (specie di ambiti caldi o freddi, ecc);
  - chimico-fisici (acque più o meno ossigenate, trasparenti, profonde, ecc.);
  - alimentari (disponibilità di essenze vegetali specifiche, funzionalità delle catene trofiche, ecc.);
  - riproduttivi (siti di nidificazione da favorire o da costruire, loro tipologie, collocazione e manutenzione nel tempo, ecc.);
  - pratico-organizzativi (verifiche e controlli);
  - commerciali (reperimento delle specie da introdurre);
  - amministrativo-legali (leggi e vari vincoli o servitù, zonizzazione per le aree protette, ecc.).

Questi aspetti andranno particolarmente curati nel caso di recupero naturalistico, soprattutto in quelle situazioni in cui l'ex cava rientra in un'area protetta:

- *definire per ogni specie individuata il carico massimo sostenibile*, ed i sistemi di monitoraggio e controllo per mantenere nel tempo tale valore;
- *definire le opere necessarie per la fauna*, e le relative tecniche di messa in funzione (isole galleggianti, nidi artificiali, ecc.);
- *definire le tecniche ed gli interventi di manutenzione delle opere realizzate*, al fine di garantire la loro funzionalità nel tempo (es. pulizia e manutenzione annuale delle cassette-nido per l'avifauna).

### 4.7.3 DETTAGLI

Data la vastità dell'argomento e delle possibili soluzioni adottabili, si è preferito strutturare questo capitolo in funzione delle principali tipologie di cava che si possono incontrare in territorio emiliano-romagnolo, fornendo indicazioni generali per i progetti (Tosetti, 1997). In particolare nella trattazione che segue vengono analizzate le diverse unità di paesaggio presenti, come le pareti rocciose, le zone boscate, le zone a prato stabile e per ognuna di queste si evidenziano le problematiche ed alcune possibili soluzioni tecniche.

#### **Definizione delle liste delle specie animali**

Questo aspetto andrà particolarmente curato nel caso di recupero naturalistico, soprattutto in quelle situazioni in cui l'ex cava rientra in un'area protetta. In ogni caso, le specie prioritariamente da favorire, andranno selezionate sulla base di criteri conservazionistici, per dare precedenza alle specie comprese in liste rosse, protette dalle diverse normative, di importanza locale per la rappresentatività dei popolamenti presenti nell'area in cui il sito di intervento è compreso.

Essendovi alcune specie maggiormente minacciate rispetto ad altre e dovendo compiere scelte gestionali per favorire un habitat piuttosto che un altro o per realizzare interventi mirati di conservazione, occorre conoscere quali siano le specie la cui conservazione riveste particolare importanza a livello locale; sulla conservazione di queste specie dovranno poi essere orientati gli interventi e le misure gestionali del sito, nonché ogni altra azione volta alla loro tutela. La scelta delle specie a priorità di conservazione, può essere eseguita utilizzando diversi criteri di classificazione, sia normativi, sia scientifici (Costa e Danesi, 2001).

#### **Il recupero faunistico di pareti e scarpate**

A fini faunistici, le pareti e le scarpate possono essere recuperate valorizzando la giacitura degli strati di roccia messi a vista dall'attività estrattiva (Cappelli, 1989; Ceschel e Fogato, 1989). Spesso sono proprio alcune delle caratteristiche comunemente associate al degrado ambientale dovuto alle cave (come le pareti di roccia) a costituire un forte motivo di attrazione per specie animali rare oppure inconsuete nell'area circostante alle cave stesse. Può perciò essere opportuno mantenere tali caratteri, magari solo in alcuni tratti e per estensioni ridotte, scegliendo a tale scopo quelle aree che richiederebbero un recupero più complesso e oneroso (Groppali, 2000). Ad esempio, l'unica segnalazione di nidificazione di monachella (*Oenanthe hispanica*) in provincia di Brescia tra 1980 e 1984 è stata riferita a cave di marmo dismesse, con vaste pareti rocciose completamente prive di copertura vegetale; numerosi siti di nidificazione del passero solitario (*Monticola solitarius*) nella medesima provincia si trovano in cave di pietra abbandonate, che costituiscono anche siti riproduttivi importanti per codirossone (*Monticola saxatilis*) e gracchio alpino (*Pyrrhocorax graculus*) (Brichetti e Cambi, 1985). Le pareti rocciose delle cave possono ospitare invece durante l'inverno il codiroso spazzacamino (*Phoenicurus ochruros*), il passero solitario (*Monticola solitarius*) e il picchio muraiolo (*Tichodroma muraria*), secondo i dati rilevati in provincia di Brescia tra 1984 e 1988 (Brichetti e Cambi, 1990). Inoltre la recente espansione del gufo reale (*Bubo bubo*) nell'area pedemontana bergamasca viene fatta dipendere da presenza e ampia diffusione di grandi pareti di cava, nelle quali si possono insediare coppie di riproduttori per la costruzione del nido e l'allevamento della prole (Bassi, 2002).

Ulteriori indicazioni possono scaturire dallo studio di frane e pareti rocciose (anche di cave, purché dismesse da molto tempo) presenti nel territorio circostante.

Al fine di attirare l'interesse di specie ornitiche per la nidificazione in pareti rocciose, nella fase di sistemazione morfologica, sarà possibile prevedere la realizzazione di alcuni interventi:

- predisporre nella roccia alcuni anfratti o cavità di dimensioni differenti, in rapporto alle specie che si pensa possano nidificare (sulla base delle informazioni raccolte nell'area circostante o in situazioni simili); mentre il codirossone (*Monticola saxatilis*) si accontenta di fenditure larghe 5-10 centimetri, per il gufo reale (*Bubo bubo*) (la cui apertura alare raggiunge 1,8 metri) sono necessarie cavità ampie almeno 1 metro e con una profondità sufficiente a ripararlo dalle intemperie;
- predisporre nella parete ripiani o mensole sporgenti di varia superficie, meglio se protette superiormente da sporgenze rocciose (Chiavetta, 1981), poste a 1-2 metri di distanza, per permettere ad altre specie ornitiche di costruire il nido: tale possibilità può essere utilizzata da alcune specie di rapaci diurni, come il pellegrino (*Falco peregrinus*), il gheppio (*Falco tinnunculus*) e il lanario (*Falco biarmicus*).

Un'ulteriore possibilità di potenziamento delle presenze ornitiche è rappresentata dalla combinazione di pareti rocciose con gradoni, soprattutto se su questi si possono insediare fasce vegetate (cfr. Cap. 4.6). La piantagione, per quanto possibile, dovrebbe comunque essere effettuata privilegiando essenze in grado di favorire le presenze faunistiche, cioè quelle produttrici di fiori attraenti per gli impollinatori, di frutti per i disseminatori e di ripari per i nidificanti.

Le pareti rocciose attirano l'attenzione non solo dell'avifauna, ma anche della mammalofauna, in particolare dei chiroteri (pipistrelli). In questo caso, per favorirli, sarà necessario realizzare anfratti e grotte artificiali, ma di maggiori dimensioni e profondità.

### Il recupero faunistico di aree pianeggianti od in pendio

Per favorire la presenza della fauna selvatica potrebbe essere utile anche in zone di piano mantenere alcuni tratti di pareti dello scavo (ad es. cave di arretramento). In questo modo, se il materiale costitutivo è sufficientemente fine, come nel caso di sabbie, più o meno cementate, verrebbero favorite specie ornitiche quali il gruccione (*Merops apiaster*, Fig. 4.7.1), il martin pescatore (*Alcedo atthis*) ed il topino (*Riparia riparia*) (Fig. 4.7.2).



Fig.4.7.1. I gruccioni per nidificare preferiscono scarpate ripide, dove, grazie al proprio robusto becco e alle zampe, scavano gallerie lunghe fino a 3 metri. Questi uccelli sono soliti fare il nido in colonie. Il foro di ingresso del nido è ellittico, con l'asse maggiore parallelo al terreno.

Questa morfologia è particolarmente indicata quando l'ex cava da sistemare è prossima o è in affaccio su un corpo idrico, perché qui gli animali troveranno facilmente cibo e protezione dagli intrusi (Groppali, 2000).

Per ospitare queste specie, le pareti da lasciare in posto dovrebbero avere una lunghezza minima di 10-15 metri e un'altezza di 2-3 metri. Anche in questo caso può essere utile, per invogliare tali specie a nidificare, lo scavo di cunicoli, magari anche solo nella loro porzione iniziale. Ad esempio il nido di un martin pescatore (*Alcedo atthis*) ha un'apertura esterna di 6-7 cm e una lunghezza di norma di 60-90 cm (Fry et al., 1992), quello di un gruccione (*Merops apiaster*) ha un'imboccatura di 5-8 cm e

può raggiungere i 3 metri di lunghezza e quello di un topino (*Riparia riparia*) si apre all'esterno con una galleria ampia 4-6 cm e lunga circa 60 cm (Frugis, 1980). Quest'ultima specie nidifica spesso in fitte colonie (per cui può essere più attraente una serie di fori a breve distanza tra loro), mentre il gruccione nidifica in colonie meno compatte e il martin pescatore a coppie isolate (Fig. 4.7.3).

Fig.4.7.2. Il topino nidifica, come i gruccioni, in colonie, su pareti verticali, costituite da argilla o banchi di sabbia, spesso lungo le rive dei fiumi e bacini d'acqua. Scava gallerie orizzontali, profonde 60-90 cm, quasi al culmine della parete.



### Zone boscate

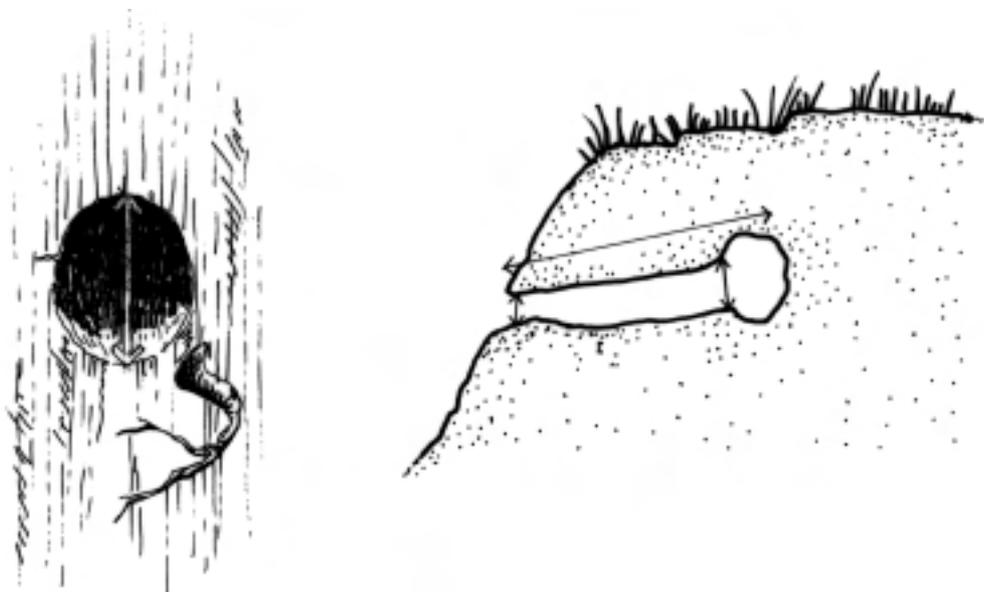
Trattandosi quasi sempre di aree di difficile recupero per un'agricoltura competitiva, sono spesso riutilizzate come ambienti boscati (anche a fine produttivo). Per migliorare la valenza faunistica, questi interventi dovrebbero presentare le seguenti caratteristiche:

- un'estensione sufficiente;
- un'elevata biodiversità ambientale e fitocenotica;
- un collegamento tramite corridoi biologici o "stepping stones" tra zone diverse o funzione di serbatoi biologici entro le reti ecologiche locali;
- la presenza di specie vegetali adatte a favorire il patrimonio faunistico, ovviamente da utilizzare in sintonia con la vegetazione naturale potenziale del sito di intervento;
- la possibilità di conservare nel tempo la biodiversità fitocenotica, anche grazie ad interventi di manutenzione.

Un fattore in grado di influenzare in modo rilevante la ricchezza di specie animali delle aree boscate, è rappresentato dalla loro superficie: infatti secondo la "teoria delle isole" (Mac Arthur e Wilson, 1967), più esse sono piccole e lontane da ambienti con caratteristiche simili, meno specie possono ospitare. All'interno di ambienti fortemente

Fig.4.7.3. Il martin pescatore scava il proprio nido nel terreno, in scarpate prossime ai bacini idrici. Il foro d'ingresso è ellittico, con un asse maggiore perpendicolare al terreno (6-7 cm).

I cunicoli dei nidi sono lievemente ascendenti e sono lunghi fino a 2-3 metri. Il martin pescatore non è un uccello coloniale, per cui i nidi si rinvengono isolati.



antropizzati i boschi o le aree ripristinate possono essere infatti paragonati a isole (Moore e Hooper, 1975) e come tali si comportano dal punto di vista ecologico.

A riguardo può essere opportuno menzionare il caso del Bosco Panfilia (Ferrara), ampio circa 80 ettari e completamente circondato da ambienti antropizzati. Uno studio eseguito con sopralluoghi mensili per l'intero corso di un anno (Malavasi, 1998) segnala la presenza di 40 specie, con completa assenza di quelle forestali più esigenti, e con la stessa composizione di popolazione di aree boscate di minor superficie. All'opposto corridoi costituiti da filari e siepi in ambiente coltivato sono risultati essere anche più ricchi di avifauna, a dimostrazione della necessità di collegare le aree boscate tra loro e/o con altri ambienti in una fitta rete ecologica. Infatti, secondo dati ottenuti in differenti aree della Valpadana interna (Groppali, 2000) si sono contate:

- 52 specie in presenza di coltivi con 1.822 m di filari e siepi, distribuiti in modo uniforme e 13 alberi isolati (Stagno Lombardo – Cremona);
- 41 specie in presenza di coltivi con 200 m di filari arborei e 120 m di siepe, e con corpi idrici per 800 m (Cremona);
- 39 specie in presenza di coltivi con un lembo boscato di 500 mq, un incolto di 100 mq e filari per 400 m (Cremona);
- 32 specie in presenza di coltivi con 685 m di filari e siepi, distribuiti in modo uniforme (S.Pietro in Cerro – Piacenza);
- 26 specie in presenza di coltivi con 56 m di siepe e 7 cespugli isolati (Stagno Lombardo – Cremona);
- 25 specie in presenza di coltivi con 685 m di siepe parzialmente alberata, in formazione unica (S.Pietro in Cerro – Piacenza);
- 13 specie in presenza di coltivi completamente privi di vegetazione legnosa (S. Pietro in Cerro – Piacenza).

Considerando inoltre che aree boscate di recente realizzazione sono completamente prive di cavità nei tronchi degli alberi, e tali rimarranno per molti anni, può essere utile aumentare le possibilità di sopravvivenza e di riproduzione per varie specie di uccelli posizionando opportunamente cassette-nido (di legno, legno-cemento o argilla espansa), di differenti forme e dimensioni (Rabacchi, 1999), e per alcuni pipistrelli arboricoli, collocando cassette-rifugio (Fig. 4.7.4):

Infine per favorire la biodiversità ambientale e fitocenotica (eco-mosaico) in fase progettuale vanno previsti anche elementi quali corpi idrici, zone di margine boschivo con siepi e bassi arbusti (mantello), nonché zone aperte (Fig. 4.7.5).

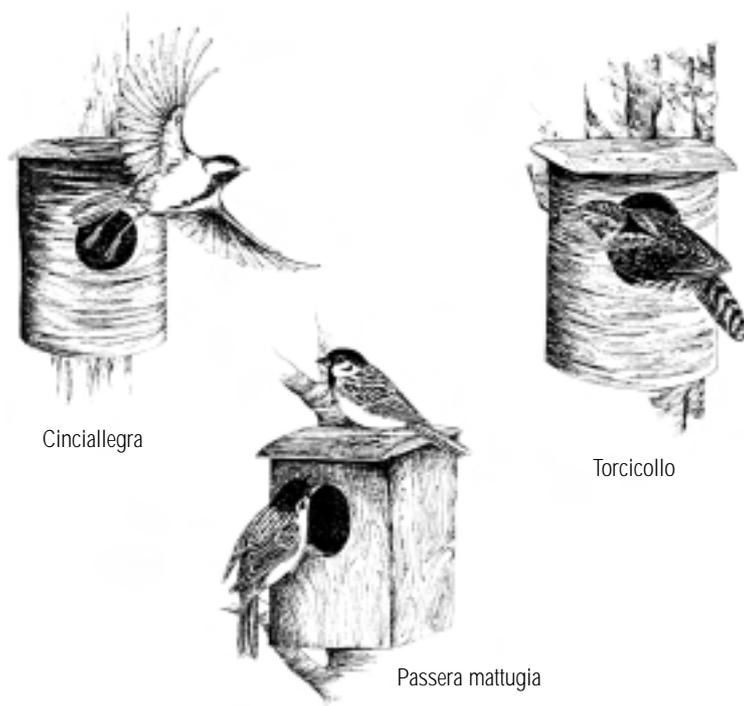
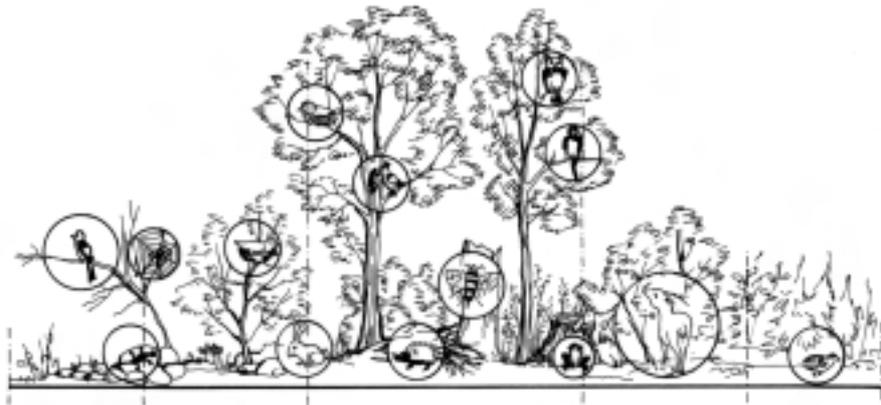


Fig.4.7.4. Diverse tipologie di nido artificiale (cassette nido), atte ad attirare varie specie ornitiche che normalmente nidificano nel cavo di vecchi alberi, non disponibili in zone da poco recuperate (da Rossi, 1996).

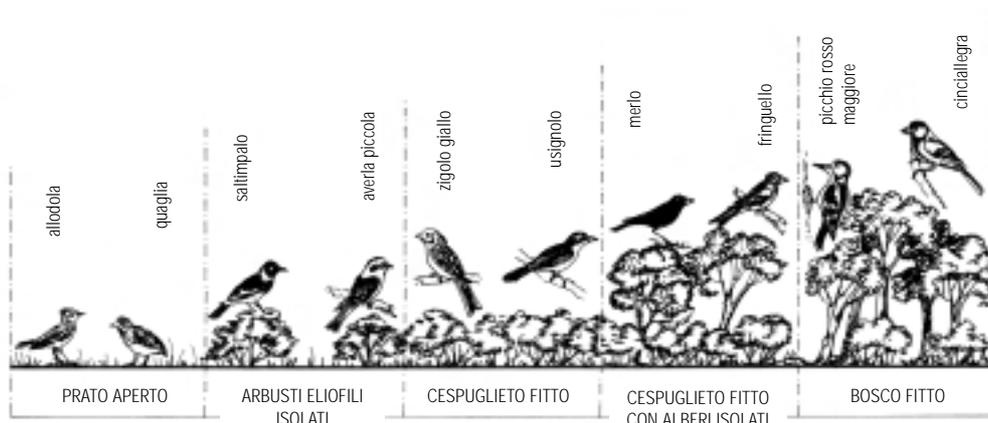
Fig.4.7.5. Margine del bosco o siepe e sua biodiversità in flora e fauna.



Da non sottovalutare l'apporto che può essere fornito da elementi naturali già presenti: un corpo idrico di qualsiasi tipologia può infatti essere valorizzato e valorizzare una nuova area rimboscata, così come un tratto arido ed inadatto alla crescita di vegetazione arborea può diventare un interessante radura al margine o all'interno dell'area boscata.

Le medesime zone, boscate o meno, possono poi contribuire, con la loro collocazione spaziale e la loro forma (meglio se creando margini non rettilinei), alla necessità di infittire le reti ecologiche, fungendo esse stesse da efficaci "corridoi"; vengono così migliorati i collegamenti con altre aree a carattere naturalistico presenti nei dintorni. Quanto meno le stesse zone a bosco potrebbero fungere da "stepping stones", per favorire gli spostamenti di gruppi animali dotati di sufficiente mobilità (Dimaggio e Ghiringhelli, 1999; Malcevski, 1999).

Fig.4.7.6. Successione di alcune delle specie ornitiche, caratteristiche di differenti fasce di vegetazione, al confine tra due ambienti diversi, a partire dal prato aperto e fino al bosco fitto. In particolare, nel prato aperto possono essere presenti allodola (*Alauda arvensis*) e quaglia (*Coturnix coturnix*), nel prato con arbusti eliofilo isolati saltimpalo (*Saxicola torquata*) e averla piccola (*Lanius collurio*), nel cespuglieto fitto zigolo giallo (*Emberiza citrinella*) e usignolo (*Luscinia megarhynchos*), nel cespuglieto fitto con alberi isolati merlo (*Turdus merula*) e fringuello (*Fringilla coelebs*); infine nel bosco fitto picchio rosso maggiore (*Picoides major*) e cinciallegra (*Parus major*).



Particolare cura deve infine essere dedicata alla gestione successiva degli ecotoni, al fine di garantire la loro conservazione: infatti quando in un ecotono si insediano essenze forestali d'alto fusto (una volta che le eliofile hanno preparato condizioni ambientali accettabili per le esigenze di queste ultime) l'area boscata tende ad espandersi verso l'esterno, ma se ciò non è possibile per vincoli spaziali può essere opportuno contenere l'insediamento di tali essenze nelle fasce marginali. A tale scopo vanno previsti periodici diradamenti o tagli, in grado di ringiovanirne il popolamento vegetale (Groppali, 2001).

Particolare importanza deve comunque avere la struttura della fascia ecotonale, che non dovrebbe mai essere troppo compatta, mantenendo al suo interno alcuni esemplari arborei e alto-arbustivi isolati rispetto all'altezza raggiunta dalla restante vegetazione, per garantire efficaci punti di osservazione a rapaci e insettivori (Fig. 4.7.6).

### Prati stabili e fauna invertebrata e ornitica

Come sopra descritto, le situazioni ambientali più favorevoli per la fauna sono quelle ad elevata diversità fitocenotica. Pertanto nelle cave di piano o pendio è necessario prevedere la realizzazione, accanto ad aree boscate, di zone a prato stabile.

Aree gestite come prati stabili, preferibilmente magri, vengono rapidamente colonizzate da specie entomologiche interessanti e, in particolare, da numerose farfalle diurne (Lepidotteri Ropaloceri). Infatti in territori fortemente antropizzati, come le aree ad agricoltura intensiva, sono sempre più scarsi gli spazi adatti alla sopravvivenza di Insetti che da adulti traggono il loro nutrimento dal nettare dei fiori. Prati stabili con ricche fioriture possono quindi rispondere a tali esigenze, e costituire importanti punti di alimentazione, accoppiamento ed eventuale riproduzione per numerose specie entomologiche (Groppali, 2000). Queste aree sono perciò elementi importanti nell'eco-mosaico del territorio circostante: favoriscono l'insediamento e la riproduzione di vari gruppi animali, in grado successivamente di ripopolare le zone limitrofe o, quanto meno, forniscono loro uno spazio ed un ambiente per sopravvivere, spazio ormai sempre più scarso e destinato a ridursi ulteriormente in futuro (Groppali, 2001). A tale proposito si può citare uno studio commissionato dall'Amministrazione comunale di Cervesina (Pavia) su un'area recuperata a prato stabile, effettuato nel 1996 per valutare i popolamenti di uccelli e Ropaloceri (farfalle diurne) nelle aree di stoccaggio di rifiuti tossico-nocivi di S.Gaudenzio, la cui dismissione era allora quasi ultimata.

Lo studio ornitologico dell'area e dei suoi immediati dintorni ha evidenziato la presenza di 74 specie, alcune delle quali di pregio naturalistico, come gruccione (*Merops apiaster*), averla piccola (*Lanius collurio*) e vari rapaci diurni come gheppio (*Falco tinnunculus*), albanelle (*Circus* sp.), poiana (*Buteo buteo*), nibbio bruno (*Milvus migrans*) e falco di palude (*Circus aeruginosus*). A questi ultimi il rilievo della discarica ha fornito una corrente termica ascendente quasi costante, utilizzata per innalzarsi di quota veleggiando e raggiungere così, senza sforzo, le aree prossime della collina pavese e del Po.

Nel corso dello studio dei Lepidotteri, eseguito esclusivamente all'interno della recinzione del sito della discarica, sono state rinvenute ben 35 specie differenti di farfalle diurne: tale quantità permetterebbe di includere a pieno titolo l'area nella categoria di "ambienti con una notevole diversificazione ambientale" proposta da Malavasi e Tralongo (1999). Tale interessante popolamento deriva dalla tipologia del recupero finale della discarica, con l'inerbimento della sua copertura e la piantagione di essenze arboree o arbustive, quasi esclusivamente nella fascia perimetrale. Questo ampio prato stabile, sfalcato di rado (ideale lo sfalcio a rotazione, nel mese di febbraio, con mantenimento delle parcelle per almeno due anni) e non sottoposto ad alcun trattamento, è l'unico presente nel territorio, ed è anche per tale motivo estremamente attraente per i Lepidotteri diurni. Alcune specie, come la rara e minacciata *Lycaena dispar*, utilizzano l'area esclusivamente come punto di alimentazione per gli adulti



Foto 4.7.1. Piccola raccolta d'acqua ad uso faunistico in cava risistemata (Castel S. Pietro Terme, Bologna).

per la sua ricchezza di essenze fiorite, mentre per altre (più comuni e diffuse) il prato o la siepe perimetrale costituiscono habitat ottimali anche per lo sviluppo larvale. Molto spesso, nei piani di recupero finale delle cave è compreso il sistema di drenaggio, per mantenere asciutte le aree marginali, circostanti il bacino di cava, mediante scolo nel bacino stesso. Per creare habitat differenti, tra cui anche alcuni molto interessanti, potrebbe essere vantaggioso non realizzare, a meno di problemi di sicurezza, questa sistemazione finale, ma, al contrario, favorire il ristagno idrico nelle aree marginali, per il ripristino di prati umidi, favorevoli a molte specie animali.

## **Il recupero faunistico di cave con bacini idrici permanenti o temporanei**

### ***Cave con bacini permanenti e fauna***

Le cave con bacini idrici offrono le migliori possibilità di recupero di tipo naturalistico (Groppali, 1999; Zampaglione, 1989). La fauna, in particolare quella ornitica, che si può insediare in cave allagate ed abbandonate, può essere molto interessante.

Tra i numerosi esempi noti possono essere citati i Laghetti di Martellago in provincia di Venezia, con 55 specie ornitiche in periodo di nidificazione e 51 in periodo invernale (Baldin, 1999), e le Cave Danesi in provincia di Cremona, con circa 150 specie individuate (Allegri e Marchini, 2001). In Emilia-Romagna si possono invece citare l'ex cava della Fornace Violani ad Alfonsine, nell'omonima Riserva Naturale (Cavassa, 1996; Volponi e Cavassa, 2002), con 110 specie ornitiche segnalate, oppure la cava Chiesuole nel Parco regionale del Fiume Taro, con 60 specie ornitiche rinvenute.

Come abbiamo già evidenziato in precedenza nelle aree fortemente antropizzate ogni elemento (naturale o semi-naturale) in grado di arricchire il paesaggio, determina il miglioramento delle popolazioni ornitiche e della biodiversità in generale (Foschi e Gellini, 1992). Anche se le cave allagate sono elementi indispensabili soltanto a poche specie strettamente acquatiche (Lack, 1992), possono dare comunque origine a un incremento complessivo delle popolazioni ornitiche locali, come del resto gli altri corpi idrici (Chaplin, 1989; Marchant e Hyde, 1980).

### ***Sagomatura delle sponde e vegetazione***

I principali interventi di recupero ambientale di cave allagate dismesse, consistono nell'arrotondamento della sagomatura delle sponde e dei tratti sommersi più prossimi alle rive, e nella piantagione lungo le sponde di specie adeguate (cfr. Cap. 4.6).

Se possibile, andrebbero comunque mantenuti, o realizzati, alcuni brevi tratti costituiti da materiali fini, subverticali e privi di copertura vegetale, per favorire l'insediamento di specie ornitiche che necessitano di tali elementi per la nidificazione: topino (*Riparia riparia*) e martin pescatore (*Alcedo atthis*) di preferenza in affaccio sull'acqua, e gruccione (*Merops apiaster*) con qualsiasi collocazione, purché facilmente visibile, ben esposta e poco disturbata.

La scelta delle essenze arboree e arbustive dovrà essere correlata con le dimensioni degli specchi d'acqua: gli alberi prevarranno in prossimità di specchi d'acqua di grande estensione e gli arbusti presso quelli piccoli, per facilitare l'arrivo e l'involo dell'avifauna acquatica. E' comunque sempre opportuno introdurre anche essenze adatte alle differenti esigenze della fauna.

Vanno infatti evitati gli schermi di alberi, destinati a raggiungere altezze elevate, almeno lungo le sponde del bacino che si affacciano sullo specchio d'acqua di minore lunghezza, e questo elemento deve essere tenuto nella massima considerazione per bacini di superficie ridotta (Avery e Leslie, 1990; De Rocco e Antoninetti, 1990). Infatti numerose specie di uccelli acquatici necessitano di ampi spazi per posarsi sull'acqua e per involarsi da questa, e non sono in grado di compiere in volo angoli troppo bruschi, allo scopo di evitare ostacoli di altezza eccessiva collocati sulle rive. Lungo le sponde potrà invece essere opportuno posizionare zolle di canneto, tifeto e/o carice-to, per favorire specie diverse o particolari esigenze. Vi sono, tuttavia, alcune specie molto rare che prediligono proprio le zone umide immerse nei boschi o circondate da

rive boscate, come ad esempio la moretta tabaccata (*Aythya nyroca*); quindi, è sempre importante considerare specifiche esigenze di specie particolari, una volta scelte (sulla base di criteri conservazionistici) le specie che si intende prioritariamente favorire. Si avranno così condizioni ecologiche diverse che richiameranno specie diverse, tra cui, per esempio (Fig. 4.7.7):

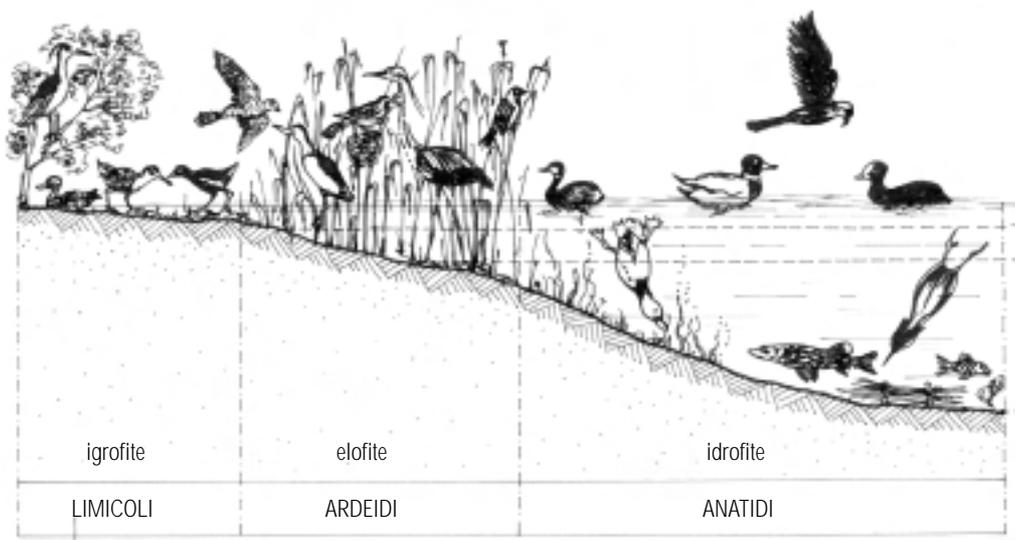


Fig. 4.7.7. Sponda di corpo idrico artificiale con corretta sagomatura del fondo e insediamento definitivo di vegetazione acquatica e palustre.

A partire dalla sponda sono presenti alcune specie tipiche delle differenti aree, definite in base alla profondità delle acque come:

- zona dei **Limicoli** (sponda e acqua di profondità non superiore a 20 cm) = nitticora (*Nycticorax nycticorax*), marzaiola (*Anas querquedula*), porciglione (*Rallus aquaticus*), gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus*);
- zona degli **Ardeidi** (canneto e acqua di profondità compresa tra 20 e 50 cm) = cuculo (*Cuculus canorus*), tarabusino (*Ixobrychus minutus*), cannareccione (*Acrocephalus arundinaceus*), airone rosso (*Ardea purpurea*), migliarino di palude (*Emberiza schoeniclus*);
- zona degli **Anatidi** (acqua di profondità superiore a 50 cm) = tuffetto (*Tachybaptus ruficollis*), moriglione (*Aythya ferina*), falco di palude (*Circus aeruginosus*), germano reale (*Anas platyrhynchos*), luccio (*Esox lucius*) e scardole (*Scardinius erythrophthalmus*) (in prossimità di un "fasciotto"), folaga (*Fulica atra*), svasso maggiore (*Podiceps cristatus*).

- nella porzione centrale libera da vegetazione emergente, folaga (*Fulica atra*), moriglione (*Aythya ferina*) e moretta (*Aythya fuligula*);
  - nel lamineto, mignattino (*Chlidonias niger*) e schiribilla (*Porzana parva*);
  - nel canneto, tarabusino (*Ixobrychus minutus*), germano reale (*Anas platyrhynchos*), porciglione (*Rallus aquaticus*), gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus*), cannaiola (*Acrocephalus scirpaceus*), cannareccione (*Acrocephalus arundinaceus*), basettino (*Panurus biarmicus*) e migliarino di palude (*Emberiza schoeniclus*);
  - nel magnocariceto, cutrettola (*Motacilla flava*), salciaiola (*Locustella luscinioides*) e forapaglie (*Acrocephalus schoenobaenus*);
  - nel saliceto arbustivo, cannaiola verdognola (*Acrocephalus palustris*), usignolo di fiume (*Cettia cetti*) e canapino (*Hippolais polyglotta*);
  - nel saliceto arboreo, merlo (*Turdus merula*), usignolo (*Luscinia megarhynchos*), capinera (*Sylvia atricapilla*), codibugnolo (*Aegithalos caudatus*) e pendolino (*Remiz pendulins*).
- Potranno essere immessi nel bacino piccoli ammassi di vegetazione sommersa, prelevati da ambienti lacustri presenti nei dintorni, meglio se zavorrati con alcuni giri di filo di ferro e deposti a distanza ridotta dalla sponda, qualora il fondo sia sufficientemente fertile e in grado di ospitare una flora. Tale operazione può essere importante per avviare il ciclo trofico e per garantire la possibilità di riprodursi a specie ittiche come tinca (*Tinca tinca*) e persico (*Perca fluviatilis*), e ornitiche come germano reale (*Anas platyrhynchos*), codone (*Anas acuta*), folaga (*Fulica atra*) e gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus*). Anche l'introduzione di microrganismi (tramite immissione di acqua proveniente da

altri bacini) e di invertebrati acquatici (con l'introduzione di porzioni superficiali di fondo e di vegetazione acquatica) andrà fatta se (come di norma) il lago di cava non comunica con altri corpi idrici esterni, ma soltanto quando l'ambiente potrà accogliere tali presenze. Piantando zolle di vegetazione acquatica lungo le sponde è comunque probabile che tali interventi non si rendano strettamente necessari, in quanto l'introduzione della piccola fauna avrà luogo contestualmente a questa operazione (Groppali, 2000).

Non va dimenticato che uno dei fattori limitanti o inibenti la presenza della vegetazione riparia è rappresentata dall'entità delle escursioni del livello del bacino idrico. La presenza della vegetazione dovrà adeguarsi alle escursioni annue.

Sarebbe poi opportuno prevedere un andamento irregolare delle rive, mantenere setti parziali o totali tra i diversi bacini, ed uno o più affioramenti (isole) all'interno dei laghi. In particolare è facile ricavare isole, semplicemente interrompendo in modo opportuno i setti di separazione tra bacini limitrofi. Tutto questo permette di ospitare un maggior numero di coppie nidificanti rispetto a bacini singoli e con rive subrettilinee (Nilsson e Nilsson, 1978), soprattutto per quanto riguarda specie fortemente territoriali, dove un solo maschio ha la tendenza a difendere dai conspecifici l'intero specchio d'acqua che può abbracciare con lo sguardo.

Infine, laddove ciò risultasse possibile, sarebbe opportuno addolcire le sponde verticali o sub-verticali, allargando il bacino per creare uno svaso avente pendenze massime di 45°. Ciò rende le sponde più facilmente accessibili alle diverse specie e limita le escursioni verticali della falda, aumentando le possibilità di insediamento della importantissima vegetazione ripariale.

#### *Profondità dell'acqua e isole*

Gran parte delle cave allagate dismesse, e in particolare quelle di ghiaia e di sabbia, raggiunge profondità piuttosto elevate al centro dei bacini. Questi possono essere trasformati in specchi d'acqua permanenti profondi: tale caratteristica dei corpi idrici ha scarsa importanza e ridotta attrattività per la maggior parte delle specie ornitiche, a parte alcune specie di anatre tuffatrici (presenti di norma in scarsa quantità durante i passi e l'inverno). Inoltre le acque profonde non ospitano vegetazione emergente o sommersa, risultando in tal modo complessivamente piuttosto povere dal punto di vista biologico. Al contrario le acque di profondità ridotta, comunque non superiore ai 3-3,5 metri, sono le più adatte a ospitare biocenosi ricche e varie. Infatti sguazzi o tese, realizzati per finalità venatorie, coprendo con uno strato di acqua bassa spazi piani più o meno vasti nel periodo della caccia, costituiscono elementi di forte attrazione per numerosi migratori acquatici, e – se permanenti – consentono la riproduzione di numerosi uccelli, rettili, anfibi e pesci, anche appartenenti a specie di interesse naturalistico. Un buon esempio di ricchezza faunistica di tali ambienti può essere fornito da uno stagno venatorio temporaneo ampio circa 10 ha, allagato con 25-30 cm di acqua da settembre a gennaio, collocato in un territorio con scarsa presenza di altri corpi idrici, in Umbria: in esso sono state osservate tra 1992 e 1998 ben 76 specie differenti, alcune delle quali di notevole interesse ornitologico (Paci, 1999).

In acque di profondità ridotta è inoltre facile la realizzazione di isole o affioramenti, la cui importanza per la nidificazione e la sosta di numerose specie di uccelli è fondamentale. Infatti, in una valle da pesca ravennate (Pialassa della Baiona) sono stati realizzati con un finanziamento europeo (LIFE) dossi artificiali per favorire la nidificazione di Caradriiformi e altre specie ornitiche, con risultati eccellenti, soprattutto per il fratellino (*Sterna albifrons*), specie in marcato declino in tutta Europa, che nel 1998 vi ha collocato circa 500 nidi; questo numero è pari alla quasi totalità della popolazione della specie nel Delta del Po (Santolini *et al.*, 1999). Un progetto simile è stato attuato nella Salina di Cervia ed ha dato anch'esso risultati eccellenti (Magnani *et al.*, 2001).

Le porzioni di materiali di valore minore o non commercializzabili (limi di frantoio) potrebbero tra l'altro essere impiegate per la realizzazione di isole o affioramenti (magari consolidati con palificazioni o gabbioni posizionati sul fondo).

In questo modo potrebbero essere realizzati bacini di profondità e dimensioni differenti, adatti a rispondere alle necessità della maggior parte delle specie presenti e/o potenziali nell'area, e soprattutto ambienti lentic (anche di superficie contenuta) poco profondi e riccamente vegetati: in alcuni di questi, nei quali non vanno introdotti pesci (predatori delle forme giovanili di molte specie di anfibi), potrebbero riprodursi le specie locali di anfibi (Tedaldi e Crudele, 2001). Infatti, una presenza elevata di rane e rospi potrebbe, a sua volta, contribuire ad un controllo sugli insetti ditteri entomofagi (zanzare), soprattutto nei pressi delle aree fortemente urbanizzate. Se invece non è possibile modificare in modo significativo la struttura del bacino può essere proponibile la collocazione (in punti con disturbo antropico scarso o assente) di zattere galleggianti, allo scopo di fornire possibilità di nidificazione ad alcune specie ornitiche interessanti (Avery e Leslie, 1990).

#### *Isole e fauna*

In presenza di più isole nel medesimo bacino è opportuno differenziarne le caratteristiche morfologiche, dedicandone una parte alla "toielettatura" dell'avifauna acquatica (Fig.4.7.8). Questa infatti necessita di porzioni affioranti, non vegetate, sulle quali eseguire la quotidiana e indispensabile manutenzione del piumaggio. In questo caso l'eventuale escursione di livello potrà essere utilizzata (dando all'isola un'altezza adeguata a farla alternativamente affiorare e sommergere), per eliminarvi stagionalmente la vegetazione; altrimenti dovranno essere fissati, con la copertura di un sottile strato di ghiaia pulita, fogli plastici o geotessili, con la finalità di inibire l'attecchimento della vegetazione, posizionati in modo che i movimenti dell'acqua non li scalzino lungo i margini, e li rendano sgradevolmente visibili (Groppali, 2000). Un'alternativa, non sempre facilmente proponibile, può essere costituita da una gettata di calcestruzzo al centro dell'isola, coperta poi da uno strato di ghiaia di spessore sufficiente a mascherarla, ma insufficiente a consentire lo sviluppo della vegetazione.

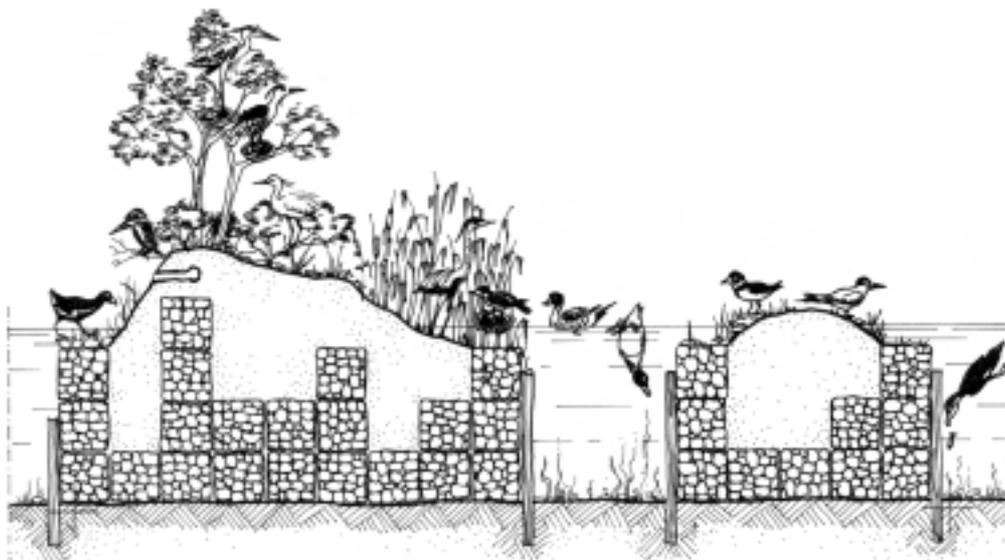
Questa stessa strategia gestionale è importante per favorire la nidificazione di specie che prediligono isole prive di vegetazione per l'insediamento delle colonie, quali ster-na comune (*Sterna hirundo*) e fraticello (*Sterna albifrons*).

Su altre isole andranno invece piantati cespugli igrofilo, con al centro un nucleo di alberi, destinati alla crescita ad alto fusto, per incentivarne l'eventuale utilizzo come sito di nidificazione di specie quali gli Ardeidi coloniali. I modelli più affermati di aree accettabili per l'insediamento di una garzaia sono costituiti da nuclei di vegetazione d'alto fusto mista o dominata dall'ontano nero (*Alnus glutinosa*), circondati da una fitta fascia di saliceto arbustivo a salice grigio (*Salix cinerea*), completamente protetti contro i predatori terrestri e il disturbo antropico da un corpo idrico circostante (Alieri e Fasola, 1990 e 1992; Hefner, 1983): per questo motivo isole vegetate, situate entro bacini di profondità non eccessiva, possono costituire una forte attrattiva per queste specie ornitiche di interesse conservazionistico. E' però particolarmente importante l'assenza di disturbo antropico o dei grossi predatori (soprattutto nel periodo di scelta dei siti di nidificazione da parte degli Aironi) e la presenza di acqua intorno all'area, predisposta per l'insediamento della garzaia. Per rendere il sito più rapidamente accettabile per gli Ardeidi coloniali è inoltre opportuno piantare una fascia perimetrale di ampiezza sufficiente di saliceto arbustivo (adatto alla costruzione del nido di tutte le specie), intorno a un nucleo centrale arboreo: in questo modo si possono accelerare i tempi di insediamento della colonia, su essenze in grado di crescere rapidamente, nella fase in cui le alberature centrali acquisiscono dimensioni accettabili.

Bisogna comunque ricordare che le isole, costruite per favorire la presenza di avifauna acquatica nidificante, devono avere sponde con pendenza molto dolce e ricca vegetazione emergente circostante, presenza di vegetazione legnosa (almeno arbustiva) al loro interno ed essere collocate a una distanza tale dalle rive da garantire che il disturbo dei grossi predatori (volpi, cani e gatti inselvaticiti o sfuggiti, uomo) sia estre-

mamente contenuto. Nel caso di uso plurimo del bacino, con presenza di imbarcazioni da diporto, l'area che include le isole destinate al recupero naturalistico va inibita alla navigazione e, soprattutto, all'approdo. Un'efficace barriera destinata a tale finalità può essere realizzata con tronchi di alberi fissati tra loro e alla sponda con catene, a costituire un elemento sufficientemente duraturo non valicabile dai natanti. Infatti è stato riconosciuto che la navigazione a motore nei laghi provoca il maggior disturbo per l'avifauna (Tanner, 1979), anche se più contenuto in bacini di grandi dimensioni. Per questo motivo è sempre molto problematico valutare le ricadute negative sulla fauna ornitica di differenti forme di fruizione in specchi d'acqua di piccole dimensioni, che sono sempre estremamente fragili nei loro equilibri (Parr, 1974).

Fig.4.7.8. Isole artificiali di differente tipologia all'interno di un corpo idrico artificiale, realizzate con l'impiego di palificazioni e gabbioni per l'ancoraggio al fondo.



Un'isola è dotata di una parete scoscesa per la nidificazione del martin pescatore (*Alcedo atthis*) e ospita vegetazione arboreo-arbustiva nella quale è insediata una garzaia con airone cenerino (*Ardea cinerea*), nitticora (*Nycticorax nycticorax*) e garzetta (*Egretta garzetta*), mentre altre specie, airone rosso (*Ardea purpurea*) e cannaiola (*Acrocephalus scirpaceus*) nidificano nel canneto. L'altra isola ha copertura vegetale limitata ad alcuni ciuffi isolati di erba e ospita, come nidificanti, corriere piccolo (*Charadrius dubius*) e sterna (*Sterna hirundo*). Nelle acque sono presenti gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus*), codone (*Anas acuta*), germano reale (*Anas platyrhynchos*) e cormorano (*Phalacrocorax carbo*).

#### *Il controllo delle specie esotiche immesse o autoctone invasive*

Ambienti artificiali in corso di recupero, soprattutto nelle fasi iniziali che preludono al raggiungimento di condizioni di sufficienti naturalità ed equilibrio, possono andare soggetti all'invasione da parte di specie poco esigenti, spesso di origine alloctona, in grado però di rendere problematiche le fasi successive del processo. In questi casi è comunque possibile, con interventi mirati, eliminare la fonte del disturbo, mentre in altri casi l'unica possibilità reale è costituita dalla prevenzione.

In particolare per quanto riguarda i pesci, è praticamente impossibile allontanare una specie, in grado di alterare gli equilibri in corso di consolidamento, una volta che ha raggiunto corpi idrici che non possono essere prosciugati completamente. Per questo motivo è assolutamente indispensabile controllare con estrema cura la fauna ittica prima di operare la sua introduzione, evitando soprattutto immissioni incontrollate di esemplari di piccole dimensioni, tra i quali si trovano con notevole frequenza (se non praticamente sempre) specie che possono provocare danni di differente tipologia (carpa erbivora (*Ctenopharyngodon idella*), siluro (*Silurus glanis*), pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*) e numerose altre). Lo stesso problema può verificarsi con gamberi di origine nordamericana (*Procambarus clarkii* e *Orconectes limosus*), che spesso vengono però introdotti per presunte ipotesi di miglioramento ambientale: come per i pesci è infatti molto difficile (e in ambienti molto frequentati praticamente impossibile) controllare le immissioni faunistiche da parte di "amatori", convinti di operare correttamente,

introducendo specie adatte al consumo alimentare, o quanto avanza da battute di pesca. Altre specie, come il ratto (*Rattus norvegicus*), la nutria (*Miocastor corpus*), la testuggine nordamericana (*Trachemys scripta elegans*), possono essere contenute (se la loro presenza si rivela disturbante) tramite l'adozione di misure specifiche, che vanno da un uso estremamente accorto di esche avvelenate (per i ratti), all'abbattimento selettivo in periodi dell'anno che non arrechino un disturbo eccessivo alla restante fauna (per la nutria), alla cattura diretta e allontanamento di esemplari (per la testuggine), anche mediante apposite trappole (per la nutria e il ratto).

Se la destinazione dell'area è naturalistica, può infine essere importante valutare la possibilità di inibire l'accesso di alcune sue porzioni a predatori terrestri (tra i quali sono particolarmente problematici gatti e cani provenienti da abitati vicini), tramite lo scavo di canali sufficientemente ampi e profondi, con presenza costante di acqua.

Un problema che si pone quando bacini di ridotta profondità sono prossimi a centri abitati è costituito dall'eventuale proliferazione di Culicidi ematofagi, come le zanzare. Va però ricordato che acque in buone condizioni ecologiche, soprattutto se dotate di una sufficiente ricchezza faunistica, non sono aree primarie di proliferazione, mentre corpi idrici a lento scorrimento e con forte contaminazione organica, raccolte d'acqua temporanee e microraccolte idriche (come i contenitori impiegati per l'irrigazione di orti famigliari) producono ogni estate quantità anche molto notevoli di Insetti molesti. In caso di proliferazione di zanzare, possibile in particolare durante le fasi iniziali dell'evoluzione di corpi idrici artificiali, è comunque possibile ricorrere a trattamenti a base di *Bacillus thuringiensis*, oppure introdurre pesci insettivori, tra i quali (in bacini non destinati al recupero naturalistico e non collegati all'esterno) può essere proposta anche la gambusia (*Gambusia affinis*), di origine esotica, però molto efficace nel controllo delle larve.

#### *Il recupero faunistico di cave a scopo di pesca sportiva e allevamento ittico*

Il recupero più diffuso delle cave allagate consiste nella creazione di laghi per la pesca a pagamento. La sistemazione più comune prevede sponde piuttosto ripide e prive di vegetazione riparia. Però, anche se questa è la destinazione prevista, il recupero potrebbe essere indirizzato verso forme di uso plurimo, con piazzole destinate all'esercizio della pesca e tratti di sponda con fruizione da scarsa a nulla, e fitti nuclei/fasce di vegetazione sommersa ed emergente, opportunamente posizionati, entro i quali l'ittiofauna possa avere la possibilità di alimentarsi e riprodursi spontaneamente. Per limitare gli oneri manutentivi derivanti dall'invadenza di alcune essenze emergenti (in particolare la cannuccia di palude, *Phragmites australis*) possono essere scavati tratti ripidi e rapidamente raggiungenti profondità superiori ai due metri nei punti antistanti le piazzole da pesca, che potrebbero inoltre penetrare leggermente all'interno del bacino, simili a piccole penisole, per facilitare l'esercizio dell'attività (Groppali, 2001).

Tali soluzioni possono garantire discreti livelli di naturalizzazione dei bacini, rendendo nel contempo disponibili risorse per la loro gestione: bisogna infatti valutare che laghetti da pesca gradevoli a livello ambientale e ricchi di presenze faunistiche possono essere molto più attraenti per il pubblico rispetto a quelli ora ampiamente diffusi in tutto il territorio italiano.

Particolare attenzione andrà dedicata alla scelta delle specie ittiche da introdurre nel bacino, sia per finalità produttive (pesca a pagamento) che per stabilire un valido equilibrio ecologico nell'ambiente di origine artificiale. Dovranno essere impiegate esclusivamente le specie autoctone, una volta valutata con sufficiente precisione la loro possibilità di alimentarsi all'interno del bacino d'introduzione, evitando in qualsiasi caso le immissioni di novellame non controllato: in questo caso sono infatti quasi sempre presenti specie indesiderate, che finiscono per indurre modificazioni peggiorative nell'equilibrio ittico della raccolta d'acqua.

Nel caso di cave allagate posizionate presso la costa, e dotate di acqua salmastra, si potrebbero introdurre (o favorire se esiste la possibilità di un collegamento con l'e-

sterno) a scopo di pesca dilettantistica specie come la spigola (*Dicentrarchus labrax*), l'orata (*Sparus auratus*), i cefali (*Mugil cephalus*, *Chelon labrosus*, *Liza aurata*, *Liza ramada*, *Liza saliens*), l'anguilla (*Anguilla anguilla*). Nel caso di bacini posti nella pianura interna, con acque ferme e scarso ricambio idrico, si potrebbero introdurre specie come luccio (*Esox lucius*), carpa (*Cyprinus carpio*), tinca (*Tinca tinca*), mentre in bacini idrici di collina o media montagna, con acqua corrente e forte ossigenazione per l'intero corso dell'anno, si potrebbe introdurre la trota fario (*Salmo trutta fario*).

In caso di uso plurimo, con tratti di sponde a pesca non consentita, può essere opportuno posizionare elementi in grado di scoraggiare tale attività e soprattutto scoraggiare l'impiego abusivo di reti e, nel contempo, di favorire l'incremento della fauna ittica: si tratta dei "fascinotti". Nella loro struttura tradizionale essi sono costituiti da fascine di legno zavorrate con sassi, da affondare a distanza di alcuni metri una dall'altra in tratti di profondità di 3,5-4 metri, per fornire ripari subacquei a pesci di piccole dimensioni e punti di appostamento per esemplari di dimensioni maggiori. Può essere utile anche collocare in acque basse ed in prossimità della sponda ammassi di ciottolame di grande pezzatura, per fornire riparo e favorire la riproduzione della fauna ittica.

Se il lago di cava viene invece utilizzato per l'allevamento estensivo o intensivo di specie ittiche commercializzabili, deve essere valutato con estrema attenzione il carico biologico massimo, compatibile con la depurazione naturale del bacino: in caso contrario tale attività può comportare fenomeni di contaminazione della falda con la quale il lago è in contatto.

Inoltre bisogna ricordare che tale attività economica comporta l'impiego di sostanze la cui immissione nell'ambiente circostante (oltre che nella falda) è sicuramente problematica, come prodotti veterinari, quali gli antibiotici.

Di fatto l'acquacoltura ha aspetti negativi e positivi nei riguardi dell'avifauna (De Pauwn e Joyce, 1992): da essa deriva infatti l'incremento di specie acquatiche (in particolare Anatidi) all'interno di ambienti agricoli, unito però al peggioramento delle condizioni ecologiche dei corpi idrici (per il carico organico spesso eccessivo) e ambientali (con la generale assenza di fasce vegetate lungo le sponde dei bacini utilizzati) (Boldreghini e Santolini, 1995). Inoltre bisogna ricordare che alcune specie ittiofaghe si concentrano negli specchi d'acqua utilizzati per l'allevamento ittico, e in particolare l'airone cenerino, (*Ardea cinerea*) (Draulans, 1987) e il cormorano, (*Phalacrocorax carbo*) (Boldreghini, Santolini e Volponi, 1993), anche perchè in tali aree il disturbo antropico è complessivamente contenuto. Queste specie possono provocare alcuni danni in strutture intensive, mentre la loro presenza in allevamenti estensivi può essere valutata spesso come ininfluenza, se non complessivamente favorevole, in particolare per quanto riguarda il loro apporto di azoto e fosforo alle acque (Marion et al., 1994).

Se i danni risultano essere di entità eccessiva può essere necessario contenere tali presenze. Poiché gli abbattimenti non sono di norma consentiti (oltre a essere scarsamente efficaci in presenza di grandi popolazioni di ittiofagi nell'area circostante) e le emissioni sonore con "cannoni" o strumenti simili perdono molto rapidamente di efficacia, l'unica possibilità è rendere meno agevole la cattura dei pesci. Per quanto riguarda il cormorano (*Phalacrocorax carbo*) può essere utile tendere, a breve distanza dalla superficie dei bacini, dei cavi ben visibili, in quanto la specie ha bisogno di spazi ampi per posarsi sull'acqua. Per l'airone cenerino (*Ardea cinerea*) va invece impedito l'accesso alla sponda e alle acque basse, tramite reti metalliche o altri ostacoli.

#### *Caccia in bacini idrici di cava*

L'attività della caccia, spesso estremamente produttiva al margine di specchi d'acqua (come dimostra la pratica di allagare temporaneamente tratti di coltivi per farne sguazzi o tese, fortemente attrattivi per l'avifauna di passo o svernante), non rende però compatibili altre modalità di uso del medesimo ambiente, quanto meno durante la stagione venatoria. Peraltro la maggior parte dei laghi di cava, troppo ampi, pro-

fondi e con ridotta presenza di vegetazione riparia emergente, si presta poco a tale attività: gli unici poli estrattivi dismessi che potrebbero essere accettabili allo scopo sono le cave di argilla, di profondità ridotta e con bacini usualmente di estensione non elevata.

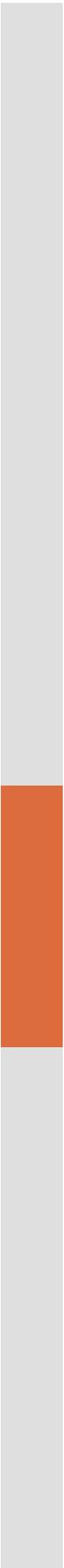


Foto 4.7.2. Allevamento di storioni in un ex bacino di cava, nei pressi del fiume Po (Villanova d'Arda, Piacenza).

In tali ambienti però va ricordato che la diffusione (e a volte la concentrazione in prossimità degli appostamenti fissi) di pallini di piombo sul fondo può provocare danni ad alcune specie di avifauna acquatica (Pain, 1992), e lo stesso può avvenire in allevamenti ittici nei quali sia consentito (o comunque venga effettuato) l'abbattimento di uccelli ittiofagi.

I pallini di piombo, infatti, vengono prelevati dal fondo e ingeriti per facilitare la triturazione del cibo nello stomaco muscolare, in particolare da parte degli Anatidi, e ciò si verifica con particolare intensità se i fondali sono privi di corpi duri di dimensioni adeguate, come è normale per le argille e frequente per le sabbie. Da ricerche effettuate in Camargue il 40% delle morette (*Aythya fuligula*) analizzate aveva piombo nell'apparato digerente mentre spargendo ghiaia sul fondo dei corpi idrici frequentati dalla specie la percentuale di individui che avevano ingerito pallini si è ridotta al 5% del campione esaminato (Owen, 1977). In un esperimento con germani reali (*Anas platyrhynchos*) si è rilevata una mortalità del 41,3% più elevata rispetto a quella naturale in adulti cui erano stati fatti ingerire 4 pallini ciascuno, traendone la conclusione che il 2-3% delle popolazioni autunnali e invernali statunitensi di Anatidi morirebbe ogni anno a causa dell'ingestione di pallini di piombo (Chelini, 1984).

In questi casi si rende necessario quindi (se non è possibile inibire tale attività) rendere obbligatorio l'impiego di pallini cromati o in acciaio, più costosi ma non dannosi per l'avifauna acquatica.



### 4.8.1 FINALITÀ

Monitorare gli interventi eseguiti, organizzare la manutenzione necessaria per mantenere e indirizzare nel tempo l'evoluzione della vegetazione e dell'ecosistema ricostruiti, al fine di raggiungere in modo stabile gli obiettivi prefissati dal progetto.

### 4.8.2 QUADRO D'INSIEME

Non tutti gli obiettivi previsti dal progetto possono essere raggiunti in tempo breve: vi è pertanto la necessità di prevedere ed organizzare degli interventi sull'ecosistema ricostruito, al di là della semplice manutenzione dell'impianto nel breve termine. Destinazioni di tipo agricolo possono, in presenza di forti input esterni, essere nella maggior parte dei casi facilmente ottenute in un arco di tempo limitato. All'opposto, destinazioni naturalistiche di tipo ricostruttivo, ad esempio la realizzazione di un bosco, richiedono tempi molto più lunghi, dell'ordine di qualche decina di anni. In questo secondo caso, numerose sono le variabili in gioco e troppo poco è noto su come i sistemi ricostruiti reagiscono agli input esterni; allo stesso tempo numerosi sono i cicli e le interazioni che devono essere attivate e interconnesse. Al momento della progettazione e dell'esecuzione dei lavori di sistemazione e impianto della vegetazione spesso non si è in grado di prevedere il percorso che seguirà la dinamica evolutiva dell'ecosistema ricostruito. Allo stesso modo non è possibile prevedere il verificarsi di fenomeni di alterazione degli equilibri o di rallentamenti o blocchi nell'evoluzione dinamica. Ciò potrebbe comportare serie conseguenze a livello biologico, come il dilatamento dei tempi di colonizzazione della vegetazione, il rallentamento della pedogenesi, con l'insorgere di fenomeni di erosione. Tutto ciò, in definitiva, può compromettere l'obiettivo finale del progetto, che è la ricostruzione di una situazione in stato di equilibrio. Pertanto, tutte le destinazioni che prevedono tempi lunghi per raggiungere tale condizione necessitano l'organizzazione di un monitoraggio a lungo termine, per verificare le condizioni in cui si sta sviluppando l'ecosistema ricostruito. Ciò permetterà, eventualmente, di organizzare gli opportuni interventi di supporto e di aggiustamento.

In genere, i progetti non prevedono mai investimenti al di là della semplice manutenzione, della durata massima di 3 anni. Interventi di più lungo periodo non vengono presi in considerazione, pur in presenza di obiettivi molto ambiziosi. Le amministrazioni di controllo, del resto, hanno oggettive difficoltà nell'organizzare tali controlli, ad imporre coperture finanziarie ed interventi per periodi così prolungati, tali da superare alle volte la vita delle stesse società che hanno curato gli scavi e la sistemazione ambientale finale. In tal senso andrebbero coinvolte le entità (private e pubbliche) che spesso subentrano nella proprietà delle ex cave. Per altro il tipo e l'entità degli interventi da prevedere è sempre assai limitata. Il lavoro di sostegno ed indirizzo della vegetazione è di tipo estensivo e necessita pertanto di un limitato impegno finanziario.

### 4.8.3 DETTAGLI

E' necessario prevedere per ogni progetto che si realizza in tempi lunghi:

- il monitoraggio a lungo termine attraverso controlli periodici;
- degli interventi ordinari di gestione del lungo periodo, sia di integrazione che di aggiustamento;

- una quota finanziaria atta a coprire eventuali esigenze non previste dalla progettazione per interventi di aggiustamento (manutenzione straordinaria).

#### 4.8.3.1 MONITORAGGIO E CONTROLLO

La gestione degli interventi nel medio e lungo periodo dovrà monitorare:

a) *la stabilità dei versanti*: in molte situazioni la copertura vegetale rappresenta un elemento strutturale di stabilità dell'area: scarpate, piani inclinati, fossi, richiedono una copertura uniforme e stabile per evitare l'innescio di fenomeni erosivi.

Parametri fondamentali da valutare al riguardo sono:

- l'entità della copertura vegetale: per limitare l'azione della pioggia e dello scorrimento superficiale;
- l'entità della penetrazione delle radici: per aumentare la resistenza all'azione dell'acqua ed agli sforzi di taglio;
- la presenza di esemplari arborei isolati in zone sub-stabili: una loro caduta può causare lacerazioni nel cotico, varchi nel soprassuolo, erosioni localizzate, movimenti di massa.

b) *La componente biologica*: la vegetazione deve passare, al più presto, da una condizione di elevata artificialità ad una di elevata naturalità: deve inserirsi nei cicli trofici del substrato, per divenire al più presto autonoma da apporti nutrizionali esterni; ciò, a sua volta, rende possibile l'evoluzione di tutto l'ecosistema in senso progressivo, dinamico. Diversi anche in questo caso sono gli aspetti da considerare:

- *aspetti vegetazionali*:

- la diversità spaziale nella distribuzione delle singole specie ed individui, avendo formato diverse associazioni distribuite in funzione delle finalità da raggiungere, per ogni sottozona è importante verificarne l'esistenza e la consistenza;
- la diversificazione degli elementi della struttura, nel tempo deve ampliarsi la gamma delle età degli individui presenti, le loro dimensioni, la loro forma, per realizzare una stratificazione nella vegetazione (strato erbaceo, arbustivo ed arboreo);
- la composizione floristica, intesa come presenza e diversificazione delle specie presenti. Un intervento di recupero ambientale comporta all'inizio sempre una certa omogeneità, frutto dell'impianto artificiale della vegetazione. Poi nuovi arrivi esterni (specie spontanee), arricchiscono la composizione floristica; con il passare del tempo questa diversità floristica però tende normalmente a diminuire, in quanto le specie più esigenti e più adattate alle condizioni ambientali presenti nel sito tendono a diventare dominanti; si analizzerà perciò sia il numero di specie presenti che la loro consistenza (copertura della vegetazione, numero di individui per superfici campione per le diverse specie legnose, ecc.);
- le condizioni sanitarie delle diverse specie, l'osservazione dello stato fisiologico e sanitario delle singole specie (arboree ed arbustive in particolare) può, a sua volta, fornire indicazioni molto importanti sullo stato del sistema pianta/suolo/atmosfera/biosfera. Anche l'entità della crescita può rappresentare un buon indice (altezza totale, diametro a terra o ad una certa altezza);
- le tendenze dinamiche della vegetazione, esistono vie diverse di evoluzione spontanea, dopo l'impianto. Tra queste possibilità c'è anche quella di un blocco o di una degradazione del sistema, verso condizioni più semplificate magari, a seguito sia di eventi calamitosi, siccità o incendi, oppure per l'esaurimento delle risorse locali; gli interventi gestionali dovranno favorire il superamento di questi blocchi o il reindirizzamento dell'evoluzione della vegetazione verso stadi successivi, più consoni alle esigenze del progetto. Bisognerà perciò analizzare con attenzione, ad esempio, la rinnovazione (cioè nuove plantule nate da seme) che via via si afferma nelle diverse sottozone dell'area di intervento;

- *aspetti naturalistici:*

- l'insediamento e sviluppo di una presenza animale (anellidi, insetti, roditori ecc.);
- la presenza di alghe;
- le modificazioni nella popolazione microbica del terreno;
- la presenza di micorrize.

c) *La componente pedologica per sottolineare la dinamica del substrato attraverso:*

- la differenziazione in orizzonti e sub-orizzonti del substrato;
- la formazione di orizzonti compatti e poco permeabili;
- la quantità e qualità della sostanza organica e azoto (C/N);
- la presenza e disponibilità dei nutrienti;
- la variazione di sali e/o inquinanti.

d) *Gli aspetti paesaggistici:* la vegetazione impiantata, per esigenze pratiche, può rappresentare un elemento estraneo, almeno in parte, rispetto al paesaggio circostante; l'uso di piante pioniere può avere ripercussioni sull'aspetto estetico della vegetazione ma, nel contempo, essere utile nel migliorare le condizioni ambientali della stazione. L'uso di queste piante comporta perciò una successiva fase di controllo e di intervento per favorire il graduale inserimento della vegetazione ottenuta nel paesaggio circostante, attraverso l'allontanamento delle specie estranee.

#### 4.8.3.2 INTERVENTI SULLO STRATO ERBACEO

##### *Sfalci*

Lo sfalcio del tappeto erboso, al di là di eventuali esigenze produttive, consente di:

- controllare la composizione floristica: variando l'epoca di intervento si selezionano le specie che possono riseminare;
- controllare specie invadenti: attraverso la loro rimozione diretta, assieme al cotico circostante;
- controllare lo sviluppo ineguale tra le diverse specie: cercando di stimolare uno sviluppo uniforme e continuo, liberando spazi e risorse verso specie meno aggressive;
- controllare il tipo di sviluppo del tappeto erboso: sfalci frequenti portano nelle piante ad una forte crescita laterale con la formazione di un folto tappeto superficiale; sfalci limitati portano invece a favorire l'approfondimento radicale;



Foto 4.8.1. Sfalci della copertura erbacea ad un anno dall'impianto.

- favorire una maggiore azione di freno rispetto a neve e valanghe: lasciando porzioni di piante, specie di graminacee, lunghe e prostrate sul terreno si favorisce la creazione di un piano di scivolamento del manto nevoso superficiale; all'opposto sfalcando o pascolando la stessa superficie si aumenta la scabrosità e l'attrito superficiale della vegetazione;
- diminuire il vigore della copertura erbacea per favorire la crescita di specie arbustive ed arboree;
- diminuire il potenziale rischio di incendio.

Lo sfalcio può essere associato alla rimozione, in genere dopo fienagione, del materiale, od alla sua trinciatura sul posto: è sconsigliato mantenere il materiale sfalcato tal quale, in quanto può provocare aduggiamento e "soffocamento" delle piante presenti. La rimozione però può causare:

- perdita parziale di protezione (disseccamento);
- perdita di sostanza organica;
- perdita di nutrienti.

Da un punto di vista naturalistico può essere utile programmare l'intervento di sfalcio in modo da limitarlo a porzioni di superficie, cadenzando l'intervento su più anni: questo consente una limitazione del disturbo arrecato alla fauna eventualmente presente, favorendo inoltre la disseminazione di specie a ciclo poliennale.

Nell'organizzazione della gestione di lungo periodo è perciò necessario stabilire fin dall'inizio una tipologia di intervento, definendone la frequenza temporale, ma anche l'epoca di intervento e le modalità tecniche. A questa dovrà poi associarsi una serie di possibili interventi di aggiustamento (manutenzione straordinaria), da calibrare in funzione della risposta del cotico nel medio periodo, rilevata dai controlli periodici.

Foto 4.8.2. Trinciatura della copertura erbacea.



### ***Diserbo***

Può nascere l'esigenza di un controllo differenziale nella vegetazione presente, cosa che può essere facilmente ottenuta attraverso l'uso di sostanze chimiche diserbanti. In molti casi l'evoluzione della copertura può portare all'insediamento di specie indesiderate, anche come conseguenza di interventi di recupero errati. Altre volte il diserbo chimico rappresenta l'unico modo per eradicare sistematicamente la presenza di una particolare specie vegetale, come nel caso di decespugliamenti da effettuarsi in zone instabili dal punto di vista geomorfologico. Questa è una prassi diffusa nel nord Europa ("transplanting"); da noi invece il diserbo viene considerato un intervento ad alto impatto ambientale e quindi poco utilizzato negli interventi di recupero.

Rispetto ad altre tecniche come lo sfalcio, il diserbo ha la caratteristica di essere selettivo verso alcuni gruppi di piante, consentendo un controllo del cotico senza modificare l'effetto di protezione antierosiva, di essere economico e di facile esecuzione. La sua azione anzi può essere modulata, favorendo in alternativa:

- l'eradicazione di alcune specie presenti, con l'eliminazione totale delle specie indesiderate;
- il disseccamento di parte delle specie presenti per un periodo limitato, per favorire altre essenze.

In realtà la presenza di certe specie od il loro rigoglio è solo la conseguenza di condizioni particolari od anomale: è necessario perciò associare al diserbo anche la modifica di queste condizioni, attraverso interventi di altro tipo. Molti sono i prodotti a disposizione che possono essere utilizzati: sono comunque da preferire sempre quelli selettivi e con tempi di degradazione molto contenuti (Tab. 4.8.1).

Diversi sono i casi in cui sono stati utilizzati erbicidi a base di Glyphosate per eliminare specie esotiche ed invadenti, come l'ailanto, in aree archeologiche (Pompei) o in aree naturali (Isola di Montecristo, Foggi et al., 2001).

PRODOTTO	SELETTIVO PER	EPOCA	SPECIE CONTROLLATE
Asulam			<i>Pteridium aquilinum</i> , <i>Rumex spp.</i>
2,4 D	Gr	P/A	<i>Ranunculus spp.</i> , <i>Cardus spp.</i> , <i>Colchicum spp.</i> <i>Dicotiledoni</i>
2,4 D + Picloram	Gr	P/A	<i>Rumex spp.</i> , <i>Urtica spp.</i> , <i>Equisetum spp.</i> , <i>Pteridium aquilinum</i>
MCPA/Dicamba	Gr	P/A	<i>Ranunculus spp.</i> , <i>Cardus spp.</i> , <i>Cirsium spp.</i> <i>Dicotiledoni</i>
2,4 DB	Gr/Le	P/A	<i>Rumex spp.</i> , <i>Ranunculus spp.</i> , <i>Taraxacum spp.</i>
Dalapon	Le	P/A	<i>Graminacee</i>
Glyphosate		A	<i>Tutte le specie</i>

[Gr = graminacee, Le = leguminose; P = primavera, A = autunno]

Tab. 4.8.1. Diserbanti utilizzabili in copertura nella gestione di lungo periodo della vegetazione.

### Concimazioni

La concimazione in copertura rappresenta uno degli strumenti più efficaci per controllare la composizione e lo sviluppo del cotico erboso. In presenza di vistosi fenomeni di clorosi e di altre carenze nutrizionali, interventi in copertura possono facilmente permettere di superare queste condizioni critiche. In particolare, sono gli elementi ed i composti mobili e quindi lisciviabili quelli maggiormente interessati alle concimazioni in copertura. Tipico il caso dell'azoto, che in molti ambiti viene distribuito con continuità in copertura per un lungo periodo di anni, al di là dei sintomi di carenza, per integrarne la presenza e la disponibilità. Nei paesi nordici ed anglosassoni si ricorre a concimazioni azotate in copertura (25-50 kg/ha di N) per 4-7 anni dall'impianto. Questo permette il mantenimento e la stimolazione di una buona copertura di graminacee, che rappresenta il principale elemento di controllo dell'erosione, associato anche ad un certo anticipo nei ricacci primaverili. La distribuzione dell'azoto va sempre associata a dosi adeguate di P, per bilanciare l'effetto stimolante del primo: in genere si distribuiscono quantità analoghe anche di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aumentando la dose nelle zone più siccitose. L'associazione tra i due elementi ha anche un'azione molto contenuta sulla composizione floristica del cotico erboso, limitando gli effetti dell'azoto puro. Distribuzioni fosfo-potassiche invece sono utili per aumentare la resistenza al freddo del cotico e possono essere utili su substrati molto sciolti. Apporti puntuali di concime minerale, come l'azoto, possono avere anche finalità selettive rispetto alla composizione floristica: piccole dosi di N compromettono la presenza di inula (*Inula viscosa* = *Ditrichia viscosa*), di leguminose e di ruderali in

genere. Distribuzioni di fosforo possono stimolare la presenza di leguminose, a scapito di cardi, labiate e ombrellifere. Nella progettazione si dovranno perciò prevedere due tipi di interventi:

- interventi periodici: da stabilire fin dall'inizio per integrare la disponibilità minerale del substrato, favorendone l'accumulazione nella massa organica ed eventualmente controllando anche la reazione della soluzione circolante;
- interventi occasionali: da definire in funzione della risposta del cotico alle condizioni locali.

Dal punto di vista pratico si ricorre comunemente alla distribuzione meccanica a spaglio, anche se nelle condizioni più disagiate bisognerà ricorrere alla distribuzione manuale.

### ***Trasemina***

E' la tecnica che consente l'integrazione di specie erbacee, senza la distruzione totale del cotico esistente. Viene utilizzata per integrare o reindirizzare la composizione floristica ritenuta non adeguata, a causa della selezione operata dalle condizioni ecologiche locali. Questo tipo di intervento può anche essere una scelta di tipo progettuale, che prevede una prima fase di rapido insediamento di una copertura, in funzione antierosiva, favorendo le graminacee. A questo primo intervento può poi seguire, dopo 3-4 anni, un'integrazione con altre specie, tipicamente leguminose, per assicurare una maggiore dotazione in azotofissatrici e quindi assicurare un'evoluzione più stabile nel tempo dell'intera composizione floristica. Questa tecnica richiede l'intervento di macchine operatrici diverse, che devono rompere il cotico e distribuire poi il miscuglio predisposto. Si preferisce in genere provvedere ad uno sfalcio e trinciatura della copertura esistente, per limitare il possibile "soffocamento" e poi, dopo un evento meteorico, si esegue la rottura del cotico e la semina del miscuglio. Diversi sono gli attrezzi disponibili:

- erpici / coltivatori;
- erpici a dischi: regolati con un angolo nullo rispetto all'avanzamento, con la sola funzione di incidere;
- rulli dentati;
- seminatrici speciali: con frese, falcioni o con denti vibranti.

In genere sono da preferire macchine semplici, che meglio si adattano alle condizioni pedologiche particolari, legate alle pendenze ed alla possibile presenza di scheletro o sassi. Nelle zone di difficile accesso per le macchine si associa la distribuzione del seme con il pascolo. Sul cotico lavorato si esegue poi la distribuzione di un miscuglio, preventivamente preparato, per adattarsi alle condizioni della stazione. E' possibile utilizzare miscugli già preparati dalle ditte sementiere, in genere ricchi in specie, anche se è preferibile limitarsi a poche; in genere non si utilizzano mai più di 5 specie, in cui le leguminose predominano. La scelta delle singole specie dipende dalle condizioni della stazione:

- per le leguminose, molto importante è il fattore pedologico: reazione, profondità, tessitura sono gli elementi di scelta fondamentali;
- per le graminacee invece sono i fattori microclimatici a dominare.

Come regola si devono utilizzare specie a rapido insediamento e con una certa aggressività, per potersi inserire ed affrancarsi. In genere le leguminose sono meno longeve, mentre le graminacee risultano avere una vita ed un'azione antierosiva più prolungata.

La dose da distribuire in genere non deve superare il 50% della dose in coltura pura. L'epoca ottimale dipende dalle condizioni ecologiche locali e dalle specie impiegate: siti con substrati compatti sono preferibilmente lavorati in estate/autunno per le difficoltà di accesso e di lavorazione; i suoli sciolti danno più libertà, ma risultano essere più siccitosi. Tra le specie, una semina autunnale favorisce sempre le graminacee, mentre la semina primaverile avvantaggia le leguminose.

Esempi di miscugli complessi usati per migliorare pascoli già esistenti nelle nostre condizioni climatiche sono:

- per i terreni silicei: *Trifolium repens*, *Trifolium hybridum*, *Lotus corniculatus*, *Dactylis glomerata* e *Lolium perenne*;
- per i terreni calcarei: *Medicago sativa*, *Onobrychis viciifolia*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*;
- per i terreni argillosi: *Medicago sativa*, *Hedisarum coronarium*, *Vicia villosa*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*.

Un problema notevole riguarda il reperimento del materiale di propagazione adeguato: si deve sempre dare la precedenza ad ecotipi locali, già collaudati ed adattati alle condizioni ecologiche del posto. Nella pratica però, a parte alcune eccezioni, non esiste più un mercato sementiero locale, per cui ci si dovrà rivolgere alla grande distribuzione, che ha oramai una valenza nazionale, se non internazionale. In questo caso bisognerà controllare con attenzione le varietà disponibili. In alcuni casi, proprio per evitare problemi di inquinamento genetico della flora spontanea locale, la trasemina è stata semplificata nella sola rottura del cotico al fine di favorire, anche attraverso concimazioni specifiche, la diffusione di specie presenti a scapito delle indesiderate. Nel caso di interventi di recupero di cave inserite in ambiti naturali protetti o contigui ad essi, questo problema appare di particolare importanza. In tal caso si consiglia l'uso di poche specie pioniere, che lascino poi il posto, possibilmente in modo naturale, a specie locali provenienti da aree contermini. Altra pratica utile, può essere quella di procedere nei periodi tardo primaverili ed estivi a sfalci di vegetazione erbacea in località prossime a quella di intervento e da queste recuperare il seme ("fiorume"). Siccome la germinabilità di questi semi in natura generalmente è bassa, sarà necessario reperirne notevoli quantità.

Tab. 4.8.2. Specie comunemente utilizzate nella trasemina.

SPECIE	CONDIZIONI	NOTE
<i>Leguminose</i>		
<i>Medicago sativa</i>	Terreni non acidi, profondi	
<i>Medicago lupulina</i>		
<i>Onobrychis viciifolia</i>	Terreni calcarei, poco profondi	
<i>Lotus corniculatus</i>	Terreni vari, siccitosi	Longevo
<i>Hedisarum coronarium</i>	Terreni compatti, alcalini	
<i>Trifolium repens</i>	Terreni acidi, magri, umidi	Longevo
<i>Trifolium hybridum</i>	Terreni acidi, umidi, compatti	
<i>Trifolium pratense</i>	Terreni neutri/acidi, senza ristagni	
<i>Graminacee</i>		
<i>Festuca pratensis</i>	Climi umidi	Antierosiva
<i>Festuca arundinacea</i>	Adattabile	Antierosiva, Aggressiva, Longeva
<i>Dactylis glomerata</i>	Adattabile	Antierosiva, Longeva
<i>Lolium perenne</i>	Climi umidi	
<i>Phleum pratense</i>	Climi umidi	
<i>Bromus catharticus</i>	Climi secchi	

### Pascolo

Il passaggio di animali al pascolo può rappresentare un altro mezzo comodo di controllo del cotico:

- vi può essere un'azione selettiva con modifica della composizione floristica; all'opposto vi può essere un'azione di stimolo delle piante pascolate (il pascolo sembra favorire le graminacee e tra le leguminose il trifoglio bianco);
- vi è certamente un'influenza di tipo meccanico, con asporto delle foglie, con aumento del coefficiente di attrito per la copertura nevosa (pascolo brado usato come controllo di valanghe);

- vi può essere un asporto di parte della massa organica, riducendo i pericoli di propagazione del fuoco.

Il pascolo può quindi avere un'azione positiva, ma solo se effettuato sotto stretto controllo:

- deve essere evitato il sovraccarico perché:
  - comporta un eccessivo asporto della copertura;
  - stimola la comparsa di specie spinose, velenose o comunque non desiderate (cioè specie evitate dagli animali e che quindi finiscono per espandersi molto);
  - infeltrisce eccessivamente il cotico;
  - favorisce un aumento di acidità nel substrato;
  - causa un'eccessiva compattazione del suolo, specie se bagnato o umido;
  - favorisce la creazione di punti di discontinuità nel cotico da cui può partire l'erosione;
- deve essere controllato anche un carico limitato, in quanto si può verificare un'eccessiva possibilità di scelta ad opera degli animali, compromettendo solo alcune specie del cotico;
- deve essere evitato, almeno nei primi anni, un pascolo da parte della selvaggina, in quanto portatrice di danni al cotico molto intensi, con innesco di erosione localizzata (danni da cinghiale, da ungulati); possono risultare seriamente danneggiate, nei primi anni dall'impianto, anche le specie legnose, se non protette con recinti o singolarmente con particolari strutture (tubi in plastica o rete).

Dovrà comunque essere sempre favorita una presenza controllata nei tempi e nei modi di animali che non causino danni al cotico erboso, in funzione del tipo di substrato e dell'andamento climatico, preferendo:

- un pascolo turnato: a settori, con carichi elevati su piccole superfici, per piccoli periodi di tempo;
- un pascolo limitato ai periodi più asciutti, per evitare danni da calpestio e la compattazione del suolo;
- la presenza di animali di piccola taglia, specie in presenza di scarpate e pendii;
- una turnazione anche tra le specie zootecniche, per favorire un uso completo e razionale del cotico.

Le problematiche relative alla vegetazione ed alle sue funzioni tecniche e biologiche dovranno sempre comunque essere dominanti rispetto alla componente zootecnica, dovendo operare in sistemi ecologici appena ricostruiti e quindi molto fragili.

### ***Decespugliamento***

Alle volte è necessario intervenire per allontanare parte degli arbusti cresciuti a seguito di un ripristino. Le finalità di un tale tipo di intervento possono essere diverse.

Per esigenze tecniche può essere utile:

- aprire dei varchi necessari alle specie arboree in fase di crescita;
- alleggerire la copertura vegetale per problemi di stabilità del suolo;
- limitare la massa organica per ragioni di sicurezza antincendio;
- modificare le condizioni microclimatiche;
- per esigenze biologiche, al fine di reindirizzare la dinamica evolutiva per:
  - allontanare specie non desiderate o in sovrannumero;
  - favorire lo sviluppo di altre specie "sottoposte";
  - favorire una diversificazione della struttura;
  - rimettere in circolo quantità più o meno elevate di elementi minerali.

Diverse sono le possibilità tecniche: si può ricorrere sia ad interventi di tipo meccanico che chimico. In genere si preferisce il primo, in quanto limita i possibili problemi ambientali.

### ***Interventi meccanici***

Il controllo meccanico della vegetazione può avvenire tramite:

- decespugliamento meccanico: con abbandono in sito o con asporto del materiale

stesso; può essere eseguito con attrezzature portate o spalleggiate (decespugliatore) e quindi può essere eseguito su quasi tutte le superfici, escluso quelle più ripide;

- triturazione: dove il cespuglio viene tritato in sito da trinciatrici a martelli, portate da macchine operatrici; questo evita la rimozione del materiale che, a sua volta, può fungere da pacciamatura per la vegetazione erbacea circostante. Un suo eccesso può causare però fenomeni di asfissia e di "soffocamento". Un suo limite è rappresentato dall'accessibilità per le macchine operatrici, con possibili ripercussioni sulle caratteristiche del substrato.

Questo tipo di intervento non è però radicale, permette in genere (a seconda delle specie) solo il contenimento della parte epigea delle piante che, tagliate, prontamente ricacceranno: questo però può anche essere sufficiente per favorire la vegetazione circostante.

#### *Interventi chimici*

Alle volte è necessario ricorrere anche alla distribuzione di prodotti chimici diserbanti nel caso, ad esempio, si vogliano eliminare definitivamente gli individui arbustivi. In genere si evitano distribuzioni generalizzate, preferendo applicazioni localizzate, utilizzando strumenti spalleggiate. Alle volte il trattamento viene effettuato solo dopo un preventivo intervento meccanico di pulizia, agendo solo sui ricacci delle ceppaie-colletti. Questo consente di evitare anche la successiva raccolta ed allontanamento dello scheletro dei cespugli disseccati. Diversi sono i prodotti che sono abitualmente utilizzati:

- l'Ammonio-etil-carbamoil fosfonato (Krenite): 1-2 mesi prima della caduta delle foglie;
- il 2.4 D + Picloram: con piante in attiva vegetazione;
- il Glyphosate: con piante in attiva crescita.

I risultati sono in genere definitivi, comportando il disseccamento di tutta la pianta, evitando quindi interventi successivi, come nel caso degli interventi meccanici.

#### *Interventi zootecnici*

E' un intervento possibile solo in zone a tradizione zootecnica, dove diffusa è la pratica del pascolo. Questo può essere usato anche contro gli arbusti ma, in questo caso, richiede dei carichi di animali molto elevati, per periodi di pascolamento molto limitati, al fine di rendere appetibile anche queste piante. E' applicabile solo in zone stabili dal punto di vista geomorfologico, dove la vegetazione non ha funzioni tecniche particolari, evitando le scarpate ed i pendii accentuati. Le specie ovi-caprine, od anche gli equini come l'asino, sono da considerarsi le più efficaci per la loro adattabilità a diete diverse.

Gli interventi sopra illustrati possono investire tutta la superficie o solo parte di essa. In questo caso è necessario suddividere l'intervento stesso in più anni, per limitare gli effetti sulla fauna selvatica già insediata.

#### **Risemina**

A seguito di condizioni locali inidonee o a danneggiamenti dovuti alla selvaggina, può emergere la necessità di risemina del cotico erboso, al fine di ricostituire una sua continuità, necessaria per limitare l'erosione superficiale. Quest'operazione può essere molto importante in condizioni di forte pendenza. E' necessario perciò prevedere nel progetto, nel medio periodo, degli interventi di controllo e di risemina del cotico. Qui si fa riferimento ad interventi su superfici limitate e non ad eventuali rilavorazioni generali, causate dal mancato attecchimento legato ad errori nella progettazione o nell'esecuzione. Si dovrà provvedere rapidamente alla:

- preparazione superficiale del terreno: sia manualmente che con piccole macchine semoventi;
- risemina: distribuendo un miscuglio di specie simile a quello in precedenza seminato o un miscuglio meglio selezionato, in funzione delle particolari condizioni locali, eventualmente accompagnato da una concimazione;

- interramento della semente distribuita;
- pacciamatura: utilizzando il materiale più consono alla situazione: paglia, rete di juta, ecc..

#### 4.8.3.3 INTERVENTI SULLO STRATO ARBUSTIVO ED ARBOREO

##### *Concimazioni*

In diverse situazioni si è provveduto a concimazioni nel medio periodo sugli individui di specie arboree, proprio per stimolare la loro crescita a scapito della copertura erbacea sottostante. Esperienze straniere prevedono la distribuzione in primavera di 50 g di concime chimico minerale ternario 10.10.10 per pianta (meglio se a lento rilascio), da somministrare in corrispondenza della piazzola, previo l'allontanamento della vegetazione erbacea ed una leggera lavorazione superficiale (Williamson, 1982).

Foto 4.8.3. Zappettatura e controllo delle specie erbacee attorno ai trapianti.



##### *Ripulitura*

Negli anni successivi all'impianto vi può essere uno sviluppo differenziale nelle diverse specie insediate: questo può portare a crescite anomale di arbusti, tali da contrastare, con la loro competizione, lo sviluppo di essenze arboree più delicate o lente. E' necessario perciò intervenire per allontanare parte della massa vegetale, specie in corrispondenza delle piante arboree, per limitare la competizione, sia per l'acqua che per la luce (Fig. 4.8.1). Questa ripulitura è inoltre necessaria in presenza di nuovi reimpianti legati al recupero fallanze, o all'insediamento di specie più esigenti, inserite con un certo ritardo, dopo la stabilizzazione della copertura stessa. E' un'operazione che in genere viene effettuata manualmente, con attrezzi spalleggati, ripulendo piccole zone ed evitando l'allontanamento del materiale. L'eventuale uso di macchine operatrici con trituratrici è ostacolato dall'impianto stesso della vegetazione: il passaggio e l'uso di queste macchine può inoltre causare danni sia al suolo che al soprassuolo presente, così come possono manifestarsi problemi paesaggistici, dovuti alla creazione di fasce ripulite continue. Interventi estesi possono anche comportare modificazioni nelle condizioni microclimatiche, con ripercussioni negative sulla vegetazione esistente (aumento nella temperatura, nell'irraggiamento, stimolo di vegetazione antagonista, ecc.). La ripulitura può avere anche delle finalità tecnico-pratiche, limitando la massa secca, substrato ideale per il passaggio del fuoco: in que-



Foto 4.8.4. Ripulitura di giovani piante di frassino nate da seme, "soffocate" dalla vitalba.

sto caso va sempre operato l'allontanamento del materiale tagliato. Tra le ripuliture è infine da annoverare anche il controllo di specie infestanti ed in particolare della vitalba: le condizioni eliofile e una copertura erbacea non sempre chiusa e compatta ne favoriscono l'insediamento e lo sviluppo. Il suo eccessivo sviluppo può compromettere tutto l'impianto arboreo: è perciò richiesto un controllo annuale per limitarne lo sviluppo, almeno fino alla chiusura delle chiome dello strato arboreo.

### ***Diradamenti***

Lo scopo del diradamento è quello di eliminare parte degli esemplari arborei impiantati per favorire la crescita degli altri individui. Infatti, in molte situazioni, si preferisce mettere a dimora un numero molto elevato di esemplari, in relazione agli elevati tassi di mortalità ed alla necessità di assicurare da subito una buona copertura del substrato e la chiusura delle chiome. Queste densità elevate comportano però la successiva necessità di eliminare in modo selettivo parte degli individui messi a dimo-



Foto 4.8.5. Controllo della vegetazione erbacea in un rimboscimento in un'area di cava dismessa.

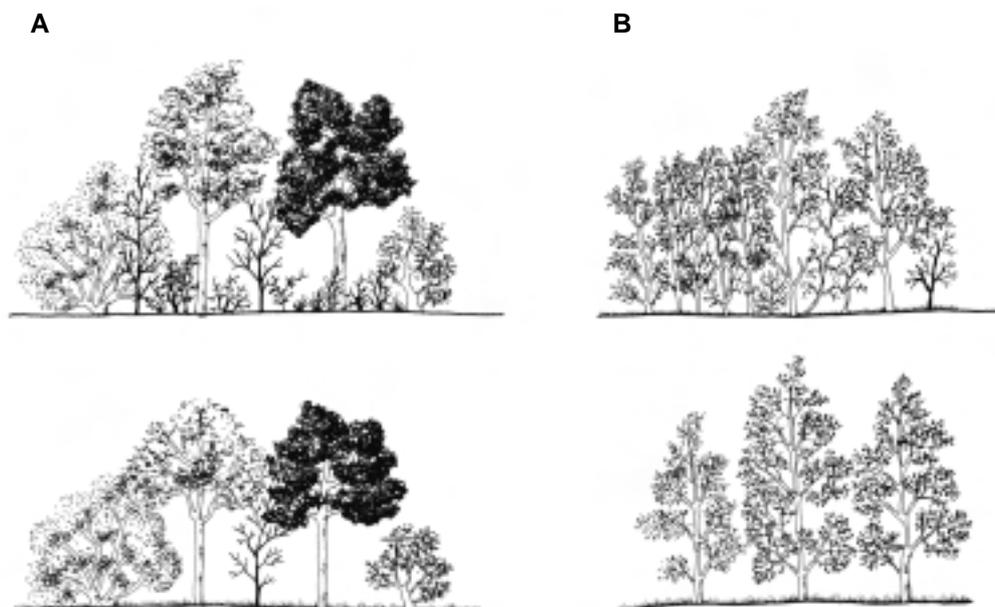
ra, sia per limitare la competizione tra essi, sia per evitare la formazione di tratti di vegetazione troppo uniformi e compatti. Essendo selettivo, il diradamento consente di eliminare le piante malate, poco vigorose, malformate, favorendo quindi quelle che appaiono ben insediate e sviluppate (Fig. 4.8.1). L'intervento dovrà comunque essere sempre graduato nel tempo, per poter valutare le fallanze, per evitare di scoprire troppo il substrato e sottoporre le singole piante a sollecitazioni esterne eccessive (vento, neve).

### **Potature**

Le piante arboree ed arbustive messe a dimora possono richiedere degli interventi di potatura, specie nei primi anni di sviluppo. Obiettivo di questa potatura è quello di favorire una diversificazione nella struttura dei singoli alberi, al fine di ottenere una rapida stratificazione del soprassuolo, ma anche di recuperare eventuali danni subiti ad opera di parassiti, situazioni accidentali (fortunali, fulmini) e vandali. La potatura di formazione interessa solo alberi in buono stato e ben vigorosi. Si può procedere su piante giovani con il taglio dei palchi delle branche laterali inferiori, specie quelle con un angolo di inserzione stretto rispetto al tronco; in tal caso si opererà tagliando a filo del tronco, rispettando sempre il collare del ramo, per favorire una rapida cicatrizzazione, mentre si effettuerà anche il raccorciamento delle branche superiori.

Fig. 4.8.1. Interventi sullo strato arboreo ed arbustivo:

A) ripuliture (allontanamento piante morte, infestanti, esuberanti per favorire le specie ottimali);  
B) diradamenti (allontanamento delle piante morte, malate, malformate ed in soprannumero per favorire gli individui migliori).



Se invece la pianta si presenta con una ramificazione molto aperta fin dai primi anni, si può procedere ad un taglio basso (5-10 cm dal colletto) e poi l'anno successivo scegliere una branca vigorosa e sopprimere le restanti per favorire la creazione di un nuovo asse verticale dominante (Fig. 4.8.4 a).

Su piante più adulte, oltre che per sopprimere dei palchi laterali, si può intervenire per sostituire la gemma o il germoglio apicale centrale distrutto o danneggiato. Si può ricorrere a tagli al di sopra di una gemma sana o trasformare una branca laterale in apicale, attraverso tagli di laterali adiacenti e legature.

Altre volte si può ripristinare la dominanza eliminando branche laterali che tendano a dominare sulla branca centrale, come può essere utile anche eliminare parte delle banche laterali inferiori.

In presenza di branche danneggiate è necessario operare dei tagli di ritorno per allontanare la parte offesa e ricostituire una struttura adeguata.

Sugli arbusti si dovrà favorire una rapida ramificazione raccorciando germogli troppo sviluppati, eliminando ramificazioni sovrapposte, secche o danneggiate (Fig. 4.8.3)

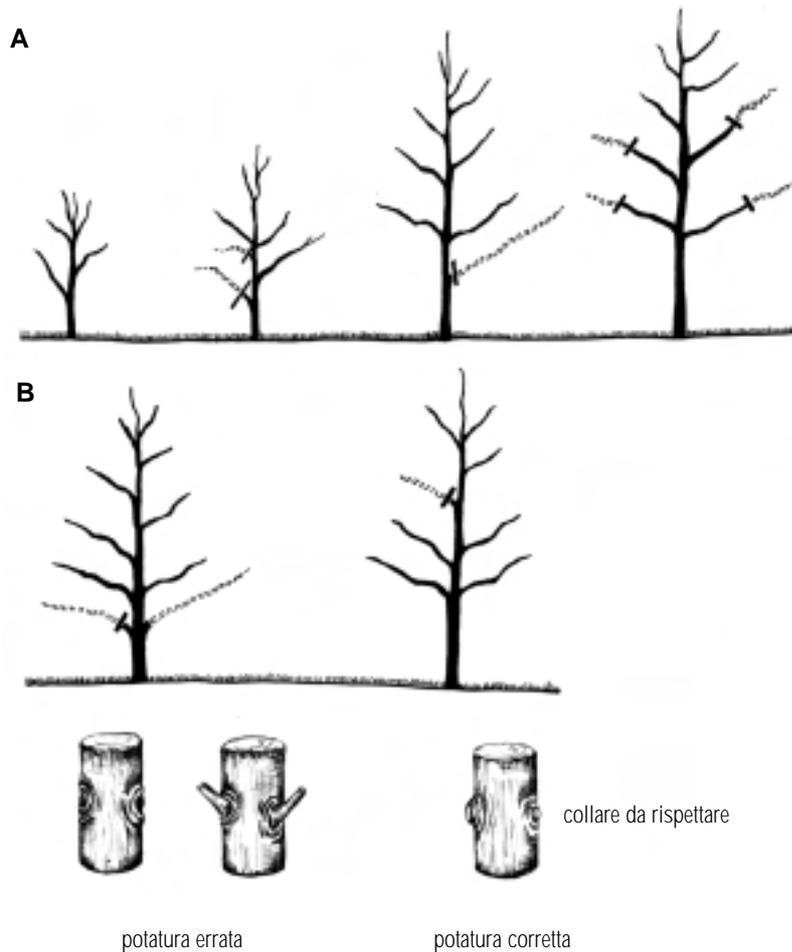


Fig.4.8.2. Potatura delle piante arboree:  
 A) all'impianto;  
 B) su piante adulte, con l'eliminazione delle branche laterali nei palchi inferiori e delle branche secche, danneggiate e mal posizionate.

### Ceduazioni

Per certe piante (latifoglie) può essere utile operare un taglio di ceduazione, cioè il taglio del tronco a pochi centimetri dal terreno, per favorire la formazione di una coppia che sviluppi dei fusti laterali vigorosi (polloni) ed a rapido accrescimento (Fig. 4.8.4). In questo modo si diversifica la struttura del soprassuolo, con una più rapida copertura del substrato da parte delle essenze arboree. La forma del ceduo, infatti, aumenta la protezione del suolo, attraverso l'intercettazione delle precipitazioni ad altezze limitate; nel contempo si favorisce anche lo sviluppo di un sistema radicale vigoroso e giovane. La ceduazione diviene indispensabile su scarpate o pendii molto acclivi,

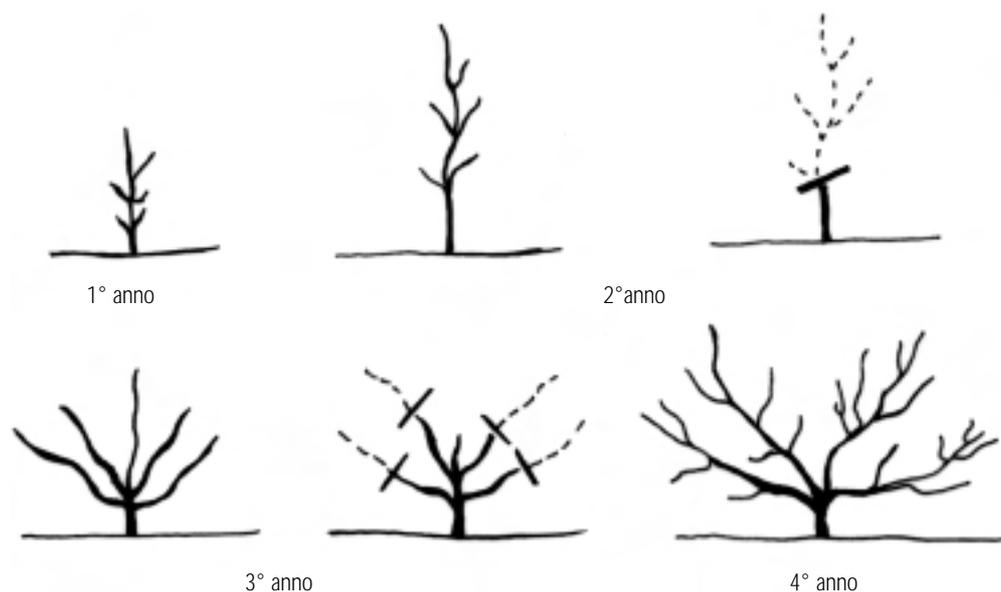


Fig.4.8.3. Potatura di piante arbustive.

al limite della stabilità: ceduando si favoriscono piante basse, aperte, meno pesanti e meno sensibili all'azione del vento. Interventi periodici cadenzati possono poi fornire il materiale vegetale necessario per ulteriori lavori di bioingegneria (es. talee, ramaglia per fascinate). La ceduazione può essere necessaria per individui con problemi di forma o in presenza di estesi danneggiamenti del tronco o delle branche principali.

### ***Impianto di specie esigenti***

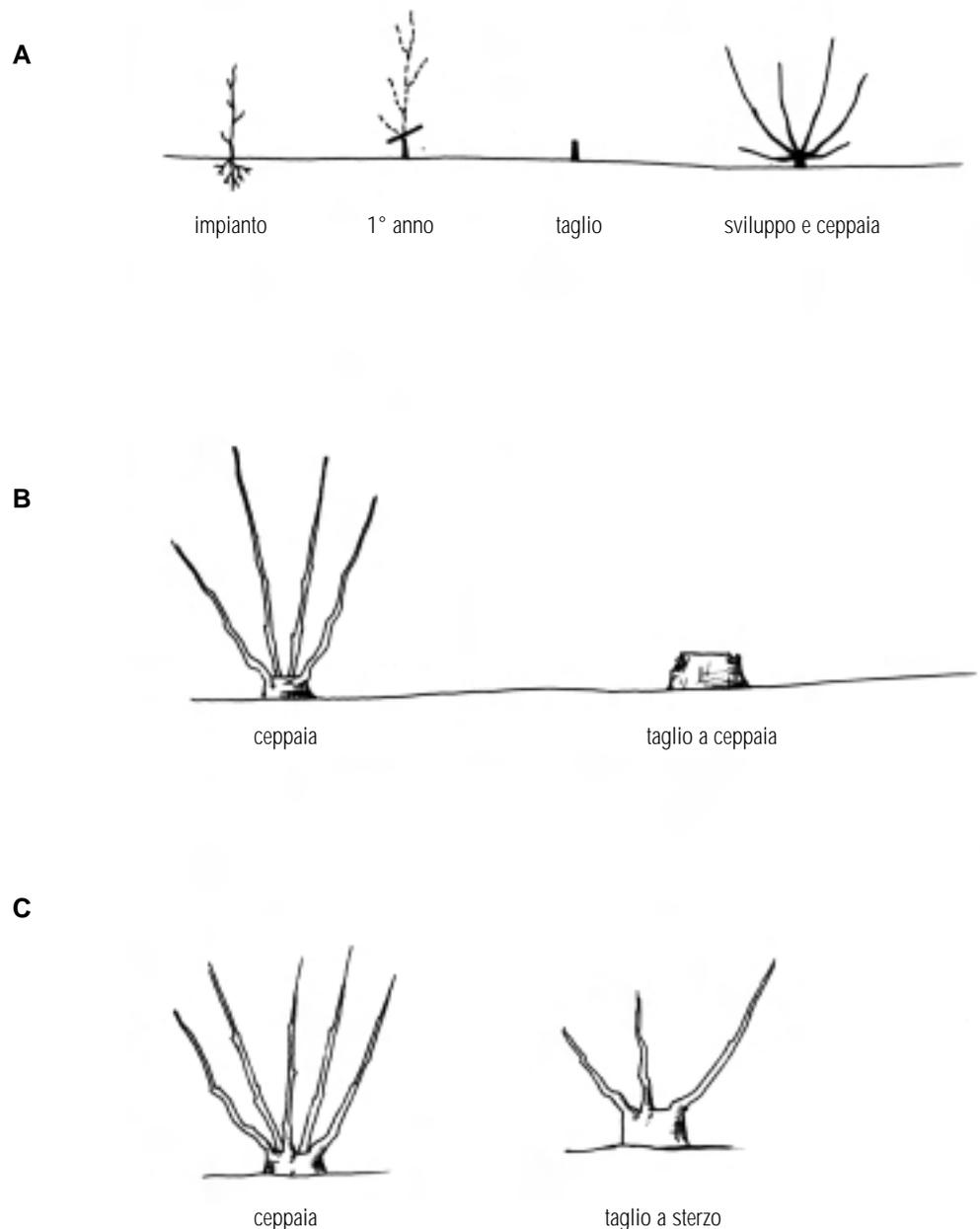
Dopo una prima fase di assestamento può essere utile prevedere l'inserimento di nuovi individui di specie diverse all'interno della copertura vegetale già presente (ad esempio latifoglie, come faggio, aceri o frassino maggiore). Questo permette alle specie esigenti di trovare condizioni più consone ad un loro insediamento e, nel contempo, cerca di accelerare la dinamica evolutiva, introducendo e favorendo specie che altrimenti impiegherebbero molto più tempo ad affermarsi. Quest'operazione è molto importante quando nelle aree contigue mancano fonti naturali di propaguli o quando queste sono troppo lontane: è necessario allora operare l'inserimento, anche parziale, di specie tipiche delle serie di vegetazione più mature e prossime al climax e di seguirne le prime fasi di insediamento e sviluppo.

Fig. 4.8.4. Ceduazione di piante arboree:

A) all'impianto;

B) su piante adulte: a ceppaia

C) su piante adulte: a sterzo.



Le opere di ingegneria naturalistica richiedono, al di là della realizzazione e manutenzione iniziale, degli interventi di controllo e gestione, almeno nel breve-medio periodo al fine di mantenere o potenziarne la funzione statica. Questi possono interessare sia la componente inerte che quella viva. Sono interventi necessari in quanto tendono a favorire un migliore sviluppo della vegetazione, o di sue parti, nonché ad accelerare i processi di consolidamento, a mantenere gli equilibri statici raggiunti ed, infine, a favorire l'affermazione delle associazioni vegetali di testa della serie ("climax").

### Interventi sulla componente vegetale

#### *Sfalci*

All'interno delle opere di ingegneria naturalistica può essere necessario prevedere un periodico sfalcio della componente erbacea, con cadenza annuale nel breve periodo, e poi biennale nel medio; questo favorisce un maggior sviluppo degli apparati radicali, una maggiore diversificazione floristica (limitando le specie dominanti e l'insediamento delle specie autoctone limitrofe). Il materiale sfalcato deve essere lasciato in sito (per fungere da pacciamatura, o fornire sostanza organica): solo in presenza di grandi masse vegetali è preferibile un asporto, almeno parziale, per evitare aduggiamento e "soffocamento" delle piante presenti.

#### *Recupero fallanze*

Superato il periodo di manutenzione (1-3 anni, a seconda delle condizioni) è necessario controllare l'entità dell'attecchimento, sia delle talee che delle piantine. Molto spesso, infatti, il periodo di adattamento alle condizioni stazionali (molto spesso difficili) risulta essere più lungo del periodo di manutenzione. E' perciò necessario intervenire, nel medio periodo, per integrare le fallanze: nelle opere di ingegneria naturalistica la presenza della vegetazione ha anche un significato statico; è perciò necessario mantenerne una presenza costante.

#### *Potature*

Per alberi ed arbusti a servizio di opere di ingegneria naturalistica è necessario un periodico intervento di potatura della chioma, sia per favorire un maggior sviluppo dell'apparato radicale nei primi anni dall'impianto, sia per dare loro una forma adeguata alle esigenze di protezione, sia, infine, per evitare che sviluppi epigei eccessivi possano trasmettere sollecitazioni meccaniche (peso delle piante stesse, azione del vento, ecc.) alle strutture di sostegno. Queste esigenze sono massime nel breve e nel medio periodo, quando tutto il soprassuolo è in fase di affermazione e sviluppo.

#### *Diradamenti / Ripuliture*

In tutti gli interventi è in genere prevista la messa a dimora di un numero molto elevato di talee e piantine nella fase di impianto, in modo tale da limitare i problemi dovuti alle fallanze e, nel contempo, accelerare l'azione di sostegno della vegetazione. Nel medio periodo però, in presenza di un buon accrescimento di questi impianti, si possono avere problemi di densità eccessiva; ciò comporta accrescimenti filati, legati alla competizione tra individui, tali da limitare l'affermazione di specie più lente, nonché problemi di invasione da parte di specie esotiche ruderali (robinia, ailanto, amorfà, ecc.), e problemi di sicurezza e di stabilità per le opere. Per evitare tutto ciò è necessario predisporre degli interventi di diradamento mirati per limitare, dove necessario, la densità: questi interventi dovranno essere effettuati solo dopo un numero congruo di stagioni vegetative e sempre valutando i problemi di stabilità e sicurezza che l'eventuale asportazione può innescare.

### ***Trattamenti fitosanitari***

Vista l'azione di protezione e sostegno esercitata dalla vegetazione è molto importante controllarne periodicamente lo stato sanitario. Infatti in presenza di danni accentuati legati a crittogame o parassiti è necessario predisporre interventi di difesa e controllo dei patogeni; si possono effettuare trattamenti, potature, asportazioni di parti infette o di nidi, nonché diradamenti. In questo tipo di impianti vanno poi considerati gli interventi di difesa nei confronti degli animali di grossa taglia (cinghiali, cervidi, ecc.). In caso di danni diffusi saranno necessari interventi mirati, quali la realizzazione di strutture difensive (globali –chiudende- o parziali “*tree shelter*”), la distribuzione di repellenti, il recupero delle fallanze o altro (eliminazione delle cause).

### ***Miglioramento delle condizioni stazionali***

Può alle volte essere utile intervenire in copertura, a opera eseguita, per migliorare o mantenere elevato il ritmo di crescita delle piante. Interventi quali lavorazioni superficiali, concimazioni, diserbo di infestanti, risemine o trasemine possono essere necessarie quando la risposta della vegetazione risulta inadeguata rispetto alle esigenze strutturali. Molte volte infatti il substrato di lavoro delle opere di ingegneria naturalistica rappresenta un limite per lo sviluppo vegetale: è perciò necessario intervenire con trattamenti ripetuti negli anni, per favorire un rapido miglioramento delle condizioni stazionali.

## **Interventi sulla componente inerte**

### ***Sostituzione elementi***

Come già sottolineato nel Cap. 4.4, gli elementi inerti possono, per varie ragioni, alterarsi a causa di:

- caduta massi;
- cedimenti;
- errori di progettazione, di posizionamento, di costruzione;
- alterazioni fisiologiche dei materiali (marcescenza o corrosione).

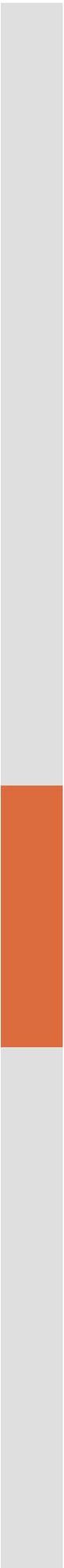
E' necessario perciò sostituire gli elementi alterati e ripristinare le condizioni ottimali. Questo è particolarmente importante quando la vegetazione non ha ancora raggiunto la sua piena funzionalità. Non bisogna dimenticare infatti che questi sono interventi ingegneristici, a servizio di particolari esigenze, a cui è demandato il controllo dell'energia potenziale presente. Eventuali cedimenti possono oltre che ripercuotersi sul manufatto, amplificarsi ed interessare tutta la pendice circostante.

### ***Ricostruzione***

Quando i danneggiamenti interessano tutta l'opera o parti intere di essa è necessario prevedere l'immediata ricostruzione dell'opera. Questo sarà necessario tanto più l'opera è recente. Altrimenti quando le condizioni di stabilità lo consentono, o quando la vegetazione ha già raggiunto un buon sviluppo, può essere utile inserire opere accessorie che ripristino l'equilibrio ed evitino l'amplificarsi della rottura ad altre parti dei manufatti. Il progettista dovrà perciò sempre prevedere una componente di rischio, che dovrà essere pesata in relazione alle condizioni morfologiche e statiche ed alle funzioni dell'opera.

Tab.4.8.3. Calendario degli interventi di manutenzione/gestione nelle opere di ingegneria naturalistica. (Regione Toscana, 2001).

OPERA	INTERVENTO	MOMENTO DALL'IMPIANTO (ANNI)	PERIODICITA (ANNI)	REITERAZIONE (VOLTE)
<i>Graticciate</i>	Recupero fallanze	2	2	2
	Potatura	2	2	2
	Diradamento	5	5	1
	Difesa	1	2	2
	Miglioramento	2	1	3
	Consolidamento	2	1	1
<i>Stecconate</i>	Sfalcio	2	1	3
	Recupero fallanze	2	2	2
	Potatura	2	2	2
	Diradamento	5	5	1
	Difesa	1	2	2
	Miglioramento	2	1	3
	Sostituzione	2	1	3
	Consolidamento	2	1	1
<i>Grate</i>	Sfalcio	2	1	3
	Recupero fallanze	2	2	2
	Potatura	2	2	2
	Diradamento	5	5	1
	Difesa	1	2	2
	Sostituzione	2	1	3
	Consolidamento	2	1	1
<i>Fascinate</i>	Potatura	3	2	2
	Diradamento	5	5	1
	Difesa	1	2	2
<i>Gradonate</i>	Sfalcio	2	1	3
	Recupero fallanze	2	2	2
	Potatura	2	2	2
	Diradamento	5	5	1
	Difesa	1	2	2
	Miglioramento	2	1	3
	Consolidamento	2	1	1
<i>Muri con talee</i>	Recupero fallanze	2	2	2
	Potatura	2	2	2
	Diradamento	5	5	1
	Sostituzione	2	1	3
	Consolidamento	2	1	1
<i>Gabbionate</i>	Recupero fallanze	2	2	2
	Potatura	2	2	2
	Diradamento	5	5	1
	Consolidamento	2	1	1
<i>Palificate</i>	Recupero fallanze	2	2	2
	Potatura	2	2	2
	Diradamento	5	5	1
	Sostituzione	2	1	3
	Consolidamento	2	1	1



### 4.9.1 FINALITÀ

In ogni progetto è necessario definire con la massima attenzione tutte le problematiche relative ai tempi, intese sia come determinazione dell'intervallo di tempo necessario per raggiungere gli obiettivi minimi previsti, sia come individuazione dei momenti necessari alla realizzazione dei singoli interventi. Questo deve consentire la predisposizione di un calendario dei lavori molto dettagliato e ben scadenziato, ma anche un calendario dei controlli e delle verifiche necessarie per valutare lo stato dell'intervento e definire gli eventuali correttivi: tutto ciò è ad uso, oltre che del gestore dell'attività mineraria, anche dell'amministrazione pubblica deputata al controllo, al collaudo ed agli svincoli fideiussori.

### 4.9.2 QUADRO D'INSIEME

Gli interventi di riqualificazione ambientale essendo delle attività di tipo biotecnico ed ecologico devono fare i conti con il fattore tempo: questo assume un'importanza via via crescente all'aumentare del grado di naturalità del progetto e del suo grado di autosostenibilità. Per il progettista la problematica del "tempo" si manifesta sotto diversi aspetti:

- a) la necessità di definire un intervallo di tempo utile minimo per raggiungere l'obiettivo previsto, all'interno del quale eseguire tutto l'intervento;
- b) la necessità di organizzare, nei tempi previsti, le diverse fasi dell'intervento di ripristino;
- c) la necessità di organizzare, all'interno delle fasi, le singole lavorazioni, nei periodi stagionali ottimali per le diverse tipologie di lavori.

E' necessario cioè definire nel progetto le esigenze temporali necessarie, il calendario generale degli interventi e lo scadenziario dei diversi lavori predisposti per il recupero dell'area. La scelta degli obiettivi e degli strumenti per raggiungerli deve sempre riflettersi in modo diretto anche sui tempi di attuazione previsti, evitando opzioni impegnative in fase di progetto o lesinando sugli strumenti e sui tempi di attuazione.

### 4.9.3 DETTAGLI

Prendiamo in considerazione in modo dettagliato come il tempo deve essere considerato e valutato all'interno di un progetto di ripristino ambientale.

#### **Tempo necessario per il raggiungimento dell'obiettivo**

L'intervallo di tempo necessario per raggiungere l'obiettivo previsto varia in funzione dell'obiettivo stesso, dell'intensità e della qualità degli interventi previsti.

Per molti obiettivi, ed in particolare per quelli con un'elevata naturalità, i tempi per raggiungere una buona stabilizzazione degli interventi sono sempre molto lunghi: è necessario perciò prevedere intervalli temporali ampi, all'interno dei quali inserire, oltre alle integrazioni periodiche previste, controlli ed eventuali interventi di aggiustamento. Molti sono i parametri biotecnici da considerare, da potenziare e da regolare per favorire un riavvio stabile dei cicli biochimici (trofici) che caratterizzano la fertilità, specie in aree sterili come quelle risultanti dalle cave. Questa sequenza di interventi, a volte anche intensi, comporta una fase dinamica iniziale, molto accentuata in cui gli interventi di controllo e di sostegno non riescono a stabilizzare ed indirizzare in modo efficace l'attività biologica: ad un picco iniziale segue una fase di contrazio-

ne. I forti input iniziali aumentano fortemente la disponibilità energetica e materiale, ma ad eccezione di particolari tipi di intervento, questi non consentono un aumento dell'organizzazione, o meglio, dell'autorganizzazione di tutta l'attività biologica. Il sistema non raggiunge cioè una condizione di complessità, presupposto per la sua resilienza e stabilità, specie con interventi concentrati in pochi mesi od anni, anche se molto intensi.

Il sistema da ricostruire è complesso e dinamico: gli interventi dovranno essere considerati come delle approssimazioni successive, nel tentativo di raggiungere quel minimo di stabilità definito dall'obiettivo prescelto. Nelle realizzazioni naturalistiche il sistema deve divenire auto-sostenibile, deve cioè poter disporre dell'energia, del materiale e dell'organizzazione sufficiente per sostenersi e per poter evolvere in modo indipendente. Tutto questo si raggiunge o con particolari tecniche (es. "transplanting"), o con particolari accorgimenti (es. verso il substrato pedogenizzato), oppure prevedendo, nei processi ricostruttivi estensivi, un intervallo di tempo sufficientemente lungo durante il quale predisporre un sistema di verifiche, controlli e interventi d'integrazione o di aggiustamento (cfr. Cap. 4.8).

Per questi progetti si dovrà perciò tenere conto di queste esigenze, prevedendo un lasso di tempo proporzionale al grado di naturalità e complessiva previsto, con una durata di almeno 10 anni. All'opposto, questo intervallo sarà limitato in tutte le destinazioni sostenibili (agricole, ricreative, biotecniche), dove gli interventi di mantenimento ed aggiustamento avverranno, di norma, all'interno del riuso previsto. Tutto questo dovrà condizionare sia le convenzioni che le fideiussioni. I costi aggiuntivi di questa prolungata fase di controllo e gestione comunque non incideranno molto sull'entità totale del progetto, in quanto, come evidenziato nel Cap. 4.8, saranno tutti interventi estensivi, in copertura ed a costo molto contenuto, irrisorio rispetto alle cifre globali in gioco. Sarà perciò necessario prevedere un piano economico ed un impegno fideiussorio scadenziati nel tempo.

Il principio da introdurre è che l'intervento progettato deve consentire il raggiungimento di un minimo di stabilità nelle dinamiche ecologiche ricostruite ed innescate.

### **Organizzazione temporale delle fasi del recupero**

Accanto all'aspetto quantitativo, il progettista deve anche organizzare, in questo intervallo temporale, i diversi interventi che costituiscono il recupero (esecuzione, manutenzione, gestione). In questa fase non si tratta tanto di definire nello specifico i singoli interventi, bensì organizzare innanzitutto le fasi del recupero nel loro complesso, definendo il calendario degli interventi che saranno funzione sia dell'obiettivo, sia del tipo di coltivazione mineraria attuato: esistono infatti diverse opzioni organizzative ed operative in funzione della tipologia di scavo adottata.

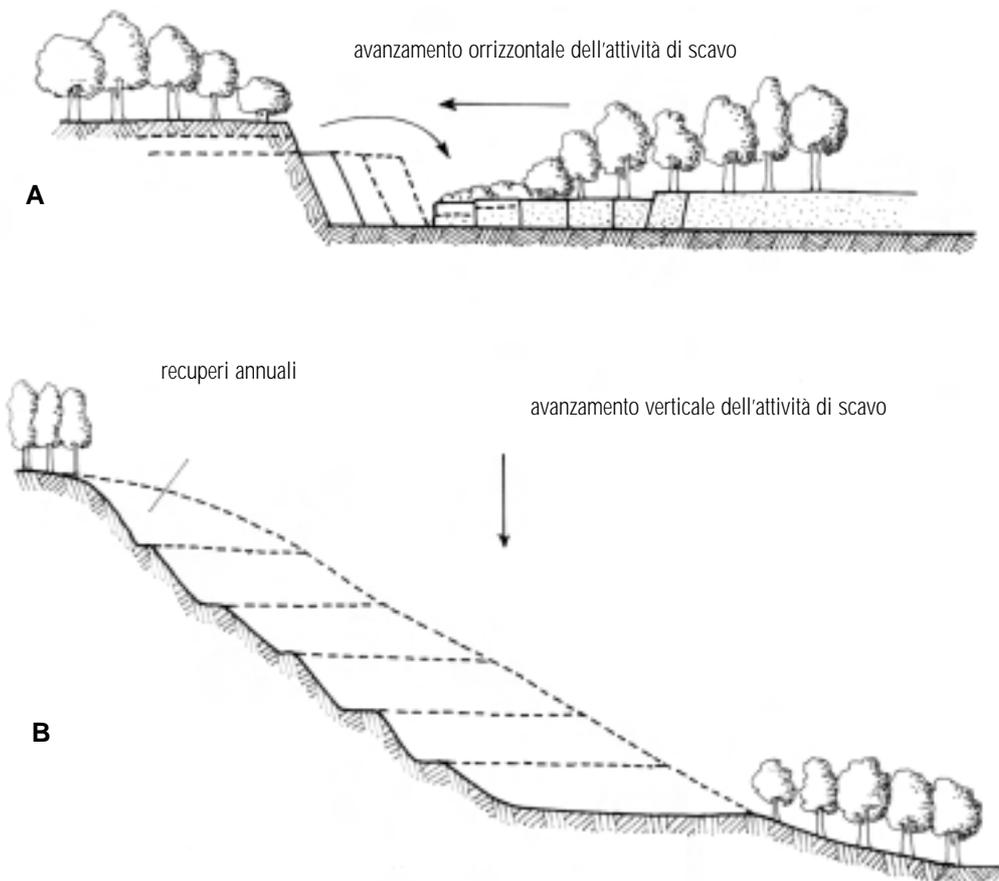
#### ***Recupero a cadenza continua***

Questo tipo di intervento è organizzato in modo tale da consentire il recupero di una porzione di sito ogni anno: ogni anno cioè si ha la risistemazione di una parte del fronte di scavo, oramai esaurito ed abbandonato (Fig. 4.9.1).

Questa opzione è certamente la più razionale in quanto consente:

- una immediatezza nel recupero, limitando i danni ecologici e paesaggistici;
- di rendere scalari gli interventi nel tempo;
- di predisporre gli interventi di verifica e di controllo nel lungo periodo, anche con l'attività della cava in atto, consentendo l'introduzione di correttivi sia sugli interventi eseguiti che su quelli futuri;
- di limitare il fronte di scavo, lasciando scoperto solo una limitata porzione e solo per brevi periodi;
- di permettere un riuso immediato degli scotichi, consentendo tecniche innovative, limitando la fase dell'accumulo e conservazione che deteriora pesantemente la componente biologica;

Fig.4.9.1. Intervento di recupero a cadenza continua (o annuale):  
A) con avanzamento orizzontale; B) con avanzamento verticale.



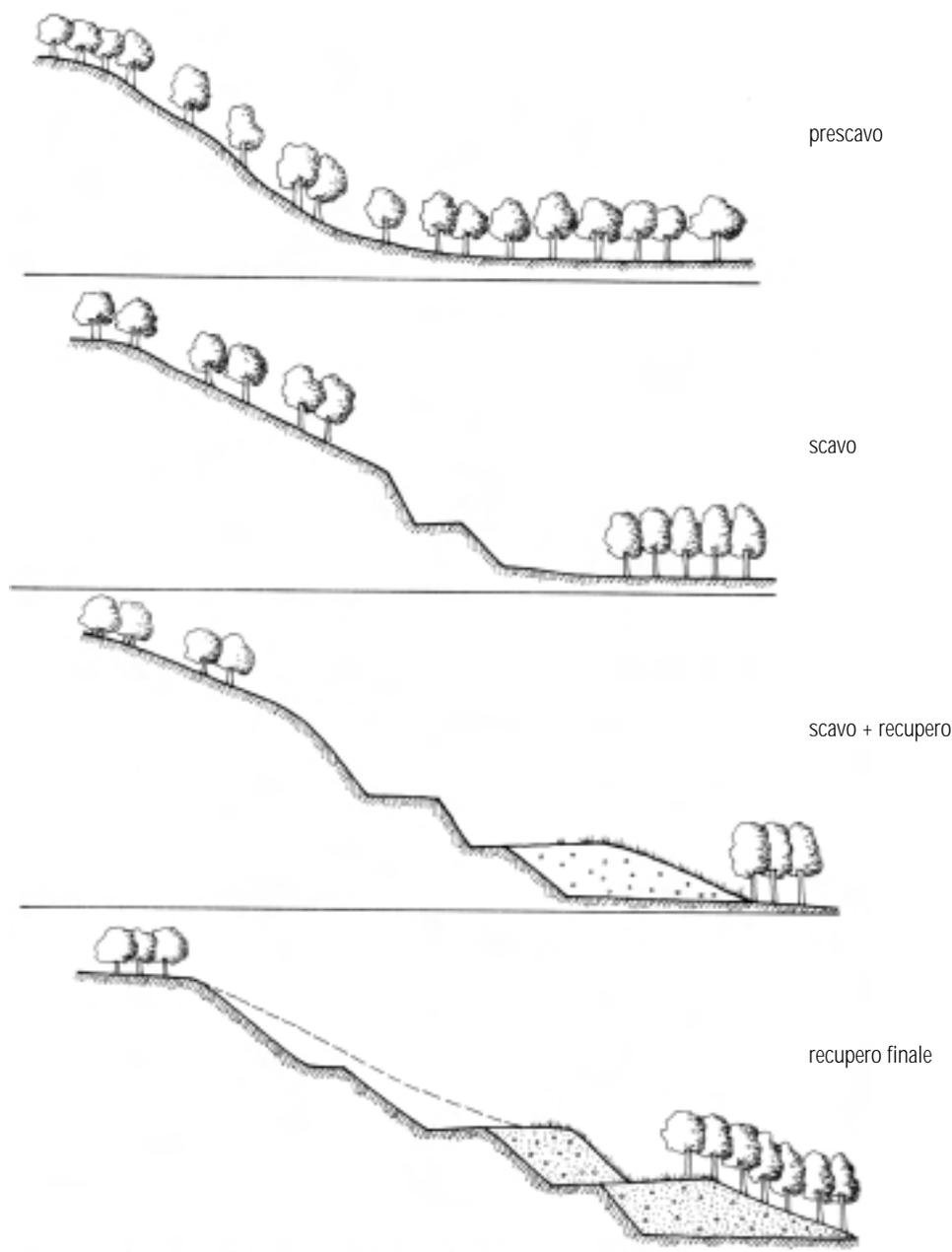
- di limitare l'entità dei costi e di impiego di manodopera, consentendo anche il riuso di personale interno nei periodi di limitato impegno;
- di poter rivedere gli interventi tecnici sulla base di esperienze dirette;
- di poter facilitare il controllo sull'attività dell'operatore economico da parte delle amministrazioni territoriali.

Questo è il tipo di organizzazione migliore dal punto di vista naturalistico. Non sempre però è possibile organizzare il cantiere in modo tale da liberare con continuità una porzione di fronte, per cui può essere necessario definire una cadenza diversa. Inoltre, le esigenze produttive possono portare a degli inconvenienti: non sempre i momenti del recupero coincidono con i tempi dell'attività industriale. Infatti la necessità di avanzamento del fronte può portare allo "scotico" in periodi dell'anno non adatti alla salvaguardia delle caratteristiche del substrato o dell'attività biologica, con conseguenze nefaste sulla qualità dei risultati, così come la disponibilità di manodopera libera dalle mansioni minerarie può non coincidere con le esigenze ed i tempi degli interventi di tipo biologico. E' perciò necessario organizzare con cura questo tipo di recupero prevedendo fasi ben cadenzate ed adeguate, sia alle esigenze dell'attività produttiva che del recupero ambientale.

### ***Recupero a cadenza periodica***

Questo tipo di recupero si articola in tempi successivi sempre scanditi dall'attività estrattiva: solo ogni "n" anni è possibile disporre delle aree da risistemare e quindi provvedere al loro recupero (Fig. 4.9.2-3). In questo caso sono ancora validi tutti gli aspetti considerati in precedenza, anche se gli intervalli dilatati tra scotico e recupero ne limitano l'efficacia e amplificano i problemi: non è possibile prevedere un riuso immediato del materiale asportato, costringendo ad una sua conservazione sempre difficile ed onerosa (spostamenti, superfici, gestione). I tempi più lunghi consentono però una più flessibile organizzazione degli interventi e degli eventuali vivai in cui moltiplicare il materiale vegetale raccolto in loco (semi, talee, selvaggioni). E' comunque un modello organizzativo che può adattarsi alle esigenze ecologiche, consi-

Fig.4.9.2. Intervento di recupero a cadenza periodica, con avanzamento verticale.

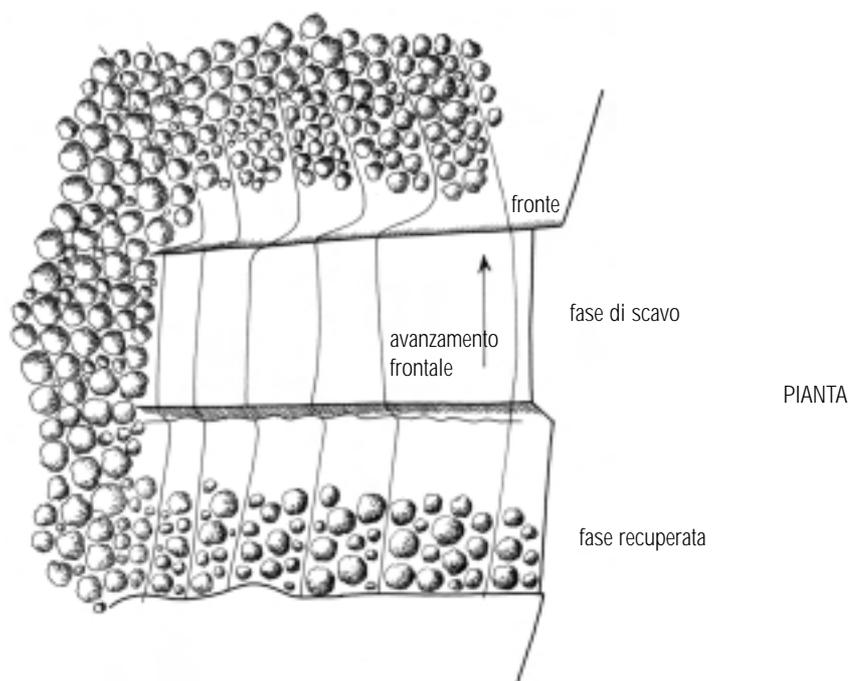


derate le possibilità di controllo che esercita sia sull'attività di scavo che sugli interventi di recupero già eseguiti, permettendo un continuo aggiustamento nelle tecniche applicate.

### ***Recupero a cadenza unica***

In questo caso il recupero si attua in un unico grande intervento finale di sistemazione (Fig. 4.9.4-5). In questo caso diminuiscono le possibilità di controllo sull'attività prevista. Il giudizio sui lavori eseguiti viene lasciato al collaudo ed al momento dello svincolo della fideiussione. La possibilità di controllo e di gestione degli interventi viene in gran parte limitata dall'impossibilità di dilatare troppo i tempi. Viene cioè a mancare la possibilità di controllo e verifica dell'efficacia degli interventi, come la possibilità di limitare i costi, attraverso l'uso di manodopera interna. E' una condizione che deve essere evitata ove possibile, anche se esigenze tecnico-ingegneristiche legate allo sfruttamento del giacimento possono costringere il progettista a tale scelta. Tutto il materiale pedogenizzato originario dovrà essere preventivamente asportato e conservato per un lungo periodo, con un notevole aggravio di costi e con alterazioni dello stesso che si ripercuoteranno sui risultati operativi. Aspetto positivo di questo modello riguarda invece la possibilità di organizzare un'attività di raccolta e moltiplicazione in loco di materiale di propagazione autoctono (vivai volanti).

Fig.4.9.3. Intervento di recupero a cadenza periodica con avanzamento orizzontale.



### Organizzazione stagionale dei lavori

Per ogni singola fase operativa deve infine essere definito il momento ideale di esecuzione dei lavori nel corso dell'anno. Avendo a che fare con interventi che utilizzano materiale biologico e con substrati a volte anche pedogenizzati, l'individuazione dei momenti ottimali per l'esecuzione dei lavori risulta essere un fattore molto importante, tale da condizionare fortemente il risultato del recupero. E' perciò compito del progettista definire un calendario dei singoli interventi tenendo conto innanzitutto del clima, del microclima e delle esigenze biologiche e, in seconda battuta, delle esigenze operative legate sia all'escavazione che al recupero. Sulla riuscita dell'intervento pesano perciò sia fattori biologici sia organizzativi che alle volte divergono: troppo spesso questo si concretizza nello slittamento degli interventi biotecnici. Questo non rappresenta solo un semplice slittamento temporale con, al limite, l'allungamento dei tempi di ultimazione dei lavori. Uno slittamento non controllato può avere effetti dirom-

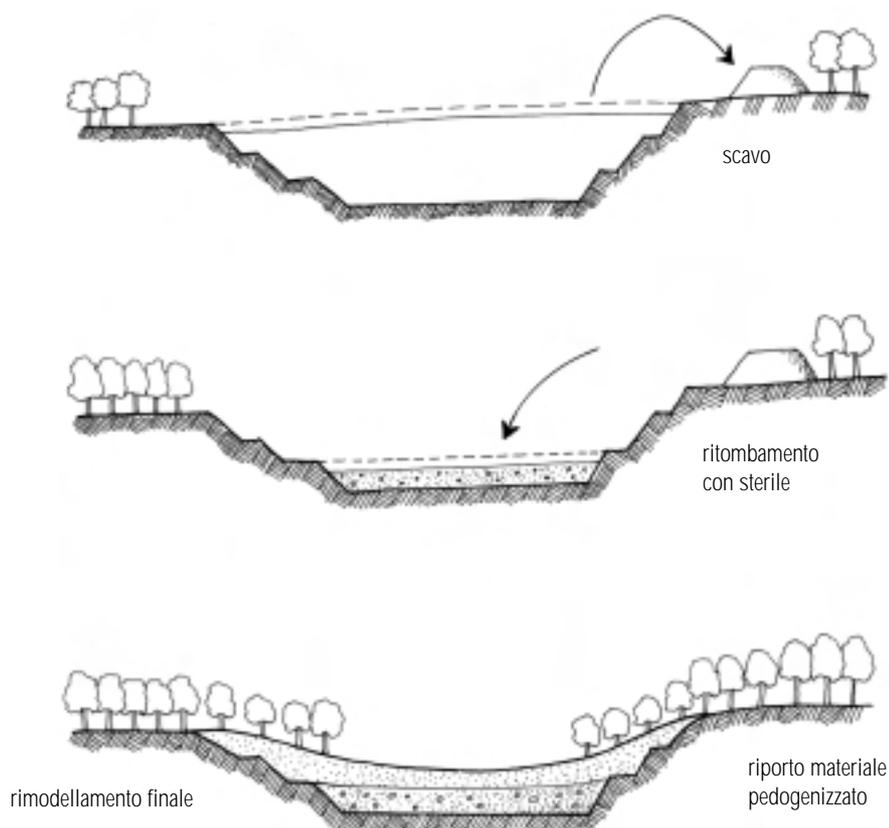
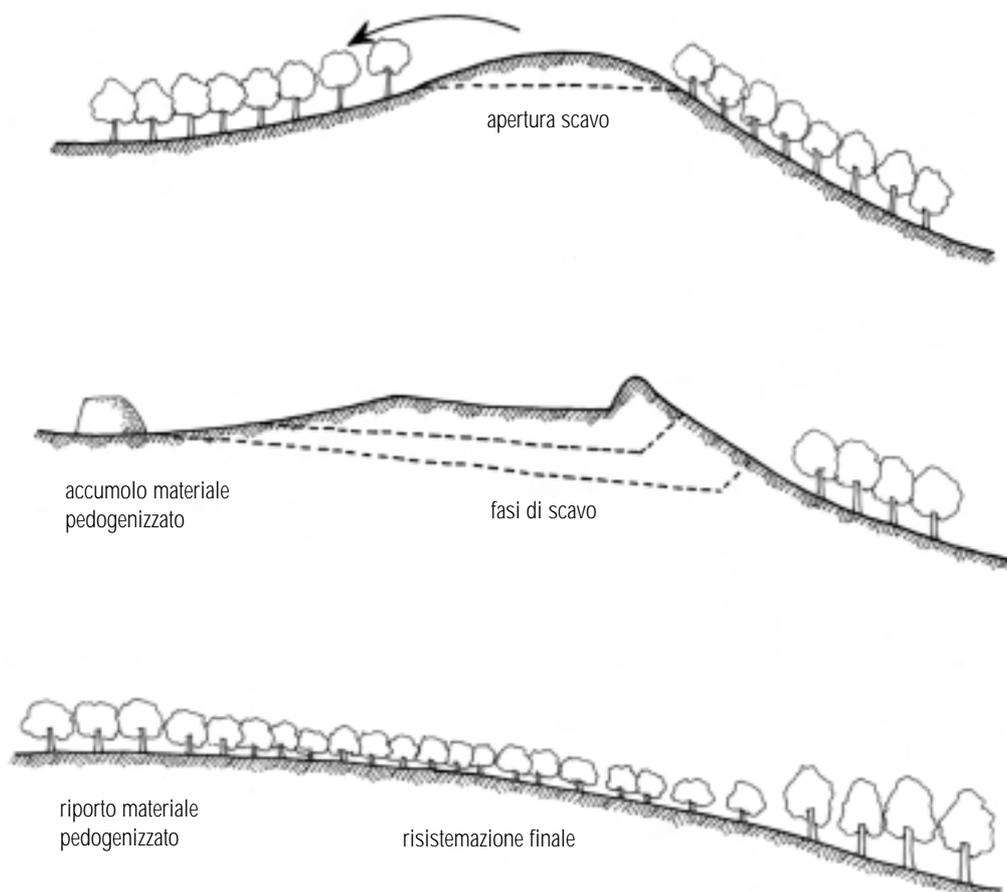


Fig.4.9.4. Intervento di recupero a cadenza unica in una cava di pianura.

peniti: le ripercussioni sulla qualità dei materiali impiegati (per es. i substrati pedogenizzati), sulle possibilità di sopravvivenza e sviluppo delle piante (sia talee che piante radicate) o sulla copertura erbacea (con difficoltà di germinazione tra specie diverse) possono essere molto profonde, andando ad incidere pesantemente sulla qualità e intensità della risposta attesa e quindi sul risultato finale.

L'organizzazione delle diverse opere rappresenta perciò un momento molto delicato che deve essere programmato, adottato e rispettato, evitando adattamenti estemporanei o spostamenti temporali inopportuni. La necessità di dilazionare o posticipare gli interventi per cause diverse deve comunque soddisfare le esigenze predette, per cui l'entità e le modalità degli slittamenti devono necessariamente coincidere con le stagioni ideali previste dal progetto per quella lavorazione. Non possono essere ammesse variazioni se non in presenza di condizioni favorevoli particolari. In caso contrario il risultato sarà, con grande probabilità, uno spreco di risorse determinato da interventi di dubbia riuscita e con effetti negativi che si potranno ripercuotere nel lungo periodo (ad es. costipazione del suolo, innesco di fenomeni erosivi). Anche da un punto di vista economico, è sempre conveniente rimanere all'interno di periodi tecnicamente ottimali, per evitare rilavorazioni o aggiustamenti onerosi.

Fig.4.9.5. Intervento di recupero a cadenza unica in cava di monte.



Questa impostazione rigida nel calendario crea certamente dei problemi oltre che organizzativi anche di tipo tecnico: una mancata semina può creare, ad esempio, problemi di erosione nel periodo di slittamento dei lavori, richiedendo perciò degli adeguamenti e delle lavorazioni specifiche, con un aumento nei costi (ad es. predisposizione di una rete di scolo accessoria). L'alternativa è comunque la perdita di gran parte dell'intervento specifico e la necessità concreta di una sua completa rilavorazione, cosa che può coinvolgere anche altre operazioni già eseguite.

## CALENDARIO DELLE FASI E DELLE ATTIVITÀ

Fase	Intervento	Anni								Annotazioni	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
I	Zona A	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Zona B		■	■	■	■	■	■	■	■	
	Zona C			■	■	■	■	■	■	■	

**Legenda:**

-  Apertura , scotico ed accumulo pedogenizzato e capellaccio
-  Scavo
-  Tombamento
-  Intervento di recupero
-  Manutenzione di recupero
-  Controllo e gestione

Tab.4.9.1 Tabella dei tempi necessari per l'attuazione delle diverse fasi operative previste dal progetto.



## 4.10 I COSTI DEL RECUPERO

(G. Lia)

### 4.10.1 FINALITÀ

Definire il costo totale dell'intervento di ripristino, fase per fase, al fine di determinare con la massima precisione l'onere economico gravante sulla ditta escavatrice e l'entità della conseguente fideiussione che dovrà garantire la collettività circa la sistemazione dell'area.

### 4.10.2 QUADRO D'INSIEME

Ogni progetto deve presentare un quadro economico analitico di riferimento, utile per la quantificazione dei costi e per la definizione dell'entità della fideiussione cautelativa da stipulare in favore dell'amministrazione a cui è demandato il controllo. Questo quadro economico assume la forma di un computo metrico estimativo, con carattere analitico, elencando con precisione tutte le singole lavorazioni, ed opere necessarie, con i relativi prezzi unitari. Questa sua analiticità permette un controllo puntuale della qualità, delle quantità, e dei valori presentati; inoltre fornisce la base di una successiva ipotetica gara d'appalto per la realizzazione dei lavori di sistemazione, non eseguiti o mal eseguiti dall'impresa escavatrice. E' quindi un elemento fondamentale di tutto il progetto e come tale non può essere né snaturato né semplificato.

### 4.10.3 DETTAGLI

La legislazione regionale vigente (L. 17/91) e quella passata (L. 13/78) individuano nel recupero ambientale delle aree esaurite un carattere di obbligatorietà e di onerosità a carico del cavatore, il quale deve provvedere alla redazione degli interventi di recupero necessari, da presentare contestualmente al progetto di coltivazione della cava, e deve fornire la garanzia, tramite fideiussione, della loro effettiva realizzazione. Da qui l'esigenza di una oculata redazione del programma economico-finanziario relativo al recupero ambientale.

#### **Il costo**

Il costo di produzione di un bene è costituito dall'insieme delle spese che devono essere sostenute per produrlo. La struttura dei costi assume forme diverse in funzione dei soggetti che possono intervenire nel processo produttivo. Abbiamo infatti un costo riferito all'impresa esecutrice dei lavori (costo di costruzione, CC) ed uno riferito al promotore dell'intervento, identificabile con il costo totale dell'opera (CT), comprensivo anche del rischio di impresa (CC + tornaconto).

Il costo di costruzione (CC) rappresenta quindi una parte del costo totale e si compone delle seguenti voci:

- costi variabili (Cv), il cui ammontare risulta direttamente influenzato dalla quantità di mezzi produttivi impiegati, quali la manodopera, le quantità e qualità dei materiali, i macchinari a disposizione dell'impresa e gli eventuali noli;
- costi fissi (Cf), che comprendono quelle voci relative alle spese generali e quelle relative all'allestimento e funzionamento del cantiere di lavoro.

#### **Il computo metrico estimativo**

La determinazione del valore di costo è possibile per via sintetica, o diretta, e per via analitica, o indiretta.

Il procedimento sintetico di stima del valore di costo di un'opera viene desunto per comparazione della stessa con altre opere simili, delle quali si conosce il prezzo attuale, assumendo parametri di riferimento di natura tecnica o economica (m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, t, ecc.). Questo procedimento, impiegato fondamentalmente per opere edilizie, difficilmente può essere applicato agli interventi di recupero ambientale per le difficoltà di standardizzazione di tali opere. La valutazione sintetica dei costi può avere solamente valenza di preventivo sommario nella redazione di un progetto di massima (cfr. Cap. 3).

Nel caso di progetto esecutivo si procede perciò alla stesura del Computo metrico estimativo (CME) che è un elaborato economico-contabile di tipo analitico, nel quale vengono elencate tutte le spese necessarie per la realizzazione di un'opera. Tale elaborato si compone di due elementi:

*1- Il Computo metrico:*

che comprende l'identificazione di tutti gli elementi costruttivi che compongono l'opera (in riferimento alle lavorazioni aventi caratteri tecnici ed economici indipendenti), e l'attribuzione a ciascuno di essi della corrispondente quantità, espressa nell'unità di misura competente;

*2- l'Analisi dei prezzi:*

cioè la definizione dei prezzi unitari delle singole lavorazioni, attraverso la determinazione delle quantità di ciascun fattore produttivo necessario alla realizzazione delle singole lavorazioni finite e, successivamente, all'applicazione dei rispettivi prezzi unitari a tali quantità.

I dati del Computo metrico estimativo devono riferirsi in maniera quanto più possibile diretta agli elementi che rappresentano e descrivono il progetto e quindi per una sua corretta redazione devono essere disponibili tutti i documenti esecutivi e gli elaborati grafici di progetto.

Il Computo metrico estimativo non è idoneo al controllo economico dell'iter progettuale se non in misura estremamente limitata; rappresenta, invece, lo strumento fondamentale per valutare l'onerosità degli impegni contrattuali assunti dal committente e per stimare gli oneri della fideiussione, stipulata in favore della pubblica amministrazione. A tal fine è necessario che tutti i costi inseriti nel CME, e ripartiti temporalmente nell'intero periodo di recupero, siano capitalizzati al momento della stipula della fideiussione.

### **I soggetti coinvolti**

Il CME, quando stilato in modo dettagliato e preciso, risulta di fondamentale importanza per tutti i soggetti coinvolti:

*a) Il committente*

Le procedure di attribuzione dell'esecuzione di un'opera sono diverse a seconda che si tratti di committente privato o pubblico. Nel primo caso è sufficiente procedere alla redazione di un computo metrico e di un elenco prezzi consegnati alle imprese privi di cifre; al committente resta la copia completa dei prezzi di riferimento, in modo da consentire il confronto tra le offerte delle diverse ditte contattate.

Nel caso di committenza pubblica questi elaborati servono all'Ente per sottoporre l'esecuzione dell'opera a gara d'appalto, secondo le normative vigenti. In questo caso le imprese partecipanti alla gara sono invitate a presentare la loro offerta all'Ente pubblico, sotto forma di preventivo, con relativo computo ed analisi dei prezzi. L'aggiudicazione avviene sulla base della percentuale di ribasso offerta sul totale dei prezzi o, per appalti più consistenti, sulla base di ribassi su singole voci in elenco.

In entrambi i casi il CME consente un'efficace programmazione degli investimenti.

b) *L'imprenditore*

L'imprenditore ha la possibilità di valutare preventivamente la convenienza delle opere da eseguire e successivamente, in corso d'opera, di utilizzare i dati del CME nelle fasi di ordinazione e contabilizzazione del cantiere.

c) *L'ente preposto al controllo*

Nel caso dell'attività estrattiva, l'Ente pubblico esercita una azione di controllo. Essendo intestatario della fideiussione, può agevolmente controllare lo stato di avanzamento delle singole opere attraverso il CME, ed eventualmente bandire una gara d'appalto per la realizzazione dei lavori di risistemazione mal o non eseguiti.

### Le modalità di retribuzione dei lavori

In funzione degli accordi contrattuali e della natura delle prestazioni, le opere possono essere compensate con modalità diverse, nelle quali l'analisi economica assume una importanza diversa.

- 1 - Nelle opere retribuite *a corpo*, quelle che prevedono la determinazione di un compenso fisso ed invariabile, preventivamente calcolato per l'esecuzione completa dei lavori, il CME rappresenta il documento fondamentale da assumere come base contrattuale per il calcolo della retribuzione dell'impresa esecutrice dei lavori e per il controllo dei costi da parte del committente.
- 2 - Per le opere che vengono retribuite *a misura*, la definizione dei compensi si basa su un elenco di prezzi unitari accettato dalle parti e quindi i relativi pagamenti saranno effettuati sulle misurazioni della quantità di opere effettivamente realizzate.  
E' importante ricordare che per lavori eseguiti a corpo restano accollati all'impresa esecutrice il rischio delle quantità impiegate e, se il progetto è della ditta stessa, anche quello della qualità delle lavorazioni, mentre per i lavori eseguiti a misura il rischio delle quantità e quello della qualità delle lavorazioni restano accollati al committente. Le opere possono essere anche retribuite con contratto *misto*, in parte a corpo e in parte a misura.
- 3 - Il CME assume minore importanza per i lavori eseguiti *in economia*, per i quali le prestazioni fornite di manodopera, di noli e trasporti e di materiali, si compensano separatamente, in base alla loro determinazione a consuntivo, comprensivi di utile d'impresa, di anticipo dei capitali e di tutte le spese necessarie per l'impianto del cantiere.

Nel Computo metrico estimativo trovano spazio anche una serie di costi aggiuntivi prevedibili ma non misurabili analiticamente. Tali costi aggiuntivi sono in generale riferibili a:

- costi stimati in via provvisoria relativi a tutte quelle opere non definite nel dettaglio al momento dell'elaborazione del computo metrico e per le quali viene previsto un importo provvisorio;
- costi per subappalti e subforniture per lavorazioni specialistiche;
- accantonamento per eventuali varianti in corso d'opera e imprevisti.

Le diverse modalità con cui è possibile stipulare il contratto obbligano, soprattutto nel caso di committente pubblico, a diversi criteri di progettazione e a differenti procedure di contabilizzazione dell'opera. Infatti con la nuova legge sui lavori pubblici (L. 415/98, cosiddetta Merloni Ter e il relativo Regolamento di Attuazione) sono stati introdotti criteri che impongono al progettista e all'impresa esecutrice uno studio approfondito della fase di progettazione, in modo da non consentire facili modifiche nella natura, negli obiettivi, nei costi e nei tempi di realizzazione dell'opera.

In particolare la suddetta legge, sovvertendo la prassi in vigore con la legislazione precedente, favorisce la stipula di contratti *a corpo*. La liquidazione *a misura* è possibile solamente per lavori di manutenzione, restauro e scavi archeologici, oppure nei casi previsti dal comma 9 dell'art. 45 del Regolamento di Attuazione: *"Per lavori il*

*cui corrispettivo è in parte a corpo e in parte a misura, la parte liquidabile a misura deve riguardare le lavorazioni per le quali in sede di progettazione risulti eccessivamente oneroso individuare in maniera certa e definita le rispettive quantità. Tali lavorazioni devono essere indicate nel provvedimento di approvazione della progettazione esecutiva con puntuale motivazione di carattere tecnico e con l'indicazione dell'importo sommario del loro valore presunto e della relativa incidenza sul valore complessivo assunto a base d'asta”*

L'ultima considerazione da fare riguardo alle modifiche introdotte dalla Merloni Ter è quella relativa all'applicazione del meccanismo di Revisione dei Prezzi. L'aggiornamento dei prezzi contrattuali è stato per lungo tempo permesso dai Regolamenti sui lavori pubblici. La Merloni Ter all'art. 26 ammette un meccanismo di revisione dei prezzi inquadrate come un diritto dell'impresa esecutrice ad ottenere un equo compenso solo nel caso in cui in corso d'opera si manifestino difficoltà di esecuzione derivanti da cause non previste dalle parti, e che rendono notevolmente più onerosa la prestazione. Lo stesso art. 26 individua il criterio del *prezzo chiuso* come nuovo meccanismo di adeguamento del prezzo. Il criterio del prezzo chiuso consiste nel prezzo dei lavori al netto del ribasso d'asta, aumentato di una percentuale da applicarsi, nel caso in cui la differenza tra il tasso di inflazione reale e quello di inflazione programmato nell'anno precedente sia superiore al 2%. Tale percentuale, fissata con Decreto del Ministero dei lavori pubblici entro il 30 giugno di ogni anno, si applica ai lavori ancora da eseguire per ogni anno intero previsto per l'ultimazione dei lavori stessi.

### **La redazione del computo metrico estimativo**

Per opere di modeste dimensioni il Computo metrico e il Computo metrico estimativo coincidono, mentre per lavori considerevoli risulta più opportuno redigere due documenti separati per le quantità (computo metrico) e per i preventivi di spesa (analisi dei prezzi). Per la compilazione del computo metrico estimativo si adottano dei moduli a cui vengono aggiunte, rispetto al computo metrico, le colonne di “prezzo unitario” e di “importo”.

In ogni caso la redazione del CME avviene secondo le diverse fasi:

#### **a) Classificazione**

Consiste in una operazione piuttosto delicata, in quanto l'intera opera deve essere scomposta fisicamente in porzioni omogenee in modo da poterne calcolare le quantità dei singoli elementi costitutivi e valutarne il costo. Questa operazione consente di costruire l'elenco di voci del CME a cui faranno riferimento le successive misurazioni ed i prezzi unitari.

Solitamente il progettista raggruppa le lavorazioni in categorie di lavoro, per rendere l'elaborato più leggibile e immediatamente corrispondente ai documenti grafici del progetto. Tali categorie raggruppano voci omogenee al fine di individuare una parte dell'opera che abbia una sua identità logica, tecnologica e funzionale. La formazione delle diverse categorie di lavori assume connotati diversi a seconda che l'opera venga eseguita a corpo o a misura. Nel primo caso, infatti, per ogni corpo d'opera deve essere evidenziato oltre all'importo complessivo, anche la percentuale che questo rappresenta rispetto al costo dell'intera opera.

Altra differenza sostanziale consiste nel fatto che mentre per i lavori a misura è possibile variare le quantità di ogni singola lavorazione in corso d'opera, ottenendo di conseguenza una variazione dell'importo totale, per i lavori a corpo invece gli importi relativi ai singoli corpi d'opera vengono definiti in fase di progettazione senza possibilità di variazioni successive.

Da queste considerazioni risulta chiaro il valore che assume il CME per i lavori a corpo rispetto a quelli a misura, per cui il progettista deve porre particolare attenzione alla formazione dei singoli corpi d'opera e deve tenere conto delle implicazioni che questa aggregazione comporta in fase di esecuzione dei lavori.

Nella individuazione dei corpi d'opera è dunque necessario che:

- l'individuazione avvenga in modo semplice ed unica e desunta dagli elaborati di progetto;
- i singoli raggruppamenti abbiano una unità logica, tecnico-costruttiva e funzionale;
- si tenga il più possibile conto dell'ordine cronologico di esecuzione dei lavori, sia per facilitare la loro contabilizzazione, che per permettere la loro continua liquidazione all'impresa esecutrice.

L'elenco voci può seguire una:

- *classificazione per funzioni (UNI 8290)*, che ordina gli elementi principalmente in relazione alla loro funzione ed alla loro capacità di fornire prestazioni autonome;
- *classificazione per materiali e lavorazioni*, secondo la quale le diverse opere vengono ordinate in base all'organizzazione del cantiere.

Quest'ultimo sistema è quello più usato in quanto permette una maggiore corrispondenza tra gli elementi della classificazione e gli elementi fisici dell'opera.

La descrizione di ogni singola voce, o articolo in elenco, deve contenere una descrizione precisa dell'elemento considerato allo scopo di poter pervenire ad una corretta misurazione dello stesso, ma anche per evitare doppi conteggi nel caso in cui due articoli contengano al loro interno lo stesso oggetto.

A tale scopo ogni voce deve essere costituita da tre parti:

- 1 - *descrizione*, per definire con precisione l'oggetto della misurazione cui l'articolo si riferisce;
- 2 - *quantità*, per poter esprimere il risultato delle operazioni aritmetiche eseguite sulle dimensioni degli elementi;
- 3 - *unità di misura*.

#### **b) Misurazione**

La determinazione delle quantità dei diversi elementi dell'opera deve essere effettuata sulla base del tipo di classificazione adottato e delle rappresentazioni grafiche redatte a supporto dell'esecuzione della stessa.

Allo scopo di ottenere delle misurazioni omogenee, oggettive, generalmente riconosciute e correttamente collegate al listino dei prezzi stabiliti per i singoli elementi, è necessario adottare delle norme di misurazione, da allegare al CME, complete di tutte le convenzioni adottate. Per ciascun articolo le convenzioni devono stabilire:

- la grandezza geometrica o fisica con cui l'articolo viene misurato;
- l'unità di misura adottata;
- le modalità di misurazione;
- eventuali oneri particolari,
- eventuali esclusioni.

I modelli più in uso nella redazione del computo metrico prevedono apposite colonne per la trascrizione della lunghezza, della larghezza e dell'altezza/peso di ogni lavorazione.

#### **c) Determinazione dei prezzi unitari**

La terza fase del CME è finalizzata alla quantificazione monetaria delle grandezze fisiche definite in precedenza. Le operazioni di individuazione dei prezzi unitari conducono alla redazione di un elaborato di progetto collegato alle varie voci della classificazione, detto Elenco prezzi, che fa parte integrante del contratto (Tab. 4.8.3).

Ogni voce contenuta nell'Elenco prezzi deve essere individuata mediante:

- 1- *numero d'ordine*;
- 2- *descrizione dell'elemento e delle sue caratteristiche costruttive*;
- 3- *unità di misura*;
- 4- *prezzo unitario*.

1. Impostazione sintetica e non analitica.
2. Errata quantificazione delle quantità necessarie al progetto.
3. Errata quantificazione del costo unitario.
4. Mancata corrispondenza tra relazione e CME: non vengono contabilizzate lavorazioni od opere preventivamente citate nella relazione illustrativa o nelle tavole grafiche.
5. Mancata corrispondenza tra CME e relazione: vengono contabilizzate lavorazioni od opere non presentate in relazione o nelle tavole grafiche.
6. Mancata capitalizzazione di tutte le voci di costo, necessaria per stabilire l'esatto ammontare della fideiussione.

### La struttura di un computo metrico estimativo

Per la redazione del CME si utilizzano modelli, nei quali si devono riportare i seguenti elementi:

- *il numero d'ordine;*
- *il riferimento all'analisi dei prezzi, che permette di raccordare il computo metrico all'analisi dei prezzi unitari (Articolo);*
- *la descrizione delle opere, riportate seguendo il loro ordine di esecuzione;*
- *le dimensioni (lunghezza, larghezza, altezza/peso), desunte dagli elaborati grafici di progetto;*
- *le eventuali parti simili;*
- *le unità di misura;*
- *le quantità;*
- *i prezzi unitari;*
- *gli importi, ottenuti dalla moltiplicazione delle quantità per i rispettivi prezzi unitari.*

N°ORD	ART.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	PARTI SIMILI	DIMENSIONI			UNITA DI MISURA	PREZZO UNITARIO	QUANTITA	IMPORTO
				LUNG.	LARG.	H/PESO				

Tab.4.10.2. Schema tipo di un "Computo metrico estimativo".

La redazione del CME può essere effettuata anche con l'ausilio di un elaboratore elettronico, e può assumere le seguenti forme:

- a) automatica, cioè realizzata con un software specifico che computa sulla base dei dati di progetto precedentemente digitalizzati;
- b) semiautomatica, mediante inserimento dei valori misurati in un foglio elettronico - database relazionale.

I principali vantaggi dell'uso dell'elaboratore sono:

- applicazione di algoritmi di computazione a prova di errore;
- aggiornamento periodico dei prezzi e delle voci del computo;
- collegamento a software per la gestione e la contabilizzazione del cantiere.

L'uso dell'elaboratore elettronico deve rappresentare, per il tecnico, non solamente il momento finale della presentazione e stampa del CME, ma un valido supporto alla fase di progettazione vera e propria, grazie alla dinamicità con la quale si possono modificare i dati. Questa interattività consente di poter rivedere ed eventualmente ricalcolare, con estrema facilità, singole operazioni o interi corpi d'opera ed, in ultima analisi, permette di confrontare istantaneamente le diverse alternative possibili.

Tab.4.10.3. Schema tipo di un "Elenco prezzi".

ART.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	UNITÀ DI MISURA	PREZZO UNITARIO

Tab.4.10.4. Schema tipo di un "Analisi dei prezzi".

Art. *Definizione dell'opera* \_\_\_\_\_  
*Descrizione analitica dell'opera:* \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

*Quantificazione analitica dei lavori necessari per realizzare l'opera:*

ART.	DESCRIZIONE DEI LAVORI	UNITÀ DI MISURA	PREZZO UNITARIO
IMPORTO TOTALE			

#### 4.1.1 INDICAZIONI OPERATIVE GENERALI PER IL RIPRISTINO DEI PRINCIPALI TIPI DI CAVA PRESENTI NELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

(M. Berti, G. Elmi, E. Muzzi, G. Rossi, A. Simoni)

Per ognuno delle diverse tipologie di cava presenti nel territorio regionale si è provveduto ad individuare gli interventi operativi ritenuti indispensabili per assicurare una buona probabilità di successo all'intervento di ripristino.

##### 4.11.1 CAVE DI PIANO

###### 4.11.1.1 TERRE GROSSOLANE (GHIAIE E SABBIE)

###### Problematiche relative alla stabilità

Normalmente, o molto spesso, i materiali da estrarre non sono in affioramento, ma sono ricoperti da un "cappellaccio" di spessore variabile, talora anche elevato, rappresentato da argille e limi, oltre che dal suolo. Per tale motivo i criteri di escavazione debbono essere adattati a questi ultimi litotipi e comunque al materiale impiegato per il ripristino, avente le caratteristiche geotecniche meno favorevoli.

Nell'ambito regionale si possono distinguere i seguenti casi:

a) *cave di terrazzo, ad anfiteatro*, con scavo aperto verso valle, con arretramento della scarpata di scavo e ripristino senza ritombamento (Fig. 4.11.1).

In queste situazioni è necessario prevedere:

- l'adozione di scarpate di fine scavo di pendenza non superiore a quelle naturali pre-lavori (scarpate di terrazzo); le pendenze del profilo di scavo e di abbandono e quelle di ripristino debbono coincidere: gli scavi temporanei ad acclività più elevata ed i successivi rinfianchi sono economicamente svantaggiosi, in quanto l'utile dei maggiori prelievi è superato dai maggiori oneri di ripristino e di stabilizzazione dei materiali di riporto; il fondo scavo deve essere dotato di una pendenza favorevole al deflusso delle acque.

b) *Cave di pianura, di conoide o di terrazzo* (scavo a fossa):

- *con ritombamento completo*: si dovrà provvedere con profili di scavo stabili nel breve

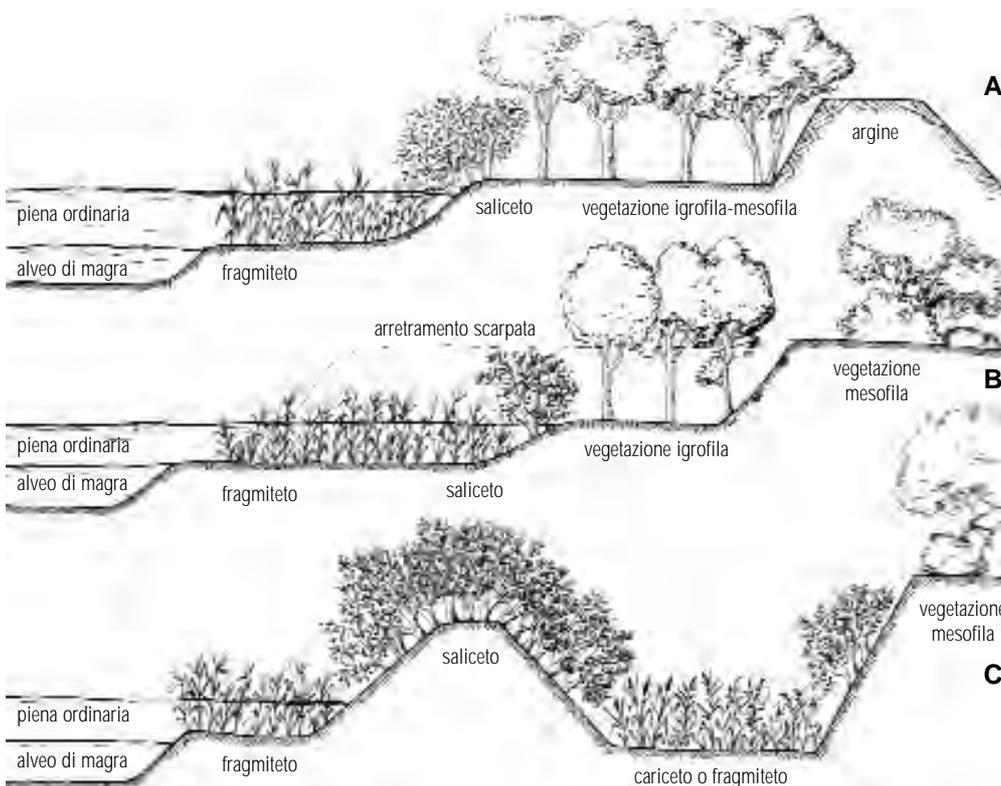


Fig.4.11.1. Sistemazione di cave in fregio ad aste fluviali con impianto di idonea vegetazione:  
A) scavo in prossimità dell'alveo; B) arretramento di scarpata; C) cassa di espansione.

periodo, adeguati ai tipi litologici più sfavorevoli, con un successivo compattamento adeguato dei materiali impiegati, in spessori sottili e controllo dei tempi di consolidazione, nel caso di impiego di terre fini; è necessario inoltre il controllo degli effetti del riempimento sul quadro idrogeologico locale (modifica o interruzione della falda freatica);

-*con ritombamento parziale*: nella parte da ritombare si dovranno adottare profili di scavo stabili nel breve periodo; nella parte a giorno non ritombata, invece, i profili di scavo dovranno essere coincidenti con quelli di ripristino, stabili nel lungo periodo, e le pendenze essere adeguate ai parametri geomeccanici dei tipi litologici più sfavorevoli (materiale pedogenizzato di copertura o terreno naturale). Usualmente nella Regione Emilia-Romagna i limiti massimi delle profondità di scavo, 20 m dal piano di campagna, prevedono un franco di almeno 1 m al di sopra dell'eventuale falda presente. Tuttavia è possibile che a motivo della grande eterogeneità litologica verticale e orizzontale dei depositi alluvionali, siano presenti falde minori sospese, che possono essere intercettate dagli scavi e che si verifichino condizioni idrogeologiche favorevoli all'afflusso e al ristagno di acque: in tal caso le opzioni di ripristino dovranno essere adattate a queste condizioni locali (creare zone umide temporanee o permanenti, oppure adottare sistemi artificiali di drenaggio);

-*scavo sotto falda*: i profili di scavo e abbandono sono coincidenti, determinati con le procedure di cui al Cap. 4.1; da prevedere gradoni con berma di sicurezza a profondità di 0,5-1 m, dalla quota massima dell'invaso.

c) **Cave abbandonate**: è il caso di ripristino di cave abbandonate da tempo, coltivate secondo criteri differenti da quelli qui indicati, in cui sia necessario procedere a sistemazioni mediante risagomature o rinfianchi delle scarpate.

Gli interventi indispensabili riguarderanno:

- *risagomature*: le pendenze di progetto debbono essere calcolate sulla base dei parametri fisico-meccanici dei terreni impiegati per il ripristino o dei terreni peggiori del profilo stratigrafico locale, solitamente limo e argilla;

- *rinfianchi*: qualora i limiti sia topografici che di varia natura (proprietà, distanze di sicurezza, vincoli ecc.) non consentano di adeguare le pendenze secondo questo criterio, si può procedere a rinfianchi con materiali di riporto, con opportune verifiche e controllo delle acque di falda; questi, se formati con materiali di risulta di tipo da A-4 ad A-7 (classificazione AASHTO), dovranno essere sostenuti da speroni drenanti in materiale arido (cfr. Cap. 4.1).

### **Problematiche ambientali**

Non esistono vincoli e problematiche particolari: dipende molto dalle condizioni della stazione in cui si opera. La natura del substrato, sabbioso, ghiaioso o viceversa coeso ed impermeabile, modifica di molto le condizioni e le possibilità di intervento sul piano ecologico. Possono infatti manifestarsi problematiche relative al ristagno parziale o prolungato nelle aree depresse, dove non esiste un sistema forzato di allontanamento delle acque; all'opposto, si possono avere problematiche legate all'aridità, dove i depositi sono molto spessi e fortemente drenanti. Quindi le problematiche saranno molto diverse e rivolte ad aumentare la potenza degli strati superficiali, da una parte, o favorire una maggiore capacità idrica superficiale dall'altra, attraverso un riequilibrio della porosità. E' inoltre opportuno evitare percolazioni ed inquinamenti, che potrebbero intaccare la falda circostante. Infatti nei materiali sciolti e permeabili vi sarà una forte lisciviazione delle sostanze presenti, con conseguenze anche a livello biologico, per la scarsa disponibilità di sostanze trofiche per lo sviluppo della vegetazione.

Gli interventi necessari saranno perciò:

- ricostruzione di un substrato adatto per le piante, almeno in superficie, attraverso il recupero di materiale pedogenizzato preesistente o di pedogenizzato locale;

- riporto di eventuale materiale fine alloctono, da mescolare con la frazione grossolana superficiale, per riequilibrare la porosità;
- lavorazione profonda, per facilitare la creazione di uno strato a rapido sgrondo, rompendo eventuali stratificazioni naturali od artificiali;
- realizzazione di una rete scolante, che realizzi, ove necessario, un franco di vegetazione adeguato alla vita delle piante, attraverso lo scavo di canali profondi e l'accumulo del deflusso in un bacino apposito;
- ammendamento con materiali organici, per migliorare la porosità del substrato (sia in eccesso che in difetto) ed aumentare la disponibilità di sostanze nutritive. Una ricca presenza di sostanza organica stabile rappresenta poi anche una barriera nei confronti di possibili inquinanti esterni che possono essere bloccati e trasformati dall'attività biologica, prima della loro percolazione.

Dopo queste operazioni si potranno poi pianificare le lavorazioni ed eventuali concimazioni del substrato e, infine, l'inserimento della vegetazione, secondo le caratteristiche stazionali del sito e quelle bio-climatiche e paesaggistiche dell'area.

Più problematiche risultano essere le cave in falda: queste masse d'acqua possono essere a contatto diretto con falde che devono essere salvaguardate da possibili alterazioni. Per cui si dovrà provvedere a:

- isolamento fisico con limitazioni e controllo degli accessi;
- isolamento idraulico, eliminando tutti gli apporti superficiali;
- evitare l'uso di materiale pedogenizzato o ricco in sostanza organica nei rimodellamenti profondi, privilegiando materiali sterili;
- privilegiare battenti idrici profondi, per limitare i processi di eutrofizzazione;
- limitare l'apporto di materiale vegetale esterno.

#### 4.11.1.2 TERRE FINI (LIMI E ARGILLE)

##### Problematiche relative alla stabilità

Anche in questo caso si ritrovano diverse tipologie:

**a) cave di terrazzo**, ad anfiteatro, con scavo aperto verso valle, con arretramento della scarpata di scavo e ripristino senza ritombamento.

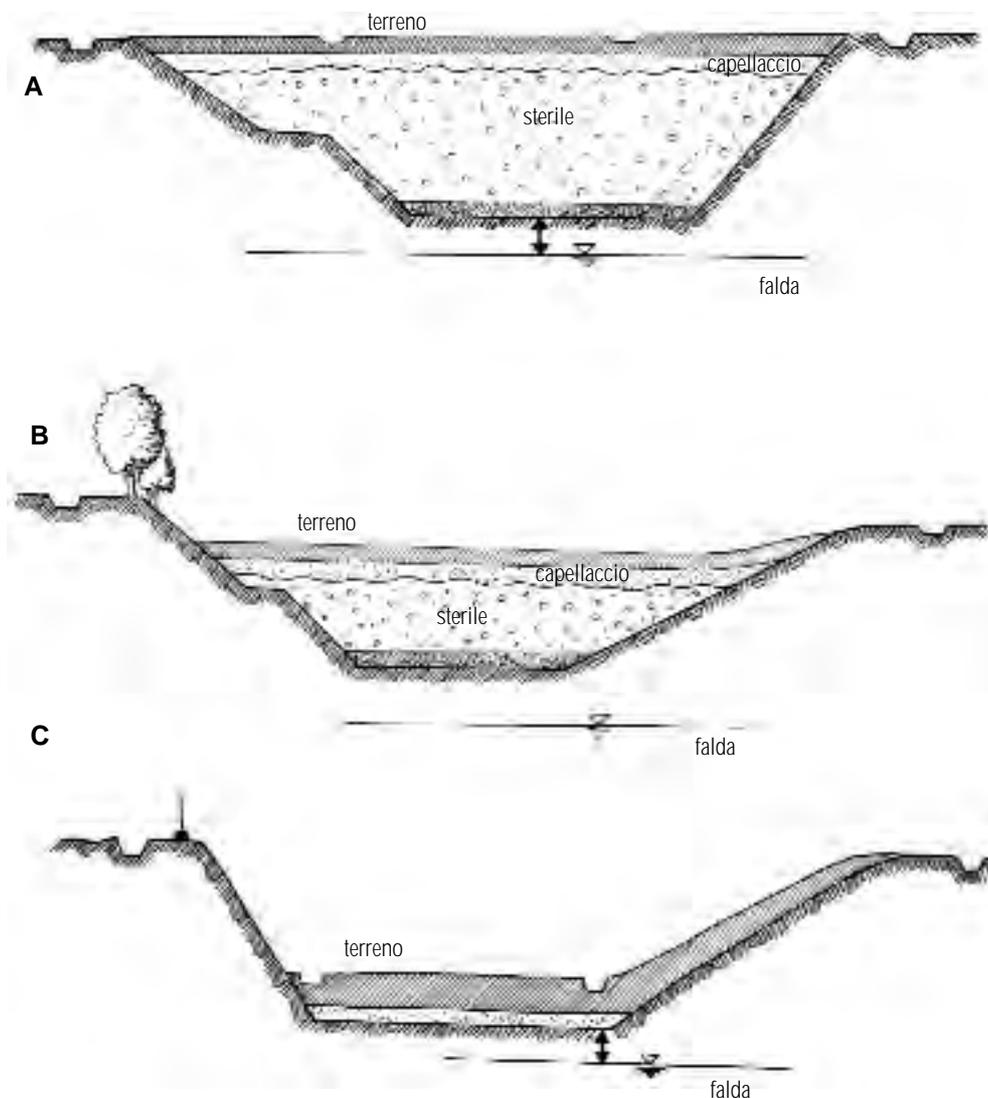
In queste situazioni si deve prevedere:

- l'adozione di scarpate di fine scavo di pendenza non superiore a quelle naturali pre-lavori (scarpate di terrazzo); le pendenze del profilo di scavo e di abbandono e quelle di ripristino devono coincidere, ed essere calcolate con i parametri geomeccanici del materiale pedogenizzato impiegato per il ripristino; il fondo dello scavo, sarà dotato di una pendenza favorevole al deflusso delle acque.

**b) Cave di pianura, di conoide o di terrazzo** (scavo a fossa):

- *con ritombamento completo*: si dovranno adottare dei profili di scavo stabili nel breve periodo, adeguati ai tipi litologici più sfavorevoli; si dovrà poi provvedere al compattamento adeguato dei materiali impiegati, in spessori sottili e con il controllo dei tempi di consolidazione, nel caso di impiego di terre fini; sarà poi necessario il controllo degli effetti del riempimento sul quadro idrogeologico locale (falde) e sull'idrologia superficiale;
- *con ritombamento parziale*: nella parte da ritombare, si adotteranno profili di scavo stabili nel breve periodo; nella parte a giorno non ritombata, i profili saranno coincidenti con quelli di ripristino, stabili nel lungo periodo, e con pendenze adeguate ai parametri geomeccanici dei tipi litologici più sfavorevoli (materiale pedogenizzato di copertura o terreno naturale). Molto importante anche il controllo delle acque superficiali attraverso:
  - la deviazione del reticolo minore esistente attorno all'area di cava;

Fig.4.11.2. Sistemazione di cave di pianura in aree extra-fluviali:  
 A) con ritombamento totale;  
 B) con ritombamento parziale;  
 C) senza ritombamento.



- il controllo degli effetti erosivi delle acque dilavanti sui profili di abbandono, mediante idonei interventi di regimazione superficiale.

Inoltre sarà necessario il controllo delle acque sotterranee, in presenza di falde minori sospese intercettate dagli scavi, e delle condizioni idrogeologiche favorevoli all'afflusso e al ristagno di acque: ripristino adattato alle condizioni o esigenze locali (creazione di zone umide temporanee o permanenti, oppure impiego come serbatoi di stoccaggio ad usi diversi). Scavo sotto falda: non ammesso.

c) **Cave abbandonate:** nel caso di recupero di cave abbandonate, coltivate secondo criteri differenti da quelli qui indicati, è necessario procedere a sistemazioni mediante risagomature o rinfianchi delle scarpate. Per le risagomature, sono validi ancora i criteri appena indicati, ossia:

- le pendenze di progetto debbono essere calcolate sulla base dei parametri fisico-meccanici dei terreni impiegati per il recupero o dei terreni peggiori del profilo stratigrafico locale;
- qualora i limiti sia topografici sia di altra natura (proprietà, distanze di sicurezza, vincoli ecc.) non consentano di adeguare le pendenze secondo questo criterio, si può procedere a rinfianchi con materiali di riporto, con opportune verifiche e controllo delle acque di falda; questi se formati con materiali di risulta di tipo da A-4 ad A-7 (classificazione AASHTO), dovranno essere sostenuti da speconi drenanti in materiale arido (cfr. Cap. 4.1).

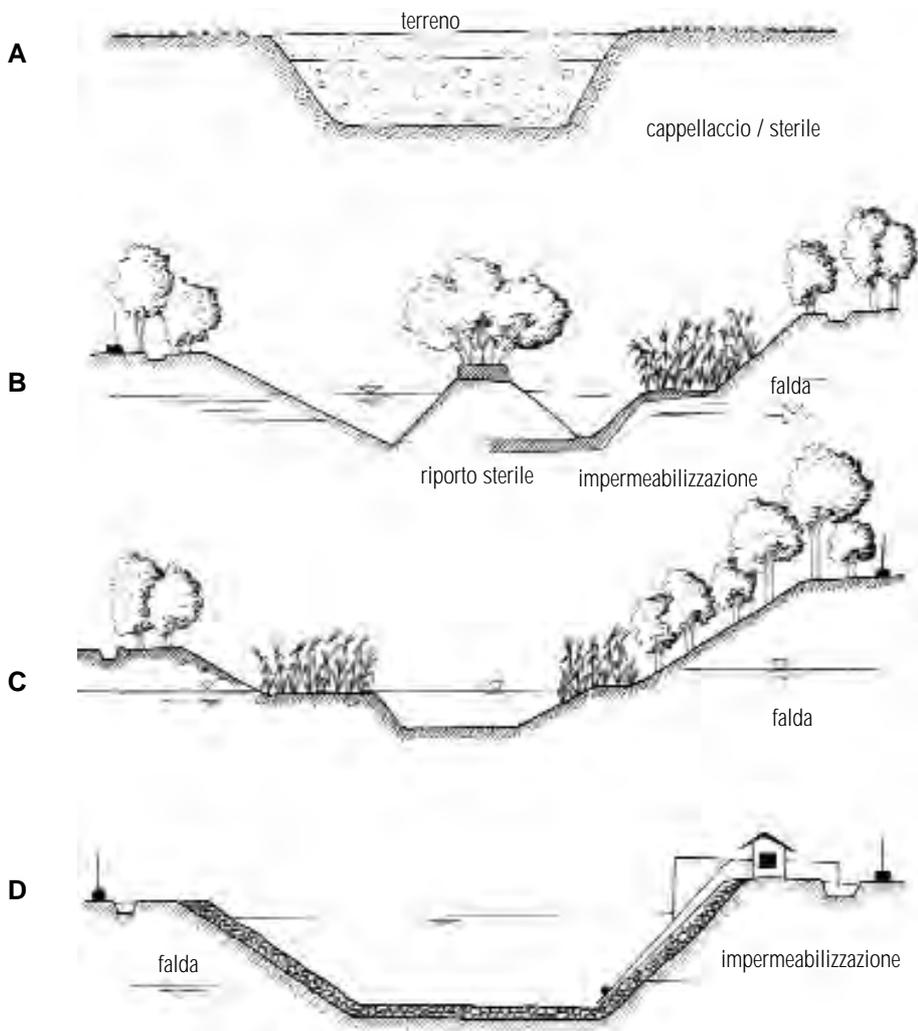


Fig.4.11.3. Sistemazione di cave di pianura a contatto con la falda freatica:  
 A) con ritombamento totale;  
 B) con ritombamento parziale, con o senza impermeabilizzazione;  
 C) senza ritombamento, con o senza impermeabilizzazione.

### Problematiche ambientali

In questi tipi di cava le condizioni ecologiche sono certamente molto più limitanti, a causa delle proprietà fisiche anomale del substrato. Le difficoltà nell'infiltrazione, ma anche nello sgrondo creano un substrato idromorfo, ad elevata inerzia termica ("freddo"), dove la vegetazione trova maggiori difficoltà ad affermarsi. Si può poi manifestare un'alternanza tra periodi idromorfi (autunno-primavera) e periodi con forte carenza idrica (periodo estivo): gli spessori sia del substrato che della falda superficiale possono non essere sufficienti a bilanciare la disponibilità idrica necessaria alla vegetazione nel corso dell'anno. Da un punto di vista chimico si possono avere problemi con soluzioni circolanti saline, dove il pH può arrivare fino a 10, in presenza di sodio. Di conseguenza gli interventi fondamentali saranno:

- riporto di materiale pedogenizzato, a formare uno spessore potente, adeguato alle necessità biologiche ed idrauliche ;
- creazione di una rete di scolo capillare e profonda, capace di mantenere per periodi prolungati un franco di vegetazione sufficiente alla sopravvivenza della vegetazione, soprattutto quella arborea;
- allontanamento continuo delle acque di scolo, specie se cariche di sali e ioni tossici;
- aumento della porosità del substrato attraverso calcitazioni, ammendamenti organici, riporti e/o rimescolamento di materiali a granulometria diversa;
- correzione dei valori anomali del pH.

Dopo queste operazioni si potranno poi pianificare le lavorazioni ed eventuali concimazioni del substrato e, infine, l'inserimento della vegetazione secondo le caratteristiche stazionali del sito e quelle bio-climatiche e paesaggistiche dell'area.

## 4.11.2 CAVE DI MONTE

### 4.11.2.1 TERRE GROSSOLANE

Si tratta di sedimenti di spiaggia (sabbie o sabbie ciottolose) oppure sedimenti antichi di delta-conoide fluviale (ghiaie e ghiaie sabbiose), affioranti sui rilievi più esterni dell'Appennino, fino a qualche centinaio di metri di quota.

#### **Problematiche relative alla stabilità**

Le condizioni morfologiche usuali nel panorama regionale sono rappresentate da:

- a) *cave sommitali*: con lo smantellamento completo dei rilievi, con scarpate di abbandono limitate a brevi tratti, in corrispondenza del raccordo con i rilievi adiacenti;
- b) *cave di versante*: con scarpate in generale di notevole sviluppo, in lunghezza e altezza.

In entrambi i tipi i problemi del ripristino riguardano la stabilità di fondo sia degli accumuli del materiale di risulta, sia delle scarpate di coltivazione e di abbandono.

#### ***Interventi nelle aree di discarica dei materiali di scarto***

In queste condizioni si deve intervenire con:

- gradonatura delle superfici di appoggio del materiale di scarto;
- messa in opera di drenaggi di fondo (strati drenanti e trincee) sulle gradonature;
- compattazione adeguata del riporto (vedi norme variante PIAE Provincia di Bologna, 1998);
- raggiungimento del profilo stabile del materiale di risulta, con un adeguato margine di sicurezza ( $F = 1.3$ );
- eventuali opere di sostegno nel corpo o al piede dei riporti (gabbionate, setti drenanti o simili);
- controllo e regimazione delle acque superficiali, sia diffuse che incanalate (fossi di guardia, capifossi, ecc.), adeguamento della rete scolante alle mutate condizioni idrologiche (variazione della superficie e della geometria del bacino di raccolta);
- controllo delle acque sotterranee provenienti dal substrato.

#### ***Interventi sulle scarpate di fondo***

- *Con riporto di materiali pedogenizzati*

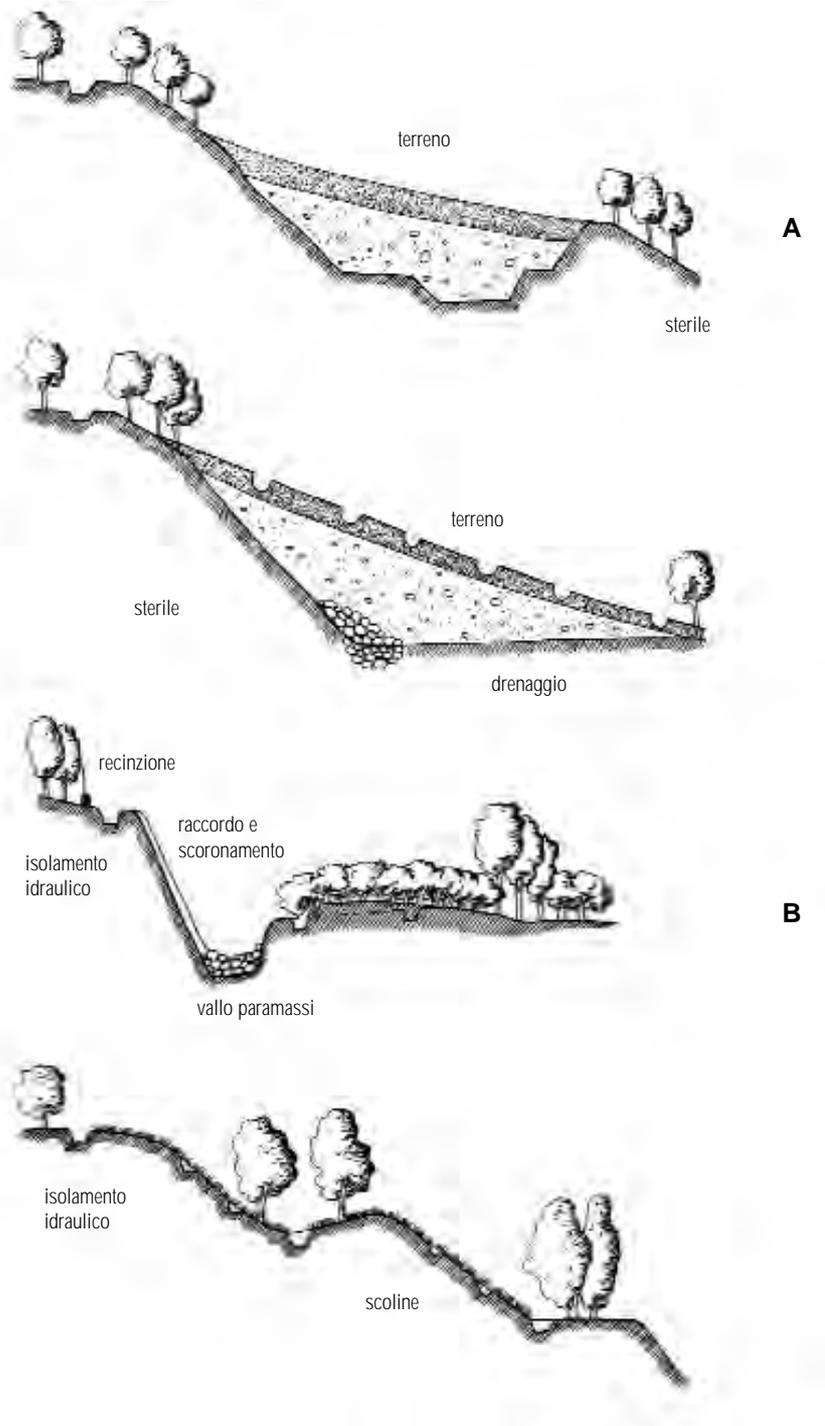
Si dovrà provvedere a:

- gradonatura del substrato, con eventuale drenaggio di fondo nel caso di substrati a bassa permeabilità;
  - compattazione adeguata del riporto non pedogenizzato;
  - raggiungimento del profilo stabile *del materiale di risulta*, con adeguato margine di sicurezza. Le forme dovranno essere compatibili con la stabilità del terreno pedogenizzato di riporto e con sagome, pendenze e geometria complessiva che consentano un inserimento armonico nel paesaggio;
  - controllo dell'erosione e regimazione delle acque superficiali, sia diffuse che incanalate, con pendenze adeguate, fossi di guardia e, nella venuta a giorno della rete di drenaggio;
  - controllo delle acque sotterranee provenienti dal substrato.
- *Senza riporto di materiali pedogenizzati e di copertura vegetale (con semplice rimodellamento delle superfici)*

Si dovrà provvedere a:

- gradonatura del substrato o formazione di superfici di abbandono con sagome, forme e pendenze inserite e armonizzate nel contesto paesaggistico;

Fig.4.11.4. Sistemazione di cave di monte su pendii a pendenza contenuta:  
 A) con ritombamento totale;  
 B) senza ritombamento.



- regimazione e controllo delle acque superficiali sui gradoni e sulle scarpate;
- controllo dell'erosione superficiale e subsuperficiale.

### Problematiche ambientali

Le caratteristiche ambientali sono anche qui condizionate dalla stazione. In siti caratterizzati da substrati ghiaiosi o fortemente drenanti si possono manifestare fenomeni di aridità, specie nelle prime fasi dell'impianto, legati all'assenza di materiale pedogenizzato strutturato, a cui si deve associare anche una condizione di scarsità di nutrienti disponibili, vista la natura del materiale. Sono possibili anche fenomeni erosivi (sia di natura idrica che eolica), data la scarsa coesione tra le componenti granulometriche. In formazioni di materiali coesivi invece il limite principale è rappresentato dalla profondità dello strato pedogenizzato, che impedisce un adeguato approfondimento degli apparati radicali delle piante, con ripercussioni sia sulla stabilità delle stesse che sulla loro resistenza alla siccità. I principali interventi migliorativi devono riguardare:

- riporto di materiale pedogenizzato o di materiale a granulometria fine, per modificare la porosità del substrato;
- rottura e disgregazione di un adeguato strato superficiale per consentire l'approfondimento radicale;
- distribuzione di ammendanti organici per equilibrare la porosità ed aumentare la disponibilità di elementi minerali;
- predisposizione di opere di difesa antierosiva.

Dopo queste operazioni si potranno poi pianificare le lavorazioni ed eventuali concimazioni del substrato e, infine, l'inserimento della vegetazione, secondo le caratteristiche stazionali e quelle bio-climatiche e paesaggistiche dell'area.

#### 4.11.2.2 TERRE FINI (ARGILLE, ARGILLE MARNOSE, ARGILLITI)

##### **Problematiche relative alla stabilità**

Anche in questo caso si possono avere cave sommitali e di versante, con problemi sensibilmente diversi per l'estensione e le dimensioni delle scarpate. Non sono ammissibili soluzioni di abbandono con substrato affiorante in presenza di una pendenza accentuata anche se stabile causa la facile erodibilità e le difficoltà nel controllo delle acque, specie in pendio. Gli interventi possibili saranno:

##### **a) cave sommitali e di versante:**

- gradonatura del substrato, con realizzazione di dreni di fondo;
- raggiungimento del profilo stabile del materiale di risulta, con adeguato margine di sicurezza (non sono da ammettere rinfianchi con materiali di risulta, di difficile e onerosa stabilizzazione);
- controllo e regimazione delle acque superficiali, diffuse e incanalate (pendenze adeguate, fossi di guardia);
- controllo delle acque sotterranee provenienti dal substrato;

##### **b) cave abbandonate:**

dove per limitazioni topografiche non sia possibile procedere ad una riprofilatura delle scarpate di abbandono, gli adeguamenti dei profili potranno avvenire mediante riporti di materiali della stessa natura del substrato, migliorati mediante accurata compattazione e sostenuti con setti drenanti, raccordati alla rete scolante superficiale.

##### **Problematiche ambientali**

Le condizioni stazionali sono comunemente caratterizzate da una forte aridità: le difficoltà nell'infiltrazione, la scarsa potenza degli strati alterati, associati a decise pendenze degli strati superficiali, creano condizioni difficili all'evoluzione biologica. Si ha un'alternanza tra periodi siccitosi e periodi di completa saturazione. L'attività biologica viene così sottoposta a forti stress. Inoltre, l'intenso deflusso superficiale causa problemi di erosione nei materiali alterati presenti in superficie. A queste problematiche fisiche devono poi aggiungersi quelle legate alla presenza di sali, che si manifestano con pH elevati e presenza di sodio, che rendono la stazione ancora più xerofila e selettiva dal punto di vista della flora che si può adattare in tali condizioni ambientali. In queste situazioni sarà perciò necessario predisporre:

- riporti di materiale pedogenizzato;
- lavorazioni profonde del substrato per migliorare la porosità e la compenetrazione tra gli strati;
- distribuzione di ammendanti organici per equilibrare la porosità, migliorare l'infiltrazione e la conducibilità idrica;
- predisposizione di un'adeguata pacciamatura per limitare l'erosione e favorire l'infiltrazione;

- realizzazione di una rete di scolo, specie la primaria, molto capillare, per limitare l'erosione, ma anche per favorire l'allontanamento dei sali tossici;
- miglioramento del substrato attraverso interventi di correzione;
- distribuzione di sostanze concimanti;
- rapido insediamento della vegetazione, favorendo la componente biotecnica nelle aree più pendenti.

#### 4.11.2.3 ROCCE TENERE (MARNE, ARENARIE E DEBOLE CEMENTAZIONE, GESSI), ROCCE MASSICCE, STRATIFICATE, FESSURATE.

Si tratta di formazioni strutturalmente complesse o alternanze di tipi litologici differenti.

#### Problematiche relative alla stabilità

Anche in questo caso si possono avere cave sommitali e cave di versante, queste ultime generalmente più frequenti. La coltivazione in galleria è stata adottata per qualche tempo in alcuni poli estrattivi (gesso).

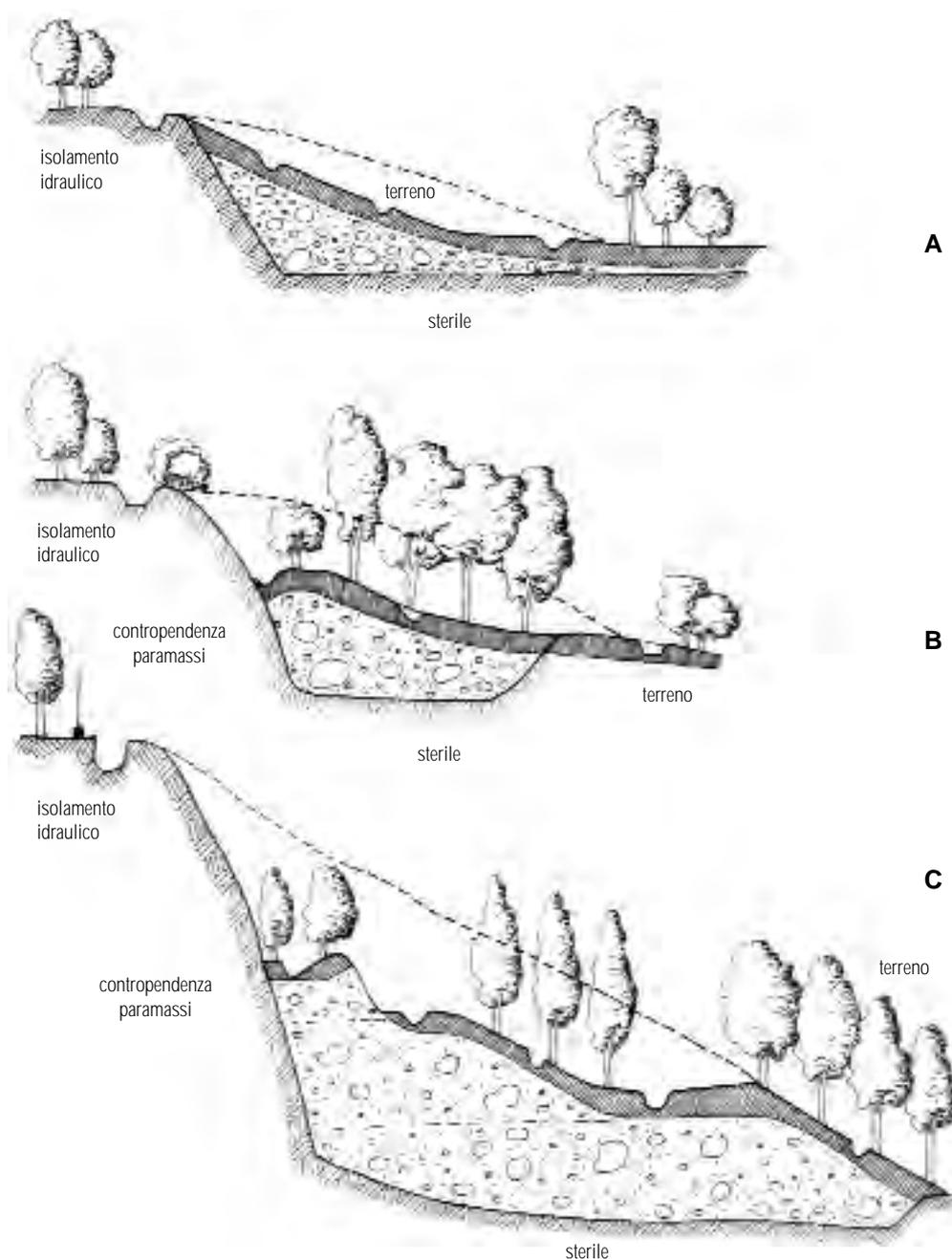


Fig.4.11.5. Sistemazione di cave di monte su pendii a pendenza contenuta con ritombamento parziale:  
 A) raccordata;  
 B) parzialmente raccordata con scarpata;  
 C) non raccordata con parete.

I problemi da affrontare nella progettazione della coltivazione e del ripristino riguardano:

- a) volumi elevati di materiali di scarto e di risulta e loro stabilità;
- b) dimensioni rilevanti dei fronti di cava e loro stabilità;

Si hanno diverse situazioni tipo:

**a) aree di discarica dei materiali di scarto**

In queste condizioni si deve intervenire con:

- preparazione e gradonatura delle superfici di appoggio;
- messa in opera di drenaggi di fondo (strati drenanti e trincee), nel caso di terreni di risulta di tipo argilloso (es. cappellaccio argilloso nelle cave di gesso);
- compattazione adeguata del riporto nel caso sia di materiali terrosi sia di frammenti lapidei;
- raggiungimento del profilo stabile degli accumuli di materiale di risulta e della copertura pedogenizzata, con adeguato margine di sicurezza;
- inserimento di eventuali opere di sostegno, o di difesa da acque incanalate, nel corpo o al piede dei riporti (gabbionate, setti drenanti o simili);
- controllo e regimazione delle acque superficiali, diffuse e incanalate (fossi di guardia, fossi diagonali), adeguamento della rete scolante alle mutate condizioni idrologiche (variazione della superficie e della geometria del bacino di raccolta);
- controllo dell'erosione e dei movimenti superficiali;
- controllo dei fattori che possono alterare i caratteri del substrato (infiltrazioni, ecc.);
- controllo delle acque sotterranee provenienti dal substrato (captazione e drenaggio).

**b) Scarpe di coltivazione – recupero con copertura vegetale**

Qui si deve procedere alla:

- gradonatura delle superfici di appoggio del materiale pedogenizzato, con idonea stabilità di fondo;
- messa in opera di strati drenanti o drenaggi di fondo;
- raggiungimento del profilo stabile della copertura pedogenizzata, con adeguato margine di sicurezza;
- controllo e regimazione delle acque superficiali, diffuse e incanalate (fossi di guardia, fossi diagonali); adeguamento della rete scolante alle mutate condizioni idrologiche (variazione della superficie e della geometria del bacino di raccolta);
- controllo dell'erosione e dei movimenti superficiali;
- controllo di tutti i fattori che possono alterare i caratteri del substrato (infiltrazioni, ecc.);
- controllo delle acque sotterranee provenienti dal substrato.

**c) Aree destinate a ripristino con semplice rimodellamento morfologico delle superfici**

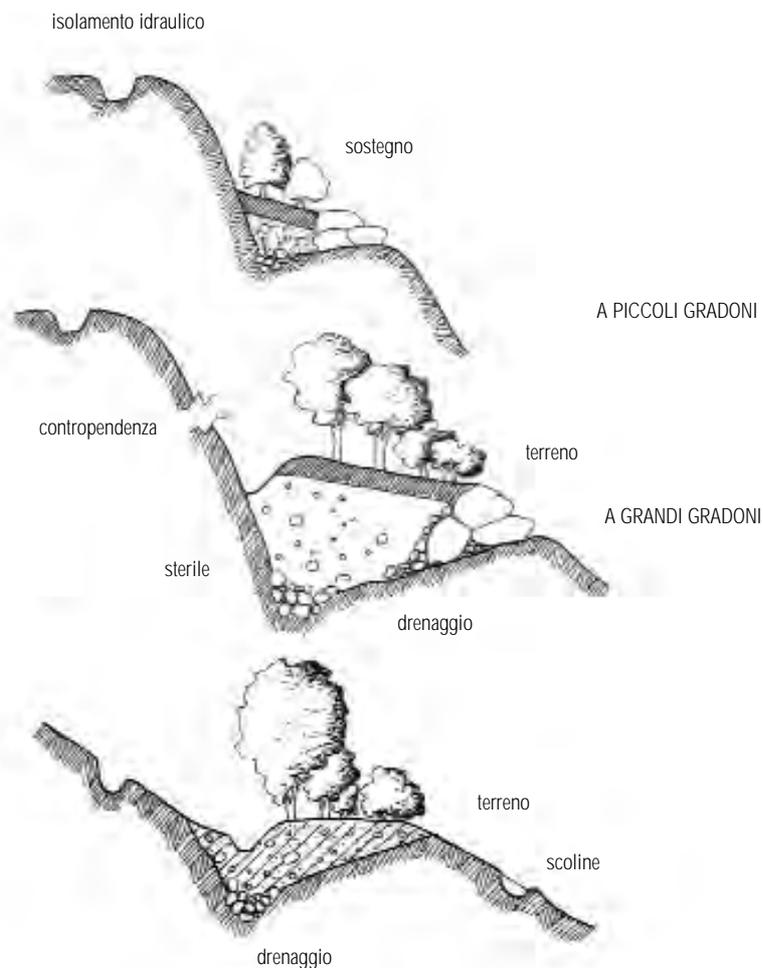
In questo caso si opererà per:

- preparazione ed eventuale gradonatura delle superfici con sagome, forme e pendenze stabili, inserite e armonizzate nel contesto paesaggistico (forme irregolari);
- controllo e regimazione delle acque superficiali, diffuse e incanalate su gradoni e scarpate, adeguamento della rete scolante alle mutate condizioni idrologiche (variazione della superficie e della geometria del bacino di raccolta);
- controllo di eventuali emergenze di acque sotterranee;
- controllo dell'erosione superficiale e dei movimenti sottosuperficiali.

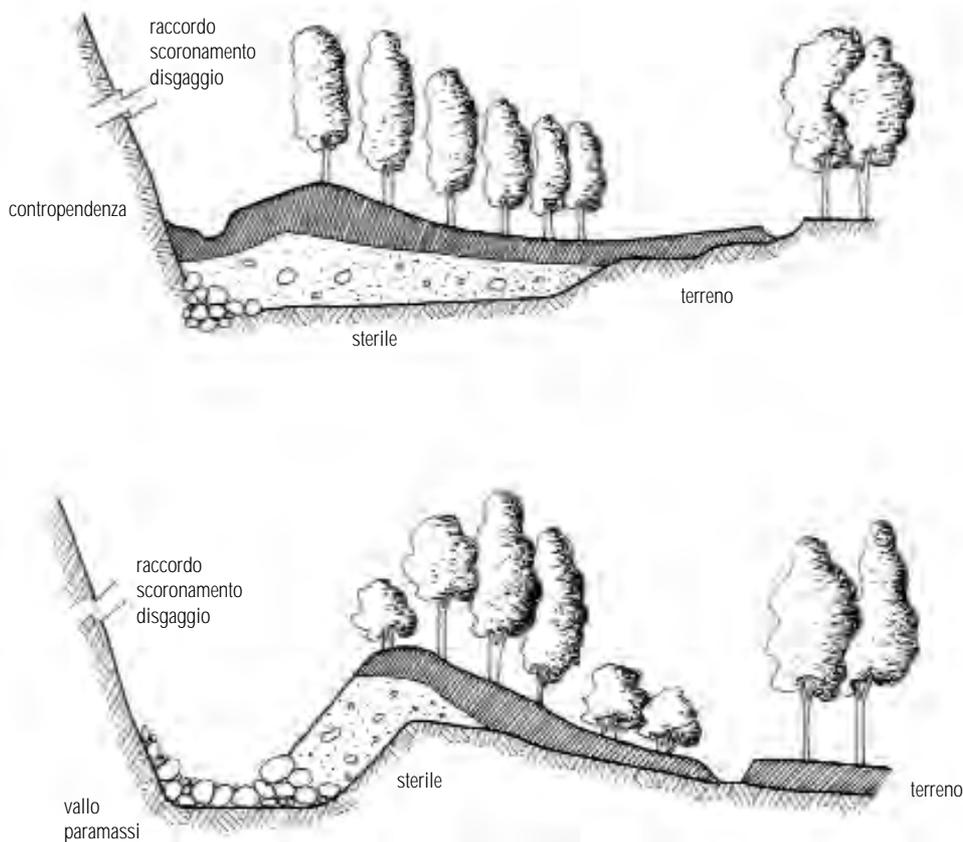
Il recupero senza l'insediamento di copertura vegetale è possibile, ed è da preferire, solo dove esistano localmente versanti naturali stabili, come nel caso di terreni gessosi o arenacei. Gli interventi di recupero per il controllo dell'erosione dovranno essere invece intensivi nelle formazioni strutturalmente complesse, dove la presenza di

Fig.4.11.6. Sistemazione di cave di monte su pendii a pendenza elevata con ritombamento parziale:  
 A) interventi sulle pareti;  
 B) interventi al piede delle pareti.

**A**



**B**



alternanze di materiali ad elevata componente pelitica espone le scarpate all'azione delle acque dilavanti. In questi litotipi, la condizione naturale è quella di costolature di testate di strato, dove la roccia ha consistenza lapidea, alternate a fasce coperte da vegetazione in corrispondenza dei livelli più teneri e degradabili.

### **Problematiche ambientali**

Anche in questa tipologia di materiale le condizioni ecologiche sono legate ai caratteri della stazione; diversa infatti può essere la stessa composizione mineralogica di questi materiali (marne argillose, sabbiose, ecc.). Accanto a problemi di aridità e di scarsa disponibilità di sostanze trofiche, tipici dei substrati minerali, si devono considerare anche quelli relativi alla stabilità degli strati superficiali, vista l'eterogeneità e la minore coesione dei materiali. Gli interventi necessari per favorire l'attività biologica saranno:

- il riporto di materiale pedogenizzato;
- la lavorazione, meglio se profonda, del substrato, per migliorare la porosità all'impianto;
- la distribuzione di ammendanti organici per equilibrare la porosità, migliorare l'infiltrazione e la conducibilità idrica;
- la predisposizione di interventi di stabilizzazione superficiale e subsuperficiale;
- la realizzazione di una rete di scolo, specie la primaria, capillare, per limitare l'erosione, ma anche per favorire l'allontanamento dei sali tossici;
- il controllo della soluzione circolante del substrato attraverso interventi di correzione;
- l'apporto di sostanze concimanti;
- il rapido insediamento della vegetazione, favorendo la componente biotecnica nelle aree più pendenti.

## 4.12.1 BIBLIOGRAFIA

- Abramson L.W., Lee T.S., Sharma S. e Boyce G.M., 1996. *Slope stability and stabilization methods*. John Wiley and Sons, New York.
- American Association for State Highway and Transportation Officials, 1978. *Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing*. 12<sup>th</sup> ed., Washington D.C.
- Anagnostopoulos A., Schlosser F., Kalteziotis N. e Frank R., 1993. *Prologue*. Geotechnical Engineering of hard soils-soft rocks. In: Agnastopoulos et al. (eds.), Balkema, 7-8.
- Agenzia Nazionale Per La Protezione Dell'ambiente, 2001. *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*, Roma.
- Barton M.E., 1993. *Cohesive sands: the natural transition from sands to sandstones*. Geotechnical Engineering of hard soils-soft rocks. In: Agnastopoulos et al. (eds.), Balkema, 367-374.
- Been K., Jefferies M.G. e Hachey J., 1991. *The critical state of sands*. Geotechnique, 41 (3): 365-381.
- Bieniawski Z.T., 1978. *Determining Rock Mass Deformability - experience from case histories*. Int. Journ. of Rock Mechanics and Geomech. Abs., 15: 237-247.
- Bieniawski Z.T., 1989. *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley & Sons., Chichester.
- Bieniawski Z.T., 1993. *Classification of rock masses for engineering: the RMR system and future trends*. In: Comprehensive Rock Engineering, Hudson J.A. (ed.), Pergamon Press, 3: 553-573.
- Bishop A.W. e Little A.L., 1967. *The Influence of the Size and Orientation of the Sample on the Apparent Strength of the London Clay at Maldon, Essex*. Proceedings of the Geotechnical Conference Oslo 1967, 1: 89-96.
- Bishop A.W., 1955. *The use of the slip circle in the stability analysis of slopes*. Geotechnique, 5: 7-17.
- Bolton M.D., 1986. *The strength and dilatancy of sands*. Geotechnique, 36, (1): 65-78.
- Bromhead E.N., 1992. *The stability of slopes*. 2<sup>nd</sup> edition, Blackie Academic and Professional, London.
- Cestari F., 1990. *Prove geotecniche in sito*. Geo-Graph s.n.c., Segrate.
- Chandler R.J. e Skempton A.W., 1974. *The design of permanent cutting slopes in stiff fissured clays*. Geotechnique, 24, (4): 457-466.
- Chandler R.J., 1984. *Recent European Experience of Landslides in Over-consolidated Clays and soft rocks*. Proc. IV International Symposium on Landslides, Toronto, 16-21 September, 1984: 61-81.
- Chowdhury R.N., 1986. *Aspects of geotechnical reliability in surface mining*. Proc. of the Int. Symp. on Geotechnical Stability in Surface mining, Calgary, 61-69.
- Colombo P. e Colleselli F., 1996. *Elementi di Geotecnica*. Zanichelli Bologna.
- Cundall P.A., 1971. *A computer model for simulating progressive, large-scale movements in blocky rock systems*. Proc. Int. Symp on Rock Fractures, 2-8, Nancy, France.
- Cundall P.A., 1976. *Explicit finite different method in geomechanics.I: Numerical methods in engineering*. Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Conf. On numerical methods in geomechanics. Virginia, USA, 1: 132-150.
- Cundall, P.A., 1980. *Numerical Modelling of Jointed and Faulted Rock*. in "Mechanics of Jointed and Faulted Rock": 11-18. Rotterdam: A. A. Balkema.
- Das B.M., 1983. *Advanced Soil Mechanics*. McGraw-Hill, New York .
- Deere D.U., 1964. *Technical description of rock cores for engineering purposes*. Rock Mechanics and Rock Engineering, 1: 17-22.
- Detournay C. e Hart R. (eds.), 1999. *Flac and numerical modeling in geomechanics*. Proc. Of the Int. Flac Symposium, Minneapolis, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Fellenius W., 1936. *Calculation of stability of earth dams*. Trans. 2<sup>nd</sup> Int. Congr. Large Dams, 4, 445.

- Fragaszy R.J., Su J., Siddiqi F.H. e Ho C.L., 1992. *Modeling strength of sandy gravel*. Journal of Geotechnical Engineering, 118, 6: 920-935.
- Fragaszy R.J., Su J. e Siddiqi F.H., 1990. *Effects of oversize particles on density of clean granular soils*. Geotech. Test. J., 12(2): 106-114.
- Fredlund F.K. e Krahn J., 1977. *Comparison of slope stability methods of analysis*. Canadian Geotechnical Journal, 14: 429-439.
- Fredlund D.G. e Rahardjo H., 1993. *Soil mechanics for unsaturated soils*. John Wiley & Sons, New York.
- Fredlund D.G., 1984 – *Analytical methods for slope stability analysis*. Proc. IV Symp. On Landslides, Toronto, 1: 229-250.
- Gattinoni P., Papini M., Belgeri L. e Rocca A., 1999. *Definizione della pericolosità in un'area soggetta a frane di crollo*. Quaderni di Geologia Applicata, 6 (2): 75-96.
- Giani G.P., 1988 - *Analisi di stabilità dei pendii, Parte I*. Quaderni di studi e documentazione dell'Associazione Mineraria Subalpina, n. 87.
- Giani G.P., 1992. *Caduta massi*. Hevelius Edizioni, Napoli.
- Goodman R.E., 1976. *Methods of geological engineering in discontinuous rocks*. West Publishing Co., San Francisco.
- Goodman R.E., 1980. *Introduction to Rock Mechanics*. John Wiley & Sons, New York.
- Gray D.H. e Leiser A.T., 1982. *Biotechnical slope protection and erosion control*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Gray D.H. e Sotir R.B., 1996. *Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization*. John Wiley & Sons, New York.
- Hoek E., 2000. *Rock Engineering*. Testo a diffusione gratuita reperibile all' Hoek's corner sul web: <http://www.roscience.com/roc/Hoek/Hoek.htm>.
- Hoek E. e Bray J., 1981. *Rock Slope Engineering*. The institution of Mining and Metallurgy, London.
- Hoek E. e Brown E.T., 1980. *Empirical strength criterion for rock masses*. Journ. of Geotech. Eng. Div., ASCE 106(GT9), 1013-1035.
- Hoek E. e Brown E.T., 1997. *Practical estimates of rock mass strength*. Int. J. of Rock Mechanics and Mining Sciences, 34 (8): 1165-1186.
- Holtz R.D. e Kovacs W.D., 1981. *An introduction to geotechnical engineering*. Prentice-Hall, .
- Hudson J.A. e Harrison J.P., 1993. *Rock Mechanics principles and applications*. Pergamon press, New York.
- ISSMFE Tech. Committee, 1985-1988. *Standard penetration test (SPT): Interantional Reference Test Procedure*. ISOPT-1, Orlando.
- Janbu N., Bjerrum L. e Kjaernsli B., 1956. *Soil mechanics applied to some engineering problems*. Norwegian Geotechnical Institute, 16.
- Ingegnoli V.(eds.), 1997. *Esercizi di ecologia del paesaggio*. CittàstudiEdizioni, Milano
- Lambe T.W. e Whitman R.V., 1969. *Soil Mechanics*. John Wiley & Sons, New York.
- Lancellotta R., 1987. *Geotecnica*. Zanichelli, Bologna.
- Lo K.Y., 1970. *The operational strength of fissured clays*. Geotechnique, 20, 1.
- Maniglio-Calcagno A., 1995. *Paesaggio : concezioni, analisi, valutazione*. In Piccarolo P. (eds.) "Spazi verdi pubblici e privati", Hoepli, Milano
- Markland J.T., 1972. *A useful technique for estimating the stability of rock slopes when the rigid wedge sliding type of failure is expected*. Imperial College Rock Mechanics Res. Report, n. 19.
- Mirata T., 1974. *The in situ wedge shear test — a new technique in soil testing*. Geotechnique 24 (3): 311-332.
- Mirata T., 1991. *Developments in wedge shear testing of unsaturated clays and gravels*. Geotechnique, 41 (1): 79-100.
- Morgan R.P.C. e Rickson R.J. (eds), 1995. *Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach*, E&FN Spon, London.

- Morgestern N.R., 1995. *The role of analysis in the evaluation of slope stability*. Proc. 6<sup>th</sup> Int. Symp. on Landslides, Christchurch, NZ. Balkema, 1615-1629.
- Morgestern N.R. e Price V.E., 1965. *The analysis of the stability of generalised slip surfaces*. Geotechnique, 15: 79-93.
- Nash D., 1987. *A comparative review of limit equilibrium methods of stability analysis*. In: "Slope Stability". Eds.: Anderson M.G. e Richards K.S.. John Wiley & Sons, Chichester, 11-75.
- Oneto G., 1997. *Manuale di pianificazione del paesaggio*. Il Sole 24 Ore Pirola Edizioni, Milano
- Ortigosa P., 1989. *Geotechnical properties of coarse grained soils*. Proc. XII Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro, 5: 2881-2885.
- Park H. e West T.R., 2000. *Development of a probabilistic for rock wedge failure*. Engineering Geology, 59: 233-251.
- Petley D.J., 1984. *Shear strength of over-consolidated fissured clay*. Proc. IV Int. Symp. on Landslides, Toronto, 167-172.
- Priest S.D., 1985. *Hemispherical projection methods in rock mechanics*. George Allen and Unwin, London.
- Priest S.D., 1993. *Discontinuity analysis for rock engineering*. Chapman & Hall, London, 1993.
- Raviolo P.L., 1993. *Il laboratorio geotecnico*. Controls S.p.A., Cernusco s/N.
- Rothenburg L. e Bathurst R.J., 1989. *Analytical study of induces anisotropy in idealized granular material*. Geotechnique, 39 (4): 601-614.
- Rowe P.W., 1962. *The stress-dilatancy relation for static equilibrium of an assembly of particles in contact*. Proc. R. Soc., A 269, 500-527.
- Santamarina C., Moheb A.F. e Santaella J.C., 2001. *Soils and Waves : Particulate Materials Behavior, Characterization and Process Monitoring*. John Wiley & Sons.
- Sarma S.K., 1979. *Stability analysis for embankment and slopes*. J. of Geotechnical Engineering, ASCE, vol. 105 (GT12), 1511-1524.
- Schofield A. e Wroth P., 1968. *Critical State Soil Mechanics*. McGraw Hill, London
- Simonini P. e Soranzo M., 1986. *Analisi di stabilità di versanti di scavo in cave di ghiaia debolmente cementata*. XVI Convegno Nazionale di Geotecnica, Associazione Geotecnica Italiana, Bologna.
- Sjoberg J., 1999. *Analysis of large scale rock slopes*. Doctoral Thesis, Department of civil and mining engineering, University of Lulea, Sweden.
- Skempton A.W., 1954. *The Pore Pressure Coefficients A and B*. Geotechnique, 4, 143-147.
- Skempton A.W., 1964. *Long-term stability of clay slopes*. Geotechnique, 14 (2): 77-102.
- Skempton A.W., 1970. *First-time slide in over-consolidated clays*. Geotechnique, 20: 320-324.
- Terzaghi K., 1943. *Theoretical soil mechanics*. John Wiley & Sons, New York.
- Turnbull W.J. e Hvorslev M.L., 1967. *Special problems in slope stability*. ASCE, J. Soil Mech. Found. Div., 93, SM4, 499-528.
- Vanmarke E.H., 1980. *Probabilistic analysis for earth slopes*. Engineering Geology, vol. 16.
- Whittlestone A.P., Johnson J.D., Rogers M.E. e Pine R.J., 1995. *Probabilistic risk analysis of slope stability*. Trans. Instn. Min. Metall., vol. 104, A19, A24.
- Zonneveld I.S., 1995. *Land Ecology*. Spb Academic Publishing, Amsterdam.

#### 4.12.2 BIBLIOGRAFIA

---

- AA.VV., 1994. *I suoli dell'Emilia Romagna*. Regione Emilia Romagna, Bologna.
- Barnhisel R.I., Darmody R.G. e Daniels W.L. (eds.), 2000. *Reclamation of drastically disturbed lands*. American Society of Agronomy and Academic Press, Madison (WI).
- Buckley G.P. (eds.), 1995. *Biological habitat reconstruction*. J. Wiley and Son, Chichester (UK).
- Bradshaw A.D. e Chadwick M.J., 1980. *The restoration of land*. University California Press, Los Angeles.
- Casalicchio G. e Vianello G., 1979. *Elementi di pedologia*. CLUEB, Bologna.
- Casalicchio G., Giorgi G., Guermandi M., Pignone R. e Vianello G., 1979. *Carta pedologica: fattori pedogenetici e associazioni di suoli in Emilia Romagna*. Pitagora Editrice, Bologna.
- Giordano A., 1999. *Pedologia*, UTET, Torino.
- Haigh M.J. (eds.), 2000. *Reclaimed land. Erosion control, soils and ecology*. A.A.Balkema, Rotterdam.
- Jordan W.R. III, Gilpin M.E. e Aber J.D., 1987. *Restoration ecology a synthetic approach to ecological research*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Lal R. (eds.), 1999. *Soil quality and soil erosion*. CRC Press, Boca Raton (FL).
- Muzzi E. e Roffi F., 1999. *La rivegetazione dei substrati argillosi: il caso della Cava Colombara*. In Atti del convegno "Pianta ed ambiente", Cesena, 25-10-1996, Soc. Editrice Il Ponte Vecchio Forlì: 88-93.
- Rogo R., 1995. *La concimazione organica e le tecniche di compostaggio*. Demetra, Verona.
- Santoni I., 1981. *Conoscere il terreno*. REDA, Roma.
- Scotti C. (eds.), 2001. *Conoscere il suolo*. II Divulgatore n. 8-9, Bologna: 1-62.
- Sequi P. (eds.), 1989. *Chimica del suolo*. Patron Editore, Bologna.
- Tate R.L. III e Klein D.A., 1985. *Soil reclamation processes. Microbiological analyses and applications*. Marcel Dekker Inc., New York.

#### 4.12.3 BIBLIOGRAFIA

---

- AA.VV., 1996. *Manuale di ingegneria civile*, Vol.1. Zanichelli, Bologna.
- Benini G., 1990. *Sistemazioni idraulico forestali*. UTET, Torino.
- Bache D.H. e MacAschill I.A., 1984. *Vegetation in civil and landscape engineering*. Granada, Londra.
- Calzecchi Onesti A., 1957. *Sistemazioni in collina*. Reda, Roma.
- Carbonari A. e Mezzanotte M., 1992. *Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio*. Provincia di Trento, Trento.
- Chow V.T., 1964. *Handbook of applied hydrology*. Mc Graw Hill, New York.
- Colombo P. e Colleselli F., 1996. *Elementi di geotecnica*. Zanichelli Editore, Bologna.
- Concaret J., 1981. *Drainage agricole, theorie et pratique*. Chambre regionale d'agriculture, Bourgogne.
- Constantinidis C., 1998. *Idraulica applicata generale ed agraria*. Edagricole, Bologna.
- Crivellari G., 1983. *Laghetti collinari*. Edagricole, Bologna.
- Da Deppo L., Datei C. e Saladin P., 1997. *Sistemazione dei corsi d'acqua*. Ed. Libreria Cortina, Padova.
- Di Fidio M., 1990. *Architettura del paesaggio*. Pirola, Milano.
- Gray D.H. e Leiser A.T., 1982. *Biotechnical sloper protection and erosion control*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Gallarate G., 1991. *Il drenaggio in collina*. Edagricole, Bologna.

- Giardini L., 1983. *Drenaggio tubolare interrato*. Edagricole, Bologna.
- Heede B.H., 1976. *Gully development and control*. U.S.Forest Service, Fort Collins.
- Luthin J.N., 1966. *Drainage engineering*. Wiley, New York.
- Luthin J.N. (eds.), 1957. *Drainage of agricultural lands*. Am.Soc.Agronomy, Madison.
- Maione U., 1999 *La sistemazione dei corsi d'acqua montani*. Edizioni Bios, Cosenza.
- Maione U., Brath A. e Mignosa P.(eds) (2000). *Sistemazione dei corsi d'acqua. Metodi avanzati nella progettazione di interventi di ingegneria naturalistica*. Atti Corso di Aggiornamento, Milano 4-8 ottobre 1999. Edizioni Bios, Cosenza.
- Martignani F., Beltrami P. e Maestri E., 1998. *La rinaturalizzazione delle aree golenali*, 1a e 2a parte. Acer 1-2/98, Milano, 34-37 e 68-72.
- Matarrese N., 1985. *Idraulica agraria*. Fratelli Laterza, Bari.
- Morgan R.P.C., 1986. *Soil erosion and conservation*, Longman, New York.
- Paiero P. (eds.), 1993. *Criteri di ricostruzione della vegetazione forestale lungo i corsi d'acqua*. Atti del corso "Rinaturalizzazione dei corsi d'acqua in pianura", Mirano (Ve) Maggio 1992. Regione Veneto, Venezia.
- Roose E., 1994. *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*. Ed. FAO, Roma.
- Schiechtl H., 1982. *Bioingegneria forestale*. Castaldi, Feltre.
- Schwab G.O., Fangmeier D.D., Elliot W.J. e Frevert R.K., 1992. *Soil and water conservation engineering*. Wiley, New York.
- Vismara R., 1988. *Ecologia applicata*. Hoepli, Milano.

#### 4.12.4 BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2001. *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Roma.
- AA.VV., 2001 *Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica*, Col.1 e 2, Regione Toscana, Firenze.
- Benini G., 1990. *Sistemazioni idraulico forestali*, UTET, Torino.
- Besio F. e Luchetta A. (eds.), 1993. *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica*. Regione Emilia-Romagna e Regione Veneto, Bologna.
- Carbonari A. e Mezzanotte M., 1993. *Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio*. Provincia Autonoma di Trento, Trento.
- Gray D.H, Liser W.T., 1982. *Biotechnical slope protection and erosion control*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Gray D.H. e Sotir R.B., 1996. *Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization*. John Wiley & Sons, New York.
- Johnson M.S. e Bradshaw A.D., 1979. *Ecological principles for the restaration of disturbed and degraded land*. Applied Ecology, 4/79: 141 - 200.
- Institution of civil engineers, 1995. *Vegetation and slopes*. Thomas Telford, Londra.
- Maione U., 1998. *La sistemazione dei corsi d'acqua montani*. Editoriale Bios, Cosenza.
- Maione U. e Brath A (eds.), 1999. *L'ingegneria naturalistica nella sistemazione dei corsi d'acqua*. Atti Corso di Aggiornamento, Milano 5-9 ottobre 1998. Editoriale Bios, Cosenza.
- Maione U., Brath A, e Mignosa P. (eds.), 2000. *Sistemazione dei corsi d'acqua. Metodi avanzati di progettazione di interventi di ingegneria naturalistica*. Atti Corso di Aggiornamento, Milano 4-8 ottobre 1999. Editoriale Bios, Cosenza.
- Morgan R.P.C. e Davidson D.A., 1986. *Soil erosion and conservation*. Longman Scientific & Technical, Harlow (UK).
- Morgan R.P.C. e Rickson R.J., 1995. *Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach*. E & FN Spon, Londra.
- Paiero P, Semenzato P. e Urso T., 1996. *Biologia vegetale applicata alla tutela del territorio*. Edizioni Progetto, Padova.

- Sauli G., Cornellini e P. Preti F. (eds.), 2002. *Manuale di ingegneria naturalistica applicabile al settore idraulico*. Regione Lazio, Roma
- Schiechtel H.M., 1991. *Bioingegneria forestale* Ed. Castaldi, Feltre (BL).
- Schiechtel H.M. e Stern R., 1992. *Ingegneria naturalistica. Manuale delle opere in terra* Ed. Castaldi, Feltre (BL).
- Ubaldi D., Pupopi G. e Zanotti A.L., 1996. *Cartografia fitoclimatica dell'Emilia Romagna. Carta 1:500.000*. Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Zeh H, 1993. *Tecniche di ingegneria naturalistica*. Il Verde Editoriale, Milano

#### 4.12.5 BIBLIOGRAFIA

- Barnhisel R.I., Darmody R.G., W e Daniels W.L. (eds.), 2000. *Reclamation of disturbed lands*. American Society of Agronomy and Academic Press, Madison (WI).
- Benedetti A. e Sequi P. (eds.), 1998. *I fertilizzanti organici*. Ed. Informatore Agrario, Verona.
- Buckley G.P. (eds.), 1995. *Biologica habitat reconstruction*. J. Wiley and Son, Chichester (UK).
- Bradshaw A.D. e Chadwick M.J., 1980. *The restoration of land*. University California Press, Los Angeles
- Cairns J. Jr (eds.), 1995. *Rehabilitating damaged ecosystems*. Lewis Publishers, Boca Raton (FL).
- Californian Fertilizer Association, 1998. *Western Fertilizer Handbook*. Interstate Publisher Inc., Danville (IL).
- Casalicchio G., 1978. *Chimica agraria. Il terreno*. CLUEB, Bologna.
- Casalicchio G. e Graziano P.L., 1980. *Chimica agraria. I fertilizzanti*. CLUEB, Bologna.
- Centro Ricerche Produzioni Vegetali, 1998. *Linee guida per l'agricoltura biologica*. Edagricole, Bologna.
- Gemmell R.P., 1977. *Reclamation and planting of spoiled land*. In Clouston B. (eds.), *Landscape design with plants*, Heinemann: 179 - 208.
- Giardini L., 1977. *Agronomia generale*. Patron, Bologna.
- Haigh M.J. (eds.), 2000. *Reclaimed land. Erosion control, soils and ecology*. A.A.Balkema, Rotterdam.
- Jordan W.R. III, Gilpin M.E., eAber J.D, 1987. *Restoration ecology a synthetic approach to ecological research*. Cambridge Univ. Press.
- Lal R. (eds.), 1999. *Soil quality and soil erosion*. CRC Press, Boca Raton (FL).
- Landi R., 1999. *Agronomia ed ambiente*, Edagricole. Bologna.
- Panero M., 1987. *La salinità del terreno, dei fertilizzanti e delle acque di irrigazione*. REDA, Roma.
- Rogo R., 1995. *La concimazione organica e le tecniche di compostaggio*. Demetra, Verona.
- Roose E., 1994. *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*.Ed. FAO, Roma.
- Russell E.WT., 1982. *Il terreno e la pianta. Fondamenti di agronomia*. Edagricole, Bologna.
- Santoni I., 1981. *Conoscere il terreno*. REDA, Roma.
- Sequi P. (eds.), 1989. *Chimica del suolo*. Patron Editore, Bologna.
- Tate R.L. III e Klein D.A., 1985. *Soil reclamation processes. Microbiological analyses and applications*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Tueller P.T. (eds.), 1988. *Vegetation science applications for rangeland analysis and management*. Kluwer Acc.Press, Dordrecht, (NL).

Vismara R, 1988. *Ecologia applicata*. Hoepli, Milano

Zucconi F., 1996. *Declino del suolo e stanchezza del terreno*. Spazio Verde, Padova.

Williamson N.A., Johnson M.S. e Bradshaw A.D., 1982. *Mine waste reclamation. The establishment of vegetation on metal mine wastes*. Mining Journal Books, Londra.

#### 4.12.6 BIBLIOGRAFIA

AA.VV., 1983.- *Alberi e arbusti dell'Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna, Azienda Regionale delle Foreste.

Bernetti G., 1998. *Selvicoltura speciale*. UTET, Torino.

AA.VV., 1993. *Bibliografia fitosociologica italiana*. Fitosociologia 31.

Besio F. e Lucchetta A., 1993. *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica*. Regione Emilia-Romagna, Regione Veneto.

Alessandrini A. e Tosetti T. (eds.), 2001. *Habitat dell'Emilia-Romagna*. Manuale per il riconoscimento secondo il metodo europeo "CORINE – biotopes". IBC, 23.

Biondi E., 1996. *Il ruolo della fitosociologia nell'ecologia del paesaggio*. In (Ingegnoli e Pignatti, eds.) *L'ecologia del paesaggio in Italia*: 51-63, Città Studi edizioni.

Auge P., Allemand P. e Hames R., 1973. *Les arbres et arbrisseaux acclimatés en région méditerranéenne française*. INRA, Parigi.

Bourgery C., Castaner D., 1988. *Les plantations d'alignement*. Institut, Parigi.

AA.VV., 1981. *La réalisation pratique des haies brise vent ed bandes boisees*. Institut pour le developpement forestier, Parigi.

Bradshaw A.D., Chadwick M.J., 1980. *The restoration of the land*. University of California press, Los Angeles.

Baldoni R., Kokeny B. e Lovato A., 1981. *Le piante foraggere*. REDA, Roma.

Carbonari A e Mezzanotte M., 1993. *Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio*. Provincia autonoma di Trento, Servizio ripristino e valorizzazione ambientale, Trento.

Bagnaresi U. e Chiusoli A., 1976. *Ricerche sull'impiego di arbusti per il consolidamento, la protezione, il miglioramento di pendici degradate. Primi risultati di prove di semina e piantagione nella colina bolognese*. L'italia Forestale e Montana 5: 196-209.

Cristofolini G. e Galloni M., 2001. *Guida alle piante legnose dell'Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna.

Bagnaresi U., Ferrari C., Muzzi E. e Rossi G., 1990. *Revegetation by minimal intervention of a clay quarry in the northern Apennines (Italy): preliminary results*. In: (Ravera O. ed.) *Terrestrial and aquatic ecosystems. Perturbation and recovery*: 410-416. Ellis Horwood.

Fariselli R., Piccoli F. e Speranza M., 2001. *Aggiornamento alla lista dei syntaxa segnalati per la Regione Emilia-Romagna*. Fitosociologia 38(2), Suppl. 1: 93-112.

Bagnaresi U., Ferrari C., Muzzi E. e Rossi G., 1991. *Ricerche sulla sistemazione a verde di una cava di argilla (Appennino reggiano)*. Comune di Carpiteti, Regione Emilia-Romagna.

Gradi A., 1994. *Vivaistica forestale*. Edagricole, Bologna.

Bellari C., Giannini R. e Proietti A.M., 1994. *Semi ed arbusti di latifoglie arboree ed arbustive*. Ed. Provincia Autonoma di Trento, Trento.

Guinaudeau C., 1987. *Planter aujourd'hui, batir demain, le préverdissement*. Institut pour le developpement forestier, Parigi.

Hartmann H.T. e Kester D.E., 1990. *La propagazione delle piante*. Edagricole, Bologna.

Bernardoni A. e Casale F. (eds.), 2000. *Zone umide d'acqua dolce. Tecniche e strategie di gestione della vegetazione palustre*. Quad. Ris. Nat. Paludi di Ostiglia 1.

Ingegnoli V.(eds.), 1997. *Esercizi di ecologia del paesaggio*, Città Studi Edizioni, Milano.

Ingegnoli V., 1993. *Fondamenti di ecologia del paesaggio*. Città Studi Edizioni, Milano.

- Landolt E., 1977. *Oekologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. Ver. Des Geobot. Inst. Der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rubel, Zurig. Helf 64
- Lassini P., Pandakovic D., 1996. *Il diegno del paesaggio forestale*. Il verde editoriale, Milano.
- Martini F. e Paiero P., 1988. *I salici d'Italia*. Ed. LINT, Trieste.
- Muzzi E. e Rossi G., 1992. *Tecniche di rivegetazione in una cava d'argilla nell'Appennino settentrionale con interventi ad elevata artificializzazione*. Atti del Convegno: Le piante spontanee nel ripristino ambientale e nell'ambiente urbano: 18-22. Verde Ambiente, Materiali. Suppl. 6, Roma.
- Muzzi E. e Roffi F., 1999. *Risultati e problematiche del recupero ambientale su substrati minerali argillosi*. Atti del Convegno "Recupero ambientale delle aree di cava nel quadro normativo e pianificatorio regionale": 79-82. Ferrara, 6 aprile 1998. Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Paiero P., Semenzato P. e Urso T., 1996. *Biologia vegetale applicata alla tutela del territorio*. Ed. Progetto, Padova.
- Piccoli F. e Puppi G., 1997. *Lista dei syntaxa segnalati per la Regione Emilia-Romagna*. Fitosociologia 33: 37-48.
- Piccoli F., Boldregghini P. e Gerdol R., 1983. *Aspetti naturalistici di alcune zone umide d'acqua dolce della bassa Pianura Padana*. Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Piotto B., 1992. *Semi di alberi e arbusti coltivati in Italia: come e quando seminarli*. Ed. SAF, Roma.
- Regione Toscana, 2000. *Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica*. Regione Toscana.
- Schiechl H. M., 1973. *Bioingegneria forestale*. Basi, materiali da costruzione vivi, metodi. Edizioni Castaldi, Feltre.
- Schiechl H.M., 1996. *I salici nell'uso pratico*. Ed. ARCA, Trento.
- Schiechl H.M. e Stern R., 1992. *Ingegneria naturalistica: manuale delle opere in terra*. Ed. Castaldi, Feltre (Tn).
- Senni L. e Merloni N., 1993. *Ecosistema palustre a Cervia*. Provincia di Ravenna, Suppl. al numero 4.
- Tomaselli M., 1997. *Guida alla vegetazione dell'Emilia-Romagna*. Collana Annali Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, Università di Parma.
- Ubaldi D., Puppi G. e Zanotti A.L., 1996. *Cartografia fitoclimatica dell'Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Zocca A., 1999. *La propagazione di alberi ed arbusti*. Edagricole, Bologna.

#### 4.12.7 BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., 1983. *Alberi e arbusti dell'Emilia - Romagna*. Regione Emilia-Romagna, Azienda Regionale delle Foreste, Bologna.
- AA.VV., 1985. *Le cave di Gaggio*. LIPU, Biblioteche di Marcon e di Quarto d'Altino.
- Avery M. e Leslie R., 1990. *Birds and forestry*. T & AD Poyser: 124-127 London.
- Alieri R. e Fasola M., 1990. *Un modello naturalistico per le Riserve della Lombardia a protezione delle colonie di uccelli acquatici*. *Acer*, 6 (5): 14-17.
- Alieri R. e Fasola M., 1992. *Breeding site requirement for Herons*. In: Finlayson M., Hollis T., Davis T. (Eds.), *Managing mediterranean wetlands and their Birds*. I.W.R.B., 20: 206-209.
- Allegri M. e Marchini C., 2001. *Potenzialità ornitica delle Cave Danesi (Soncino, Cremona)*. *Avocetta*, 25: 167.
- Baldin M., 1999. *Prime indagini sull'avifauna dell'Oasi provinciale "Laghetto di Martellago" (Venezia)*. *Avocetta*, 23: 62.
- Bang P. e Dahlstrom P., 1977. *Animal tracks and signs*. 112-138 Collins, London.

- Bassi E., 2002. *Scelta del sito di nidificazione e alimentazione del Gufo reale (Bubo bubo, Strigiformes, Aves) nel settore orientale delle Prealpi Bergamasche*. Tesi di Laurea, Università di Pavia.
- Boldreghini . e Santolini R., 1995. *Uccelli acquatici e acquacoltura: conservazione e conflitti*. Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana, 9: 211-216.
- Boldreghini P., Santolini R. e Volponi S., 1993. *Il Cormorano*. Laguna, 14-15: 28-33.
- Brichetti P. e Cambi D., 1985. *Atlante degli uccelli nidificanti in provincia di Brescia (Lombardia) 1980-1984*. Monogr. Natura Bresciana, 8.
- Brichetti P. e Cambi D., 1990. *Atlante degli uccelli svernanti in provincia di Brescia (Lombardia) – Inverni dal 1984-85 al 1987-88*. Monogr. Natura Bresciana, 14.
- Brichetti P. e Fasola M. (a cura), 1990. *Atlante degli uccelli nidificanti in Lombardia 1983-1987*. Ramperto, Brescia.
- Buckley G.P. (Ed.), 1989. *Biological habitat reconstruction*. Belhaven Press, London.
- Cappelli M., 1989. *Criteri generali per l'utilizzo del materiale vegetale nel recupero delle cave*. Acer, 5 (3): 51-52.
- Carter D.J. e Hargreaves B., 1994. *Caterpillars of Britain and Europe*. Harper Collins, London.
- Cavassa L., 1996. *Fauna*. In (Rossi G., ed.) Riserva naturale di Alfonsine: 113-135.
- Ceschel F. e Fogato M., 1989. *L'insediamento di specie vegetali su una cava di monte*. Acer, 5 (3): 53-56.
- Chaplin P.H., 1989. *Waterway conservation*. Whittet Books, London.
- Chelini A., 1984. *Le Anatre selvatiche*. Olimpia, Firenze: 98-100.
- Chiavetta M., 1981. *I rapaci d'Italia e d'Europa*. Rizzoli, Milano.
- Ciutti F., Siligardi M., Giordani V., Cappelletti C. e Monauni C., 1999. *Effetti della torbidità sulla comunità macrobentonica*. Biologia Ambientale, 13 (suppl. 1): 351-355.
- Costa M. e Danesi D. (eds.), 2001. *Piano Faunistico Venatorio della Provincia di Ravenna*. Provincia di Ravenna, Settore Politiche Agricole e Sviluppo Rurale (documento interno).
- De Pauwn N. e Joyce J. (Eds.), 1992. *Aquaculture and the environment*. European Aquaculture Society, 16.
- De Rocco P. e Antoninetti M., 1990. *Torrile, l'oasi "Il Cavaliere d'Italia"*. Acer, 6 (2): 12-15.
- Dimaggio C. e Ghiringhelli R. (eds.), 1999. *Reti ecologiche in aree urbanizzate*. FrancoAngeli, Milano.
- Draulans D., 1987. *The effect of prey density on foraging behaviour and success of adult and first-year Grey Herons (Ardea cinerea)*. J. Anim. Ecol., 56: 479-493.
- Ferri V., 2000. *Una strategia regionale di conservazione degli anfibi: il "Progetto ROSPI Lombardia"*. Atti I Congr. Naz. Societas Herpetologica Italica - Torino: 767-772.
- Forman R.T.T. e Godron M., 1986. *Landscape ecology*. Wiley, New York.
- Fornasari L., Bottoni L., Massa R., Fasola M., Brichetti P. e Vigorita V., 1992. *Atlante degli uccelli svernanti in Lombardia*. Regione Lombardia – Università degli Studi, Milano.
- Foschi U.F. e Gellini S., 1992. *Avifauna e ambiente in provincia di Forlì*. Prov. Forlì, Mus. Orn. "F.Foschi".
- Frugis S., 1980. *Gli uccelli – Dizionario illustrato dell'avifauna italiana*. Olimpia, Firenze.
- Fry C.H., Fry K. e Harris A., 1992. *Kingfishers, Be-eaters e Rollers*. Princeton University Press, Princeton (New Jersey).
- Fuller R.J., 1982. *Bird habitats in Britain*. T & AD Poyser, Calton.
- Giovine G., 2000. *Le operazioni di salvataggio anfibi lungo la S.P. 76 (Lago di Endine, Val Cavallina – Bergamo): consuntivo quinquennale (1992-1996)*. Atti I Congr. Naz. Societas Herpetologica Italica - Torino: 763-766.

- Groppali R., 1999. *Cave, discariche e aree dismesse: problematiche ambientali e prospettive di recupero*. *Biologia Ambientale*, 13 (suppl. 1): 171-181.
- Groppali R., 2000. *Conservazione della natura e delle sue risorse*. Dispensa del Corso – Università di Pavia (dattiloscritto).
- Groppali R., 2000 (a). *Avifauna in tre aree con differente dotazione arborea (filare, arboricoltura a lembo boscato) presso Cremona nel corso di un anno*. *Pianura*, 12: 89-116.
- Groppali R., 2001. *Ecologia e valutazione ambientale*. Dispensa del Corso – Politecnico di Milano.
- Groppali R. (in stampa). *Piccole raccolte d'acqua ferma e avifauna nella Valpadana centrale nel corso di un anno*. Picus.
- Hefner H., 1983. *Creation of a breeding site for tree-nesting Herons*. In: Evans P.R. (Ed.), *Shorebirds and large waterbirds conservation*. *Comm. Eur. Com.*, Bruxelles: 129-133.
- Lack P., 1992. *Birds on lowland farms*. HMSO: 100-118 London.
- Locatelli R. e Paolucci P., 1998. *Insettivori e piccoli roditori del Trentino*. Servizio Provinciale Parchi e foreste demaniali – Parco Adamello Brenta – Parco Paneveggio Pale di S.Martino – Museo Tridentino Scienze Naturali, Trento.
- Mac Arthur R.H. e Wilson E.O., 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Magnani A., Baccetti N., Bruni E., Calesini L., Serra L. e Zenatello M., 2001. *Effetti della costruzione di isolotti sui Charadriiformes nidificanti nella Salina di Cervia*. *Avocetta*, 25: 118.
- Malavasi D., 1998. *Osservazioni sulla comunità ornitica del Bosco Panfilia*. *Rivista Italiana di Ornitologia*, 68 (2): 175-182.
- Malavasi D. e Tralongo S., 1999. *Osservazioni sulle comunità di Lepidotteri Ropaloceri e Odonati presenti nel Parco regionale dello Stirone*. *Pianura*, 11: 133-145.
- Malcevschi S., 1999. *La rete ecologica della provincia di Milano*. FrancoAngeli, Milano.
- Marchant J.H. e Hyde P.A., 1980 - *Aspects of the distribution of riparian Birds on waterways in Britain and Ireland*. *Bird Study*, 27: 183-202.
- Marion L., Cleargean P., Brient L. e Bertru G., 1994. *The importance of avian-contributed nitrogen (N) and phosphorus (P) to Lake Grand-Lieu, France*. *Hydrobiologia*, 279-280: 133-147.
- Moore N.W. e Hooper M.D., 1975. *On the number of Bird species in British woods*. *Biol. Conserv.*, 8: 239-250.
- Naveh Z. e Liebermann A.S., 1984. *Landscape ecology*. Springer-Verlag, New York.
- New T.R., 1995. *An introduction to Invertebrate conservation biology*. Oxford University Press, New York.
- Nilsson S.G. e Nilsson I.N., 1978. *Breeding Bird community densities and species richness in lakes*. *Oikos*, 31: 214-231.
- Oneto G., 1989. *Cave e paesaggio*. *Acer*, 5 (3): 25-27.
- Owen M., 1977. *Wildfowl in Europe*. McMillan, London.
- Paci A.M., 1999. *L'importanza delle zone umide artificiali per la conservazione e lo studio dell'avifauna: l'esempio dello stagno venatorio di San Romano (Perugia – Arezzo)*. *Avocetta*, 23: 67.
- Pain D., 1992. *Lead poisoning in Birds: a southern european perspective*. In: Hollis T., Davis T. (Eds.), *Managing mediterranean wetlands and their Birds*. *I.W.R.B.*, 20: 109-114.
- Parr D., 1974. *The effect on wildfowl of sailing at Island Barn Reservoir*. *Survey Bird Rep. for 1973*, 21: 74-78.
- Perco F. (s.d.). *Ungulati*. Lorenzini - *Natura intorno a noi* 3, Udine: 159.
- Pieri M. e Cristaldi L., 1999. *Esperienza di rinaturazione nel Parco fluviale del Po. Creazione di un ambiente di lanca fluviale all'interno della fascia golenale del Po alessandrino*. *Biologia Ambientale*, 13 (suppl. 1): 505-509.
- Quiri A., 1989. *Il recupero ambientale come opportunità economica*. *Acer*, 5 (3): 13.

- Rabacchi R., 1999. *Siepi, nidi artificiali e mangiatoie*. CISNIAR, Cierre Ed., Caselle di Sommacampagna (Verona).
- Rallo G., Pandolfi M., 1988. *Le zone umide del Veneto*. Muzzio, Padova.
- Ravasini M., 1998. *Gli uccelli dell'Oasi LIPU di Torrile*. Il Fadabbio, Reggio Emilia.
- Ravasini M., Lambertini M.e Tallone G., 1992. *An italian experience of wildlife management: the creation of a new wetland area, Torrile LIPU Reserve*. In: Hollis T., Davis T. (Eds.), *Managing mediterranean wetlands and their Birds*. I.W.R.B., 20: 231-233.
- Ricciardelli D'Albore G. e Intoppa F., 2000. *Fiori e Api*. Calderini-Edagricole, Bologna.
- Santolini R., Boldreghini P., Montalliu X., Vistoli A. e Walsmley J., 1999. *Prime nidificazioni su dossi artificiali nella Pialassa della Baiona (Ravenna)*. Avocetta, 23: 91.
- Senni L. e Merloni M., 1993. *Ecosistema palustre a Cervia*. Studio di fattibilità per la creazione di una zona umida a fini scientifico-didattici e turistici accanto alle Saline di Cervia. Provincia di Ravenna, Assessorato al Turismo.
- Scoccianti C., Emiliani D. e Lazzari G., 2000. *Metodi di salvaguardia dal rischio di investimento stradale applicati ad una popolazione di Emys orbicularis lungo un tratto della strada SS 309 "Romea" presso Ravenna*. Atti I Congr. Naz. Societas Herpetologica Italica - Torino: 809-814.
- Scoccianti G. e Scoccianti C., 1999. *Gli stagni della piana fiorentina: problemi connessi all'attività venatoria su zone umide relitte e necessità di gestione alternativa*. Biologia Ambientale, 13 (suppl. 1): 539-544.
- Snow B. e Snow D., 1988. *Birds and berries*. T & AD Poyser, Calton.
- Tanner M.F., 1979. *Wildfowl, reservoirs and recreation*. Water Space Amenity Commission Research Report, 5.
- Tedaldi G. e Crudele G., 2001. *Le iniziative per lo studio, il monitoraggio e la salvaguardia degli anfibi nelle Riserve demaniali Casentinesi (Appennino Tosco-Romagnolo)*. Pianura, 13: 193-196.
- Tosetti T. (ed.), 1997. *Vedi alla voce natura*. Repertorio bibliografico su flora, vegetazione e fauna vertebrata in Emilia-Romagna. Grafis ed., Istituto per i Beni Artistici, Culturali e Naturali della Regione Emilia-Romagna.
- Van Gelder J.J., 1973. *A quantitative approach to the mortality resulting from traffic in a population of Bufo bufo L.*. Oecologia, 13: 93-95.
- Vink A.P.A., 1983. *Landscape ecology and land use*. Longman, London.
- Volponi S. e Cavassa L., 2002. *Studio sulla fauna della Riserva Naturale di Alfonsine*. Comune di Alfonsine e Regione Emilia-Romagna (rapporto interno).
- Witt R., 1987. *Cespugli e arbusti selvatici*. Muzzio, Padova.
- Zampaglione D., 1989. *Il recupero delle cave in presenza di specchi d'acqua*. Acer, 5 (3): 40-41.

#### 4.12.8 BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1984. *Il miglioramento dei pascoli appenninici*. Associazione nazionale laureti in scienze forestali, Bologna.
- AA.VV., 1987. *La cura dei rimboschimenti*. Edagricole, Bologna.
- AA.VV., 1994. *La destinazione forestale dei terreni agricoli*. Atti del seminario "La destinazione forestale dei terreni agricoli", ENEA Brasimone, Bologna.
- Barnhisel R.I., Darmody R.G., e Daniels W.L. (eds.), 2000. *Reclamation of disturbed lands*. American Society of Agronomy and Academic Press, Madison (WI).
- Buckley G.P. (eds), 1995. *Biologica habitat reconstruction*. J. Wiley and Son, Chichester (UK).
- Cairns J. Jr (eds), 1995. *Rehabilitating damaged ecosystems*. Lewis Publishers, Boca Raton (FL).

- Cappelli M., 1982. *Elementi di selvicoltura generale*. Edagricole, Bologna.
- Fazio D. e Quaglio G., 1995. *Monitoraggio degli interventi di recupero ambientale in aree di cava*. ACER 5/95, Milano 32-36 pp.
- Jordan W.R. III, Gilpin M.E. e Aber J.D., 1987. *Restoration ecology a synthetic approach to ecological research*. Cambridge Univ. Press, Cambridge .
- Morgan R.P.C. e Rickson R.J., 1995. *Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach*. E & FN Spon, Londra.
- Piussi P., 1994. *Selvicoltura generale*. UTET, Torino.
- Rapparini, 1996. *Il diserbo delle colture*. Informatore Agrario, Verona.
- Regione Toscana, 2001. *Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica*, Col.1 e 2, Regione Toscana, Firenze
- Tueller P.T. (eds), 1988. *Vegetation science applications for rangeland analysis and management*. Kluwer Acc.Press, Dordrecht, (NL).

#### 4.12.9 BIBLIOGRAFIA

---

- Barnhisel R.I., Darmody R.G. e Daniels W.L. (eds.), 2000. *Reclamation of disturbed lands*. American Society of Agronomy and Academic Press, Madison (WI).
- Boca D., e Oneto G. (eds.), 1989. *Zone ad alto impatto: progetto, gestione e recupero di discariche, cave, miniere ed aree difficili o inquinate*. Pirola Editore, Milano.
- Buckley G.P. (eds), 1995. *Biologica habitat reconstruction*. J. Wiley and Son, Chichester (UK).
- Di Fidio M., 1990. *Architettura del paesaggio* (3a ed.). Pirola Editore, Milano.
- Jordan W.R. III, Gilpin M.E., Aber J.D., 1987. *Restoration ecology a synthetic approach to ecological research*. Cambridge Univ. Press.

#### 4.12.10 BIBLIOGRAFIA

---

- Giannitelli R., 1997. Guida operativa alla redazione di Capitolati e Computi Metrici Estimativi. *Nuova Italia Scientifica, Firenze*.
- Cianciulli G., 1999. Lavori a corpo e a misura. *ACCA, Avellino*.
- Reggiani G., 1988. Manuale dei Lavori Pubblici - *Pirola Editore, Milano*.
- Turco Livieri G., 1988. L'ABC degli appalti pubblici di lavori - *Il sole 24 Ore, Milano*.
- Cianflone A. e Giovannelli G., 1999. L'appalto di opere pubbliche. *Giuffrè Editore, Milano*.
- Da Re R., 1997. La determinazione analitica dei costi di costruzione. *Appunti per il corso di Estimo e contabilità dei lavori, Istituto Universitario di Architettura di Venezia, Venezia*.
- Sani L., 1997. Il recupero ambientale delle cave. - *Foreste e Alberi Oggi, n. 27, Ottobre*.
- Cavallaro M. e Viggiano L., 1997. La contabilità informatizzata dei lavori pubblici. *Il sole 24 Ore, Milano*.