Realizzato nell'ambito del progetto NAPEA

NAPEA

Progetto di cooperazione transfrontaliera Italia-Francia
Alcotra 2007-2013

ISBN 978-88-906677-1-8

Manuale tecnico dei miglioramenti fondiari in zona montana

MANUALE TECNICO DEI MIGLIORAMENTI FONDIARI IN ZONA MONTANA

Esecuzione delle opere, problematiche e risultati

Mauro **Bassignana**, Annalisa **Curtaz,**
Fabienne **Curtaz,** Michele **D'Amico,**
Gianluca **Filippa**, Michele **Freppaz,**
Massimiliano **Icardi**

MANUALE TECNICO DEI MIGLIORAMENTI FONDIARI IN ZONA MONTANA

Esecuzione delle opere, problematiche e risultati

Mauro **Bassignana**, Annalisa **Curtaz,** Fabienne **Curtaz,** Michele **D'Amico,** Gianluca **Filippa**, Michele **Freppaz,** Massimiliano **Icardi**

MANUALE TECNICO DEI MIGLIORAMENTI FONDIARI IN ZONA MONTANA

A cura di
Mauro **Bassignana**, Annalisa **Curtaz**
e Francesca **Madormo**

Autori
Mauro **Bassignana**, IAR, Aosta
Annalisa **Curtaz**, IAR, Aosta
Fabienne **Curtaz**,
DIVAPRA e NatRisk, Università di Torino
Michele **D'Amico**,
NatRisk, Università di Torino
Gianluca **Filippa**,
NatRisk, Università di Torino
Michele **Freppaz**,
NatRisk, Università di Torino
Massimiliano **Icardi**,
NatRisk, Università di Torino

Il progetto
Il progetto NAPEA (2009-2011)
è stato cofinanziato dall'Unione Europea,
attraverso il FESR, nel quadro
del programma ALCOTRA 2007-2013
(progetto n. 101), dalla Repubblica Italiana
e dalla Regione Autonoma Valle d'Aosta.
I partner del progetto sono:
Regione Autonoma Valle d'Aosta,
Assessorato Agricoltura e risorse naturali
(capofila); Institut Agricole Régional, Aosta (I);
SUACI Alpes du Nord, Saint-Baldoph (F).

Editore IAR - Institut Agricole Régional,
Rég. La Rochère 1/A, I-11100 Aosta.

Anno 2011

Stampa Tipografia Testolin Bruno

ISBN
978-88-906677-1-8

Progetto grafico
Lauriane **Talichet**

Ringraziamenti
Gli autori desiderano ringraziare tutti
gli agricoltori e gli impresari che, con grande
disponibilità, hanno collaborato alle attività
di ricerca e tutte le persone che hanno dato
un prezioso contributo alla realizzazione
del progetto e a questa pubblicazione:
Luca **Dovigo**, Cristina **Galliani**, Santa **Tutino**,
Ennio **Hugonin** e Cristiano **Sedda**,
Assessorato Agricoltura e risorse naturali,
Regione Autonoma Valle d'Aosta;
Diego **Arlian**, Luca **Carrel** e Alessandro **Neyroz**,
Institut Agricole Régional, Aosta;
Fanny **Journot** e Cécile **Meyer**,
SupAgro, Montpellier e IAR
Maurizio **Bovio** e Laura **Poggio**, botanici, Aosta;
I Dottori Agronomi e Forestali Angèle **Barrel**,
Eugenio **Bovard**, Enrico **Ceriani**,
Grato **Chatrian**, Paola **Flamini**, Luca **Pezzuolo**,
Elena **Pittana** ed Enrico M. **Primerano**;
Ezio **Mossoni**, Coldiretti Valle d'Aosta;
Silvia **Stanchi**, NatRisk, Università di Torino.

Crediti fotografici
Le illustrazioni del presente manuale, se non
diversamente indicato in didascalia,
sono degli autori, ad esclusione di:
Figure 4, 9, 12, 13, 19, 23, 24, 36
e la figura a pag. 63, di G. **Chatrian**;
Figure alle pag. 9, 13, 25 e 41,
di M. **Fiou** e L. **Pezzuolo**.

Sommario

Prefazione **7**

Il progetto NAPEA 7

1 Introduzione (M. Freppaz, M, Bassignana)..... **9**

2 Rilievi *ante operam* (A. Curtaz, M. Icardi) **13**

2.1 Rilevamento piano altimetrico e rappresentazione cartografica dell'area 14
2.2 Indagini geologiche e geotecniche .. 15
2.3 Indagini idrologiche, idrogeologiche e climatiche 15
2.4 Indagini pedologiche 16
2.5 Indagini floristiche 22

3. Modalità di esecuzione delle opere (F. Curtaz, M. D'Amico, A. Curtaz) **25**

3.1 Sistemazione dei terreni 27
3.2 Lavori preparatori 27
3.3 Asporto degli orizzonti superficiali del suolo 27
3.4 Scavi 30
3.5 Modellamento delle superfici 30
3.6 Spietramento 32
3.7 Riporto degli orizzonti superficiali del suolo 33
3.8 Macinazione dello scheletro e distribuzione di suolo da altre zone (suolo alloctono) 34
3.9 Ripristino e restauro del suolo 36
3.10 Opere di ingegneria naturalistica e altre opere accessorie 38
3.11 Macchine utilizzate in cantiere..... 39

4. Inerbimento (M. Bassignana, A. Curtaz) **41**

4.1 Concimazione di fondo e apporto di ammendanti..... 42
4.2 Preparazione finale del terreno per la semina 43
4.3 Scelta del miscuglio 44
4.4 Specie consigliate per la risemina dei prati 46
4.5 Graminacee più interessanti 46
4.6 Graminacee di interesse secondario .. 48
4.7 Leguminose 49
4.8 Specie meno adatte alla semina di prati-pascoli permanenti in Valle d'Aosta . 51
4.9 Esempi di miscugli 53
4.10 Costo della semente 53
4.11 Dose di semina 54
4.12 Epoca di semina 55
4.13 Tecniche di semina 56

5. Tecniche di restauro ecologico: impiego di materiale nativo (A. Curtaz) **57**

5.1 Raccolta di seme indigeno 58
5.2 Inerbimento spontaneo 59
5.3 Altri metodi di rivegetazione 59
5.4 Tecniche di semina alternative 61

6. Operazioni da effettuare dopo la semina (A. Curtaz, M. Bassignana) **63**

6.1 Rullatura 64
6.2 Regimazione delle acque e irrigazione 64
6.3 Concimazione 64
6.4 Sfalci di pulizia 64
6.5 Pascolo 65
6.6 Inerbimento insoddisfacente: gli errori più comuni 65

7. Valutazione degli impatti dei miglioramenti fondiari: casi di studio (F. Curtaz, G. Filippa, M. Bassignana) ... **67**

7.1 Modalità di esecuzione dei rilievi pedologici 68
7.2 Caratteristiche dei siti di studio 69
7.3 Profili pedologici 72
7.4 Gaby: risultati nel breve periodo 77
7.5 Verrayes e Saint-Denis: risultati nel

medio periodo 83
7.6 Composizione floristica dei prati riseminati 86
7.7 Conclusioni: impatto dei miglioramenti fondiari sulle caratteristiche del suolo e dei prati 90

Bibliografia e sitografia 93

Prefazione

Il progetto NAPEA

NAPEA - *Nouvelles Approches sur les Prairies dans l'Environnement Alpin* - è un progetto di cooperazione transfrontaliera tra la Francia e l'Italia, realizzato nell'ambito del programma Interreg III - Alcotra.
L'Assessorato Agricoltura e risorse naturali della Regione Autonoma Valle d'Aosta ha assicurato il coordinamento globale del progetto, i partner tecnici sono stati il Suaci Alpes du Nord, per la Francia, e l'Institut Agricole Régional (IAR), per l'Italia.
Il progetto, finalizzato all'acquisizione di informazioni sulla diversità e sulla gestione dei prati permanenti, è stato condotto in Valle d'Aosta e nei dipartimenti francesi di Savoia e Alta Savoia.
Dal punto di vista operativo, il progetto è stato suddiviso in tre parti, ciascuna delle quali è stata è oggetto di una sintesi tecnica.

Studio della diversità dei prati permanenti

Questa parte è stata finalizzata a:
i) analizzare la diversità dei prati, in relazione ai diversi tipi di vegetazione e alla ricchezza di specie;
ii) esaminare come gli agricoltori prendono in conto e gestiscono questa diversità.

Salvaguardia della biodiversità e della produzione dei prati permanenti di fronte all'invasione delle specie invasive

Anche nelle vallate alpine si stanno diffondendo specie vegetali di origine esotica, molto competitive e a volte pericolose per la salute di animali e uomini. La proliferazione di specie animali (arvicole, cinghiali), inoltre, provoca il deterioramento della flora dei prati. La seconda parte del progetto NAPEA si è focalizzata sulle specie animali e vegetali invasive che diminuiscono la produzione e la qualità dei prati e che costituiscono una reale minaccia per la loro diversità.

Impatto dei lavori di rinnovamento e di miglioramento fondiario sui prati permanenti

In occasione di lavori di miglioramento fondiario o per riparare i danni provocati da calamità naturali, si rendono necessarie operazioni di rinnovamento e di sistemazione dei terreni, capaci di assicurarne un'utilizzazione agricola durevole.
La terza parte del progetto NAPEA si è posta lo scopo di definire corrette pratiche di intervento, che salvaguardino il valore agronomico dei suoli e permettano di ottenere, nel giro di pochi anni, prati permanenti di valore agricolo confacente alle attese.
Il presente documento riporta i risultati dei lavori svolti nell'ambito della terza parte.

Capitolo 1
Introduzione

Capitolo 1
Introduzione

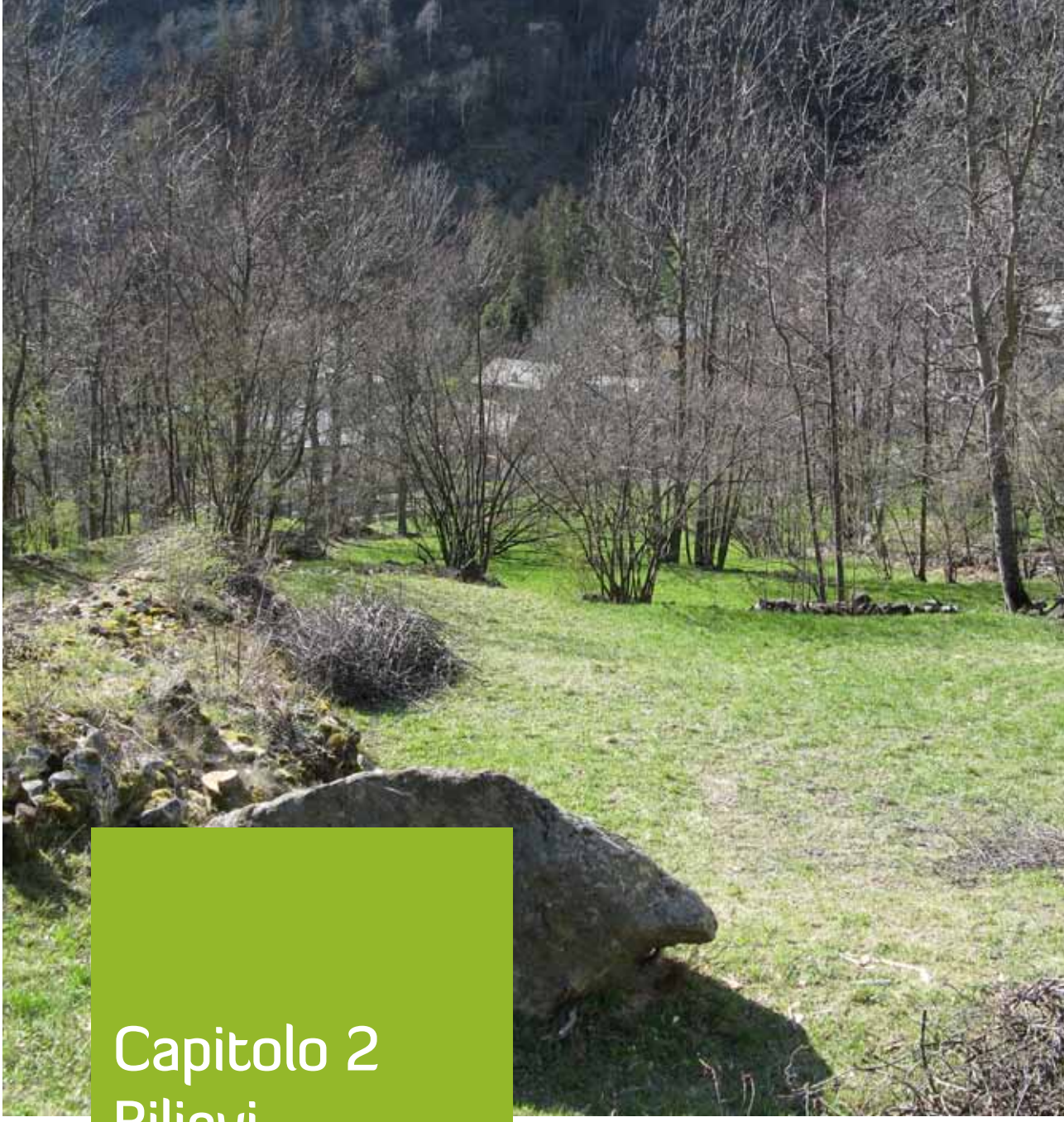
Le aree di montagna sono caratterizzate da pendii acclivi, da una superficie agraria estremamente frammentata e in molti casi scarsamente meccanizzabile. Le limitazioni che influenzano la gestione di tali superfici, portano, in molti casi alla decisione di abbandonare le aree più marginali.
Per cercare di frenare questa tendenza e promuovere il mantenimento del territorio mediante il suo utilizzo sono stati realizzati nel tempo numerosi interventi di miglioramento fondiario.
Le tipologie di intervento sono molteplici e prevedono diversi livelli di interventi sul territorio. Generalmente si interviene in un'area con l'obiettivo di stabilizzare i versanti (salvaguardia del territorio e regimazione delle acque) e di favorire un'utilizzazione più efficiente delle superfici agricole. In Valle d'Aosta possiamo annoverare svariate tipologie di intervento che vanno dal semplice livellamento di un'area agli interventi in cui è prevista anche la posa dell'impianto di irrigazione o il riordino fondiario.
Analizzando i miglioramenti fondiari finora realizzati, si evidenziano situazioni molto diverse per tipologia di intervento, estensione dell'area migliorata, obiettivi dell'intervento e, soprattutto, risultati ottenuti.
Un aspetto che non deve essere trascurato nel corso degli interventi di miglioramenti fondiari è la gestione del suolo, in quanto le operazioni meccaniche possono profondamente alterare le sue proprietà. Inoltre, sono ancora poco diffuse le pedotecniche corrette e le pratiche di restauro/ripristino del suolo da applicare per ottenere la massima efficacia degli interventi. Il presente manuale si pone dunque l'obiettivo di fornire ai tecnici del settore alcuni essenziali strumenti per la corretta esecuzione dei lavori di miglioramento fondiario.
In questa pubblicazione non verranno fornite informazioni specifiche circa le proprietà dei suoli o i processi pedogenetici che caratterizzano in modo particolare i suoli antropogenici: si rimanda per questo genere di nozioni alla Guida Pratica di Pedologia, pubblicata dall'Università degli Studi Torino – Centro NatRisk, nell'ambito di questo stesso progetto.
Le differenti operazioni svolte durante i lavori di miglioramento fondiario sui suoli agrari, producono effetti importanti non solo a livello gestionale o di qualità delle produzioni foraggere, ma hanno anche ripercussioni evidenti sulle proprietà chimiche e fisiche dei suoli. La corretta esecuzione degli interventi implica un'adeguata conoscenza della risorsa suolo la cui qualità, alla fine dell'esecuzione dei lavori, concorre significativamente a determinare il successo delle opere eseguite.

I finanziamenti degli interventi di miglioramento fondiario esigono che gli interventi siano eseguiti in maniera corretta, nei tempi previsti, producano effetti migliorativi delle capacità produttive dei suoli e permettano il recupero di superfici talvolta abbandonate. Le pubbliche amministrazioni hanno inoltre manifestato nel tempo l'esigenza di maggiori controlli sulle pratiche più onerose, come l'utilizzo di macchine per fresare i sassi e lo spargimento di suoli alloctoni, la cui provenienza e le cui caratteristiche non sempre sono oggetto di adeguata indagine. Tra i problemi emersi nell'esecuzione degli interventi, vi è sicuramente la mancanza di informazioni riguardo alle principali pedotecniche e pratiche di restauro pedologico che meglio valorizzino questi interventi e concorrano al ripristino di queste superfici.

In questo manuale saranno analizzati gli impatti che i lavori di sistemazione del suolo e le successive risemine hanno sulle caratteristiche pedologiche e sulla composizione botanica dei prati.

La prima parte del manuale tecnico fornisce indicazioni sulla corretta progettazione e realizzazione delle opere.

Nella seconda parte del manuale si analizzano più dettagliatamente tre esempi di miglioramenti fondiari eseguiti nel territorio valdostano: a Gaby, Saint-Denis e Verrayes.



Capitolo 2
Rilievi
ante operam

Capitolo 2
Rilievi *ante operam*

In fase preliminare, tramite sopralluoghi in loco e ricerca documentale, vanno raccolte tutte le informazioni utili a definire adeguatamente le caratteristiche del sito. Il livello di approfondimento dei rilievi *ante operam* è da valutare in relazione alla portata dell'opera: un intervento più invasivo richiederà la raccolta di informazioni più dettagliate. La valutazione delle caratteristiche dell'area prima dell'intervento, che dovrebbe includere anche un'analisi delle pratiche agronomiche adottate, assume rilievo non solo per decidere il tipo di intervento, ma anche per modularne l'intensità.
In fase progettuale vanno analizzati gli impatti che l'intervento avrà sull'area interessata e sui diversi sistemi coinvolti: acque, suolo, flora, fauna, paesaggio, società, attività agricole, tenendo conto innanzitutto della destinazione d'uso dei fondi dopo le opere di miglioramento.
Nelle fasi preliminari della progettazione, laddove sia realizzabile, è utile un'analisi storica dell'area con l'obiettivo di conoscere le caratteristiche e il tipo di utilizzazione effettuata precedentemente. È altresì opportuno individuare anche gli elementi che, per importanza paesaggistica o naturalistica, meritano di essere preservati.
La scelta di mantenere o eliminare determinati elementi del paesaggio è delicata e spesso mette in contrapposizione il punto di vista di chi progetta i miglioramenti fondiari e quello degli agricoltori che condurranno le superfici. Elementi come muretti a secco, cumuli di pietra o alberi, sono considerati tare improduttive e ostacoli alla meccanizzazione, sottovalutando il fatto che possono rappresentare, oltre che un elemento interessante dal punto di vista paesaggistico, rifugio per la fauna selvatica minore, corridoi ecologici o anche, nel caso degli alberi, un riparo dal sole per gli animali al pascolo. La necessità di lasciare degli "isolotti" inalterati si evidenzia particolarmente negli interventi di grande estensione, dove il reinserimento della vegetazione spontanea appare rilevante dal punto di vista del valore ecologico. L'obiettivo diventa, quindi, quello di ottenere una situazione soddisfacente anche dal punto di vista ambientale, oltre che dal punto di vista della gestione agricola, cercando il miglior compromesso tra le esigenze di meccanizzazione e la salvaguardia della biodiversità.

2.1 Rilevamento piano altimetrico e rappresentazione cartografica dell'area

La conoscenza preliminare dell'area d'intervento è pre-requisito indispensabile per ottimizzare gli interventi di miglioramento. Dall'esame preliminare delle cartografie, delle ortofotografie e dai successivi rilievi

in campo, è possibile ottenere informazioni preziose circa l'area che sarà interessata dai lavori di miglioramento fondiario. In particolare, saranno messi in luce, attraverso questi tipi di rilievi, le principali informazioni topografiche quali, ad esempio, l'esposizione, la pendenza e lunghezza del pendio, la presenza di opere di contenimento del suolo, di sentieri, alberi e siepi. Le tecniche di rilevamento topografico e gli strumenti comunemente impiegati sono illustrati nei manuali specifici.

2.2 Indagini geologiche e geotecniche

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

Queste indagini possono consistere in un esame preliminare della cartografia geolitologica esistente (es. Carta Geologica d'Italia), ma debbono poi essere integrate con specifici rilievi in campo per verificare le informazioni non sempre facilmente retraibili dalle carte.

2.3 Indagini idrologiche, idrogeologiche e climatiche

Frequentemente, quando si eseguono interventi di miglioramento fondiario, oltre ai normali interventi per ridurre la pendenza dei siti e facilitarne la meccanizzazione, si procede a realizzare impianti di irrigazione per far fronte alle richieste dei proprietari delle superfici agrarie (generalmente riuniti in Consorzi di Miglioramento Fondiario) che con essi vedrebbero incrementare le produzioni agricole. La necessità di irrigare è evidente soprattutto nelle fasi immediatamente successive alla semina per permettere ai semi di attecchire più rapidamente al substrato ed eventualmente sostenere la vegetazione nascente in caso di stress idrico.
Studi specifici relativi alla climatologia delle aree di intervento, integrati da valutazioni della capacità di ritenzione idrica del suolo, possono fornire importanti indicazioni circa l'opportunità o meno di realizzare impianti irrigui e dare informazioni utili per dimensionare le eventuali opere di invaso. La stima del contenuto d'acqua disponibile nel suolo, in particolare, può fornire indicazioni per la gestione del miglioramento e per la scelta delle specie da utilizzare negli interventi per il ripristino della componente vegetale. Il contenuto d'acqua presente in un dato momento nel suolo può essere facilmente misurato essiccando in stufa una quantità nota di campione di suolo e ripensandolo

poi asciutto (umidità gravimetrica), oppure attraverso l'utilizzo di un tensiometro con il quale si misura la forza con la quale l'acqua è trattenuta dal suolo. Una prima approssimazione della capacità idrica si può avere dalla porosità totale del suolo che è facilmente determinabile dalla formula:

Porosità % = 1 –(peso specifico apparente del suolo/peso specifico reale)

Dove il peso specifico reale può essere considerata costante e pari a 2,65 kg/dm^3 e quello apparente può essere facilmente determinata come rapporto tra peso/volume, vuoto per pieno, del suolo secco, prelevando il suolo mediante un cilindro di volume noto, successivamente essiccato in stufa a 105°C (anche in un comune forno) e pesato.
In questo ambito è di fondamentale importanza avere delle informazioni riguardo le condizioni climatiche che caratterizzano l'area d'intervento, ovvero il tempo medio atmosferico osservato in un arco temporale di almeno 30 anni. Osservazioni sul clima sufficientemente prolungate nel tempo sono generalmente raccolte dalle numerose stazioni meteorologiche presenti a livello regionale, gestite da enti differenti (es. Centro Funzionale della Regione Valle d'Aosta), che permettono di valutare con elevata accuratezza il clima di una regione alpina complessa quale ad esempio la Valle d'Aosta.

2.4 Indagini pedologiche

Le indagini pedologiche in fase di progetto preliminare si rivelano essenziali a contenere e ridurre i costi degli interventi previsti nei miglioramenti fondiari, permettendo di graduarli in funzione delle specifiche caratteristiche del suolo e della sua variabilità spaziale nell'area d'intervento. In tale ottica, nelle operazioni previste dai miglioramenti fondiari, un'attenzione particolare deve essere dedicata alla conservazione dei pedoambienti di particolare pregio, quali ad esempio le aree umide con il loro patrimonio vegetale e faunistico, importanti "serbatoi di biodiversità". La conoscenza delle caratteristiche dei suoli oggetto di miglioramento fondiario, quali ad esempio la potenza degli orizzonti del cosiddetto "terreno vegetale", possono fornire indicazioni essenziali al progettista per regolare la profondità di scavo e stabilire le zone di accumulo di questo materiale, ma anche per definire al termine dei lavori specifiche tecniche di restauro e di ricostituzione delle superfici agrarie. Anche la valutazione delle fertilità del suolo *ante operam*, attraverso ad esempio il sistema della FAO *Fertility Capability soil Classification* (FCC), può risultare utile nel definire gli interventi da realizzare nei miglioramenti fondiari. La FCC esprime un giudizio riguardo l'attitudine agricola dei suoli evidenziando i fattori limitanti per lo sviluppo dei vegetali ed è applicabile su vasta scala. Può sicuramente essere d'aiuto al professionista che deve fornire un giudizio sulla capacità d'uso dei suoli il manuale operativo prodotto dalla regione Piemonte e scaricabile al seguente indirizzo:
http://www.regione.piemonte.it/agri/suoli_terreni/dvd/documentazione/capuso_manop.pdf
La conoscenza delle caratteristiche e delle qualità dei suoli prima dell'intervento e un'accorta gestione della risorsa possono preservarla fino alla sua ricollocazione in sito ed evitarne eventuali contaminazioni e degradazioni (erosione, diminuzione del contenuto di sostanza organica, compattazione, diminuzione della stabilità strutturale).

Fig. 1
Indagine pedologiche in campo tramite analisi dei profili pedologici.

Pianificazione e realizzazione dell'indagine pedologica

L'attività di campo deve essere pianificata avvalendosi del repertorio cartografico esistente, in modo tale da programmare, nel modo più efficace possibile, la successiva fase di campo. Tali informazioni sono rinvenibili nelle carte dei suoli aventi una scala di 1:10.000 o 1:50.000 disponibili presso enti nazionali oppure presso le strutture regionali preposte, ma spesso ad una scala di minore dettaglio (1:250.000).
Le osservazioni di campagna permettono poi di raccogliere le necessarie informazioni pedologiche, attraverso la realizzazione di profili di suolo, trivellate e minipits (Fig. 1). Sono altresì eseguite in campo la determinazione della bulk density e delle prove penetrometriche per stimare la resistenza alla penetrazione del suolo.

Tab. 1 Intensità di campionamento in funzione della scala di dettaglio di alcuni recenti lavori

Ente e area studio	Scala	Superficie (km²)	Superficie (ha)	Profili	Rapporto profili/superficie	Rapporto punti transect/superficie
Ipla - Piemonte	250.000	25.000	2.500.000	320	1 profilo/8.000ha	nd
ARPAV Provincia TV	50.000	1.440	144.000	300 + 2.200 triv	1 profilo/480ha	1 punto/62ha
ARPAV Laguna VE	50.000	2.000	200.000	624 profili + 6.000 trivellate	1 profilo/320ha	1 punto/33ha
DIVAPRA VAA I conv.	10.000	7.00	70.000	150 profili + 150 punti transect	1 profilo/450ha	1 punto/450ha
CRA Massa Trentino	250.000	Trentino 6.200	620.000	700 profili	1 profilo/880ha	
Ipotesi 100 DIVAPRA VAA (proposta)	100.000	3.200 Da coprire circa 2.300	320.000 Da coprire circa 230.000	600 osservazioni (200 profili e 400 punti)	1 oss/400ha	
Ipotesi 50 DIVAPRA VAA (proposta)	50.000	3.200 Da coprire circa 2300	320.000 Da coprire circa 230.000	2.300 osservazioni	1 oss/100ha	

Tab. 2 Standard di rilevamento proposti dalla FAO, IPLA (2003).

	Standard di rilevamento (n. osservazioni/cm² di cartografia)			
	0,25 osservazioni/cm²	0,5 osservazioni/cm²	1 osservazione/cm²	2 osservazioni/cm²
Scala 1:5.000 1cm= 50 m 1cm²= 0,25 ha	1 osservazione ogni 1 ha	1 osservazione ogni 0,5 ha	1 osservazione ogni 0,25 ha	1 osservazione ogni 0,125 ha
Scala 1:10.000 1cm= 100 m 1cm²= 1 ha	1 osservazione ogni 4 ha	1 osservazione ogni 2 ha	1 osservazione ogni 1 ha	1 osservazione ogni 0,5 ha
Scala 1:25.000 1cm= 250 m 1cm²= 6,25 ha	1 osservazione ogni 25 ha	1 osservazione ogni 12,5 ha	1 osservazione ogni 6,25 ha	1 osservazione ogni 3,125 ha
Scala 1:50.000 1cm= 500 m 1cm²= 25 ha	1 osservazione ogni 100 ha	1 osservazione ogni 50 ha	1 osservazione ogni 25 ha	1 osservazione ogni 12,5 ha
Scala 1:100.000 1cm= 1000 m 1cm²= 100 ha	1 osservazione ogni 400 ha	1 osservazione ogni 200 ha	1 osservazione ogni 100 ha	1 osservazione ogni 50 ha
Scala 1:250.000 1cm= 2500 m 1cm²= 625 ha	1 osservazione ogni 2500 ha	1 osservazione ogni 1250 ha	1 osservazione ogni 625 ha	1 osservazione ogni 312,5 ha

Nella realizzazione delle carte dei suoli la densità di tali rilevamenti dipende essenzialmente dalla scala della carta e dell'estensione dell'area d'indagine (Tab. 1).
Nelle linee guida per l'attività pedologica dell'IPLA (2003), si suggerisce come standard per il rilievo pedologico un intervallo compreso tra 0,25 e 2 osservazioni per cm² di cartografia in funzione del dettaglio richiesto (Tab. 2).
In questa fase di rilevamento dei suoli è consigliabile procedere come indicato dalle Linee guida dei metodi di rilevamento e informatizzazione dei dati pedologici - Costantini (2007), seguendo queste 3 fasi:

- riconoscimento dell'elemento territoriale omogeneo individuato dall'interpretazione e dalla sua descrizione di campagna;
- realizzazione di una serie di indagini speditive (almeno 3-4) per l'apprezzamento della variabilità pedologica locale dell'elemento territoriale. Queste potranno essere collocate nei diversi elementi morfologici presenti nell'elemento territoriale;
- scavo e descrizione di un profilo in corrispondenza dell'osservazione più rappresentativa, eventualmente più di una se i suoli rilevati non sono simili.

Una volta definito il numero indicativo di osservazioni si può quindi fissare il nume-

ro di profili necessari che in genere corrispondono al 10-20% delle osservazioni complessive.
Il pedologo osserva e descrive i profili rappresentativi, distinguendo all'interno di essi i vari orizzonti sulla base del colore, della forma e dimensione degli aggregati, della tessitura, alla presenza di attività biologica, ecc... Questi orizzonti sono detti genetici e corrispondono alle stratificazioni parallele alla superficie del suolo. Nel corso dell'indagine pedologica è opportuno stimare la % di scheletro e valutare la massa volumica del suolo.
La raccolta dei campioni procede all'interno di ogni profilo per orizzonti o nel caso delle trivellate prelevando unicamente una piccola quantità di suolo in superficie (ovviamente si richiede sempre che il campione sia rappresentativo delle condizioni medie). Le trivellate saranno in genere effettuate per confermare la potenza del suolo, lo spessore del cosiddetto terreno vegetale, la presenza di scheletro, la tessitura e gli altri parametri chimici già determinati.
La pianificazione del numero di interventi permette non solo di poter programmare il tempo necessario per effettuare i rilievi ma anche di contenere i costi.

Analisi di laboratorio

I campioni di suolo, prelevati nei singoli orizzonti dei profili pedologici, o per profondità nelle trivellate di controllo (in genere 500 g sono sufficienti, 1000 g o più se suolo particolarmente ricco di scheletro), devono essere opportunamente conservati. Il campione va posto in un sacchetto pulito, onde evitare contaminazioni. I cartellini con i dati identificativi del campione (profondità, orizzonte prelevato, data, nome operatore) devono essere applicati sia all'interno del sacchetto sia all'esterno.
Una buona conoscenza delle caratteristiche dei suoli sui quali si andrà ad intervenire è conseguibile effettuando alcune analisi chimiche e fisiche di base.
I metodi ufficiali di analisi dei suoli sono indicati dai D.M. n. 79 del 11/05/1992 e D.M. n.185 del 13/09/1999.
Le analisi di routine che il professionista dovrebbe richiedere al laboratorio sono:

- Tessitura apparente
- pH in acqua (eventualmente anche in KCl)
- Conducibilità elettrica
- Calcare totale (con pH>7)
- Calcare attivo
- Sostanza organica (Carbonio organico)
- Azoto totale e calcolo del rapporto C/N
- Fosforo assimilabile
- Potassio assimilabile
- Macroelementi scambiabili (calcio, magnesio, sodio e potassio)
- Capacità di Scambio Cationico (CSC) e calcolo della Saturazione basica %
- Microelementi assimilabili

Tali analisi consentono al professionista di comprendere le principali caratteristiche dei suoli oggetto degli interventi di miglioramento fondiario, e di conseguenza valutare l'opportunità o meno di intervenire in tutta la superficie, sulla base dei caratteri del suolo che possono limitarne l'attitudine a colture specifiche quali ad esempio un contenuto troppo ridotto di sostanza organica.
È quindi indispensabile valutare correttamente i risultati ottenuti dalle indagini di laboratorio, mediante il confronto con valori di riferimento riportati nelle tabelle dalle 3 alla 12 e in Figura 2.

Tab. 3 Valutazione del pH (in acqua).

Peracidi	<5,3
Acidi	5,4 - 5,9
Subacidi	6,0 - 6,7
Neutri	6,8 - 7,2
Subalcalini	7,3 - 8,1
Alcalini	8,2 - 8,8
Peralcalini	>8,8

Tab. 4 Valutazione della CSC ($cmol_c^+/kg$).

Bassa	< 10
Media	10 - 20
Alta	>20

Tab. 5-6 Valutazione del grado di saturazione basica (GSB) e della ripartizione percentuale delle basi di scambio.

Grado di saturazione basica	
Valutazione	% della CSC
Molto basso	< 45%
Basso	45 - 65%
Ottimo	65 - 85%
Alto	> 85%
Tenore in Ca scambiabile	
Valutazione	% della CSC
Molto basso	< 35%
Basso	35 - 55%
Ottimo	55 - 70%
Alto	> 70%

Tenore in Mg scambiabile	
Valutazione	% della CSC
Molto basso	< 3%
Medio	3 - 10%
Alto	> 10%
Tenore in K scambiabile	
Valutazione	% della CSC
Molto basso	< 2%
Medio	2 - 5%
Alto	> 5%

Tab. 7 Valutazione di un suolo agrario in funzione del tenore in sostanza organica (% sost. org.).

Povero	< 1,5
Mediamente dotato	1,5 - 3
Ricco	> 3

* Il tenore in C organico si può ottenere dividendo la sostanza organica per 1,72

Tab. 8 Valutazione di un suolo in base al tenore in N totale (‰ N totale).

Povero	< 1 ‰
Mediamente dotato	1 - 1,5 ‰
Ben dotato	1,5 - 2,2 ‰
Ricco	2,2 - 5 ‰
Eccessivamente dotato	> 5 ‰

Tab. 9
Alcuni schemi di classificazione dei terreni in base al tenore in P o P_2O_5 ass. (metodo Olsen).

Valutazione P ass.	ppm
Molto scarso	<5
Scarso	5 - 11
Sufficiente	11 - 16
Buono	16 - 25
Elevato	>25

Valutazione P_2O_5 ass.	ppm
Povero	<10
Mediamente dotato	10 - 20
Ben dotato	20 - 40
Ricco	>40

P_2O_5 ass. (ppm)	CSC (meq/100g)
50	< 10
70	10-20
80	> 20

Tab. 10
Soglia di sufficienza del contenuto in P_2O_5 ass. (metodo Olsen) in relazione alla CSC.

Tab. 11-12
Alcuni schemi di classificazione dei terreni in base al tenore in K o K_2O ass. (ppm) (estrazione con NH_4 acetato).

Classificazione n. 1 Valutazione K_2O ass.	ppm
Povero	<80
Mediamente dotato	80 - 150
Ben dotato	150 - 250
Ricco	> 250

Classificazione n. 2 Valutazione K ass.	ppm
Molto scarso	<41
Scarso	41 - 81
Sufficiente	81 - 141
Buono	141 - 200
Elevato	>200

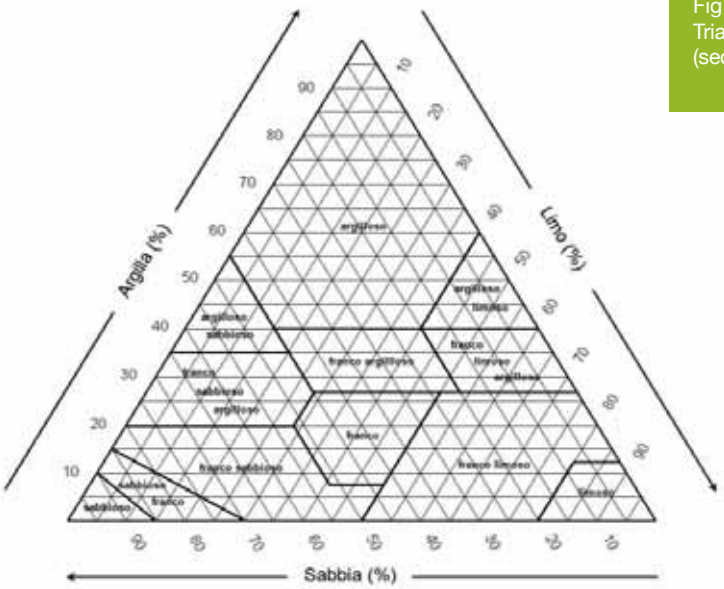


Fig. 2
Triangolo tessitura (secondo USDA).

Fig. 3
Aree umide (delimitate dalla linea rossa) che sono state preservate durante l'intervento di miglioramento fondiario a Saint-Denis.

L'acquisizione di queste informazioni permette ai tecnici di conoscere i suoli che si sono evoluti nell'area e consente loro di individuare quelle aree che per le loro caratteristiche risultano essere di particolare pregio e vanno dunque tutelate.
Dovranno essere salvaguardate tutte quelle aree che per il regime di umidità del suolo e per le loro caratteristiche naturali, rappresentano importanti oasi di biodiversità e come tali non dovranno essere perturbate (Fig. 3). Ad esempio le zone umide giocano un ruolo chiave nel ciclo del carbonio e nel mitigare gli effetti del cambiamento climatico.

2.5 Indagini floristiche

L'analisi della composizione floristica, condotta nei prati prima dell'intervento e nelle aree circostanti, è una base conoscitiva essenziale per guidare il professionista nella scelta delle specie che costituiranno il miscuglio da riseminare, allo scopo di assicurare una rapida e duratura copertura erbacea delle superfici. Nel caso di sistemazioni agrarie in ambiente montano, dove i prati-pascoli permanenti dominano le superfici coltivate, è quanto mai opportuno favorire la rivegetazione dell'area da parte della flora spontanea.
Queste indagini preliminari permettono di tracciare un quadro sufficientemente dettagliato delle condizioni climatiche e pedologiche dell'area oggetto d'intervento. Integrando la conoscenza della vegetazione locale con le informazioni analitiche sui suoli e con quelle relative alle finalità produttive, sarà possibile formulare il miscuglio di sementi più idoneo ad ottenere un risultato soddisfacente.
L'indagine floristica può raggiungere vari livelli di approfondimento, in relazione alle esigenze di ciascun intervento. Per le esigenze legate agli

interventi oggetto del presente manuale, di norma, può essere condotta con metodi speditivi analoghi a quello illustrato in questo manuale nel capitolo dedicato ai miglioramenti fondiari di Saint-Denis e di Verrayes o utilizzando le chiavi semplificate proposte dalle tipologie dei prati e dei pascoli valdostani (Roumet, 1999; Bassignana e Bornard, 2001). In ogni caso, è importante che le indagini floristiche siano condotte da professionisti esperti (agronomi, forestali, botanici) o da personale adeguatamente formato.

Capitolo 3 Modalità di esecuzione delle opere

Capitolo 3 • Modalità di esecuzione delle opere

Il successo delle opere di miglioramento fondiario è determinato dalla modalità con cui vengono realizzate le diverse operazioni. In questo senso è di fondamentale importanza definire in modo molto accurato il capitolato d'appalto, andando a precisare quali operazioni devono essere eseguite e in che modo.
L'organizzazione del cantiere dovrebbe seguire i seguenti principi:

- definire zone omogenee
- lavorare per piccoli lotti
- lavorare per zone finite.

A partire della informazioni ottenute grazie ai rilievi eseguiti nella fase di progettazione, si definiscono all'interno dell'area oggetto di miglioramento fondiario delle *zone omogenee*, dal punto di vista pedologico, idrologico e vegetazionale, che andrebbero riportate su una carta tematica. Per ognuna di queste zone saranno previste specifiche modalità di intervento, a seconda delle caratteristiche dell'area, per ridurre gli impatti delle operazioni, i costi di intervento e le possibilità di insuccesso. Nei cantieri di grandi dimensioni, è buona norma suddividere l'area in lotti tali da permettere di portare a termine tutte le operazioni (dallo scotico alla semina) nell'arco di pochi mesi. La tempistica di cantiere, quindi, va organizzata con l'obiettivo di lavorare per "zone finite", arrivando fino all'inerbimento della superficie (Fig. 4). In questa ottica, è fondamentale il coordinamento dei lavori da eseguire nelle diverse zone.

Fig. 4
Cantiere di Septumian (Chambave). In basso a destra sono visibili le aree già inerbite, mentre i lavori stanno proseguendo negli altri settori.

Fig. 5
Nel corso dei secoli, lo spietramento dei campi ha portato alla formazione di caratteristici cumuli di pietre: le *meurdzëre*.

3.1 Sistemazione dei terreni

Le modalità di intervento dipendono dalle caratteristiche dell'area in cui si interviene e dagli obiettivi del miglioramento.
In aree molto pendenti si cerca di migliorare la stabilità del versante e di favorirne l'utilizzo. Sono previsti interventi per ridurre la pendenza, stabilizzare il versante e favorire la meccanizzazione, oltre alle operazioni di messa a coltura dell'area.
Nel caso di aree più pianeggianti, invece, prevalgono gli interventi di sistemazione agraria, ovvero la separazione delle frazioni di terreno, l'eventuale interramento dei sassi, il livellamento del piano e tutti i lavori di rifinitura prima della semina.
Le sistemazioni agrarie comprendono tutte quelle operazioni che migliorano l'attitudine alla coltivazione di un'area, come il decespugliamento, il livellamento, il dissodamento o lo spietramento.

3.2 Lavori preparatori

In fase di progettazione si decidono quali elementi possono essere preservati; l'eliminazione di tutti gli elementi del soprassuolo considerati come ostacoli precede l'inizio effettivo dei lavori di miglioramento. La preparazione dell'area consiste in una prima fase di rimozione degli ostacoli esistenti (i muretti a secco e i cumuli di pietre, le cosiddette *meurdzëre*, Fig. 5), nel decespugliamento e l'eventuale eliminazione di vegetazione arborea del sito. Il taglio degli alberi è incluso nelle operazioni di pulizia del terreno, in quanto difficilmente i proprietari del fondo si fanno carico di questo onere.

3.3 Asporto degli orizzonti superficiali del suolo

All'avvio dei lavori di miglioramento fondiario, sono generalmente previste operazioni di sbancamento delle superfici, che comportano innanzi tutto l'asportazione della porzione più superficiale del suolo (Fig. 6).

Fig. 6
Opere di sbancamento e creazione dei cumuli.

L'effetto che queste operazioni possono avere sul suolo è spesso peggiorativo ed in tal senso gli interventi devono essere attentamente pianificati, tenendo in debita considerazione le evidenze emerse dall'indagine pedologica *ante operam*.

Le condizioni ottimali del suolo affinché si possa procedere con la sua asportazione riguardano essenzialmente il suo tenore di umidità, per non correre il rischio di degradarne la struttura e quindi alterarne, in senso negativo, il comportamento idrologico (infiltrazione, permeabilità) e altre caratteristiche fisiche con la creazione di strati induriti e compatti, inidonei allo sviluppo degli apparati radicali. In particolare occorre separare gli orizzonti superficiali da quelli profondi; i primi sono generalmente più ricchi di sostanza organica e costituiscono perciò un'importante riserva di carbonio e di fertilità (Fig. 7). Questa porzione di suolo è impropriamente denominata "terreno vegetale". Essi corrispondono in genere agli orizzonti organici (O) e organo-minerali (A). In ambiente montano essi si trovano nei primi 20-30 cm di profondità.

Fig. 7
Gli orizzonti superficiali del suolo, più ricchi di sostanza organica, si riconoscono per il colore più scuro.

Gli orizzonti più superficiali del suolo presentano le condizioni ottimali per l'insediamento delle specie autoctone nel caso di riutilizzo di materiale vegetale locale, ma anche per la germinazione delle specie commerciali. Essi possono contenere, inoltre, una banca semi molto ricca e materiale per la propagazione per via vegetativa, presupposto essenziale ad un inerbimento spontaneo con specie native, solitamente assenti nei miscugli commerciali
Il suolo asportato, prima di essere accumulato, deve essere sottoposto a vagliatura eliminando il pietrame più grossolano, successivamente collocabile sul fondo, a costituire un buono strato drenante. I cumuli costituiti dagli orizzonti superficiali di suolo devono essere realizzati con cura ed adeguatamente gestiti, in modo tale da preservare la qualità del suolo, ed impedire in particolare processi erosivi (es. inerbimento dei cumuli) e di compattamento.
Successivamente si procede alla rimozione ed accumulo degli orizzonti presenti a maggiore profondità, in genere compresa, negli ambienti montani, fra 20-30 cm e 50-60 cm. Queste operazioni richiedono l'impiego all'interno del cantiere di operai escavatoristi esperti che sappiano riconoscere questi diversi strati e li accumulino con cura, ovvero che procedano all'allestimento dell'accumulo sotto la supervisione del professionista.

Stoccaggio dei cumuli

Nello stoccaggio degli orizzonti superficiali di suolo sarebbe bene seguire alcune prescrizioni:

- separare gli orizzonti superficiali da quelli profondi;
- selezionare la superficie sulla quale s'intende realizzare il deposito, in modo che abbia una buona permeabilità e non sia sensibile al costipamento;
- impedire l'erosione della parte più ricca di sostanza organica dalla superficie del deposito;
- impedire il compattamento del suolo senza ripassare sullo strato depositato;
- impedire la circolazione sui cumuli ed il pascolamento;
- preservare la fertilità del suolo seminando specie leguminose.

I cumuli hanno generalmente una forma trapezoidale, rispettando l'angolo di deposito naturale del materiale, e il loro sviluppo verticale non dovrebbe mai eccedere 1,5-2,5 m di altezza, tenendo conto della granulometria e del rischio di compattamento (Fig. 8).

Nel caso di un eccessivo compattamento del suolo, al suo interno potrebbero generarsi delle condizioni anaerobiche, legate alla fermentazione della sostanza organica. La legge che attualmente regola il movimento delle terre di scavo è il Decreto legislativo 3-4-2006 n.152 e il successivo Decreto legislativo 16 gennaio 2008 n.4 art 186. Nella Regione Autonoma Valle d'Aosta la gestione delle terre da scavo è trattata nella legge regionale 6 dicembre 2007 n.31.

Può dimostrarsi estremamente interessante, anche se abbastanza onerosa, la pratica della rizollatura attraverso la quale vengono rimosse le zolle di suolo che vengono opportunamente conservate e irrigate per poi essere nuovamente ricollocate, facilitando il restauro della componente vegetale. Esse possono anche essere disposte a scacchiera in modo tale da facilitare la ricolonizzazione del sito. Queste pratiche, indubbiamente dispendiose, andranno limitate a situazioni particolari quali ripristini di suoli d'alta quota o di pedoambienti di eccezionale pregio naturalistico.

Fig. 8
Nello stoccaggio del suolo asportato, gli orizzonti superficiali e quelli profondi vanno tenuti in cumuli separati.

Fig. 9
Gli scavi di sbancamento superano i 2 metri di profondità.

Fig. 10
Realizzazione dei nuovi muri di contenimento del suolo (Gaby).

3.4 Scavi

Sono definiti *scavi di sbancamento* quelli che superano i 2 metri di profondità (Fig. 9). Nel passato erano spesso praticati in modo più invasivo di quanto fosse opportuno, arrivando in alcuni casi fino a 6 metri di profondità, attualmente, invece, si cerca di ridurre la profondità di lavoro.
Il *dissodamento* è una lavorazione del terreno meno profonda (40-80 cm), che si esegue dopo il decespugliamento e lo spietramento, con l'obiettivo di rompere la compattezza del suolo e permettere le successive lavorazioni.
La modalità di esecuzione deve tenere in considerazione le caratteristiche chimiche, fisiche del terreno. Nel caso di un terreno con una consistente percentuale di scheletro si rischia di portare in superficie molto materiale inerte.

3.5 Modellamento delle superfici

Come detto, la superficie interessata dal miglioramento fondiario è solitamente oggetto di alcuni lavori preliminari, i quali spesso implicano la rimozione totale o parziale di alcuni degli ostacoli quali, ad esempio, le cosiddette *meurdzëre* (ovvero i cumuli di pietra), i muretti a secco e gli eventuali alberi e arbusti che hanno colonizzato l'area. Per quanto concerne la componente arborea, è necessario assicurarsi presso le competenti stazioni del Corpo Forestale Valdostano che le formazioni non siano già assimilabili a bosco (Definizione di bosco - Dlgs 227/2001) e, in tal caso, quali siano gli interventi selvicolturali ammessi. La trasformazione del bosco in altra destinazione d'uso del suolo e cioè ogni intervento che comporti l'eliminazione della vegetazione esistente, finalizzata a un'utilizzazione del terreno diversa da quella forestale, è vietata, fatte salve le autorizzazioni rilasciate dalle regioni in conformità all'articolo 151 del decreto legislativo 29 ottobre 1999, n. 490, compatibilmente con la conservazione della biodiversità, con la stabilità dei terreni, con il regime delle acque, con la difesa dalle valanghe e dalla caduta dei massi,

con la tutela del paesaggio, con l'azione frangivento e di igiene ambientale locale. Dopo tali operazioni, si provvede al vero modellamento delle superfici, attraverso ad esempio la realizzazione di muri di sostegno, atti a garantire le pendenze ottimali delle superfici ai fini della meccanizzazione, e delle via di accesso, attraverso la costruzione di rampe (Fig. 10).
Quando si deve distribuire nuovamente il suolo accumulato, sarà importante farlo seguendo l'ordine esatto degli orizzonti, evitando il loro mescolamento (Fig. 11).
Come lo sbancamento, anche il riporto di terra dovrà essere eseguito in condizioni meteorologiche ottimali, ovvero con suolo asciutto, ed evitando l'impiego di macchine operatrici troppo pesanti.
Potrebbe rendersi necessario, specialmente in alcuni casi ove si osserva un basso contenuto di sostanza organica e di elementi nutritivi del suolo, l'apporto di ammendanti e l'eventuale concimazione di fondo, incorporando letame o compost con l'aiuto di una leggera fresatura o erpicatura.

Fig. 11
Ridistribuzione degli orizzonti superficiali nel cantiere di Gaby.

Nelle aree molto acclivi è possibile che si verifichino dei processi erosivi, i quali possono determinare ingenti perdite di suolo e compromettere la riuscita degli interventi di miglioramento fondiario: per questa ragione il progettista dovrà mettere in atto tutti gli eventuali accorgimenti per scongiurare tale pericolo e stabilizzare i versanti. La principale preoccupazione è quella di ridurre la pendenza del sito attraverso la realizzazione di terrazzamenti con muri in pietrame o ciglioni; in questo modo si assicura una minore erodibilità del suolo e al contempo si può permettere facilmente il transito di mezzi agricoli sulla superficie. Per limitare l'erosione è inoltre possibile agire sulla capacità d'infiltrazione del suolo, cercando quindi di facilitare la penetrazione dell'acqua, evitando di compattarlo e favorendo la formazione di una buona struttura, soprattutto mediante un apporto adeguato di sostanza organica.
Il livellamento del suolo si rende necessario per gestire più agevolmente con i mezzi meccanici le superfici agrarie. L'eliminazione di dislivelli e asperità del suolo può avvenire attraverso l'utilizzo di macchine agricole quali erpici oppure in alternativa una fresatrice, fino alle modernissime livellatrici laser.

3.5.1 Regimazione delle acque

Nelle aree interessate dai miglioramenti fondiari, e in generale in ambito montano, si possono verificare con frequenza eventi pluviometrici molto intensi i quali, in assenza di un buon sistema di raccolta delle acque, possono causare dissesti di elevate proporzioni, con possibili danni agli insediamenti ed alle attività dell'uomo.

In occasione di piogge eccezionali si osserva spesso l'incremento dei fenomeni di erosione superficiale e profonda, con l'innesco di processi franosi o di movimento di colate di suolo, nelle aree più instabili caratterizzate da maggiore vulnerabilità. In ambiente montano non deve essere poi trascurato l'impatto della fusione del manto nevoso che, nel corso del disgelo primaverile, può determinare importanti fenomeni di liquefazione del suolo, soprattutto nelle aree di recente sistemazione e maggiore acclività. A titolo di esempio si riporta come ad un manto nevoso di 50 cm, con massa volumica di 300 kg/m^3, corrisponda un equivalente in acqua pari a 150 mm.
Ne deriva che la rete di scolo delle acque deve essere studiata attentamente e tutti i canali di regimazione delle acque devono essere dimensionati in modo adeguato. Un aspetto da valutare nella progettazione di una sistemazione idrica delle praterie in ambito alpino è legato alle pendenze delle canaline di scolo, che dovranno essere per quanto possibili minime (valore < 2-3%), in modo tale da limitare l'erosione del suolo. Esistono varie tipologie di canaline: metalliche, in pietrame e legname a sezione trapezia, in terra (rinforzate con reti in fibre naturali) e infine quelle in legno.
I sistemi drenanti, invece, raccolgono l'acqua infiltratasi nel terreno, che viene fatta confluire nei collettori naturali (corsi d'acqua e impluvi) attraverso una rete idrica sotterranea. Il drenaggio superficiale può essere realizzato con tecniche classiche (materiali drenanti di origine locale e tubi microfessurati in fondo) oppure utilizzando materiali come i tessuti drenanti.

Fig. 12
Sistema drenante realizzato in superficie con materiale grossolano al di sotto del quale sono posti i dreni.

Dalle informazioni raccolte, pare che la prima tecnica dia risultati migliori rispetto all'uso dei materassini drenanti con tessuto non tessuto.
Nel caso di terreni molto umidi, la maggiore efficacia si ottiene creando uno strato drenante a partire dalla superficie, utilizzando materiale reperito in loco. Ad esempio, si possono realizzare strisce larghe 50 cm, costituite in superficie da materiale grossolano sotto il quale sono posizionati i tubi drenanti (Fig. 12).
Poiché i tessuti drenanti tendono a intasarsi facilmente, disporre di informazioni pedologiche è fondamentale per valutarne le possibilità d'impiego.

3.6 Spietramento

Lo spietramento ha come obiettivo quello di allontanare dallo strato più superficiale le pietre di maggiori dimensioni per facilitare la lavorazione del suolo (Fig. 13).

Fig. 13
Lo spietramento ha come obiettivo quello di allontanare dallo strato più superficiale le pietre di maggiori dimensioni per facilitare la lavorazione del suolo.

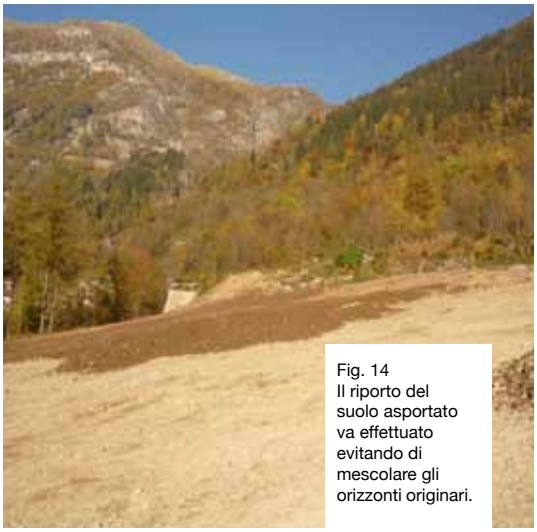


Fig. 14
Il riporto del suolo asportato va effettuato evitando di mescolare gli orizzonti originari.

Lo spietramento può essere eseguito con macchine spietratrici che vagliano meccanicamente il terreno.
Le pietre di maggiori dimensioni e i massi possono essere utilizzati per la realizzazione dei muri, mentre il materiale più fine può essere destinato a costituire lo strato drenante.
Il materiale che non è riutilizzabile in loco e viene allontanato dal cantiere deve seguire le indicazioni previste dall'applicazione dell'art.14 della L.R. 31/2007 che definisce le modalità di gestione delle terre e rocce da scavo e dei materiali inerti da demolizione.

3.7 Riporto degli orizzonti superficiali del suolo

Il riporto degli orizzonti superficiali del suolo, asportati all'inizio dei lavori di scavo, va eseguito con molta attenzione. Si inizia con la distribuzione delle frazioni più grossolane. Prima di distribuire la frazione più fine o superficiale, si crea uno strato drenante e, come detto, a questo scopo si può utilizzare anche lo scheletro separato dalla terra fine. È importante cercare di ridistribuire gli orizzonti nel giusto ordine, per non stravolgere le caratteristiche pedologiche del suolo e compromettere l'insediamento della copertura vegetale (Fig. 14).
In concomitanza con il riporto della terra si procede con l'interramento dei sassi o con il passaggio della frantumatrice di sassi (Figg. 15-16).

Fig. 15
Gli organi lavoranti della frantumatrice di sassi.

Fig. 16
Effetti del passaggio della frantumatrice di sassi.

3.8 Macinazione dello scheletro e distribuzione di suolo da altre zone (suolo alloctono)

In alcuni miglioramenti fondiari, in particolare dove si osserva, nei suoli *ante operam*, un'elevata presenza di scheletro, la quantità di "terreno vegetale" dopo la vagliatura può risultare insufficiente a garantire il corretto ripristino dell'area. Questa carenza solitamente viene ovviata, o attraverso l'uso di macchine macina sassi che riducano la dimensione dei clasti e producano un materiale minerale di tessitura più fine, oppure con lo spargimento di suolo proveniente da altre parti del territorio (Fig. 17), ed in genere derivante da scavi per l'edilizia, il quale può contenere al suo interno residui di artefatti (laterizi, ceramiche, Fig. 18).

La macinazione dello scheletro è adottata anche per colture di elevato pregio, quali vigneti e frutteti, e non implica l'uso di macchine particolarmente pesanti. Questa pratica è solitamente consentita nei miglioramenti fondiari dei prati in Valle d'Aosta, e viene ammessa tra le voci di spesa per questi interventi (Fig. 19)). Se, da una parte, si ottiene la riduzione della quantità di scheletro e quindi una maggior facilità di coltivazione dei suoli, tra i possibili effetti di questa pratica si può osservare ad esempio un significativo cambiamento delle proprietà chimico-fisiche del suolo, con possibili ripercussioni a livello della sua stabilità strutturale e delle sue proprietà chimiche (cfr. Caso studio di Gaby, più oltre).

Fig. 17
Distribuzione di suolo alloctono a Gaby.

Fig. 18
Suolo contenente artefatti.

Macchina macina sassi	Macchina interra sassi
• Utilizzata quando il terreno è molto ricco di scheletro di grandi dimensioni. • In generale la sostanza organica è più abbondante nei primi centimetri di suolo. Dopo il passaggio della frantuma sassi, invece, la s.o viene dispersa lungo il profilo. • Dopo il passaggio della macchina, in superficie si trova molta frazione minerale. • Non dà buoni risultati se non si prevede un'abbondante concimazione per aumentare la sostanza organica in superficie. • Stravolge i processi pedogenetici. • Rischio di compattamento del suolo, a causa dell'azione degli organi lavoranti, che tendono a esercitare un'azione di percussione sullo strato immediatamente sottostante a quello in cui agiscono.	• Non riduce le dimensioni dello scheletro, ma si limita a interrare più in profondità questa frazione. • Il materiale più grossolano in profondità può avere un'influenza positiva sul drenaggio del suolo. • Minor impatto sulla struttura del suolo, anche se il peso delle macchine può provocare un certo compattamento del suolo.

L'apporto di suolo alloctono non sempre è consentito tra gli interventi previsti all'interno dei miglioramenti fondiari. In aiuto ai professionisti e alle ditte che eseguono i lavori, potrebbero venire, ove disponibili, le cartografie dei suoli a grande scala che permettono di verificare, seppur con un certo grado di approssimazione, che il materiale riportato non sia troppo dissimile a quello in cui è in essere l'intervento. Ove le cartografie non siano disponibili sarebbe opportuno procedere al campionamento ed all'analisi chimico-fisica del suolo alloctono. I risultati possono essere confrontati con i valori delle tabelle dei parametri riportate in precedenza. In particolare occorre determinare almeno il tenore di carbonio e azoto ed il pH.

Nel terreno riportato possono trovarsi semi o frammenti di piante aliene, che possono così allargare il proprio areale. Specie esotiche invasive, come il senecio sudafricano e, soprattutto, il poligono del Giappone,

Fig. 19
Macinazione dello scheletro.

Fig. 20
Cespuglio di poligono del Giappone a Nus, in terreni bonificati dopo l'alluvione del 2000.

si sono diffuse in nuovi ambienti anche in seguito a movimenti di terra contenente loro propaguli (Fig. 20). Prima di procedere al trasporto di terra da altre zone, quindi, si raccomanda vivamente di eseguire un sopralluogo nell'area di provenienza, per escludere la presenza di queste o di altre specie infestanti.
Anche per ridurre i costi, infine, è consigliabile utilizzare terra di provenienza locale. Oltre ad essere una possibile via di diffusione di specie infestanti e invasive, infatti, il trasporto della terra è molto oneroso.

3.9 Ripristino e restauro del suolo

Nella fase progettuale relativa agli aspetti pedologici, è importante distinguere se l'intervento che si intende realizzare sia di tipo conservativo, oppure se al termine dei lavori si osserveranno trasformazioni rispetto al suolo *ante operam*. La seconda possibilità è decisamente più frequente, in quanto in seguito ai lavori possono essere alterate le morfologie e le pendenze all'interno dell'area, così come le caratteristiche dei suoli *ante operam*. In molti casi, come si è visto, è prevista l'asportazione del suolo in superficie, al fine di conservare la porzione più fertile della coltre pedologica. Come si è già detto, molta attenzione dovrà essere posta in cantiere durante le varie fasi di asportazione, accumulo in un deposito temporaneo, e messa in posto del suolo. Un suolo conservato in maniera adeguata e ricollocato con cura sarà maggiormente in grado di rispondere alle esigenze espresse nel progetto di ripristino e permetterà di ridurre i costi di manutenzione e di gestione, nonché gli input provenienti dall'esterno.
Nel caso di materiale terroso alloctono, come accennato in precedenza, si dovrà accertarne la qualità e la coerenza dello stesso con il suolo presente nell'area. L'obiettivo primario del ripristino è quello di ottenere un suolo che sia in grado di svilupparsi attraverso i processi della pedogenesi, in maniera tale da ottenere caratteristiche idonee alle funzioni attribuitegli dal progetto. Secondo una visione conservativa si dovrebbe ottenere un suolo quanto più simile alla situazione originaria o comunque che risponda alle esigenze di utilizzo dell'area. Nella ricostruzione del suolo è necessario tentare di riprodurre i principali orizzonti attraverso uno schema semplificato a due o anche tre "pseudo - orizzonti", assegnando loro funzioni di nutrizione (orizzonte A), serbatoio idrico (orizzonte B) e drenaggio e ancoraggio (orizzonte C).
Il primo strato ha in genere una profondità approssimativa di circa 30 cm e

corrisponde agli orizzonti più importanti per lo sviluppo degli apparati radicali e generalmente con un'attività biologica più elevata. Per un suolo profondo un metro possiamo considerare, ad esempio, due strati, dei quali uno compreso fra la superficie fino e i primi 25-40 cm di profondità ed uno a partire da 25-40 cm fino a 100 cm.
Lo strato di riporto finale, collocato in superficie, sia esso accumulato in precedenza o alloctono, dovrebbe possedere caratteristiche positive quali ad esempio un sufficiente contenuto di sostanza organica e una profondità tale da garantire alle radici la possibilità di espandersi in maniera efficace.
Le principali caratteristiche e qualità che dovrebbe avere il suolo all'interno di un progetto di ripristino (il cosiddetto suolo-obiettivo), sono riportate nella Tabella 13. In molti casi, però, i suoli al termine dei lavori di miglioramento fondiario non rispondono ai requisiti di qualità e sono dunque necessari interventi correttivi con materiali organici e minerali, ad esempio per raggiungere i livelli minimi desiderati di sostanza organica e pH.

La ricollocazione dei materiali dovrebbe essere eseguita cercando di stabilire un corretto drenaggio del suolo ed evitando il rimescolamento degli strati precedentemente accumulati ed il compattamento con macchine operatici pesanti. Se il materiale che viene ricollocato ha uno spessore limitato, è bene che la superficie di contatto sul quale esso verrà distribuito sia adeguatamente preparata; è inoltre necessario procedere prima della distribuzione del materiale terroso all'incorporazione degli ammendanti e all'eventuale concimazione di fondo. Il materiale non pedogenizzato o ricavato con disgregazione fisica può essere collocato alla base del profilo e ricoperto poi dai geotessili, in modo da svolgere efficacemente una funzione drenante.

3.9.1 Apporto di ammendanti organici (letame e compost)

Nelle fasi finali dei lavori di ripristino del suolo, prima della semina, sono abitualmente apportati, ammendanti organici come il letame e il compost, preferibilmente ottenuto da materiali compostati verdi.

Tab. 13 Caratteristiche del "suolo obiettivo".

Caratteri del suolo	Orizzonti superficiali (0-30 cm)	Orizzonti sub superficiali (30-100 cm)
Tessitura	Franco sabbiosa	Franco sabbiosa
Scheletro (<2,5 cm)	<35%	<50%
pH in H_2O	6,1-7	6,1-7
Sostanza organica	>1,5%	>1,5%
Calcare totale	<10%	<10%
Calcare attivo	<1%	<1%
CSC	>10 $cmol_c \cdot kg^{-1}$	>10 $cmol_c \cdot kg^{-1}$

L'uso di ammendanti è fortemente raccomandato specialmente nei miglioramenti fondiari dove si osserva un impoverimento del suolo dal punto di vista nutritivo e laddove per varie ragioni la stabilità del suolo sia ridotta e l'erosione sia frequente e diffusa. Oltre alle proprietà chimiche e fisiche, risultano spesso migliorate anche quelle biologiche del suolo (in modo particolare l'attività microbica). Letame e compost vanno ad agire sull'aggregazione delle particelle del suolo, aumentano la loro resistenza all'effetto delle precipitazioni o delle eventuali lavorazioni che saranno poi condotte sui prati.
Per quanto riguarda il letame, sia esso di origine bovina o non, il professionista deve preferire materiale che abbia raggiunto un buon grado di maturazione; in esso infatti le sostanze nutritive sono maggiormente disponibili e al momento dell'applicazione non produce danno alle piante avendo perso le sostanze nutritive più aggressive (Fig. 21). Altro aspetto importante è che nel letame maturo sono ormai assenti funghi, batteri e virus ed esso risulta inoltre ripulito dai semi delle infestanti.

Fig. 21
Il letame maturo è l'ideale, ma non sempre è disponibile in quantità sufficiente.

In Valle d'Aosta è stato stabilito quale limite quantitativo di azoto totale il valore di 340 kg/ha/anno come carico massimo apportabile sulle superfici agrarie dell'intero territorio regionale dove non sussistano aree vulnerabili o zone definite sensibili (allegato al Piano di Sviluppo Rurale - Regione Valle d'Aosta).
Per quanto riguarda le varie tipologie di compost, sono da preferire i compost ottenuti da scarti verdi misti rispetto a quelli ottenuto dal compostaggio di rifiuti urbani o da fanghi biologici. Solitamente, acquistando il materiale si può richiedere alla ditta che lo produce copia del certificato di analisi, ottenendo informazioni circa le caratteristiche del compost (per i valori limite si fa riferimento al Dlgs 75 del 2010). In assenza di certificati di analisi, dovranno essere commissionate analisi in laboratorio per stimare un valore dei seguenti parametri chimici:

- pH
- Carbonio organico
- Azoto totale
- Rapporto C/N
- Metalli

3.10 Opere di ingegneria naturalistica e altre opere accessorie

Nell'ambito dei progetti di miglioramento fondiario talvolta sono anche previsti interventi specifici per garantire la stabilità e la protezione del suolo dall'erosione idrica superficiale e profonda. L'ingegneria naturalistica può e deve essere applicata in maniera integrata alle tecniche più tradizionali con il cemento armato dove da sole non sarebbero sufficienti a rispondere alle esigenze del progetto.

Fig. 22
Le opere di ingegneria naturalistica integrano il materiale inerte con materiale vegetale vivo.

Fig. 23
Il materiale vegetale vivo, grazie agli apparati radicali, contribuisce alla stabilità del suolo e alla protezione dall'erosione.

Le opere di ingegneria naturalistica sono più gradevoli dal punto di vista paesaggistico in quanto si integrano in maniera quasi perfetta con l'ambiente circostante e permettono l'inserimento delle stesse anche in contesti ambientali protetti. Presentano però alcuni svantaggi, sia dal punto di vista economico, sia da quello gestionale, dato che sono in genere più costose e necessitano di frequenti opere di manutenzione e riparazione. I costi di realizzazione, così come quelli di manutenzione delle opere, sono ricavabili dal prezzario regionale che viene aggiornato periodicamente ed è disponibile sul sito della Regione Autonoma Valle d'Aosta (http://www.regione. vda.it/OperePubbliche/prezzario). Per quanto riguarda i materiali, l'ingegneria naturalistica fa uso di materiale vegetale vivo e di materiale inerte (pietrame, terra, legname, ferro e acciaio, fibre vegetali e sintetiche) variamente combinati tra loro (Fig. 22). Il materiale vegetale vivo diventa esso stesso parte costruttiva dell'opera e fornisce un elevato contributo nell'intervento, per quanto riguarda la stabilità del suolo e la protezione dall'erosione, grazie al lavoro assolto dagli apparati radicali. (Fig. 23).
Per quanto riguarda le principali opere di ingegneria naturalistica e le differenti tecniche costruttive, si consiglia di far riferimento a manuali specifici, come quelli pubblicati dalla Regione Piemonte (De Antonis e Molinari, 2003 e 2007).

3.11 Macchine utilizzate in cantiere

Nei cantieri trovano applicazione macchine per movimento terra, attrezzature per lavori forestali e per la manutenzione del verde, attrezzature e macchinari per la realizzazione di costruzioni in legno e pietrame. Dato l'impatto dei lavori sul suolo, sarebbe preferibile, ove possibile, ricorrere a macchine leggere che abbiano una massa ridotta in modo tale da ridurre gli effetti del compattamento e preservarne la struttura, il drenaggio e la capacità di infiltrazione del suolo.

Uno studio ha confermato che i passaggi ripetuti di macchine anche di piccole dimensioni (3,5 t) possono indurre il compattamento del suolo e aumentare la resistenza alla penetrazione e della densità del suolo (Botta *et al.*, 2006). Tolon Becerra *et al.* (2010) affermano, inoltre, che esiste una relazione diretta tra peso dei veicoli e il compattamento degli orizzonti profondi il quale non dipende dalla pressione esercitata sulla superficie. Altri provvedimenti per ridurre gli effetti sul suolo possono essere la diminuzione della pressione dei pneumatici, la scelta di pneumatici con battistrada largo e l'impiego di ruote gemellate.

Capitolo 4
Inerbimento

Capitolo 4
Inerbimento

Per ottenere una cotica omogenea e stabile nel tempo, vanno curati con particolare attenzione la concimazione di fondo, la scelta del miscuglio, la tecnica di semina e, infine, il piano di manutenzione delle aree riseminate.

4.1 Concimazione di fondo e apporto di ammendanti

La concimazione di fondo ha come obiettivo quello di garantire un corretto tenore in sostanza organica e una buona fertilità chimica e fisica del suolo, per sopperire alle carenze che spesso si riscontrano negli orizzonti più superficiali del suolo, dopo le pesanti azioni di movimentazione cui sono stati sottoposti e aumentare anche la ritenzione idrica del suolo. Per questa ragione, la distribuzione di ammendanti, quali il letame maturo o il compost, non può essere surrogata dall'impiego di concimi minerali. Anche nel caso di corretta asportazione e conservazione dello strato più superficiale, non si possono impedire i normali processi di mineralizzazione che avvengono a carico della sostanza organica, accelerati dall'esposizione all'aria. Il problema della scarsa fertilità si avverte con intensità ancora maggiore nel caso di utilizzazione della terra fine ottenuta dalla vagliatura del materiale di scavo, nella quale la frazione organica è pressoché assente.

La migliore concimazione di fondo si fa con l'apporto di letame maturo, alla dose di 30-40 t/ha. Nei capitolati, generalmente, ne è previsto l'impiego in quantità abbondante, ma spesso, non essendo possibile reperire una sufficiente quantità di letame maturo, si finisce con l'impiegare quello che si trova, anche se relativamente fresco.
In alternativa al letame, è possibile distribuire del compost di qualità, che consente di apportare una sostanza organica più umificata, con un ottimo effetto sulla fertilità del suolo. Se il compost è sufficientemente maturo, si presenta come un terriccio piuttosto asciutto e facile da distribuire e il passaggio con l'erpice o con la seminatrice a file, smuovendo leggermente il terreno, fa sì che il compost vi venga agevolmente incorporato.
Da dati analitici riferiti a compost prodotto presso la discarica di Brissogne, risulta un tenore in azoto pari a oltre 4 kg/t di peso fresco, comparabile con il contenuto in un letame di media maturità. Considerando per il compost asciutto un peso specifico di 600 kg/m^3, ogni metro cubo di tale compost apporta circa 2,5 kg di azoto. Per un apporto di circa 120 kg/ha di N, quindi, saranno necessari 50 m^3/ha di compost (ossia uno strato di 0,5 cm di spessore), che corrispondono a 30 t/ha, assumendo per il compost una densità di 600 kg/m^3. Si tratta, dunque, di quantitativi ingenti, che comportano

sensibili spese di trasporto se non si riesce a trovare un fornitore in prossimità della zona di operazione. Forse questa è la principale ragione per la quale, nella maggior parte dei lavori di miglioramento fondiario finora eseguiti, il compost non è stato preso in considerazione, nonostante rappresenti una soluzione assai interessante quando è necessario apportare una considerevole quantità di sostanza organica stabilizzata.
È importante che siano rispettati i parametri di legge per il compost ed è necessario che sia accompagnato da un certificato d'analisi che ne certifichi la qualità.

Fig. 24
Erpice rotante durante i lavori di affinamento del letto di semina.

Nell'allegato 2 del decreto legislativo n. 75 del 29 aprile 2010 sono elencati i valori limite per un ammendante compostato verde (ACV) o misto (ACM).
L'umidità non deve superare il 50%, il pH essere compreso tra 6 e 8,5; il carbonio organico deve rappresentare almeno il 20% della s.s. e l'azoto organico almeno l'80% dell'azoto totale. Il contenuto di metalli pesanti deve essere estremamente basso, la presenza di pietre inferiore al 5% e quella di residui plastici, metallici o vetrosi inferiore allo 0,5% della s.s.

4.2 Preparazione finale del terreno per la semina

Il suolo necessita, prima della semina, di alcune operazioni di finitura (Fig. 24). Generalmente si esegue uno spietramento finale (meccanico o tramite rastrellatura manuale) per rimuovere lo scheletro ancora presente in superficie. È poi necessaria una rullatura (mediante cultipacker, ad esempio) per compattare superficialmente il terreno, che si presenta incoerente, ed evitare che il seme vada a finire troppo in profondità, compromettendone la germinazione. La rullatura è l'ultima operazione che precede la semina.
Nel caso delle scarpate, ma anche su suoli in modesta pendenza, il compattamento può essere ottenuto utilizzando la benna dell'escavatore. In queste situazioni, si procede poi con una rastrellatura per creare una leggera scabrosità della superficie, che altrimenti risulterebbe troppo liscia, e quindi favorire una corretta distribuzione dei semi.
Per compattare il suolo e allo stesso tempo creare dei piccoli "scalini" dove si raccoglie il seme, può anche essere utile il passaggio di macchine cingolate.
Terminati i lavori di sistemazione del terreno, è consigliabile procedere alla semina senza indugi per non lasciare spazio alla germinazione incontrollata di specie spontanee.

È illusorio cercare di ridurre i costi legati alla semina, scegliendo il miscuglio più economico o cercando di risparmiare sulle successive operazioni di manutenzione. Va ricordato, infatti, che la scelta di un miscuglio idoneo al sito e conforme alla destinazione produttiva delle superfici, la corretta esecuzione della risemina e la gestione oculata del prato durante il primo anno successivo alla risemina, sono garanzie di un successo duraturo dell'intervento. Dal punto di vista economico, di solito, un risparmio in queste fasi si traduce in minori rese foraggere e in maggiori costi per i successivi tentativi di porre rimedio agli errori iniziali. Talora mancano, inoltre, le competenze dal punto di vista agronomico per operare nel modo corretto, mentre è nell'interesse dei committenti (Amministrazione Pubblica, consorzi e privati) richiedere l'apporto di specifiche competenze professionali che intervengano nell'indirizzare correttamente la scelta della specie (esigenze, tipo di crescita, consociazioni ecc.), la formulazione di miscugli adatti alle condizioni della zona d'intervento, la semina e la prima gestione dell'area seminata.

4.3 Scelta del miscuglio

Da quanto si è potuto osservare, uno degli errori più frequenti nelle risemine in Valle d'Aosta è l'impiego di specie inadatte alle condizioni locali e non idonee alla costituzione di un prato-pascolo permanente. Tra queste, alcune, come la loiessa (*Lolium multiflorum*), sono poco persistenti e tendono a diradarsi dopo il primo anno dalla semina, altre, come l'erba medica (*Medicago sativa*), risultano molto competitive nelle condizioni pedoclimatiche valdostane e tendono a eliminare le altre specie, costituendo popolamenti quasi monospecifici che si prestano male alle abituali tecniche di utilizzazione dei prati-pascoli valdostani. Nel miscuglio è bene consociare graminacee e leguminose, per dare origine a una cotica produttiva e di buona qualità, in cui le diverse specie si integrino nell'utilizzazione delle risorse (luce, acqua, elementi nutritivi) senza eccessiva competizione. In linea di massima, nella risemina di prati-pascoli permanenti, è preferibile formulare miscugli polifiti composti da 3-4 graminacee e 1-2 leguminose, scegliendo opportunamente le specie idonee al sito e confacenti alle finalità produttive del manto erboso.
Per la scelta delle specie, è necessario tenere in considerazione le peculiarità della vegetazione autoctona, preesistente all'intervento o presente nelle aree circostanti all'area soggetta a miglioramento. I rilievi floristici *ante operam* permettono di caratterizzare l'area dal punto di vista ambientale e vegetazionale, indirizzano nella scelta delle specie idonee al sito e pongono le basi per la costituzione, alla fine dei lavori, di un prato durevole e produttivo.

Le specie selezionate devono possedere le caratteristiche che permetteranno loro di svilupparsi adeguatamente e di soddisfare le attese produttive dell'agricoltore:

- longevità e persistenza (resistenza al taglio e al pascolamento)
- attitudine allo sfalcio e al pascolamento
- produttività
- fogliosità e appetibilità
- ritmo di crescita adeguato
- prontezza di ricaccio
- capacità di adattamento alle condizioni pedologiche
- resistenza (al freddo, agli stress idrici, alle malattie)
- attitudine alla protezione dei suoli dall'e-

rosione (velocità di insediamento e copertura del suolo)

I miscugli per la risemina di prati stabili devono essere composti da specie e varietà produttive e durature nel tempo. Le specie presenti devono essere adatte ad una gestione foraggera che prevede più utilizzazioni all'anno e l'alternanza di sfalcio e pascolamento. Le potenzialità produttive delle specie ne indirizzano il migliore utilizzo: specie molto produttive, come l'erba mazzolina, sono ideali per prati fertili a gestione mediamente intensiva, mentre specie meno produttive, ma caratterizzate da un miglior mantenimento della qualità nel corso della stagione, possono essere destinate ad aree più marginali, solitamente sfalciate più tardi.

Nel caso dei pascoli, l'appetibilità e la resistenza al calpestamento sono tra gli elementi determinanti per la scelta delle specie e delle varietà del miscuglio.

La precocità di sviluppo è un ulteriore carattere da considerare nella scelta della composizione del miscuglio. Le varietà precoci sono interessanti per le zone di alpeggio e di pascolo, in quanto garantiscono una rapida crescita della vegetazione in primavera e permettono un utilizzo anticipato dell'area. Le varietà tardive, invece, sono più indicate nella risemina dei prati che, nelle aree montane, spesso sono soggetti a sfalcio mediotardivo.

Nel caso particolare degli inerbimenti tecnici (per esempio per la risemina di scarpate o di piste da sci), sono da preferire miscugli di specie caratterizzate da rapido insediamento ma con moderato sviluppo della biomassa, tenuto conto che queste aree non devono richiedere elevata manutenzione.

Una volta scelta la formulazione del miscuglio di semente, è essenziale ottenere la garanzia sulla sua effettiva composizione. A tale fine, è necessario che ogni lotto di semente sia fornito di certificazione dell'ENSE[1] (Ente Nazionale Sementi Elette), che ne attesta la purezza (Fig. 25).

[1] http://www.ense.it/attivitaDEllENSE/attivita-index.html

La semente certificata deve rispettare alcuni parametri:
- germinabilità
- purezza specifica
- identità varietale (esiste un Registro Nazionale delle Varietà, dove sono incluse le varietà con le caratteristiche idonee alle condizionali ambientali del territorio nazionale)

Per la commercializzazione, i sacchi di sementi devono essere muniti di:
- cartellino del produttore
- cartellino ENSE (certifica che la semente è stata controllata dall'Ente Nazionale Sementi Elette)

Il cartellino del produttore riporta:
- specie, varietà o ecotipo
- anno di produzione
- purezza specifica
- germinabilità e data di determinazione del parametro
- eventuali trattamenti chimici
- durata della germinabilità.

Per i miscugli, il cartellino ENSE è di colore verde e riporta:
- n° di riferimento del lotto
- specie
- varietà
- categoria
- peso netto o lordo o numero di semi
- mese e anno di chiusura del sacco

Fig. 25
Sacco di semente con cartellino ENSE.

4.4 Specie consigliate per la risemina dei prati

Per le diverse specie, in commercio è possibile reperire molte varietà, elencate nel Registro Nazionale delle Varietà Agrarie o nei cataloghi comunitari, che si possono consultare al pagina http://www.sementi.it/registri_varietali.htm.
Raccomandiamo che nella scelta siano tenuti in considerazione quattro aspetti particolarmente importanti per la costituzione di prati-pascoli permanenti in Valle d'Aosta:

- la persistenza,
- l'epoca di spigatura (o di fioritura, per le leguminose),
- la resistenza al freddo,
- la tolleranza al pascolamento.

4.5 Graminacee più interessanti

4.5.1 *Dactylis glomerata* (erba mazzolina)

L'erba mazzolina (Fig. 26) è la graminacea più diffusa nei prati permanenti valdostani e, salvo condizioni particolari, è la specie più interessante per tutte le risemine dei prati-pascoli, in fondovalle e sui versanti, e dei pascoli d'alpeggio fino ai 1800-2000 m slm. È una specie longeva, caratterizzata un'ampia gamma di precocità di spigatura (oltre 1 mese). Si insedia lentamente ma, una volta insediata, esercita una competizione notevole nei confronti delle altre specie. In caso di utilizzazione intensiva e fertilizzazione abbondante, tende a formare grossi cespi. L'erba mazzolina ha un ottimo valore foraggero e una buona appetibilità, ma la qualità del foraggio tende a peggiorare rapidamente dopo la spigatura. L'attitudine allo sfalcio è ottima, sopporta bene tagli frequenti e ricaccia rapidamente, producendo molte foglie (la *Dactylis* spiga una sola volta).

Fig. 26
Dactylis glomerata (erba mazzolina).

L'attitudine al pascolo è buona ma tende ad essere scartata dagli animali, se il pascolamento è troppo tardivo.
Predilige suoli ricchi di elementi nutritivi, presenta una buona resistenza alla siccità, all'ombreggiamento e al freddo, ma cresce con difficoltà in suoli molto acidi e soggetti a ristagno idrico. Considerando il buon valore foraggero e la produzione ben distribuita tra primavera e autunno, è una specie molto interessante nei miscugli polifiti.

4.5.2 *Festuca pratensis* (festuca dei prati)

Specie longeva, più appetibile e di migliore qualità rispetto a *Festuca arundinacea*, anche se meno rustica e produttiva (Fig. 27). È rapida nell'insediamento e accestisce bene, tuttavia non è una pianta molto competitiva. La festuca dei prati preferisce climi freschi e temperati e suoli ricchi di elementi nutritivi. Tollera il ristagno idrico anche per periodi prolungati.
È consigliabile nei miscugli per aree in cui è previsto il pascolamento.

Fig. 27
Festuca pratensis (festuca dei prati).

L'attitudine allo sfalcio è buona, ma gli sfalci ripetuti sono mal tollerati. Può essere utilizzata in consociazione con leguminose non troppo aggressive e in miscugli da utilizzare in aree non soggette a periodi di siccità.

4.5.3 *Lolium perenne* (loietto, loglio comune)

Il loietto è una specie longeva, di rapido insediamento e accrescimento, e permette di ottenere una discreta produzione fin dal primo anno. Il ricaccio e l'accestimento sono buoni se l'utilizzazione è gestita in modo razionale e se le condizioni climatiche sono idonee (non ama le temperature elevate). Si adatta bene a terreni umidi, mentre ha una scarsa resistenza alla siccità. Il loietto preferisce suoli ricchi ed è favorito dalle concimazioni. È una specie moderatamente aggressiva, molto interessante nei miscugli polifiti per suoli freschi. Sul mercato sono disponibili varietà diploidi, più adatte ai terreni pesanti e più resistenti al calpestamento, e tetraploidi. In generale, l'attitudine al pascolamento è molto buona e il valore foraggero decade lentamente. Nei miscugli, dà ottimi risultati in consociazione con il trifoglio bianco.
Nei registri varietali sono presenti numerose varietà di loietto; tra queste, molte sono state selezionate per la costituzione di tappeti erbosi a uso sportivo o ricreativo e andrebbero evitate nella semina di superfici a destinazione foraggera.

4.5.4 *Poa pratensis* (fienarola dei prati)

Specie comune nei prati valdostani, si adatta a diverse condizioni pedo-climatiche (acidità, eccessi di umidità, siccità).

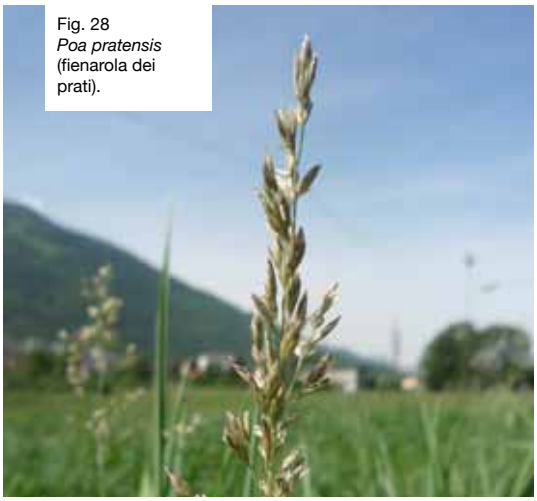


Fig. 28
Poa pratensis (fienarola dei prati).

Si insedia lentamente ma, essendo stolonifera, occupa efficacemente le zone di suolo nudo, chiudendo il tappeto erboso. Presenta un'ottima attitudine allo sfalcio e al pascolamento grazie alla buona resistenza al calpestamento (Fig. 28).

4.6 Graminacee di interesse secondario

4.6.1 *Agrostis tenuis* (capellini, agrostide tenue)

Questa specie è consigliata per le risemine in alta quota, ad esempio di pascoli d'alpeggio, in quanto è molto resistente al freddo. È una specie di taglia bassa, poco produttiva, lenta a insediarsi e scarsamente competitiva, tuttavia, in consociazione con la *Festuca rubra*, è in grado di formare cotiche compatte e garantisce una buona copertura anche in suoli poveri e acidi, fornendo un foraggio molto fine, appetibile e apprezzato dal bestiame.

4.6.2 *Festuca rubra* (festuca rossa)

L'utilizzo della Festuca rossa è consigliata nelle zone di media e alta quota (*mayen* e alpeggio). È una specie longeva, molto persistente e il suo utilizzo è consigliato anche per tappeti erbosi sportivi, ricreativi o per gli inerbimenti tecnici, perché forma cotiche fitte e omogenee. Resiste bene al freddo ma si adatta discretamente anche a temperature elevate e condizioni di siccità. Nei suoli poveri tende a essere dominante, mentre nei prati concimati abbondantemente sono le altre specie a prevalere. Dal momento che secca facilmente, si presta bene all'affienamento, pur offrendo una produzione modesta e di medio valore foraggero. Ha un'ottima attitudine al pascolamento, anche grazie alla buona resistenza al calpestamento, e gli animali al pascolo la apprezzano, nonostante sia un po' dura.
In commercio si trovano sia la *Festuca rubra rubra* (o *Festuca rubra genuina*), sia la *Festuca rubra commutata*. La prima è la vera *Festuca rubra*, una specie stolonifera che tende a formare un tappeto erboso

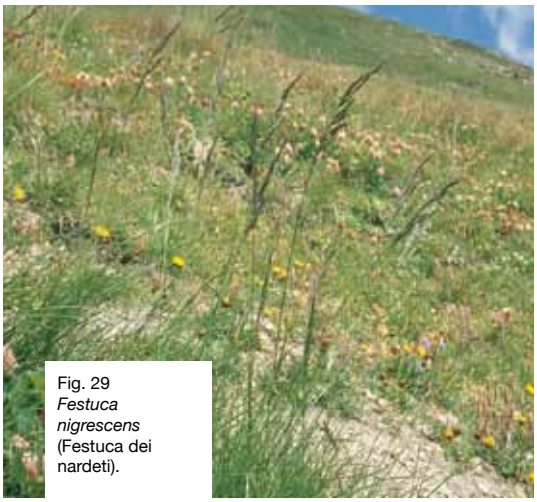


Fig. 29
Festuca nigrescens (Festuca dei nardeti).

compatto e denso, indicata per la semina di prati-pascoli a quote intermedie. La seconda denominazione, invece, indica la *Festuca nigrescens*, specie affine, ma non stolonifera, a portamento più cespitoso, particolarmente adatta nelle risemine in altitudine (Fig. 29).

4.6.3 *Festuca ovina* (festuca ovina)

Specie perenne di bassa taglia, molto rustica, che si adatta ai terreni magri e poco profondi (Fig. 30). Tollera il freddo, ma ha anche un'ottima resistenza alle temperature elevate e al secco. È poco produttiva e di valore foraggero mediocre, ma si rivela molto utile nella risemina di pascoli in ambiente xerico e di aree marginali soggette al rischio di erosione.

4.7 Leguminose

4.7.1 *Trifolium pratense* (trifoglio violetto)

Specie perenne e piuttosto aggressiva. Le varietà tetraploidi sono più longeve, ma più difficili da utilizzare per la produzione di fieno rispetto a quelle diploidi.
Il trifoglio violetto (Fig. 31) predilige ambienti freschi, ma non tollera il ristagno e preferisce apporti idrici ridotti e frazionati. Si caratterizza per una media resistenza al freddo, ma non tollera le temperature elevate.
Il trifoglio violetto si adatta bene a terreni poco profondi e, tra le principali leguminose foraggere, è la specie che tollera meglio l'acidità del suolo (pH intorno a 6). L'attitudine al pascolo è molto buona, soprattutto nei ricacci. La qualità del fieno è molto influenzata dall'epoca e dalla tecnica di raccolta; la fienagione è molto delicata, mentre la raccolta di foraggio verde è meno problematica. Il consumo di quantità eccessive di questa leguminosa può provocare problemi di meteorismo al bestiame.
Il trifoglio violetto può sostituire il trifoglio ladino nelle risemine su suoli filtranti e con minore ritenzione idrica.

Fig. 30
Festuca ovina.

Fig. 31
Trifolium pratense (trifoglio violetto).

Fig. 32
Trifolium repens
(trifoglio bianco).

4.7.2 *Trifolium repens* (trifoglio bianco)

È una specie perenne, tipica dei prati e dei pascoli seminaturali. Il trifoglio bianco (Fig. 32) emerge tardivamente e necessita di un certo livello di luce, calore e umidità. Ha una buona adattabilità alle diverse condizioni pedo-climatiche e, nonostante un apparato radicale poco profondo, dimostra una certa tolleranza anche alla siccità. Il portamento strisciante e la taglia ridotta ne favoriscono l'utilizzo per il pascolo. Il suo valore foraggero è elevato, ma è bene che sia consociato con delle graminacee e non sia troppo abbondante nella cotica, in quanto il consumo eccessivo di trifoglio bianco può provocare problemi di meteorismo nel bestiame. Nei miscugli sono comunemente utilizzate le seguenti varietà botaniche:

- *T. repens* var. *hollandicum* (trifoglio bianco olandese)
- *T. repens* var. *giganteum* (trifoglio ladino).

Il trifoglio bianco olandese ha piante di taglia media, resiste bene al calpestamento e al freddo, ed è quindi indicato per la costituzione di prati-pascoli in zona montana.

Ha una fioritura abbondante e l'attività vegetativa si protrae a lungo in autunno.
Il trifoglio ladino, invece, ha stoloni più robusti e foglie più grandi del precedente ed è più adatto ai prati irrigui di fondovalle, dove garantisce un'ottima resa. Si presta meglio allo sfalcio che al pascolamento, ma durante la fienagione c'è un elevato rischio di perdite meccaniche, ridotto dalla consociazione con graminacee. Rispetto agli altri trifogli ha una fioritura meno abbondante ed è più tardivo. La resistenza al freddo è comparabile a quella del trifoglio pratense o dell'erba medica. Predilige terreni ricchi di Ca e ben drenati, ma ha una scarsa tolleranza alla siccità.

4.7.3 *Onobrychis viciifolia* (lupinella)

Specie molto rustica, si adatta a diversi tipi di suolo, purché non acidi o soggetti a ristagno idrico (Fig. 33). È molto interessante nel caso di suoli superficiali, poveri e in zone calde e siccitose. Non è molto resistente al freddo, ma sui versanti soleggiati può insediarsi ottimamente fino a 1400 m slm.
Ha buona attitudine al pascolamento, è apprezzata dal bestiame ed è interessante

Fig. 33
Onobrychis viciifolia
(lupinella).

anche perché non provoca fenomeni di meteorismo. Il suo ottimo valore foraggero può essere ridotto dalla perdita di foglie durante la fienagione, che può essere attenuata dalla consociazione con l'erba mazzolina.

4.7.4 *Lotus corniculatus* (ginestrino)

Pianta perenne, caratterizzata da un lento insediamento e da una discreta resistenza al freddo (Fig. 34). Non essendo molto aggressiva, teme la competizione delle altre specie. Si adatta bene a diversi tipi di suolo. Presenta, infatti, un'elevata resistenza alla siccità (apparato radicale fittonante), ma si adatta bene anche in suoli poco profondi o caratterizzati da eccesso di umidità. Si adatta bene anche in suoli acidi (l'optimum è pH 6,5). Il ginestrino garantisce una buona produzione estiva e presenta una buona attitudine sia allo sfalcio sia al pascolo, purché il carico animale non sia eccessivo, in quanto patisce il calpestamento. Non provoca fenomeni di meteorismo nei ruminanti e ha effetti positivi sulla produzione e qualità del latte e, secondo alcuni Autori, anche sulla qualità e il colore del burro.

Fig. 34
Lotus corniculatus (ginestrino).

4.8 Specie meno adatte alla semina di prati-pascoli permanenti in Valle d'Aosta

4.8.1 *Phleum pratense* (coda di topo, fleolo)

Il fleolo è una specie persistente a spigatura tardiva. Si adatta molto bene a terreni umidi, da neutri a acidi, non troppo sabbiosi. Il suo utilizzo è indicato per ambienti umidi e freddi (specie molto resistente). È una pianta con un'ottima appetibilità, ma la produzione è elevata solo al 1° ciclo e il contenuto proteico è scarso. La scarsa aggressività non lo rende idoneo alla consociazione con l'erba medica, ma piuttosto con ginestrino o trifoglio bianco.
Non si consiglia l'utilizzo di questa specie soprattutto perché l'abbondanza e la lunghezza dei culmi danno origine a un fieno grossolano.

4.8.2 *Festuca arundinacea* (festuca arundinacea)

È una graminacea longeva e molto rustica, che si adatta bene al freddo, al secco e a tutti i tipi di terreno. È una specie precoce ma che si insedia molto lentamente e che, nel primo anno, offre una produzione pressoché nulla. Nei pascoli sopporta molto bene il calpestamento ma, dopo la spigatura, è scartata dagli animali, in quanto sulle foglie sono presenti scaglie silicee che ne riducono l'appetibilità. Si presta meglio allo sfalcio perché ha una taglia alta, cresce rapidamente e sopporta bene i tagli ripetuti. La scelta di varietà mediotardive a rapido insediamento consente una maggiore elasticità di utilizzo.

Poiché produce un foraggio molto grossolano e fibroso, è poco adatta per l'alimentazione delle bovine da latte. La sua resistenza al calpestamento, invece, la rende molto utile nei pascoli destinati ai cavalli.

4.8.3 *Lolium multiflorum* (loiessa, loglio italico)

È una graminacea che si insedia rapidamente, molto aggressiva e che tende a spigare ripetutamente. Ha una scarsa resistenza al freddo e una mediocre attitudine al pascolo.
È una specie annuale o biennale, precoce, che produce molta biomassa al 1° taglio mentre al ricaccio la resa è scarsa. Nel primo anno dopo la semina è molto aggressiva e competitiva, sovrastando le altre specie del miscuglio e non permettendo loro di insediarsi adeguatamente. Si dirada in seguito, lasciando spazio allo sviluppo di specie non desiderate. In caso di sfalci medio-tardivi, abituali in Valle d'Aosta, la loiessa è già oltre la fase di fioritura e produce un fieno grossolano.

4.8.4 *Medicago sativa* (erba medica)

L'erba medica (Fig. 35) sopporta bene la siccità e le temperature elevate anche per periodi prolungati, mentre patisce i terreni acidi (il pH ottimale è tra 6 e 8,5), il ristagno idrico e il freddo nelle prime fasi di sviluppo. Poiché si adatta molto bene alle condizioni pedoclimatiche della Valle d'Aosta, è molto competitiva e colonizza facilmente le superfici riseminate, l'erba medica risulta la specie dominante anche se presente in ridotte quantità nel miscuglio di partenza. Non permette ad altre leguminose di sopravvivere, compete fortemente con le graminacee più aggressive, quali *Dactylis glomerata* e *Lolium perenne* e limita notevolmente la diffusione di specie spontanee nel prato (Tarello et al., 2004).
L'erba medica è un'ottima foraggera, ma non molto apprezzata dagli agricoltori valdostani, in quanto richiede un ritmo di utilizzo molto intensivo per esprimere al meglio il proprio valore foraggero, mentre in Valle d'Aosta il primo sfalcio viene fatto quando l'erba medica è già in fasi molto avanzate e questo determina elevate perdite di raccolta. Per sfruttare appieno il valore foraggero della pianta, la raccolta dell'erba medica dovrebbe essere eseguita con molta delicatezza, quando le foglie non sono completamente essiccate.
Durante il pascolamento autunnale, può provocare problemi di meteorismo nei ruminanti.

Fig. 35
Medicago sativa (erba medica).

Tab. 14 Miscugli impiegati per risemine di prati-pascoli in diversi ambienti della Valle d'Aosta.

	Fondovalle	Versante sud	Versante sud	Versante sud, ambiente secco	Versante sud, ambiente umido	Versante sud, terreni acclivi
Altitudine (m slm)	600	600	700	1400	1400	1600
specie						
Dactylis glomerata (%)	35	35	35	40	25	30
Festuca pratensis (%)	20	25	25	10	40	20
Lolium perenne (%)	10	10	20		20	
Poa pratensis (%)	15	10		15		20
Lotus corniculatus (%)				10		10
Onobrychis viciifolia (%)				25		20
Trifolium pratense (%)			10		10	
Trifolium repens giganteum (%)	10	10				
Trifolium repens hollandicum (%)	10	10	10		5	
Quantità di semente (kg/ha)	60	60	60	80	80	150
Rapporto n° semi graminacee:leguminose	85:15	75:25	75:25	91:9	82:18	93:7

Tab. 15 Miscugli impiegati per risemine di pascoli in diversi alpeggi della Valle d'Aosta.

	Pascolo pingue	Pascolo pingue	Pascolo pingue	Pascolo magro	Pascolo magro, ambiente secco	Pascolo magro, ambiente secco
Altitudine (m slm)	1700	2000	2000	2000	2000	2100
specie						
Agrostis tenuis (%)						5
Dactylis glomerata (%)	30	25	15			
Festuca nigrescens (%)		20	35	40	25	35
Festuca ovina (%)					25	
Festuca rubra (%)	30	25				35
Lolium perenne (%)	10	10	15	10	10	
Poa pratensis (%)	10		15	30	20	
Lotus corniculatus (%)				5	5	5
Trifolium pratense (%)	10	10	10	5	5	10
Trifolium repens hollandicum (%)	10	10	10	10	10	10
Quantità di semente (kg/ha)	**150**	**180**	**150**	**180**	**180**	**180**
Rapporto n° semi graminacee:leguminose	**85:15**	**81:19**	**86:14**	**88:12**	**88:12**	**89:11**

4.9 Esempi di miscugli

Riportiamo alcuni esempi di miscugli, impiegati per risemine in diversi ambienti di prato - pascolo irriguo (Tab. 14) e di pascolo d'alpeggio (Tab. 15).

4.10 Costo della semente

Come visto, nella scelta delle specie da impiegare nella risemina di prati permanenti in zona montana vanno tenuti presenti numerosi elementi agronomici ed ambientali,

ma una giusta attenzione va destinata anche all'aspetto economico. Il costo delle sementi di specie diverse può variare di molto, dai 2-3 €/kg della loiessa, ai quasi 40 del *Trisetum flavescens*. Va sottolineato, inoltre, che i prezzi sono molto variabili da un anno all'altro, in relazione all'andamento stagionale e a quello dei mercati. Per permettere, in ogni caso, un confronto, nella Tabella 16 sono sintetizzati i dati orientativi riferiti ad alcune delle specie principali, indicando con **+** la fascia di costo fino a 8 €/kg, con **++** quella da 8 a 15 e con **+++** quella oltre i 15 €/kg.

Tab. 16 Costi orientativi delle sementi

Specie	Costo
Graminacee	
Agrostis stolonifera (=A. alba)	++
Agrostis tenuis	++
Arrhenatherum elatius	++
Bromus erectus	++
Bromus inermis	+
Dactylis glomerata	+
Festuca arundinacea	+
Festuca ovina	+
Festuca pratensis	+
Festuca rubra commutata (=F. nigrescens)	+
Festuca rubra rubra	+
Lolium multiflorum	+
Lolium perenne	+
Phleum pratense	+
Poa alpina	+++
Poa nemoralis	+
Poa pratensis	+
Trisetum flavescens	+++
Leguminose	
Anthyllis vulneraria	+++
Lotus corniculatus	++
Medicago lupulina	++
Medicago sativa	+
Onobrychis viciifolia (semi vestiti)	+
Trifolium hybridum	+
Trifolium pratense	+
Trifolium repens	+

4.11 Dose di semina

La quantità di seme apportato non deve essere né troppo abbondante né scarsa. Nel primo caso ci sarà un'eccessiva competizione tra individui e, inoltre, le specie a crescita lento rischieranno di essere soffocate da quelle ad accrescimento più rapido. Nel secondo caso, invece, si ha una copertura incompleta del suolo, che lascia scoperte zone dove possono instaurarsi delle specie infestanti.
La dose utilizzata deve prendere in considerazione fattori topografici (pendenza, altitudine), climatici, l'epoca di semina (in estate la dose va aumentata per contrastare più efficacemente la maggiore aggressività delle infestanti) e, naturalmente, le caratteristiche delle specie che compongono il miscuglio.
Nella formulazione del miscuglio, per dosare opportunamente le specie è necessario valutare con attenzione anche il peso dei semi. Prendendo ad esempio due leguminose, in un grammo si avranno circa 600 semi di trifoglio violetto ma oltre 1400 di trifoglio bianco. Nella Tabella 17 sono riportati i pesi dei mille semi di alcune delle principali specie che possono essere impiegate nella risemina di prati e pascoli in montagna.

Fonti: Schiechtl, 1991; Baldoni e Giardini, 2002; Krautzer *et al*., 2004

In relazione alle diverse condizioni, di norma la dose di semina varia da 60 a 150 kg/ha di seme. Dosi maggiori sono giustificate solo per risemine di aree caratterizzate da forte pendenza, o per risemine in quota. In genere, si consiglia di non superare i 100 kg/ha per le

Tab. 17 Peso dei 1000 semi di alcune specie impiegate nelle risemine in montagna.

Specie	Peso 1000 semi (g)
Graminacee	
Agrostis stolonifera (=A. alba)	0,07
Agrostis tenuis	0,06
Arrhenatherum elatius	3,0
Bromus erectus	4,5
Bromus inermis	2,5
Dactylis glomerata	1,1
Festuca arundinacea	2,5
Festuca ovina	0,5
Festuca pratensis	1,0
Festuca rubra commutata (=F. nigrescens)	1,0
Festuca rubra rubra	1,0
Lolium multiflorum	2,1
Lolium perenne	2,0
Phleum pratense	0,4
Poa alpina	0,6
Poa nemoralis	0,6
Poa pratensis	0,3
Trisetum flavescens	0,5
Leguminose	
Anthyllis vulneraria	2,4
Lotus corniculatus	1,2
Medicago lupulina	1,7
Medicago sativa	2,0
Onobrychis viciifolia (semi vestiti)	21,0
Trifolium hybridum	0,7
Trifolium pratense	1,7
Trifolium repens	0,7

Fonti: Schiechtl, 1991; Baldoni e Giardini, 2002; Krautzer *et al.*, 2004

superfici pianeggianti e fino a 180 kg/ha per le superfici più acclivi ed elevate (Krautzer *et al.,* 2006).
La dose dipende anche dagli obiettivi della risemina: se si vuole ottenere una cotica densa in poche settimane, sono consigliate dosi elevate di miscugli commerciali , mentre se si pensa di costituire una cotica più "naturale", è possibile ricorrere a dosi inferiori di semi di ecotipi nativi che permettono di ottenere una cotica densa nel giro di alcuni mesi (Scotton *et al.,* 2010), riducendo i fenomeni competitivi che si verificano nelle cotiche a rapido accrescimento e promuovendo l'inserimento nella cotica di specie spontanee provenienti dalle aree circostanti.

4.12 Epoca di semina

La scelta dell'epoca è determinante per la buona riuscita della risemina. Il momento ottimale per la semina è il tardo autunno – inverno. Con una semina autunnale non è necessario irrigare prima della semina, ma è importante fare una buona rullatura. In questo periodo, inoltre, ci sono meno problemi di sviluppo di infestanti.
Considerando che la semina va eseguita appena i lavori di miglioramento sono conclusi, può verificarsi il caso in cui la semina venga eseguita in primavera o in estate.
La semina in questi periodi può essere eseguita solo in zone irrigue, in quanto è necessario un apporto d'acqua prima della semina per creare condizioni più favorevoli alla germinazione. Se, in primavera-estate, non si procede alla semina immediatamente dopo la sistemazione finale del terreno, con buona probabilità si assisterà alla comparsa di una vegetazione d'origine spontanea, composta per lo più da specie annuali infestanti, che eserciteranno una notevole concorrenza nei confronti delle specie riseminate. La banca semi del suolo può avere un'influenza notevole sulla riuscita della risemina, quindi, e anche per questa ragione si raccomanda di procedere il prima possibile alla risemina dell'area, una volta conclusi i lavori di sistemazione. Se ciò non fosse possibile, è consigliabile procedere con un'erpicatura o una fresatura del suolo per distruggere la vegetazione esistente prima della semina.

Fig. 36
Seminatrice
a file.

4.13 Tecniche di semina

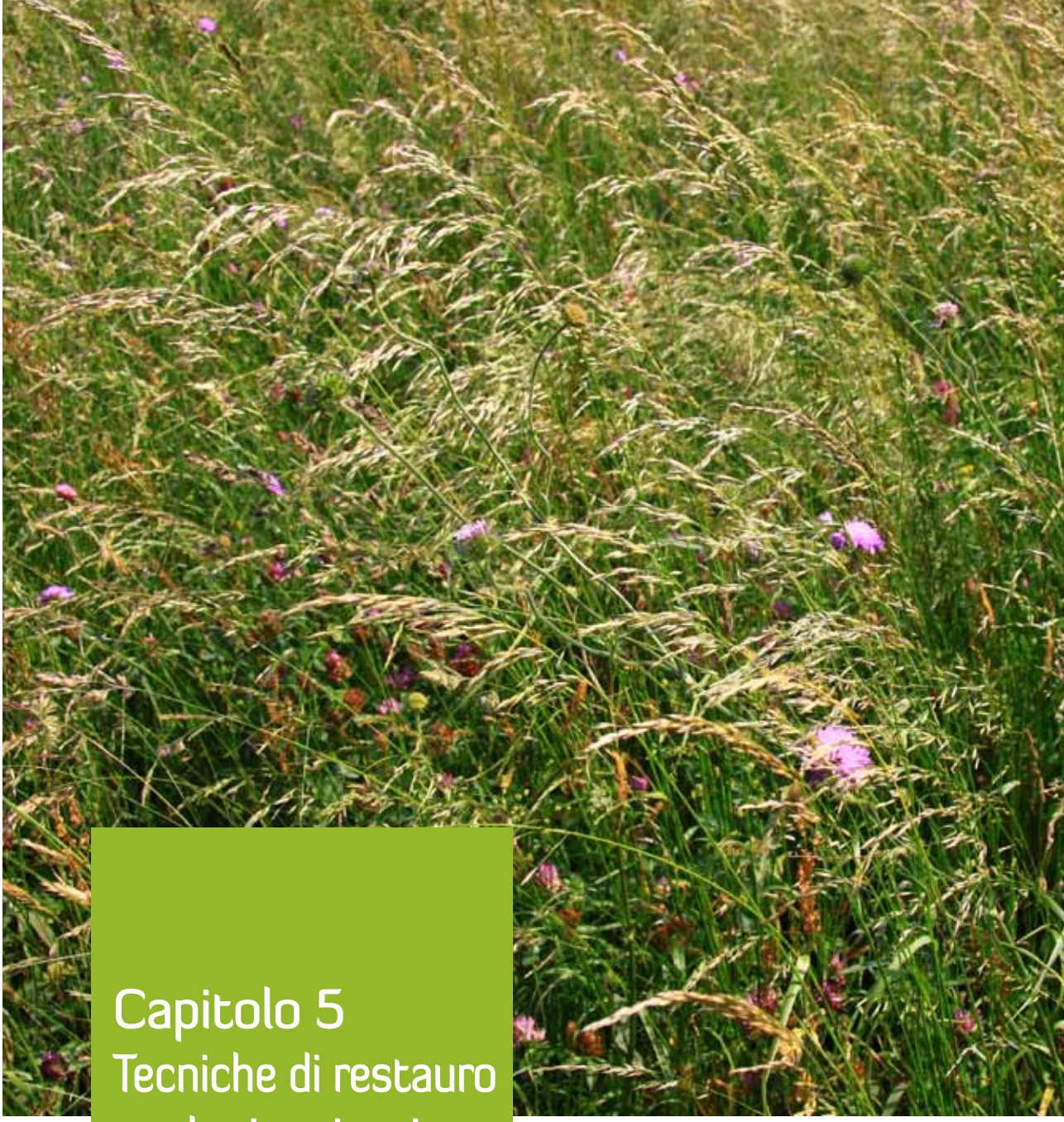
La scelta della tecnica di semina dipende dalle caratteristiche dell'area da riseminare. La semina manuale a spaglio si adotta solo su piccole superfici, mentre per quelle più ampie si usa la seminatrice a file o a spaglio e, dove necessario, si fa ricorso all'idrosemina.

4.13.1 Semina a secco

La semina spaglio, manuale o con la seminatrice, consiste nella distribuzione del miscuglio di semente senza l'aggiunta di altre sostanze, come avviene per l'idrosemina. Fin dove le pendenze lo consentono, si utilizza la seminatrice a file (Fig. 36), mentre nelle aree più acclivi si procede con la semina a spaglio, che consente una distribuzione più omogenea del seme, o con l'idrosemina, che però è decisamente più costosa.
n aree molto acclivi, la semina a secco va abbinata alla distribuzione di una coltre protettiva.
La semina a spaglio può essere adottata sia per la risemina con sementi commerciali, sia per la distribuzione di fiorume (semente che proviene dal fieno e si deposita sul fondo del fienile).
Generalmente, nei capitolati d'appalto è prevista la semina a spaglio manuale o meccanica, mentre l'idrosemina o la posa di geostuoie (geotessuto o fibre di cocco) sono previste solo in condizioni particolari (pendenze superiori a 60°).

4.13.2 Idrosemina

L'idrosemina è ideale per l'inerbimento di pendii, poiché rende più agevole la distribuzione, migliora la permanenza della semente fino alla sua germinazione e il suo insediamento. È una tecnica onerosa in quanto richiede l'utilizzo di macchine speciali e la preparazione di una miscela composta da semente, collanti, concimi (minerali, organici o organo-minerali), sostanze pacciamanti, attivatori, correttivi, ammendanti e acqua). A seconda delle condizioni locali, la dose di seme può arrivare a 250 kg/ha (Florineth, 2007). In condizioni più estreme dal punto di vista climatico (freddo, siccità, vento) o molto acclivi, si può ricorrere all'idrosemina a spessore, eventualmente abbinata all'uso di reti.



Capitolo 5
Tecniche di restauro ecologico: impiego di materiale nativo

Capitolo 5 • Tecniche di restauro ecologico: impiego di materiale nativo

Il restauro ecologico si pone come obiettivo quello di far sì che le aree che sono state migliorate presentino caratteristiche vegetazionali/ecologiche prossime alla situazione pre-intervento. L'utilizzo di materiale nativo rappresenta un'alternativa molto interessante, in particolare in aree di particolare pregio, nei pascoli in quota o nei prati ricadenti in parchi naturali.

5.1 Raccolta di seme indigeno

In primo luogo, è necessario individuare aree ecologicamente simili da cui prelevare il materiale per la risemina, ossia aree che presentano le medesime proprietà di suolo, altitudine, caratteristiche della flora, geologia, uso del territorio ecc. (Scotton *et al.,* 2010). I principali elementi distintivi di un'area (specie dominanti e associazioni vegetali) si rilevano attraverso l'analisi ambientale e vegetazionale. In generale, il reperimento di materiale nativo in un'area può essere eseguito con diverse tecniche, secondo la disponibilità di superfici per il prelievo dei semi. Tra le possibili vie di reperimento del materiale, vi è la raccolta di seme da prati permanenti polifiti.
La raccolta di seme da prati polifiti donatori è una possibilità estremamente interessante, perché consente di attuare un vero e proprio restauro ecologico.

Oltre alla raccolta di semi provenienti da molte specie, vengono raccolti anche uova di insetti e larve. Sebbene i vantaggi siano evidenti, questa tecnica determina la riduzione di semi nel prato donatore e il ritardo dello sfalcio o del pascolo, per favorire la maturazione del maggior numero di specie.
Il seme può essere raccolto:

- manualmente;
- come erba verde;
- come fieno;
- con macchine per la raccolta del seme (spazzolatrici, aspiratrici);
- con la mietitrebbia.

La raccolta di erba verde consente di raccogliere praticamente di tutto il seme disponibile, ma la distribuzione del seme deve avvenire immediatamente dopo la raccolta.
Il seme raccolto con il fieno ha una conservazione lunga e può essere separato da resti di foglie e fusti mediante trebbiatura. L'andamento meteorologico influenza la quantità e la qualità del seme raccolto.
La raccolta meccanica del seme può essere eseguita con macchine spazzolatrici o aspiratrici. Con questa tecnica è possibile raccogliere il seme più volte all'anno, senza tagliare l'erba. Le macchine spazzolatrici sono dotate di una spazzola che favorisce il distacco del seme dalla pianta (Fig. 37), mentre le macchine aspiratrici prelevano il seme grazie alla corrente d'aria creata da un ventilatore.

Fig. 37
Organo lavorante di una macchina spazzolatrice per la raccolta di semente spontanea.

Queste macchine permettono la raccolta in prati con caratteristiche e altezze diverse. La quantità di seme raccolto varia da 2-4 (macchine spazzolatrici portatili o trainate in pascoli di alta quota) fino a 30 kg/h (macchine spazzolatrici trainate su prati di bassa quota). La mietitrebbia permette di raccogliere una quantità di seme maggiore ma richiede il taglio dell'erba; con questa tecnica è possibile raccogliere fino a 200 kg/ha di seme. (Scotton *et al.,* 2010).
L'epoca di raccolta deve tener conto della maggiore scalarità di maturazione delle praterie naturali. La raccolta di fieno o con la mietitrebbia può essere effettuata in un unico momento o in più passaggi. La raccolta di seme in un'unica soluzione è indicata in quelle situazioni in cui è necessaria la formazione rapida della cotica per la protezione del suolo; si cerca quindi di raccogliere il maggior numero di semi possibile.
Se l'obiettivo è la formazione di una cotica il più possibile rassomigliante al prato donatore, è più adatta una raccolta in più fasi (associata alla semina manuale delle specie più precoci o tardive).

Il periodo migliore per la semina è subito dopo lo scioglimento della neve, quando diminuisce il rischio di gelate, mentre la semina autunnale non è consigliata perché le piante patiscono le gelate precoci.

5.2 Inerbimento spontaneo

La rivegetazione dell'area non dipende solo dalla risemina poiché, dalla banca semi del suolo e dalle aree circostanti, attraverso la "pioggia di seme", provengono semi o parti di vegetali che aiutano a rivegetare l'area.
La banca semi del suolo, in particolare, può essere molto ricca in propaguli e questo spiega perché l'asporto della quota più superficiale del terreno e la sua conservazione devono essere eseguite correttamente. Il recupero di terreno ricco in propaguli, infatti, è determinante per il successo dell'inerbimento spontaneo. Per favorire la germinazione del seme presente nel suolo, si consiglia di ricoprire il suolo con paglia al termine delle operazioni di modellamento (Scotton *et al.,* 2010).

5.3 Altri metodi di rivegetazione

Considerando che l'inerbimento spontaneo di un'area è realizzabile soltanto in alcune situazioni particolari, è comunque possibile ricorrere a tecniche di rivegetazione alternative alla semina con miscuglio commerciale. La rivegetazione di un'area può essere realizzata utilizzando zolle erbose (rizollatura) o il fiorume.

5.3.1 Rizollatura

La rizollatura, tecnica ancora non molto diffusa, consiste nell'asportazione delle zolle all'avvio del cantiere e nel loro riposizionamento alla fine dei lavori. Si ricorre a questa tecnica quando è necessario rivegetare rapidamente e completamente un'area. In Valle d'Aosta ci sono state segnalate esperienze di rizollatura in pascoli d'alpeggio.
Le zolle possono essere prelevate nell'area prima che inizino i lavori di modellamento, ma possono anche provenire da altre aree con caratteristiche vegetazionali e ecologiche simili.
Prima del prelievo è necessario eseguire un taglio, per ridurre l'altezza dell'erba.
Il prelievo delle zolle deve essere eseguito da manodopera esperta e adottando alcune precauzioni per evitare il loro danneggiamento. Può essere utile coprire con una protezione i denti della pala, per far sì che la zolla venga asportata senza strappi.
Le zolle prelevate, di norma, hanno dimensioni comprese tra 0,15 e 0,5 m^2 e uno spessore massimo di 20 cm. Vanno sistemate di piatto, con le radici rivolte verso il basso e vanno conservate in cumuli di 1 m di lato e alti non più di 60 cm. L'altezza dei cumuli deve essere adeguata per evitare fenomeni di disseccamento, marcescenza o asfissia (Scotton *et al.,* 2010; Krautzer *et al.,* 2006).
È importante asportare le zolle prima dell'inverno, perché esse si conservano meglio e per più tempo. In estate, l'accatastamento delle zolle è possibile solo per 4 settimane.
Il riposizionamento delle zolle può essere eseguito durante tutta la stagione vegetativa, ma in altitudine i periodi migliori sono il tardo autunno o appena dopo lo scioglimento della neve.
Le modalità con cui le zolle vengono riposizionate dipendono dalla quantità di zolle a disposizione e dall'estensione dell'area da ricoprire. In alcuni casi è possibile ricoprire interamente l'area con le zolle, ma più frequentemente si procede con la disposizione a scacchiera o a strisce, intervallate da zone in cui si cerca di favorire l'inerbimento spontaneo, o si procede con la risemina. La risemina abbinata alla rizollatura consente di garantire una copertura laddove non ci sono zolle e allo stesso tempo permette alla vegetazione autoctona di insediarsi.
Nelle aree di suolo nudo, può essere utile la distribuzione di materiale pacciamante, per favorire la germinazione dei semi della banca suolo e proteggere il suolo stesso dall'erosione (Scotton *et al.,* 2010). Le zolle disposte a scacchiera su terreni acclivi vanno fissate con picchetti di 50 cm piantati nel suolo (Schiechtl, 1991). Per ottenere un buon esito dell'intervento, le zolle devono aderire bene al suolo e deve essere presente un sufficiente strato di terra fine.

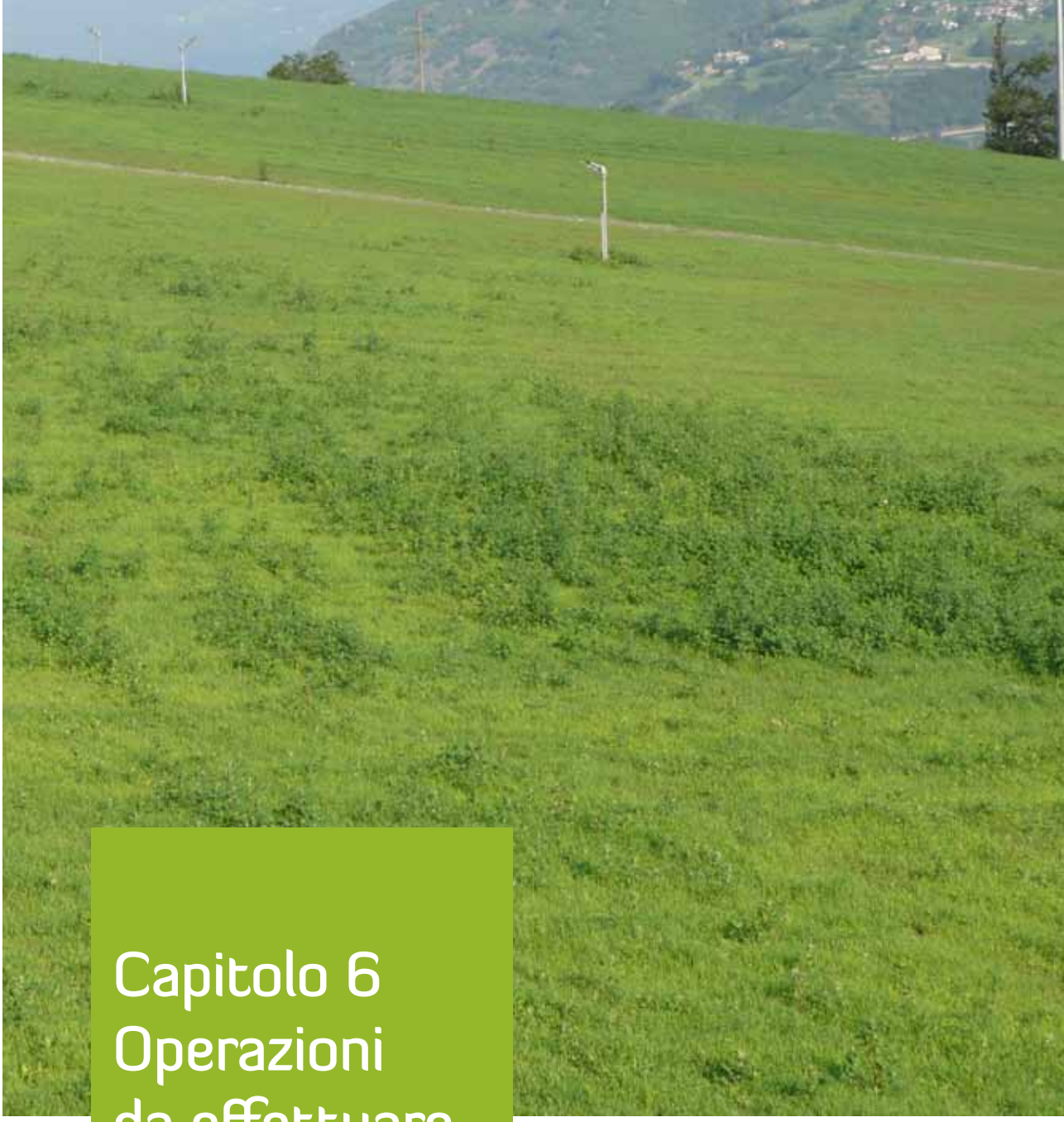
5.3.2 Fiorume

L'utilizzo del fiorume è la soluzione ideale per favorire lo sviluppo di una cotica il più possibile simile alla situazione pre-intervento. Il fiorume è l'insieme di semi, resti di fusti e di foglie, che rimane sul fondo del fienile dopo l'utilizzo del fieno. È un materiale adatto per l'inerbimento di piccole superfici, perché la quantità di seme disponibile e la percentuale di germinabilità sono ridotte.
Per una maggiore efficacia, la raccolta del fiorume va effettuata alla fine di ogni

primavera per evitare che il nuovo seme si mescoli con quello vecchio. Il seme deve essere utilizzato non oltre un anno o due dalla raccolta (Scotton *et al.,* 2010; Krautzer *et al.,* 2006).
Le attuali tecniche di fienagione, con l'impiego delle rotoballe, riducono la quantità di fiorume in fienile. Le maggiori quantità, invece, si ottengono con l'essicazione del foraggio in fienile.
Il fiorume va distribuito in uno strato di 2 cm di spessore (0,5-2 kg/m^2). Per evitarne la dispersione da parte del vento, può essere utile bagnare il fiorume o il terreno. (Krautzer *et al.,* 2006).

5.4 Tecniche di semina alternative

Per l'inerbimento di un'area si può utilizzare anche la distribuzione di fieno o di erba verde (Scotton *et al.,* 2010), utilizzando fieno di 1° taglio molto ricco in seme di graminacee, eventualmente arricchito da fieno di 2° taglio che contiene più seme di leguminose e altre dicotiledoni.
L'estensione della superficie di raccolta dipende dalla vegetazione presente nella zona di provenienza del seme. Il rapporto tra la superficie di provenienza del fieno e quella da rivegetare può variare da 1:2 (praterie molto produttive) a 10:1 (praterie con ridotta produzione di sostanza secca e di seme); nel caso di apporto di erba verde il rapporto aumenta del 20-60%. La quantità di fieno distribuita varia da 0,3 e 2 kg/m^2. Per la distribuzione, si consiglia l'impiego di un carro spandiletame, per creare uno strato di 5-10 cm. Nel caso di risemina con seme ottenuto da trebbiatura del fieno, bisogna considerare un rapporto tra l'area di prelievo e quella da inerbire variabile da 1:1 a 1:2 (Krautzer *et al.,* 2006).
Nel caso dell'erba verde la principale differenza è dovuta al fatto che si distribuisce materiale fresco con un elevato tenore in acqua, che va utilizzato in tempi ristretti (periodo utile per la rivegetazione limitato). La quantità d'erba utilizzata è compresa tra 0,4 e 4,3 kg/m^2.
Per la semina con *mulch* di fieno si consiglia di eseguire lo sfalcio in più momenti, in modo da raccogliere il maggior numero di semi di specie diverse. Il fieno viene distribuito con uno spessore massimo di 2 cm.



Capitolo 6 Operazioni da effettuare dopo la semina

Capitolo 6
Operazioni da effettuare dopo la semina

6.1 Rullatura

Dopo la semina, la rullatura permette di interrare il seme nei primi centimetri di profondità e, con l'azione di compattamento, consente di mantenere l'umidità del suolo vicino al seme.

6.2 Regimazione delle acque e irrigazione

Nel caso di semina su aree caratterizzate da una certa pendenza, è opportuno predisporre una rete di scoline che permetta anche di regimare le acque fino a che la superficie non sarà interamente inerbita.
L'irrigazione dopo la semina è molto importante. Apporti d'acqua frequenti e ridotti favoriscono la germinazione, senza rischiare di trasportare via il seme.

6.3 Concimazione

La prima concimazione è inserita nel capitolato d'appalto come operazione di miglioria ed è a carico dell'impresa. Gli agricoltori si occupano delle successive concimazioni.
Se la preparazione del letto di semina e la concimazione di fondo sono state eseguite correttamente, non è necessario programmare altri apporti immediati. Se così non fosse, la carenza di azoto in una cotica riseminata si rileva facilmente, perché essa si presenta piuttosto ingiallita. La concimazione va anche promossa, insieme ad un'eventuale trasemina, se alla fine della seconda stagione vegetativa non si raggiunge una copertura soddisfacente, pari almeno al 70% della superficie.
Un apporto equilibrato e frazionato di azoto può essere assicurato con la liquamazione, facendo però attenzione all'effetto che l'azoto ammoniacale ha sulla vegetazione. Esso, infatti, rischia di ustionare le foglie, in particolare quelle di piante che manifestano visibili sintomi di carenza e che hanno tessuti meno resistenti. Inoltre, fornendo una consistente quota di azoto prontamente disponibile, il liquame può favorire specie a rapido accrescimento, più competitive o nitrofile. La distribuzione di liquame diluito con acqua (diluizione 1:1) rappresenta la soluzione ottimale: l'apporto di 30 m^3/ha di liquame diluito corrisponde ad un apporto di circa 30 kg/ha di N prontamente disponibile.

6.4 Sfalci di pulizia

La corretta esecuzione di uno o più sfalci di pulizia consente di controllare lo sviluppo di specie non desiderate ed è molto importante per evitare che la vegetazione che si origina dalla banca semi prenda il sopravvento. I problemi maggiori si hanno nelle semine all'inizio

dell'estate, quando tendono a svilupparsi piante annuali aggressive ed efficienti nell'utilizzo del C (le cosiddette piante a metabolismo C4) quali, ad esempio, l'*Amaranthus retroflexus.*
Nel caso di semine primaverili o estive è da prevedere l'esecuzione di 2 (in alcuni casi anche 3) sfalci di pulizia. Quest'operazione, infatti, va eseguita prima che le specie indesiderate abbiano avuto la possibilità di svilupparsi e disseminare, quindi entro 5-6 settimane dalla semina, in modo da colpire le infestanti che stanno crescendo, eliminandone gli apici riproduttivi, senza danneggiare la cotica che si sta insediando. Si esegue il taglio ad un'altezza di 6- 10 cm dal suolo e si lascia il materiale sul terreno; in alternativa allo sfalcio, si può trinciare l'erba. I residui dell'operazione, molto ricchi in acqua, si lasciano al suolo, dove si degradano velocemente.
Lo sfalcio di pulizia favorisce l'accestimento delle graminacee e non disturba le leguminose, in particolare il *Trifolium repens* che è una pianta stolonifera.

6.5 Pascolo

Dopo la semina, la cotica necessita di un periodo di tempo per insediarsi e garantire la copertura della superficie. Per questa ragione, il pascolamento è da evitare, in quanto sia il calpestamento, dovuto al passaggio degli animali, sia l'azione di strappo possono danneggiare la cotica. In fondovalle, dove le condizioni sono più favorevoli, si consiglia di aspettare almeno un anno prima di pascolare l'area, mentre nelle risemine in alta quota, dove la stagione vegetativa è più breve, è preferibile aspettarne almeno due.

6.6 Inerbimento insoddisfacente: gli errori più comuni

Come già detto, la buona riuscita della risemina dipende da numerosi fattori, legati alle modalità e all'epoca di esecuzione delle operazioni, all'ambiente in cui si opera, alla scelta dei materiali vegetali e alle tecniche di gestione delle superfici inerbite.
Presentiamo qui un elenco dei più frequenti errori che si possono commettere.

- Separazione non corretta delle frazioni del suolo
- Cattiva conservazione della "terra vegetale" con conseguente sviluppo di infestanti
- Concimazione di fondo insufficiente
- Ritardo nell'esecuzione della semina dopo la sistemazione del terreno
- Tecnica di inerbimento inadeguata
- Scelta del miscuglio non idonea in relazione alle condizioni pedoclimatiche
- Scelta del miscuglio non idonea in relazione alla destinazione d'uso dell'area
- Dose di semina non idonea
- Insufficiente concimazione dopo la semina
- Eccessiva concimazione dopo la semina
- Insufficiente apporto idrico
- Mancata esecuzione degli interventi previsti dal piano di manutenzione
- Mancata esecuzione dello sfalcio di pulizia
- Pascolamento dell'area prima che la cotica si sia insediata.

Capitolo 7 Valutazione degli impatti dei miglioramenti fondiari: casi di studio

Capitolo 7 • Valutazione degli impatti dei miglioramenti fondiari: casi di studio

Nell'ambito delle attività previste da questo progetto, gli effetti dei miglioramenti fondiari sul suolo sono stati analizzati e approfonditi in tre siti all'interno della Regione Autonoma Valle d'Aosta, rispettivamente nei comuni di Gaby, Verrayes, e Saint-Denis. Obiettivo specifico è stato la valutazione degli effetti dei miglioramenti fondiari sulle caratteristiche del suolo, nel breve e medio periodo.

Nei miglioramenti fondiari di Saint-Denis e Verrayes, le aree sono state suddivise in più lotti di intervento, in quanto le superfici interessate erano piuttosto estese. Questo aspetto è molto interessante sia dal punto di vista pedologico sia da quello botanico, in quanto la rivegetazione di tali aree è avvenuta in epoche diverse e questo ha condizionato l'evoluzione della composizione floristica dei prati. Il confronto tra aree oggetto dei medesimi interventi, riseminate in periodi diversi, permette di fare delle considerazioni sull'efficacia della risemina e sulle variazioni della composizione del manto erboso, legate anche alla ricomparsa della flora spontanea.

Nel caso di Gaby il miglioramento fondiario è stato eseguito nel 2010 ed è stato possibile conoscere le caratteristiche chimiche e fisiche del suolo *ante operam* e studiarne poi le variazioni immediatamente dopo l'intervento. Negli altri due siti, oltre ai lotti d'intervento definiti dal progetto, eseguiti in tempi differenti (compresi fra il 1996 e il 2008), sono state individuate delle aree di controllo indisturbate, attraverso le quali è stato possibile eseguire un confronto e analizzare gli effetti delle lavorazioni nel medio periodo.

7.1 Modalità di esecuzione dei rilievi pedologici

In ogni plot sperimentale sono stati aperti dei profili pedologici, descritti in campo, con l'individuazione degli orizzonti genetici, successivamente campionati ed analizzati in laboratorio per la determinazione di: tessitura apparente, pH, carbonati, carbonio organico, azoto totale, capacità di scambio cationico e cationi scambiabili. Indagini specifiche sono state condotte sulla vulnerabilità dei suoli ai fenomeni erosivi, attraverso la determinazione della stabilità degli aggregati (WAS) e dei Limiti di Atterberg.

La struttura del suolo è stata misurata con la setacciatura ad umido secondo il metodo descritto da Zanini *et al.* (1998). La stabilità è stata determinata sulla frazione di suolo compresa tra 1-2 mm degli orizzonti A (intesi come topsoil, cioè porzione del suolo superficiale tra 0 e 10 cm) e stimata attraverso una setacciatura a tempi fissi (5, 10, 15, 20, 40, 60 minuti) in acqua deionizzata (40 cicli/min).

La percentuale di aggregati persi è stata ottenuta con procedura non lineare iterativa secondo il modello esponenziale proposto da Zanini *et al.* (1998):

$$y(x) = a+b(1-e^{-x/c})$$

dove y = perdita di aggregati %; x = tempo di agitazione in acqua; a = stima della perdita iniziale di aggregati % per esplosione alla saturazione; b = stima della perdita massima % di aggregati per abrasione; a+b = stima della perdita massima % potenziale di aggregati; c = parametro che controlla l'estensione temporale della funzione.

Per quanto concerne i Limiti di Atterberg, il limite plastico (LP), evidenzia il grado di umidità al quale il suolo diventa plastico, mentre il limite liquido (LL) del suolo evidenzia il contenuto idrico del suolo in corrispondenza del quale il suolo va incontro a liquefazione.

Tali limiti sono stati determinati attraverso l'impiego del cono penetrometro (LL) e con il metodo della manipolazione (LP).

Entrambe le procedure di misura sono descritte nei metodi standard dalla SISS (1997).

Dalla differenza tra LL e LP si ricava l'indice plastico (IP), sulla base del quale un suolo può essere definito più o meno plastico (Tab. 18).

Tab. 18 Valori di indice plastico osservati in ambito montano (Cestello Guidi C., 1975).

IP	suolo
0 - 5	Non plastico
5 - 15	Poco plastico
15 - 40	Plastico
> 40	Molto plastico

7.2 Caratteristiche dei siti di studi

I tre siti differiscono sia per il clima, le precipitazioni e le temperature medie annuali, sia per le caratteristiche geologiche e geomorfologiche. Una breve descrizione dei siti, con la sintesi dei principali risultati ottenuti, è riportata di seguito.

7.2.1 Consorzio di miglioramento fondiario Gaby - Gaby

Ambito geografico: Valle del Lys
Comune: Gaby
Località: capoluogo
Quote: 1028-1086 m s.l.m.
Esposizione prevalente: Sud, Sud-Ovest
Temperatura media annua: 7 °C
Precipitazioni medie annue: 1000 mm
Superficie sottoposta al miglioramento: circa 4 ha
Pendenza: 15%
Morfologia: conoide di deiezione
Litotipi: metagabbri scistosi e gneiss microocchiadini
Uso: prato polifita

Descrizione degli interventi eseguiti
L'intervento di miglioramento fondiario ha preso avvio nella primavera del 2010 e si è concluso nel mese di giugno del 2011.
La superficie interessata dal miglioramento è pari a 39.995 m^2 ed è costituita da aree diverse tra loro per morfologia e per stato di abbandono. L'obiettivo dell'intervento è stato quello di recuperare le superfici prative e rendere la loro coltivazione più agevole, riducendo la pendenza del sito e favorendo l'accesso dei mezzi meccanici ai vari appezzamenti. Per raggiungere questi obiettivi sono state realizzate diverse opere di sistemazione agraria. In primo luogo sono stati eliminati gli ostacoli che impedivano l'utilizzo dei mezzi agricoli nella zona e cioè le "*meurdzëre*" (ovvero i cumuli di pietre), i muretti a secco, le scarpate di raccordo, gli alberi e gli arbusti che con l'abbandono avevano largamente ricolonizzato i prati. La riduzione dell'acclività è stata invece ottenuta attraverso la ricostruzione delle opere murarie di sostegno. Le nuove opere di sostegno sono in numero minor rispetto a quelle che erano presenti in origine e la loro localizzazione dovrebbe far sì che vengano mantenute le linee di deflusso esistenti e rispettata la morfologia del sito.
Dopo l'operazione di sbancamento all'interno dell'area d'intervento sono state poi eseguite operazioni di spietramento e livellamento, accompagnate da scavi di modellamento.
Per ovviare alla mancanza di uno strato sufficiente di suolo fertile è stata inoltre impiegata una macchina per macinare i sassi e in una porzione limitata del miglioramento fondiario è stato autorizzato lo spargimento di suolo alloctono (circa 800 m^3). Al termine delle operazioni di modellamento si è poi provveduto ad effettuare una concimazione con letame maturo e l'idrosemina.
In questo sito sono state analizzate e studiate, attraverso indagini di campo e di laboratorio, le caratteristiche del suolo *ante* e *post operam*.
È stato inoltre delimitata nel sito un'area sperimentale in cui è stato testato il diverso effetto sulle caratteristiche del suolo e sullo sviluppo della vegetazione di compost ottenuto da residui verdi (sfalci e potature) e letame. Per ogni trattamento, compreso il controllo, sono state previste cinque replicazioni.
Nel caso di Gaby non è stato realizzato un impianto irriguo poiché, viste le condizioni climatiche dell'area, gli apporti idrici sono stati ritenuti sufficienti.

7.2.2 Consorzio di miglioramento fondiario Ru de Joux - Verrayes

Ambito geografico: Valle centrale
Comune: Verrayes
Località: Grand-Villa
Quote: 1365-1600 m s.l.m.
Esposizione prevalente: Sud, Sud- Ovest

Temperatura media annua: 7 °C
Precipitazioni medie annue: 600 mm
Superficie sottoposta al miglioramento: circa 83 ha
Pendenza: modesta tra il 5 e il 30%
Morfologia: versante
Litotipi: depositi morenici misti (serpentinite,calcescisti e metabasiti)
Uso: prato polifita irriguo

Descrizione degli interventi eseguiti
L'intervento di miglioramento è stato eseguito su una superficie di 75 ha. Data la vastità dell'area, i lavori sono stati condotti in epoche differenti con la definizione di 3 lotti di intervento.
Il primo lotto è stato completato nel 2003, mentre negli altri due, i lavori sono stati conclusi, rispettivamente, nel 2006 e nel 2008. In ognuno dei tre lotti sono stati previsti inizialmente operazioni di scotico e accumulo degli orizzonti più superficiali in grandi cumuli. Successivamente si è proceduto ad un'operazione di sbancamento che in alcuni casi ha interessato profondità davvero notevoli, oltre i 2 m. Al termine delle operazioni di movimentazione terra e spietramento sono stati ricollocati in superficie gli orizzonti più superficiali e ricchi di sostanza organica ed è stato previsto l'impiego nei differenti lotti di una macchina interra sassi e di una livellatrice laser per modellare il suolo.
Prima di effettuare la semina, il suolo è stato preparato attraverso una fresatura e l'apporto di concime organico (letame). La distribuzione della semente è avvenuta in prevalenza con idrosemina e in alcune zone anche a mano. Quanto alla composizione dei miscugli utilizzati si suppone che nel tempo siano variati e che in epoche più recenti essa sia stata maggiormente curata da parte di professionisti agronomi che hanno dunque scelto specie che rispondessero meglio alle condizioni climatiche dell'area, visto l'esiguo apporto di precipitazioni annuali e il tipo di utilizzazioni previsto.
Tra i lavori di miglioramento fondiario è stata prevista la realizzazione di un sistema di irrigazione per aspersione fisso, per permettere di incrementare la produzione di foraggio e garantire una fonte di acqua a sostegno della copertura vegetale specialmente nei primi mesi che seguono la semina e dove la pianta è maggiormente sensibile agli stress idrici. Al tempo stesso, durante i lavori di miglioramento fondiario, sono stati realizzati l'impianto irriguo le vasche di accumulo dell'acqua.
L'effetto degli interventi è stato indagato sia nei 3 lotti di intervento, sia nell'area indisturbata.

7.2.3 Consorzio di miglioramento fondiario Chavacourt - Saint-Denis

Ambito geografico: Valle centrale
Comune: Saint-Denis
Località: Simon, Del, Plau

Quote: 1200-1400 m s.l.m.
Esposizione prevalente: Sud, Sud- Ovest
Temperatura media annua: 7 °C
Precipitazioni medie annue: 600 mm
Superficie sottoposta al miglioramento: circa 120 ha
Pendenza: modesta tra il 5 e il 30%
Morfologia: versante
Litotipi: depositi morenici misti (pietre verdi, calcescisti e filladi)
Uso: prato polifita irriguo

Descrizione degli interventi eseguiti

Il miglioramento fondiario eseguito a Saint-Denis è probabilmente quello più esteso mai eseguito in Valle d'Aosta, avendo interessato una superficie di ben 120 ettari.

L'area inizialmente è stata suddivisa in 4 lotti di intervento e i lavori hanno preso avvio in epoche diverse. Gli interventi di miglioramento si sono conclusi nei primi 3 lotti, rispettivamente nel 1997, 2002 e 2008. Nel quarto lotto i lavori non sono stati ancora intrapresi e sono ben visibili situazioni di degrado della vegetazione e l'invasione da parte di specie arboree e arbustive.

Dopo il consueto scotico sono stati eseguiti su pressoché la totalità delle superfici dei lavori di sbancamento, che in alcuni casi hanno raggiunto profondità massime di 6 m. I massi sono stati interrati e ricoperti nuovamente con il suolo prelevato e accumulato in precedenza, avendo cura di riporre in superficie gli orizzonti di suolo più superficiali. La gestione dei cumuli è stata davvero difficoltosa in relazione agli ingenti volumi di scavo, raggiungendo a volte dimensioni eccessive. Conseguentemente il suolo al suo interno è stato spesso compattato e le condizioni di aerazione in alcuni casi non sono state rispettate. Il modellamento della superficie è stato ottenuto con una livellatrice. Tutta la superficie in cui hanno avuto luogo gli interventi è stata dotata di un impianto di irrigazione ad aspersione. Nei primi due lotti però la realizzazione del sistema irriguo non è avvenuta in contemporanea agli interventi di miglioramento, ma in un secondo momento. Questo evento ha fatto si che le attività di cantiere si complicassero, dovendo aprire nuovamente degli scavi per la posa dei tubi. Sul suolo nel frattempo hanno preso a svilupparsi le infestanti che erano presenti nella banca semi e ciò ha richiesto che fosse poi effettuato un intervento di diserbo, affinché le specie seminate non dovessero soffrire la competizione con esse al momento della semina. Come di consueto prima dell'effettuazione dell'idrosemina è stata effettuata una fresatura. del suolo e sono stati distribuiti concimi organici (letame). Il quarto lotto è stato considerato come un controllo, poiché indisturbato, e i risultati delle analisi dei suoli campionati in questa porzione sono stati confrontati con quelli ottenuti nei altri 3 siti oggetto d'intervento. I profili pedologici sono stati aperti nei lotti di intervento e in quello indisturbato. Sui campioni di suolo raccolti sono state eseguite le consuete analisi di laboratorio che hanno permesso di osservare l'evoluzione delle proprietà chimico fisiche ad anni di distanza dell'intervento.

7.3 Profili pedologici

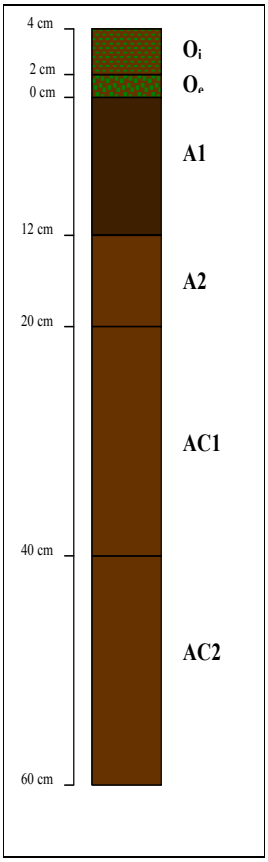
In ciascun lotto d'intervento dei 3 siti di studio e nelle relative aree indisturbate di controllo sono stati aperti una serie di profili pedologici. Complessivamente

sono stati aperti 2 profili a Gaby e 4 sia a Verrayes sia a Saint-Denis. Per ogni profilo aperto sono stati individuati in campo gli orizzonti genetici e si è proceduto alla compilazione di una scheda, in accordo al modello della Guida Pratica di Pedologia. Nelle figure seguenti sono invece rappresentati graficamente alcuni dei profili pedologici che sono stati indagati nel corso del progetto.

PROFILO GABY *ANTE OPERAM*

Località: Gaby-Chef Lieu - Comune: Gaby (AO) - Quota: 1040 m slm - Coordinate geografiche: X 403166 Y 5062640 - Pendenza: 15% - Esposizione: Sud-Est - Uso: Prato pascolo - Vegetazione: Prato polifita - Morfologia: Conoide di deiezione - Litologia: Metagabbri scistosi e gneiss microocchiadini - Pietrosità: 30% - Rocciosità: assente - Erosione: assente - Classificazione WRB: Haplic Phaeozem (arenic)

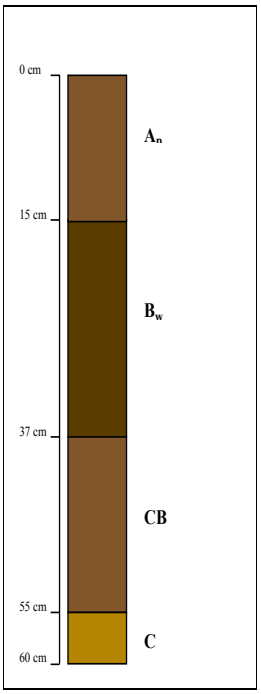
Orizzonte	Profondità (cm)	Descrizione
O_i	4-2	Indecomposto, costituito da foglie ed erba, bagnato.
Oe	2-0	Parzialmente decomposto, costituito da foglie e erba.
A1	0-10/12	Umido, colore 10YR 2/2 (bruno molto scuro), scheletro 5% di piccole dimensioni; aggregati granulari e poliedrici subangolari deboli, leggermente adesivo e leggermente plastico, sabbioso-franco, molto poroso, radici abbondanti fino a 1 mm; limite ondulato abrupto.
A2	10/12-20	Molto umido, colore 10YR 3/2 (bruno grigiastro molto scuro); scheletro 7% di piccole e medie dimensioni, aggregati poliedrici subangolari. Moderati e granulari fini deboli, leggermente adesivo e leggermente plastico, radici abbondanti fino a 2 cm, presenza di formiche ed anellidi; limite ondulato abrupto.
AC1	20-38/40	Umido, colore 10YR 3/2 (bruno grigiastro molto scuro); scheletro 50%, di dimensioni decimetriche; molte radici fino a 2 cm, aggregati poliedrici subangolari fino a 5 cm deboli, e granulari deboli, leggermente adesivo e leggermente plastico; limite abrupto lineare.
AC2	40-60+	Umido, colore 10YR 3/2 (bruno grigiastro molto scuro), come AC1 ma con poche radici e scheletro fino a 70%.



PROFILO SAINT-DENIS - LOTTO 2008

Località: Semon - **Comune:** Saint-Denis (AO) - **Quota:** 1185 m slm - **Coordinate geografiche:** X 388676 Y 5070055 - **Pendenza:** 5% - **Esposizione:** SUD - **Uso:** prato stabile - **Vegetazione:** Prato polifita - **Morfologia:** Sub pianeggiante - **Litologia:** Depositi morenici misti (pietre verdi, calcescisti e filladi)- **Pietrosità:** 0 % - **Rocciosità:** 0 % - **Erosione:** assente- **Classificazione WRB:** Haplic Cambisol (hypereutric, escalic)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
A_n	0-15 cm	Umido, colore 2.5Y 4/2 (bruno grigiastro scuro) parte dominante (Parte rossa) e 5Y 4/1 (Parte grigia 40%) 10YR 3/2; struttura grumosa in superficie e poi poliedrica sub angolare; scheletro in superficie e all'interno dell'orizzonte (25%); sabbioso-franco; radici scarse fini; limite inferiore ondulato abrupto. Orizzonte accumulato separatamente da quelli sottostanti e ridistribuito in superficie e al termine dei lavori.
B_w	15-37 cm	Umido, colore 10YR 4/3,5 (bruno) parte dominante (Parte rossa), 5YR 2,5/1 (nero) parte nera (10%), 2.5Y 4/3 parte grigia (10%); struttura poliedrica subangolare; scheletro (35%) calcescisti e serpentinite; sabbioso-franco; radici scarse fini; limite inferiore ondulato abrupto. Orizzonte parzialmente interessato da spostamenti di materiale
CB	37-55 cm	Umido, colore 2.5Y 4/2 (bruno grigiastro scuro); struttura poliedrica subangolare debole; scheletro (40%) calcescisti e serpentinite; sabbioso-franco; radici scarse fini; HCl:1; limite inferiore ondulato abrupto. Orizzonte pesantemente rimaneggiato durante le opere di miglioramento fondiario.
C	55-60 cm	Umido, colore 5Y 4/1,5 (grigio scuro); struttura poliedrica subangolare, debole, massivo; scheletro abbondante (50%) serpentinite; HCl:1. Orizzonte pesantemente rimaneggiato durante le opere di miglioramento fondiario.



PROFILO VERRAYES 2000

Località: Grand-Villa - **Comune:** Verrayes (AO) - **Quota:** 1430 m slm - **Coordinate geografiche:** X 385919 Y 5070306 - **Pendenza:** 3% - **Esposizione:** SUD - **Uso:** prato - **Vegetazione:** prato polifita- - **Morfologia:** Sub pianeggiante - **Litologia:** Depositi morenici misti (serpentinite,calcescisti e metabasiti) - **Pietrosità:** 3 % - **Rocciosità:** assente - **Erosione:** Assente - **Classificazione WRB:** Haplic Phaeozem

Orizzonte	Profondità	Descrizione
A_p	0-15 cm	Umido, colore 2.5Y 3/2 (bruno grigiastro molto scuro); struttura poliedrica sub angolare, struttura secondaria grumosa fine; HCl:1; radici comuni fini limite inferiore ondulato abrupto.
AB_p	15-33 cm	Umido, colore 2.5Y 3/2 (bruno grigiastro molto scuro); struttura laminare fine massiva; scheletro grossolano (20%); HCl:2; radici fini e scarse; limite inferiore ondulato abrupto. Orizzonte sottoposto a operazioni d'interramento dei sassi, fresatura e livellamento.
BC_p	33-48 + cm	Umido, colore 2.5Y 4/3 (bruno oliva); struttura laminare fine estremamente massiva; scheletro 20% fine; HCl:0. L'orizzonte in questione ha subito le stesse operazioni del precedente.

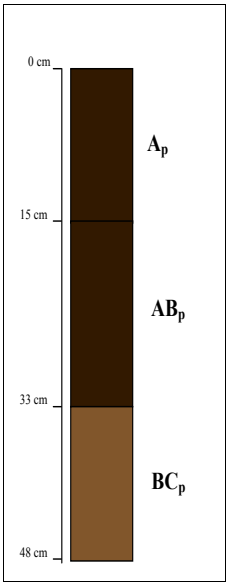


Fig. 38
Evoluzione dei profili nel tempo del sito di Gaby.

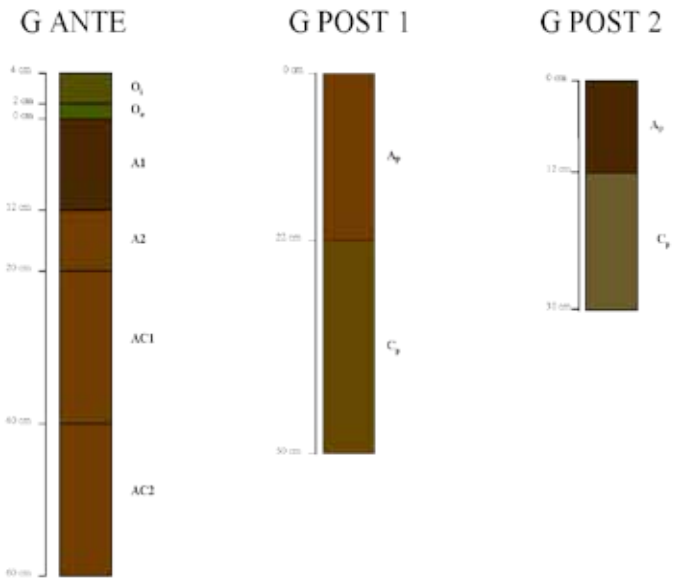


Fig. 39
Evoluzione dei profili nel tempo del sito di Verrayes.

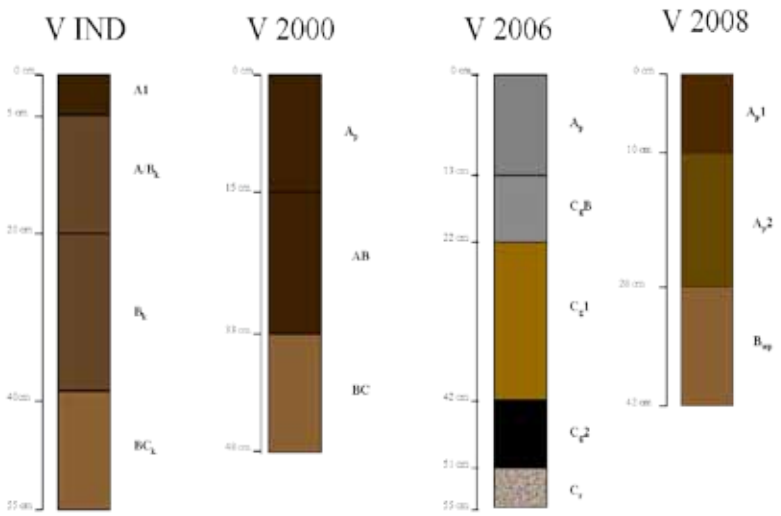
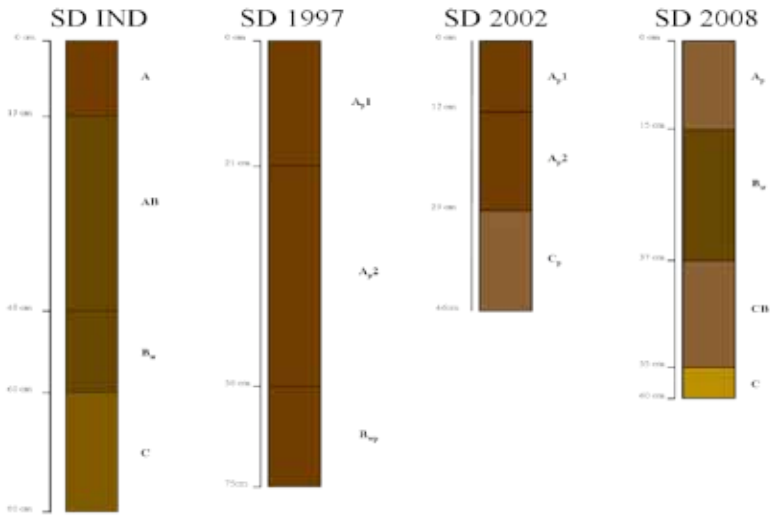


Fig. 40
Evoluzione dei profili nel tempo del sito di Saint Denis.



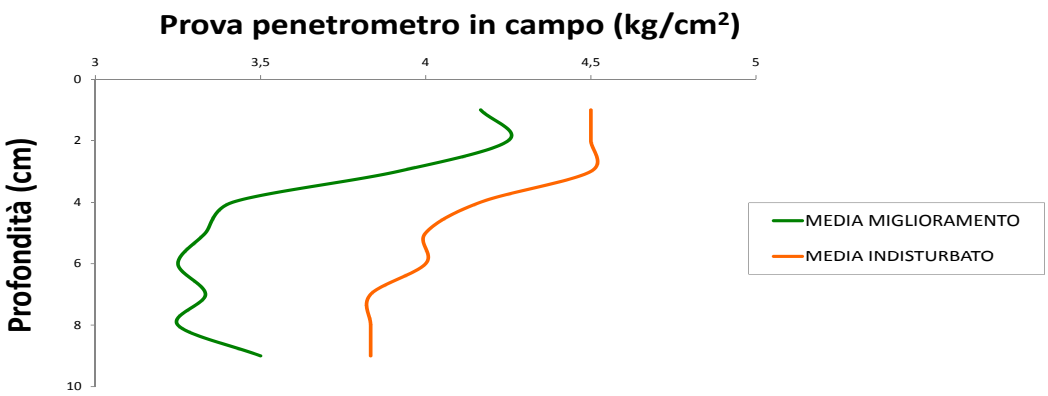
Quello che emerge dall'analisi dei profili è una generale riduzione della potenza del suolo in seguito agli interventi di miglioramento fondiario in tutte e tre le aree di studio. Dopo gli interventi, lo scheletro è presente in quantità considerevoli anche in superficie, sebbene gli elementi che lo compongono abbiano dimensioni inferiori. Un'altra caratteristica, che appare più o meno comune in tutti e tre i siti, riguarda il grado di evoluzione dei suoli sottoposti al miglioramento fondiario, che ovviamente appaiono ringiovaniti e sui quali i processi pedogenetici hanno ripreso da poco a produrre i loro effetti.

Di seguito sono esaminate le caratteristiche chimiche e fisiche dei suoli in relazione alle tipologie d'intervento eseguite ed all'anno di realizzazione.
Nel caso del miglioramento fondiario di Gaby, la comparazione dei risultati ottenuti dall'analisi del suolo interessato dal miglioramento con quello campionato nell'area di controllo, prima degli interventi, ha permesso di conoscere gli effetti delle operazioni svolte sul suolo, nel breve periodo.
Nei casi di Verrayes e Saint-Denis, invece non essendo disponibili analisi di laboratorio che ci potessero fornire indicazioni sulle caratteristiche del suolo prima del miglioramento, si è effettuato il confronto tra i risultati delle analisi dei lotti interessati dai lavori con quelli ottenuti dall'analisi dei campioni di suolo prelevati in alcuni siti di controllo adiacenti. La comparazione tra i risultati ottenuti nei siti interessati dalle sistemazioni agrarie e quelli nelle aree indisturbate ha permesso di effettuare un'analisi più precisa dell'evoluzione nel tempo delle proprietà del suolo.

7.4 Gaby: risultati nel breve periodo

Nel sito di Gaby le operazioni condotte hanno previsto:
- abbattimento ed esbosco delle specie arboree d'invasione;
- scotico e sbancamento, con conservazione degli orizzonti superficiali del suolo in cumuli;
- spietramento e macinatura dei sassi;
- demolizione delle opere di sostegno originarie (muretti a secco);
- edificazione delle nuove opere di sostegno;
- modellamento della superficie e riduzione della pendenza;
- ripristino della coltre pedologica, mediante redistribuzione del terreno rimosso e, in una porzione dell'area, di suolo alloctono;
- inerbimento e sfalcio;

Fig. 41
Prova con il penetrometro effettuata nei primi 10 cm di profondità del suolo nel miglioramento fondiario di Gaby.



7.4.1 Effetti sulle proprietà fisiche

Dalle osservazioni in campo, il suolo interessato dai miglioramenti fondiari appare meno compatto rispetto a quello indisturbato, come si è evidenziato attraverso l'applicazione in campo di un penetrometro portatile che ha permesso di determinare la resistenza a penetrazione espressa in kg/cm^2 (Fig. 41).

Le operazioni di macinazione dei sassi e lo spargimento di suolo alloctono hanno influito sia sulle proprietà fisiche, sia su quelle chimiche del suolo. In particolare è stata osservata una moderata riduzione della percentuale dello scheletro nel suolo in seguito alla fresatura, pari a circa il 7%. (Tab. 19). La differenza di contenuto di scheletro tra il suolo campionato appena dopo i lavori di sbancamento e spietramento, e il suolo ottenuto in seguito alla macinazione, non appare comunque significativa.

La riduzione della dimensione degli elementi grossolani che costituiscono lo scheletro ha avuto, insieme agli effetti delle altre lavorazioni, ripercussioni sulla stabilità del suolo e sulla sua vulnerabilità all'erosione, testimoniata anche dai risultati del WAS, in termini di perdite di aggregati e di velocità di disaggregazione in acqua (Fig. 42-43).

La velocità di perdita di stabilità degli orizzonti organo-minerali (A) dei profili *post operam* è più rapida, e la quasi totalità degli aggregati viene persa nei primi 20 minuti di agitazione, mentre negli orizzonti del profilo *ante operam* le perdite sono più graduali nel tempo.

Abitualmente, all'interno di un profilo le perdite di aggregati massime potenziali risultano avere un andamento crescente dalla superficie verso gli orizzonti più profondi e questo è dimostrato nei primi due orizzonti del profilo *ante operam* di Gaby.

Un aumento considerevole delle perdite di aggregati per esplosione a saturazione e abrasione, pari al 40%, è stato evidenziato negli orizzonti Ap dei profili GABY 1 e GABY 2 (orizzonti dei profili aperti dopo il termine dei lavori di modellamento) rispetto alle perdite massime osservate nell'orizzonte superficiale *ante operam*, dimostrando quindi un peggioramento della stabilità della struttura e quindi una maggiore sensibilità ai processi erosivi. Anche il campione di suolo macinato mostra una perdita massima potenziale di aggregati almeno pari a quelle dei 2 campioni *post operam*. È inoltre importante rimarcare che nel suolo macinato la maggior parte del campione viene persa nei primi 10 minuti di setacciatura ad umido ed esso si dimostra, quindi, il peggiore in termini di velocità di disaggregazione. Questo fatto ci dovrebbe portare a considerare con maggiore attenzione la pratica della macinazione, in quanto successivamente ad essa i suoli potrebbero diventare ancora più fragili nei confronti delle precipitazioni. Al termine dei lavori di miglioramento fondiario, anche il Limite liquido (LL) degli orizzonti A si riduce del 20% rispetto al valore misurato nel campione superficiale del profilo *ante operam* (63%), evidenziando quindi la necessità di una minore quantità d'acqua per indurre la liquefazione del suolo Fig. 44).

Tab. 19 Percentuale di scheletro nel suolo prima dell'intervento (ante operam) e dopo l'intervento (post operam). Sono inoltre riportate le caratteristiche del suolo dopo le operazioni di fresatura e del suolo alloctono riportato nell'area oggetto d'intervento.

	Scheletro %	
	Media	Dev st
Ante operam	52,4	±4,7
Post operam	52,2	±4,9
Suolo post fresatura	45,6	0
Suolo alloctono	60,1	±6,9

Fig. 42 Perdite degli aggregati per esplosione a saturazione (a) e per abrasione (b) degli orizzonti A dei profili pedologici *ante operam* (ante op) e *post operam*.

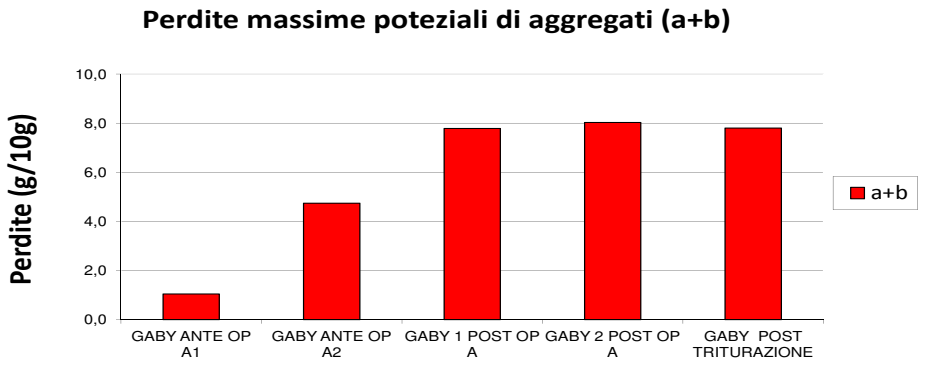


Fig. 43 Cinetiche di disaggregazione dei campioni degli orizzonti A dei profili *ante operam* e *post operam* del sito di Gaby.

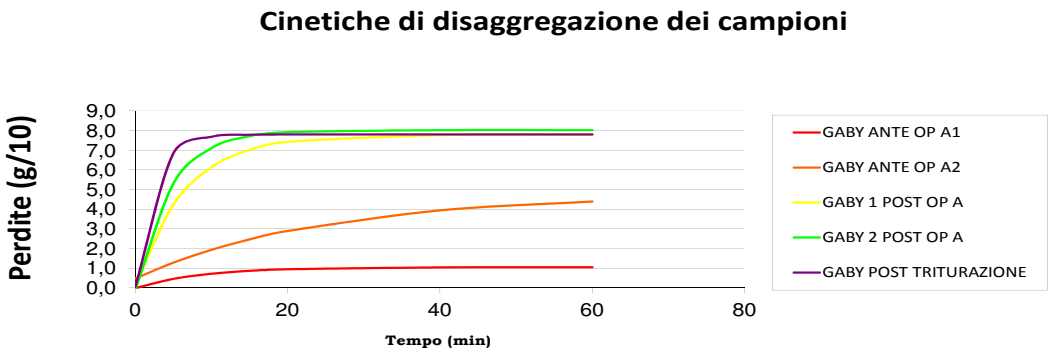
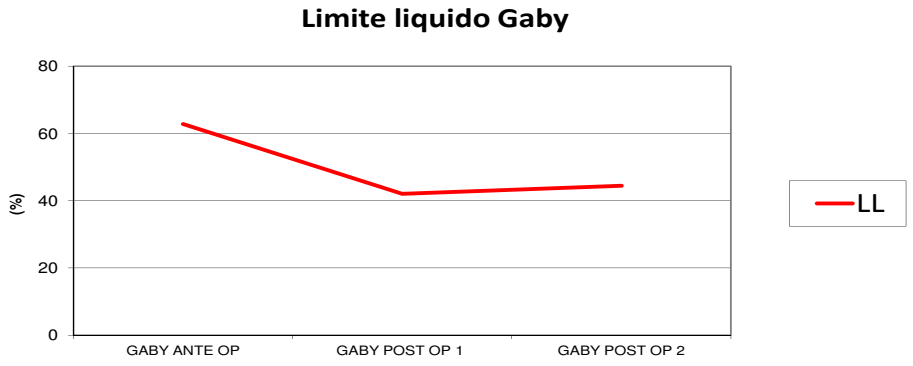


Fig. 44 Limite liquido degli orizzonti A *ante operam* e *post operam* del sito di Gaby.



Tab. 20 Tessitura apparente nel suolo prima dell'intervento (ante operam) e dopo l'intervento (post operam). Sono inoltre riportate le caratteristiche dei suoli dopo le operazioni di fresatura e del suolo alloctono sparso nell'area oggetto di intervento.

	Tessitura %					
	Argilla		Limo		Sabbia	
	Media	Dev st	Media	Dev st	Media	Dev st
Ante operam	2,0	±0,3	19,3	±2,3	79,8	±2,1
Post operam	0,9	±0,4	12,4	±3,3	86,7	±3,6
Suolo post fresatura	3,0	0	19,0	0	78,0	0
Suolo alloctono	1,8	±0,2	17,6	±2,1	80,6	±2,3

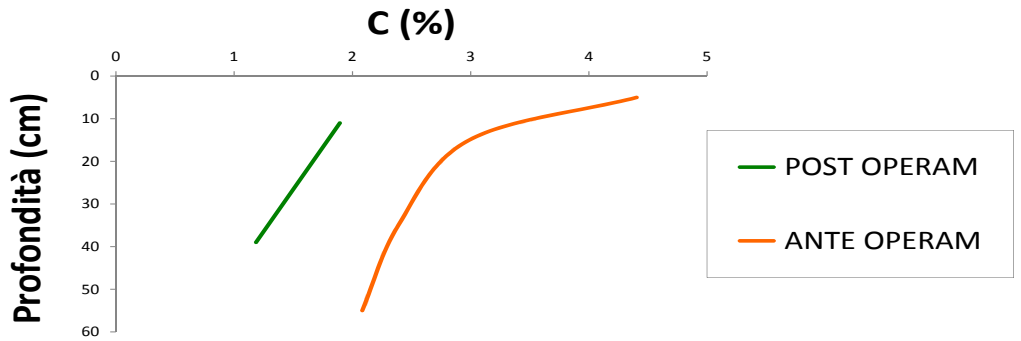
In seguito alle operazioni di scavo e sbancamento si è osservato inoltre un cambio della tessitura del suolo, poiché la percentuale di sabbia è incrementata, passando dall'80 all'87%. La macinazione ha invece determinato l'aumento della percentuale di argilla e la riduzione della sabbia, mentre la percentuale di limo è rimasta sostanzialmente invariata (Tab. 20).

7.4.2 Effetti sulle proprietà chimiche

Dalle analisi chimiche è emerso un significativo effetto delle operazioni eseguite per il miglioramento fondiario sul contenuto di carbonio presente all'interno del suolo. In particolare, prima del miglioramento, esso raggiungeva valori di poco superiori al 4% negli orizzonti superficiali, e il suo andamento era decrescente con l'aumento della profondità. In seguito ai lavori si è assistito ad un dimezzamento del contenuto di carbonio, con una considerevole riduzione della fertilità del suolo (Fig. 45).

Sono significativi anche gli effetti su altre proprietà chimiche del suolo, come ad esempio il pH, che prima dell'esecuzione del miglioramento fondiario aveva valori prossimi a 5. Dopo i lavori, il pH è aumentato leggermente (5,6); la pratica della macinazione dei sassi ha ulteriormente aumentato il valore misurato (8,2), fino a rendere alcalina la reazione del suolo.

Fig. 45
Contenuto di carbonio nei profili *ante* e *post operam* di Gaby.



Tab. 21 Valori di pH e Saturazione in basi (SB) osservati nel suolo prima dell'intervento (ante operam) e dopo l'intervento (post operam). Sono inoltre riportate in tabella le caratteristiche dei suoli dopo la fresatura (suolo post fresatura) e del suolo alloctono riportato in una parte dell'area interessata dal miglioramento (suolo alloctono).

	pH		SB	
	Media	Dev st	Media	Dev st
Ante operam	5,0	±0,25	62	±8,8
Post operam	5,8	±0,58	74	±5,3
Suolo post fresatura	8,2	±0,25	100	0
Suolo alloctono	8,0	±0,25	100	±7,9

Il suolo alloctono che è stato impiegato in una porzione del miglioramento presentava anch'esso un pH basico, pari a 8. Tale valore può essere imputabile al fatto che il suolo proveniva da scavi realizzati in zona, evidentemente con la presenza di materiale carbonatico; inoltre, al suo interno erano visibili alcuni artefatti, che possono aver influenzato la reazione del suolo. Anche la saturazione in basi è risultata più elevata in seguito al miglioramento, con valori massimi dopo la macinazione. Il complesso di scambio del suolo è risultato completamente saturato, in gran parte dal Calcio, come si evince dalle analisi. Anche il suolo alloctono sparso nel miglioramento aveva una saturazione basica elevata (Tab. 21).

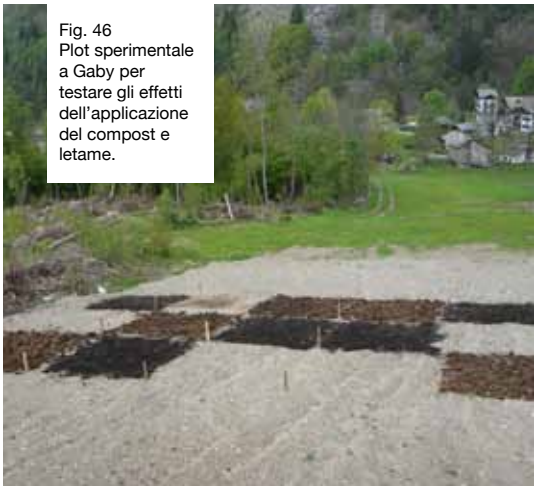
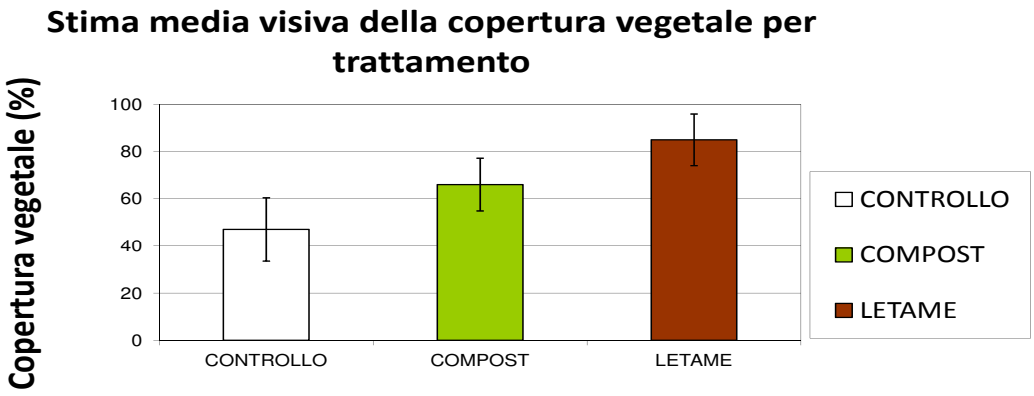


Fig. 46
Plot sperimentale a Gaby per testare gli effetti dell'applicazione del compost e letame.

7.4.3 Effetti dell'applicazione del compost e letame sul suolo e sulla vegetazione

Gli effetti dell'apporto di compost e letame sullo sviluppo della vegetazione nei 4 mesi successivi all'intervento di idrosemina (giugno 2011) sembrano indubbiamente positivi anche se tra i due ammendanti il letame sembra dare i migliori risultati. La vegetazione nelle parcelle sperimentali dove sono stati applicati compost e letame (distribuzione avvenuta nel mese di maggio 2011) è risultata più densa rispetto ai controlli (Fig. 46). La copertura nell'area di controllo è stata stimata pari al 47%, mentre nelle parcelle trattate con compost e letame, questa percentuale è aumentata rispettivamente del 20 e 40% (Fig. 47).
In tutte le parcelle sperimentali, e in modo particolare nelle aree di controllo, sono state osservate numerose specie infestanti quali *Chenopodium album*, *Conyza canadensis*, *Artemisia vulgaris*, *Amaranthus retroflexus*, *Verbascum densiflorum*, *Echinochloa crus-galli*, *Senecio inaequidens*. Esse, infatti, sono più adatte a svilupparsi in condizioni avverse, con suolo povero di nutrienti e compatto. La loro abbondanza nel sito può essere probabilmente imputata anche alla presenza nella zona limitrofa del miglioramento di aree degradate, dove si sono potute favorevolmente sviluppare.

Fig. 47
Stima media visiva della copertura vegetale per tipo di trattamento (%).



Letame e compost invece hanno contribuito non solo a fornire macro e micro elementi nutritivi necessari alla crescita delle piante e allo sviluppo di altri organismi, ma hanno permesso anche di rilasciare a contatto con il seme l'umidità in maniera più graduale. I benefici che il letame può apportare dipendono molto dal suo grado di maturazione. Se esso è fresco, gli effetti si manifestano solitamente in maniera rapida; al contrario come nel caso di Gaby ove il letame apportato era piuttosto maturo, l'effetto su di essa è più lento ma più stabile nel tempo.
Dalle osservazioni in campo è stato possibile inoltre notare come l'applicazione dei due ammendanti abbia permesso di ottenere, negli orizzonti superficiali, una struttura grumosa caratterizzata da una maggiore "sofficità", rispetto a quella osservata nelle particelle aree di controllo, dove il suolo è risultato più compatto e gli aggregati molto più deboli. Analisi statistiche condotte sui valori di pH ottenuti nei primi 10 cm di suolo ci permettono di dire che non esistono differenze significative tra i 3 trattamenti, mentre nell'orizzonte sottostante ad una profondità compresa tra i 10-20, cm le differenze tra di essi possono dirsi significative. Nei subplots di controllo il pH dell'orizzonte più profondo appare più alto (8,0) rispetto a quelli dei subplots ammendati con compost oppure letame (7,6 e 7,7). Questo lieve calo dei valori di pH potrebbe essere dovuto sia alla produzione di essudati radicali secreti dalle piante (le quali si sono sviluppate in maniera più abbondante proprio in presenza di compost e letame) sia all'effetto acidificante della sostanza organica che può essere migrata dalla superficie.
I reflui zootecnici possono contenere dei metalli, ed in particolare rame e zinco, che provengono dalla specifica dieta a cui sono sottoposti i capi allevati. Essi sono in genere apportati in misura superiore ai reali fabbisogni poiché solo una minima parte di essi vengono ritenuti e la parte in eccesso viene quindi eliminata con le deiezioni. Anche il compost, in relazione alla qualità del materiale d'ori-

gine, può contenere metalli. Il contenuto di metalli nel compost e nel letame impiegati nella prova sperimentale è stato valutato in laboratorio. Dall'analisi è emerso come il contenuto di metalli in entrambi gli ammendanti fosse sempre al di sotto dei limiti di legge previsti dal Decreto legislativo 75/2010.

7.5 Verrayes e Saint-Denis: risultati nel medio periodo

Nei due miglioramenti fondiari di Verrayes e Saint-Denis, il suolo ha mostrato risposte diverse alle differenti pratiche adottate, e il confronto con le aree indisturbate ha permesso di comprendere i possibili processi evolutivi che hanno caratterizzato i suoli in tale aree. In seguito alla determinazione dei limiti di liquidità (LL) e plasticità (LP) dei suoli, sono emersi alcuni risultati interessanti. In particolare, il limite liquido è risultato direttamente correlato al contenuto di carbonio mostrando come, all'aumentare di esso, aumenti anche il contenuto di acqua necessario affinché prenda avvio il fenomeno della liquefazione (Fig. 48).

Nel caso di Gaby è stato già descritto come gli interventi operati nel miglioramento fondiario abbiano determinato nel breve periodo una diminuzione del contenuto di carbonio del suolo. Anche nel caso di Verrayes si è osservata una riduzione del contenuto di carbonio rispetto al suolo del profilo di controllo, ma oltre a questo, è interessante notare l'andamento crescente che si ha con l'aumentare della profondità nell'appezzamento sottoposto ai lavori di miglioramento nell'anno 2008, ossia il più recente.

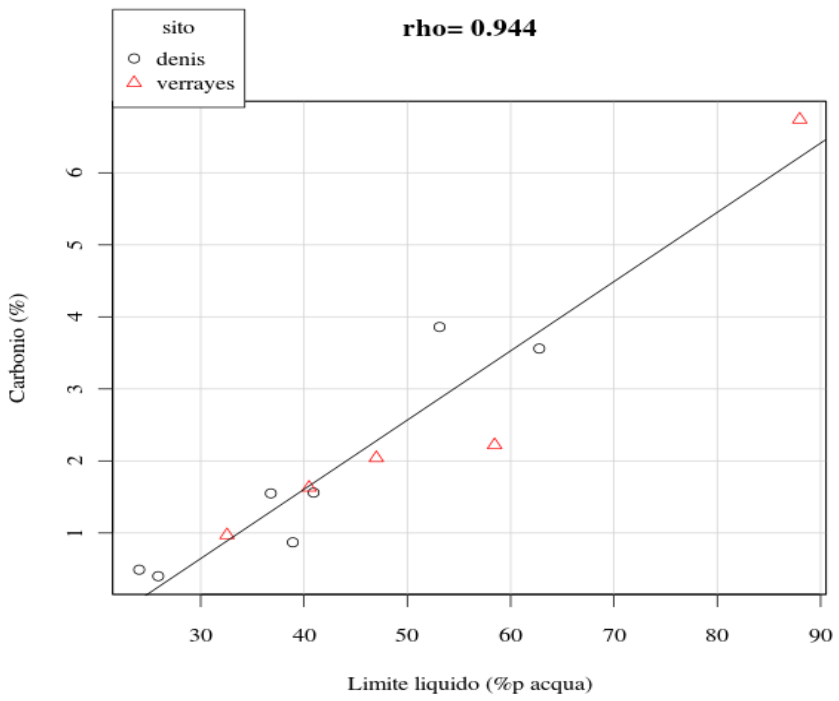


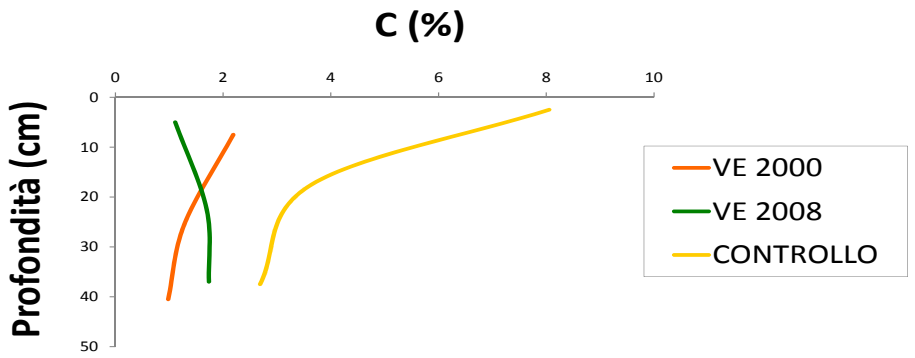
Fig. 48 Correlazione positiva tra contenuto di carbonio e limite liquido (LL) osservata nei topsoil delle due aree di studio.

Abitualmente in un suolo che non abbia subito profonde alterazioni, il contenuto di carbonio è superiore in superficie e va via via diminuendo con la profondità. Quando ciò non accade, le possibili cause possono essere ascrivibili a fenomeni naturali, come la traslocazione di sostanza organica in profondità, grazie a processi specifici quali la podzolizzazione, ma tale processo viene escluso a priori poiché nel caso esaminato non sussistono le condizioni pedoambientali necessarie. La seconda, e più plausibile, spiegazione è legata al disturbo antropico nelle fasi di realizzazione del miglioramento fondiario: il rimescolamento degli orizzonti superficiali è infatti responsabile dell'anomalia riscontrata nella funzione di profondità del carbonio organico, ed il fatto che il fenomeno si verifichi esclusivamente nel lotto più recente, avvalora l'ipotesi che sia un fenomeno legato ad un disturbo e che, col progredire della pedogenesi, l'accumulo di sostanza organica dall'alto possa ripristinare l'andamento della distribuzione del carbonio nel suolo (Fig. 49).

I valori di limite liquido ottenuti per ciascun sito, risultano essere correlati in maniera inversa con il contenuto di argilla, mentre con il contenuto di sabbia esiste un correlazione positiva. Si è soliti considerare la presenza di materiale più fine come un agente fisico che promuove la stabilità del suolo. Nei due siti di Verrayes e Saint-Denis sembra invece realizzarsi il caso contrario per cui il maggior contenuto di sabbia corrisponde ad una maggiore stabilità. In questo caso, va tenuto in considerazione il fatto che la sabbia grossa, determinata senza la distruzione dei cementi organici, contiene anche una parte degli aggregati organici che, come visto in precedenza, contribuiscono ad innalzare il limite liquido (Fig. 50-51).

Per quanto riguarda invece il contenuto di scheletro, si è potuto osservare come, a distanza di anni dall'esecuzione dei lavori, il suo contenuto nel suolo risulti in genere diminuito, seppur in maniera non significativa, per effetto probabilmente delle pratiche agricole adottate successivamente nel corso del tempo, quali fresature, spietramenti manuali e successive concimazioni organiche.

Fig. 49
Contenuto di carbonio nei profili di Verrayes.



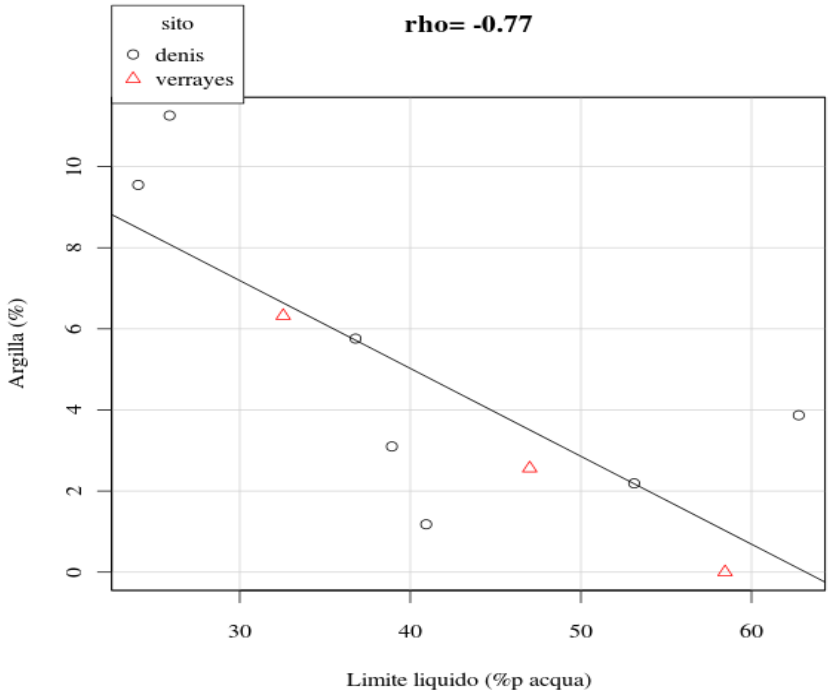


Fig.50 Correlazione tra il contenuto di argilla e il limite liquido (LL) osservata nei topsoil dei profili dei siti di studio.

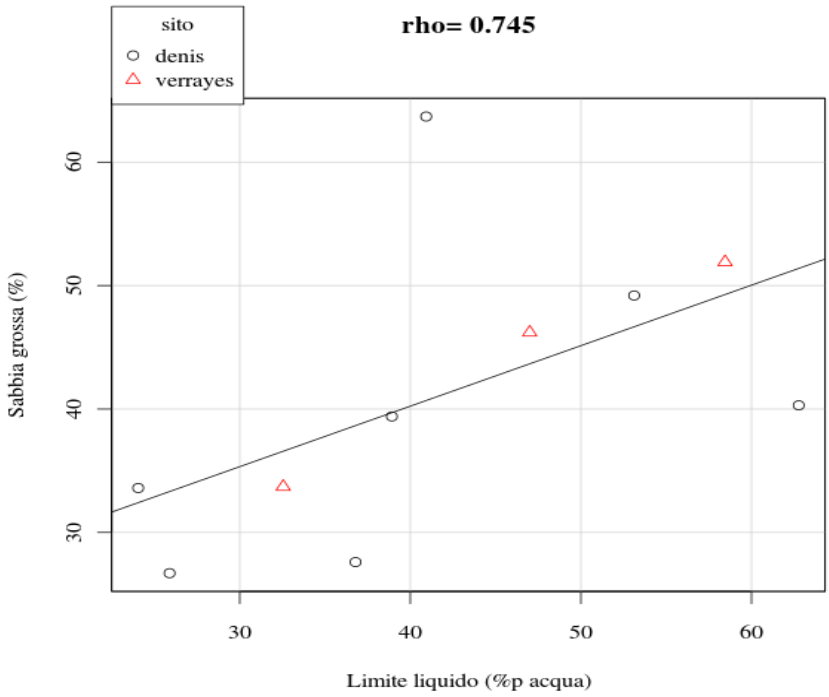


Fig.51 Correlazione tra il contenuto di sabbia e il limite liquido (LL) osservata nei topsoil dei profili dei siti di studio.

La stabilità strutturale del suolo e dei suoi aggregati sono risultate significativamente influenzate dalle operazioni condotte nel corso degli interventi di miglioramenti fondiario. Attraverso la setacciatura ad umido prevista dal WAS sono state dunque quantificate le perdite di aggregati per "esplosione" a saturazione in acqua, dovuta soprattutto all'aria intrappolata negli aggregati, e quelle che risultano dall'abrasione. Mettendo in relazione le perdite massime potenziali degli aggregati (e dunque sia le perdite che avvengono per esplosione degli aggregati che quelle per abrasione), all'interno del topsoil (porzione del suolo compresa tra 0-10 cm) e gli anni dalla conclusione dei lavori di miglioramento fondiario, si osserva che le perdite nel tempo diminuiscono, anche se non significativamente (p= 0,196). Questo può essere messo in relazione con il contenuto di carbonio nel corso del tempo, anche grazie alle regolari fertilizzazioni organiche effettuate nell'area, essendo il carbonio un fattore fondamentale nell'incrementare la stabilità strutturale del suolo. Esaminando le perdite per abrasione, le quali risultano più influenzate dai lavori, è evidente come con il trascorrere del tempo anche esse vanno via via a diminuire, tendendo ai livelli osservati nei siti di controllo.

7.6 Composizione floristica dei prati riseminati

7.6.1 Analisi floristiche

I rilievi floristici hanno riguardato i miglioramenti fondiari di Saint-Denis e Verrayes, e hanno interessato, complessivamente, un'area di circa 130 ha.

Per caratterizzare i diversi lotti d'intervento dal punto di vista della composizione floristica dei prati, si è eseguito un censimento delle specie principali.
I due siti sono stati suddivisi in 20 macrozone, relativamente omogenee al proprio interno, elencate nella tabella 22.

Tab. 22 Superficie delle aree di studio floristico nei siti di Saint-Denis e Verrayes.

Macrozona	Sito	Superficie (ha)
SD_1	Saint-Denis	0,9
SD_2	-	5,2
SD_3	-	7,8
SD_4	-	9,2
SD_5	-	5,0
SD_6	-	5,9
SD_7	-	6,1
SD_8	-	5,5
SD_9	-	8,2
SD_10	-	8,1
SD_11	-	9,1
SD_12	-	4,6
GV_13	Verrayes	12,2
GV_14	-	5,4
GV_15	-	9,1
GV_16	-	8,3
GV_17	-	4,4
GV_18	-	8,2
GV_19	-	6,6
GV_20	-	3,5

La campagna di rilievi si è svolta nel mese di giugno 2011, in concomitanza con il primo taglio.
Durante la perlustrazione dell'area si sono censite le specie presenti, evidenziando quelle dominanti e annotando gli elementi caratteristici della macrozona. Ogni macrozona è stata suddivisa in sottozone, che si differenziano, ad esempio,

per la dominanza di alcune specie, per la topografia o per le caratteristiche della cotica. Con una stima visuale, le specie presenti in ogni sottozona sono state suddivise in tre categorie:

- dominanti, costituite, di solito, dalle prime 2-4 specie che prevalgono nettamente nella copertura erbacea ;
- abbondanti, cioè le specie che pur molto presenti nella macrozona, non rientrano tra le dominanti;
- altre specie, gruppo che include tutte le specie scarsamente rappresentate.

Per l'attribuzione del valore percentuale di copertura delle specie si è proceduto secondo i seguenti passaggi:

- stima della copertura percentuale dell'insieme delle specie dominanti e dell'insieme delle specie abbondanti;
- all'interno di questi due insiemi, la copertura complessiva di ciascun gruppo è stata suddivisa tra le singole specie, ordinandole in senso decrescente;
- per quanto riguarda il gruppo delle altre specie, generalmente molto numeroso, il valore di copertura percentuale complessiva è stato suddiviso per il numero di specie presenti nel gruppo, a ciascuna delle quali è stato quindi attri5

Questa metodologia risente indubbiamente di un certo livello di soggettività, ma ha il vantaggio di essere speditiva e di permettere un'analisi veloce, ma sufficientemente precisa, anche di ampie superfici quali quelle da noi studiate.
Sulla base dei dati raccolti si sono calcolati due indici di biodiversità: l'indice di Shannon e l'indice di Pielou (o equiripartizione).
I valori ottenuti sono stati elaborati statisticamente. È stata realizzata una *cluster analysis* con il metodo di Ward, utilizzando il quadrato della distanza euclidea come misura di similarità.

7.6.2 Classificazione dei rilievi

L'analisi cluster è stata eseguita sui valori di abbondanza dei 20 rilievi. I rilievi dall'1 al 12 riguardano il miglioramento fondiario di Saint-Denis, mentre i rilievi dal 13 al 20 sono stati eseguiti nel miglioramento fondiario di Grand-Villa, Verrayes. Il n°1 ricade nel quarto lotto del sito di Saint-Denis, dove fatto l'intervento di miglioramento non è ancora stato avviato: può essere, quindi, considerata come testimone della vegetazione di un'area indisturbata.
Il dendrogramma riportato in Figura 52 presenta la suddivisione dei rilievi in cinque gruppi.
Osservando il dendrogramma è possibile notare che i rilievi si dividono, dapprima, in due gruppi. All'analisi statistica si evidenzia che questi non differiscono significativamente per il numero di specie o per gli indici di biodiversità (indice di Shannon ed equiripartizione), ma per la diversa abbondanza di una dozzina di specie:

- *Adonis aestivalis*
- *Arrhenatherum elatius*
- *Bromus erectus*
- *Festuca arundinacea*
- *Lathyrus pratensis*
- *Lolium perenne*
- *Medicago falcata*
- *Medicago sativa*
- *Papaver rhoeas*
- *Phleum pratense*
- *Potentilla reptans*
- *Rubus caesius*
- *Trifolium montanum*

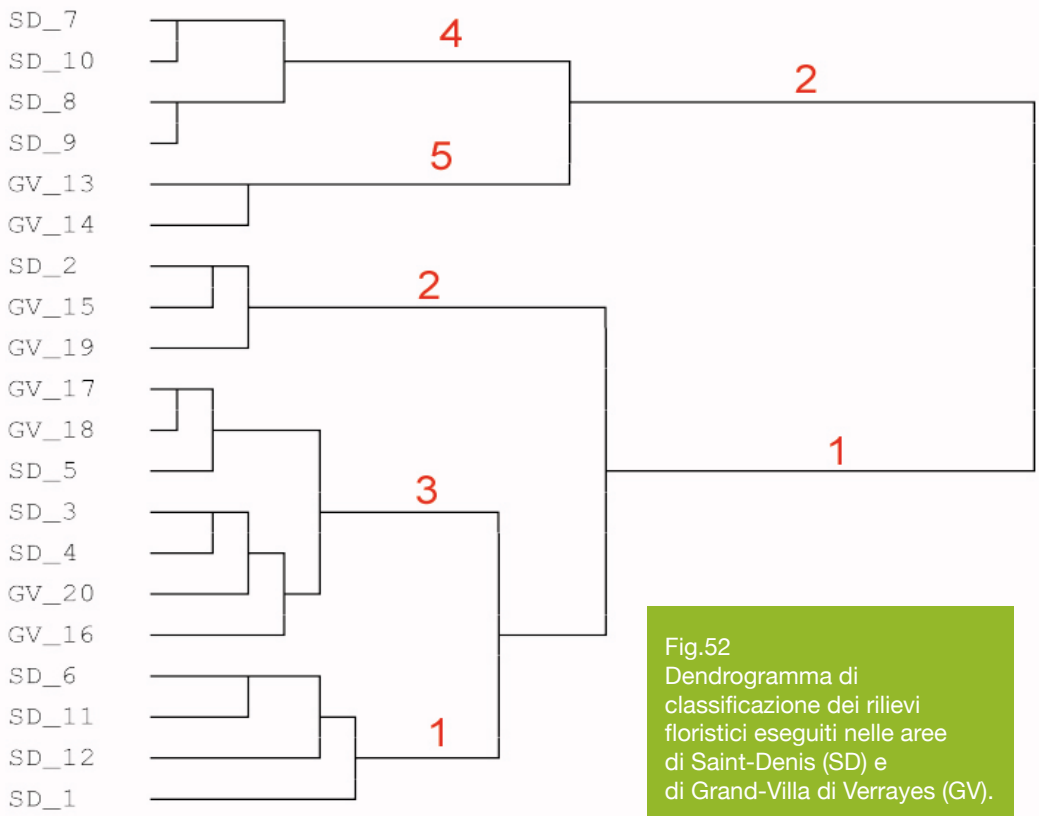


Fig.52
Dendrogramma di classificazione dei rilievi floristici eseguiti nelle aree di Saint-Denis (SD) e di Grand-Villa di Verrayes (GV).

Prendendo in considerazione solo le specie con presenza superiore all'1%, la composizione media dei due insiemi varia. In particolare, il primo gruppo è dominato da *Festuca arundinacea* (19,7%), *Onobrychis viciifolia* (11,3%), *Trifolium repens* (8,8%), *Festuca pratensis* (7,6%) e *Dactylis glomerata* (6,1%) mentre nel secondo le specie dominanti sono *Phleum pratense* (19,8%), *Medicago sativa* (11,7%), *Dactylis glomerata* (10,2%), *Bromus erectus* (7,7%) e *Onobrychis viciifolia* (7,0%). Nonostante non si conosca nel dettaglio la composizione dei miscugli impiegati nelle risemine, questo consente di ipotizzare che ci sia ancora un consistente effetto della risemina poiché, con l'eccezione di *D. glomerata* e di *O. viciifolia*, le specie dominanti non sono frequenti nelle vegetazioni spontanee presenti nell'area.

Approfondendo l'analisi, è possibile suddividere ulteriormente i due gruppi, identificando 5 sottogruppi che differiscono significativamente tra loro tanto per gli indici di biodiversità (Shannon e Pielou), quanto per l'abbondanza relativa di una ventina di specie. In particolare, osservando la Tabella 23, il gruppo 1 è quello con maggiore biodiversità, mentre i gruppi 2 e 5 sono quelli che presentano la biodiversità più bassa.

Tab. 23 Indici di biodiversità delle vegetazioni studiate nei miglioramenti fondiari di Saint-Denis e Verrayes.

Gruppo	Indice di Shannon	Indice di Pielou
1	3,79	0,63
2	3,02	0,50
3	3,19	0,53
4	3,5	0,56
5	2,9	0,52

Se confrontati con quelli riportati in letteratura (Gaisler *et al*., 2011; García *et al*., 2011), questi dati possono essere considerati relativamente elevati, in particolare per l'indice di Shannon. Considerando le specie con presenza superiore all'1%, i cinque gruppi di cotiche risultano così composti.

Gruppo 1

Comprende prati di Saint-Denis riseminati nel 1997 o nel 2002 e un prato mai riseminato. Le specie più abbondanti sono *Festuca arundinacea* e *Onobrychis viciifolia*, entrambe con una copertura relativa intorno al 10%. La composizione floristica è ricca e comprende molte specie di origine spontanea. Tra le prime dieci, almeno due sicuramente non erano comprese nel miscuglio: *Plantago lanceolata* e *Rhinanthus alectorolophus* (che però è una specie problematica, la cui presenza va tenuta sotto controllo).

Gruppo 2

Riunisce due prati di Grand-Villa (risemine del 2003 e del 2006) e uno di Saint-Denis (2008) dominati da *Festuca pratensis*, *Onobrychis viciifolia* e *Festuca arundinacea*. Le prime tre specie occupano oltre quasi il 58% della superficie e lasciano poco spazio alle altre, cosa che spiega il livello di biodiversità relativamente basso. Anche qui, tra le prime dieci, c'è *Rhinanthus alectorolophus*, insieme a *Leucanthemum vulgare*, di provenienza spontanea.

Gruppo 3

Comprende prati di Saint-Denis e di Grand-Villa, riseminati tra il 2003 e il 2008. *Festuca arundinacea* e *Onobrychis viciifolia* sono anche qui le specie dominanti, ma sono più abbondanti che nel gruppo 1; la prima, in particolare, rappresenta oltre 1/4 della copertura erbacea. Le spontanee tra le prime dieci specie sono: *Leucanthemum vulgare*, *Plantago lanceolata* e *Rhinanthus alectorolophus*.

Gruppo 4

È composto da quattro prati di Saint-Denis seminati nel 2002, dominati da *Phleum pratense* e *Bromus erectus*, che insieme rappresentano oltre 1/3 della copertura erbacea. Le spontanee più abbondanti sono: *Arrhenatherum elatius*, *Rhinanthus alectorolophus* e *Plantago lanceolata*.

Gruppo 5

Dactylis glomerata, *Medicago sativa* e *Lolium perenne*, tutte sicuramente presenti nei miscugli, coprono il 57% della superficie di questi prati di Grand-Villa, la cui risemina risale al 2008. Le spontanee più presenti sono *Rhinanthus alectorolophus* e *Rumex obtusifolius*, entrambe specie indesiderate.

Come si può rilevare, in alcune zone dei due miglioramenti fondiari, desta preoccupazione la diffusione di alcune infestanti e in particolare di *Rhinanthus alectorolophus* (Fig. 53), specie emiparassita che infesta preferibilmente prati secchi, di media fertilità e sfalciati tardivamente al primo ciclo. L'espansione di questa specie, peraltro, è stata osservata anche in altre zone della Valle d'Aosta, non soggette a risemina negli ultimi anni. Nel caso specifico, potrebbe essere legata a una stentata partenza della copertura erbacea, forse in conseguenza di un'insufficiente dose di semina o delle condizioni localmente piuttosto secche, che possono aver sfavorito l'emergenza del manto erboso.

Fig. 53
Rhinanthus alectorolophus
(Cresta di gallo).

7.7 Conclusioni: impatto dei miglioramenti fondiari sulle caratteristiche del suolo e dei prati

Lo studio dettagliato di alcuni interventi di miglioramento fondiario realizzati in aree agricole di montagna, ha permesso di evidenziare importanti alterazioni delle proprietà fisiche e chimiche dei suoli a seguito degli interventi eseguiti. L'indagine di campagna ha permesso di riscontrare, al termine dei lavori, una generale semplificazione dei profili che si traduce in un minor numero di orizzonti ed una minore potenza dei suoli. Le lavorazioni condotte hanno generalmente ridotto il contenuto di sostanza organica nei suoli e hanno altresì incrementato la vulnerabilità ai processi erosivi di tali pedoambienti. È emersa inoltre la necessità di verificare attentamente la provenienza del suolo alloctono che in alcuni casi può essere distribuito, e di conoscere preventivamente le sue caratteristiche, onde evitare di distribuire suoli completamente dissimili da quelli originariamente presenti, che possono alterare talvolta irrimediabilmente le condizioni fisiche e chimiche del suolo. Un altro aspetto molto importante riguarda la cura prestata alle operazioni di ripristino e restauro pedologico. Tali pratiche debbono essere eseguite cercando di preservare la struttura del suolo ed evitando con il passaggio ripetuto di macchine operatrici di compattare il suolo e alterare la capacità di infiltrazione dell'acqua, con un conseguente aumento dell'erosione superficiale.
Affinché l'intervento di restauro pedologico possa concludersi positivamen-

te e prendano nuovamente avvio i processi di pedogenesi, emerge in genere la necessità di aumentare il contenuto di sostanza organica al termine dei lavori, con adeguati apporti di letame o eventualmente compost preferibilmente ottenuto da scarti verdi, in quanto più simile alla matrice organica che costituisce di norma il suolo. L'apporto di concimi organici permette di migliorare le caratteristiche chimiche (rapporto Carbonio/Azoto, capacità di scambio cationico, catoni scambiabili) e fisiche del suolo (maggiore stabilità degli aggregati, aumento della porosità, della capacità d'infiltrazione e ritenzione idrica). La sperimentazione condotta a Gaby con letame e compost ha confermato gli effetti positivi di questi due tipi di ammendanti, che hanno contribuito ad una migliore riuscita degli interventi di inerbimento nei plots sperimentali concimati rispetto ai controlli.

Le conoscenze scientifiche maturate nello studio, nonché i dati analitici ottenuti in laboratorio insieme a quelli tecnici raccolti grazie ai professionisti, suggeriscono che l'acquisizione preliminare (ante operam) di un'approfondita conoscenza delle vegetazioni e dei suoli interessati dalle opere permette di perseguire una più razionale distribuzione spaziale degli interventi, con un'intensità variabile in funzione delle condizioni valutate in modo puntuale. Si potranno così anche preservare le aree di maggiori interesse, o comunque caratterizzate da una elevata qualità del suolo, limitando al contempo i costi delle lavorazioni con un risparmio notevole dal punto di vista economico e delle risorse impiegate.

Ancora diversi anni dopo la fine dei lavori, la flora che compone i prati dei miglioramenti fondiari di Saint-Denis e Verrayes mostra l'influenza dei miscugli impiegati nella risemina. Il livello di biodiversità dei prati riseminati è riconducibile alla diversa evoluzione della composizione del manto erboso e all'espansione delle specie spontanee, la cui presenza deriva dalla banca semi del suolo, dalla pioggia di semi e dai semi eventualmente contenuti nel letame o nel liquame distribuiti. Le osservazioni condotte ci hanno permesso di constatare che il livello di biodiversità, pur basso nelle aree di più recente intervento, in cui prevalgono ancora le specie riseminate, tende ad aumentare nel corso degli anni fino a raggiungere, nei prati riseminati da più di nove anni, livelli elevati e comparabili a quelli dei prati indisturbati circostanti.

Bibliografia e sitografia

- APAT, 2002. *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*. A cura di Leonello Serva e Domenico Ligato. Manuali e Linee Guida n.10/2002, 132 p.
- Baldoni, R., Giardini L., 2002. *Coltivazioni erbacee: Foraggere e tappeti erbosi*, III volume. Pàtron Editore, Bologna, 397 pp.
- Bassignana M., Bornard A., 2001. *Tipologia agroecologica delle vegetazioni d'alpeggio in zona intra-alpina nelle Alpi Nord-occidentali.* IAR-Cemagref, Aosta,134 p .
- Botta G. F., Jorajuria D., Rosatto H., Ferrero C., 2006. *Light tractor traffic frequency on soil compaction in the Rolling Pampa region of Argentina*. Soil and Tillage Research, Soil and Tillage, 86 (I), 9-14.
- Camerano P., Terzuolo P. G., Varese P., 2007. *I tipi forestali della Valle d'Aosta*. Compagnia delle Foreste, Arezzo, 240 p.
- Cestelli Guidi C., 1975. *Geotecnica e tecnica delle fondazioni*. Ulrico Hoepli Editore, Milano, 864 p.
- Costantini E. A. C., 2007. *Linee guida dei metodi di rilevamento e informatizzazione dei dati pedologici*. CRA, Firenze, 296 p.
- CRPA, 1993. *Manuale per la gestione e l'utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici.* Regione Emilia Romagna, Assessorato all'agricoltura, 317 p.
- Curtaz F., Filippa G., Freppaz M., Galliani C., Zanini E., 2011. *Effect of land improvements on agricultural soils in the Alps*. Geophysical Research Abstracts, 13, EGU2011-6727.
- Curtaz F., Filippa G., Galliani C., Freppaz M., Zanini E., 2011. *Effetto dei miglioramenti fondiari sulle caratteristiche dei suoli agrari in Valle d'Aosta*. La complessità del suolo. Riassunti contributi scientifici – SISS, Ravenna, 40 p.
- Curtaz. F., Filippa G., Freppaz M., Stanchi S., Zanini E., Costantini E.A.C., 2011. *Guida pratica di pedologia*. Institut Agricole Regional. ISBN 978-88-906677-0-1
- De Antonis L., Molinari V. M., 2007. *Ingegneria naturalistica: nozioni e tecniche di base*. Regione Piemonte, 108 p.
- De Antonis, L., Molinari, V.M., 2003. *Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di ingegneria naturalistica*. Regione Piemonte, CSI Piemonte, 381 p.
- Florineth, F., 2007. *Piante al posto del cemento*. Il Verde Editoriale, 280 pp.
- Gaisler J., Pavlů V. and Pavlů L., 2011. *Effect of different extensive management treatments on the plant diversity of an upland meadow without forage utilisation*. Grassland Science in Europe, 16, 577-579.
- García R., Valdés C., Peláez R. and Calleja A., 2011. *The impact of inorganic fertilizers on floristic composition of hay meadows in Cantabrian Mountains of Spain*. Grassland Science in Europe, 16, 622-624.
- Hubert, F., Pierre, P., 2003. *Guide pour un diagnostic prairial. Deux outil en un*. Chambre d'Agriculture de Maine et Loire et de Mayenne. 237 pp.
- IPLA, 2003. *Linee guida per l'attività pedologica*. 36 p.

• Krautzer B., Peratoner G., Bozzo F., 2004. *Specie erbacee idonee al sito. Produzione del seme ed utilizzo per l'inerbimento montano*. Provincia di Pordenone, Pordenone, 111 p.
• Krautzer, B., Wittmann, H., Peratoner, G., Graiss, W., Partl, C., Parente, G., Venerus, S., Rixen, C., Streit, M., 2006. *Inerbimenti idonei al sito in ambienti d'alta quota nelle Alpi – Lo Stato dell'Arte*. HBLFA Raumberg-Gumpestein, Irdning.
• Ligabue, M., Tabaglio, V., Betti, S., 2004. *Le piante foraggere* – II edizione. CRPA, Edizioni l'Informatore Agrario. 134 pp
• Paolanti M., 2010. *Il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture*. ISPRA, 37 p.
• Regione Autonoma Valle d'Aosta, 2011. *Elenco prezzi per l'esecuzione di lavori pubblici di interesse regionale di cui all'arti. 452 della legge regionale 20 giugno 1996, n. 12, e successive modificazioni e integrazioni* - Anno 2011. 139-159.
• Roumet J.P., Pauthenet Y., Fleury Ph., 1999. *Tipologia dei prati permanenti della Valle d'Aosta.* Documento IAR, 24 pag. + 18 schede.
• Schiechtl, H.M., 1991. *Bioingegneria Forestale – Biotecnica Naturalistica*. Edizioni Castaldi – Feltre. 263 pp.
• Scotton, M., Piccinin, L., Coraiola, M., 2010. *Metodi di rivegetazione in ambiente alpino. Restauro ecologico per la difesa del suolo contro l'erosione*. Ente Parco Naturale Paveggio Pale di San Martino. Quaderni del Parco 10, 103 pp.
• SISS, 1997. *Metodi di analisi fisica del suolo*. Franco Angeli, Milano.
• Stanchi S., Freppaz M., Oberto E., Caimi A., Zanini E., 2008. *Plastic and liquid limits in Alpine soils: methods of measurement and relations with soil properties*. Advances in Geoecology, 39, 594-604.
• Stanchi S., Oberto E., Freppaz M., Zanini E., 2009. *Linear regression models for liquid and plastic limit estimation in Alpine soils.* Agrochimica, 5, 322-338.
• Tarello C., Arlian D., Crétier P., Bassignana M., 2004. *Il ripristino dei prati in Valle d'Aosta dopo l'alluvione del 2000.* Atti del Convegno "Inerbimenti e tappeti erbosi per l'agricoltura, l'ambiente e la società". Vol. 1, B26.
• Tolon Becerra A., Botta G. F., Lastra Bravo X., Tourn M., Bellora Melcon F., Vazquez J., Rivero D., Linares P., Nardon G., 2010. *Soil compaction distribution under traffic in almond (Prunus amigdalus L.) orchard in Almerìa España.* Soil and Tillage Research, 107 (I), 49-56.
• Zanini E., Bonifacio E., Alberston J.D., Nielsen D.R., 1998. *Topsoil aggregate breakdown under water-saturated conditions*. Soil Science, 163 (4), 288-298.

Sitografia

- http://old.politicheagricole.it/SettoriAgroalimentari/SeminativiColture/SementiFertilizzanti/005_Scheda+Sementi.htm
- www.sian.it
- www.sementi.it
- www.futuria.it
- www.regione.vda.it/gestione/gestione_contenuti/allegato.asp?pk_allegato=4540
- www.regione.piemonte.it/agri/suoli_terreni/dwd/documentazione/capuso_manop.pdf
- (http://www.regione.vda.it/OperePubbliche/prezzario)
- http://www.aveyron.chambagri.fr/fileadmin/documents/Aveyron/Agriculture_biologique/Infos_techniques/pr%C3%A9sentation_esp%C3%A8ces_fourrag%C3%A8res.pdf