



# Restaurering og revegetering av ulike naturtyper

Christian Uhlig og Peder Lombnæs (red.)



# Restaurering og revegetering av ulike naturtyper

Artikkelsamling i forbindelse med seminaret  
Restaurering av fjelløkosystemer

Kongsvold Fjeldstue  
Søndag 16. - tirsdag 18. September 2007

Bioforsk FOKUS blir utgitt av:  
Bioforsk, Fredrik A. Dahls v. 20, 1432 ÅS  
post@bioforsk.no

Ansvarlig redaktør: Forskningsdirektør Nils Vagstad  
Fagredaktør denne utgivelsen: Christian Uhlig og Peder Lombnæs

Bioforsk FOKUS  
Vol 2 nr. 20 2007  
ISBN 978-82-17-00259-8

Forsidefoto: Ragnar Våga Pedersen  
[www.bioforsk.no](http://www.bioforsk.no)

## Forord

I Norge planlegges og gjennomføres revegeteringstiltak til enhver tid. Mange steder gir standard metoder godt resultat. Ved andre tilsynelatende like steder er resultatet heller dårlig. Det er stor aktivitet og et kreativt mangfold av forskjellige metoder som blir brukt. Vi tror det er et klart behov for et forum for utveksling og sammenligning av erfaringer innen revegeteringstiltak i Norge, Skandinavia og Europa forøvrig. Denne utgaven av Bioforsk FOKUS samler noen av erfaringene som forskning innen Bioforsk har ført fram til. Vi registrerer at det så langt har vært stor interesse og oppslutning for Bioforsks initiativ i forhold til seminarer og feltkursjoner knyttet til revegetering. Dette illustrerer behov for og vilje til å lære og formidle erfaringer og kunnskap innen fagområdet. Denne utgaven av Bioforsk FOKUS er derfor den første i en forhåpentligvis lang rekke av artikler om dette emnet. I neste utgave deles erfaringer fra mange flere, kanskje allerede til et møte i 2008? Vi ønsker også å videreutvikle samarbeidet om kunnskapsoppbygging når det gjelder restaurering av gjengrodde kulturlandskap.

Vi ses, vi høres!

12. september 2007

Christian Uhlig<sup>1</sup>, Peder Lombnæs<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bioforsk Nord, <sup>2</sup>Bioforsk Ledelse og administrasjon



Foto: Erling Fløistad



# Innhold

Revegetering og restaurering i Norge i regi av Bioforsk.....	9
Plantemateriale til revegetering etter inngrep i alpine og arktiske områder.....	11
Revegetering og etablering frå frø.....	21
Revegetering og restaurering i kulturlandskapet.....	23
Restaurering av flomskadde arealer.....	27
Krav til jordkvalitet ved etablering av naturlig vegetasjon og ulike grøntanlegg .....	33
Improvement of soil erosion control mats by using “native organic matter” from early succession plant species.....	41
Remediation of heavy metal contaminated forest soil in Finland using recycled organic matter and native woody plants.....	45





# Revegetering og restaurering i Norge i regi av Bioforsk

Christian Uhlig<sup>1</sup>, Ann Norderhaug<sup>2</sup>, Peder Lombnæs<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bioforsk Nord, <sup>2</sup>Bioforsk Midt-Norge, <sup>3</sup>Bioforsk Ledelse og administrasjon  
[christian.uhlig@bioforsk.no](mailto:christian.uhlig@bioforsk.no)

## Mål for revegetering og restaurering

Norges økosystemer og det biologiske mangfoldet påvirkes i stadig økende grad av naturinngrep. Eksempler på dette er aktiviteter i tilknytning til kraftutbygging, veibygging, etablering av hyttefelt, alpinanlegg og forsvarsaktiviteter. Restaurering av områder som har vært utsatt for inngrep er vanligvis både ønskelig og mulig, men byr på spesielle utfordringer. Det kreves derfor detaljert kunnskap om de stedegne fysiske og biologiske forhold. En forutsetning for restaurering av økosystemer som har vært utsatt for inngrep er en vellykket revegetering. Revegetering i denne sammenheng defineres som de tiltak som søker å etablere ny vegetasjon med en artssammensetning som likner den opprinnelige vegetasjonen. Gjennom revegetering ønsker man å minimere negative effekter som for eksempel erosjon etter et naturinngrep. Et hovedmål innen revegetering er en rask og økonomisk etablering av et stabiliserende plantedekke. Ved restaurering og revegetering ønsker man også å bidra til opprettholdelse av biotoper og plantemangfold, samt av estetiske landskapskvaliteter.

Også endrete driftsformer i primærnæringene, opphør av bruk og gjengroing utgjør store trusler mot vårt biologiske mangfold. De fleste av de truede vegetasjonstypene i Norge og ca. 35 % av de truede artene er knyttet til kulturlandskapet og truet først og fremst på grunn av slike forandringer. Det har derfor blitt stadig sterkere fokus på behovet for å opprettholde tradisjonell drift eller for å sette inn spesielle skjøtselstiltak for å stoppe tapet av biologisk mangfold. Mange i denne sammenheng viktige områder er imidlertid mer eller mindre gjengrodde og må restaureres før skjøtsel kan settes inn eller driften på nytt tas opp. Slik restaurering kan være både tids- og arbeidskrevende og dermed kostnads-krevende. Hvis feil restaureringstiltak settes inn kan man også risikere å få store problemer med spesielle arter, som kan fordyre restaureringen ytterligere. Dette understreker hvor viktig det er med god kunnskap hvis restaurering skal gjennomføres.

Med utgangspunkt i eksisterende kunnskap og gjennomførte restaureringstiltak presenterer vi her problemstillinger og noen eksempler til løsninger knyttet til ulike typer tiltak etter terrenginngrep og gjengroing. Bioforsk har i de siste 10-årene vært en aktiv aktør for økt forståelse og forvaltning av mange forskjellige økosystemer og landskapstyper. I det følgende gir vi utvalgte eksempler fra vårt arbeid innen revegetering og restaurering av

forskjellige vegetasjonstyper og landskaper. Noen revegeteringsprosjekter har gitt svært vellykkede resultater og løsninger, mens andre løsninger ikke har vært tilfredsstillende. Gjennom dette arbeidet er det derfor høstet erfaringer i forhold til hvilke tiltak som kan fungere godt, samtidig som det er avdekket metoder som er mindre egnet i forhold til en vellykket vegetasjonsetablering. Når det gjelder restaurering av kulturlandskap har det vært særlig viktig å utnytte vår tverrfaglige kunnskap om "kulturlandskapsøkologi" samt grovfôr og husdyrbeite. Formålet med denne artikkel-samlingen er å gi en kort oversikt over noe av Bioforsks erfaring og kompetanse innen revegetering og restaurering av kulturlandskap, og samtidig presentere noen essensielle tiltak for utvalgte vegetasjonstyper og problemstillinger.

## Revegetering som fag og kompetanseområde

Revegetering er et forholdsvis nytt område med et stadig økende kunnskapsbehov. Innen området er det derfor behov for en nasjonal kompetanse på grunnlag av de ulike klimasoner og de mange forskjellige stedegne forhold. Viktige elementer i dette er kunnskap om plantearters ulike behov til temperatur, vann og jordbunnsforhold. Naturlig suksesjon, toleranse mot forstyrrelser og veksthemmende faktorer som tråkk, beitende dyr, eller forurensning fra tungmetaller er også faktorer som inngår i vurderingen av revegeteringstiltak.

Mange terrenginngrep medfører en ødeleggelse eller fjerning av det øverste jordsmonnsjiktet. Dette representerer en ulempe både i forhold til strukturelle skader, fjerning av røtter, frøbank, samt forandring i de tidlige vekstforholdene.

### Definisjoner

Men **restaurering** menes her tiltak som "tilbake-fører" et område/vegetasjon til den tilstand som karakteriserte det før det ble degenerert eller ødelagt på grunn av inngrep eller gjengroing.

**Revegetering** defineres i denne sammenheng som etablering av ny vegetasjon på arealer uten vegetasjonsdekke (på grunn av inngrep eller degenerering) med en artssammensetning som likner den opprinnelige vegetasjonens.

**Skjøtsel** defineres her som aktive tiltak som gjennomføres regelmessig (ofte årlig) for å opprettholde en ønsket (vegetasjons)tilstand i et område.

Ønsker en å reetablere den opprinnelige vegetasjonstypen/ plantesamfunn er dette ofte ikke mulig uten å skaffe tilveie de tilnærmet opprinnelige jordsbunnsforhold. Dette kan være krevende både i forhold til økonomi og tid. Både for rikt og for fattig jordsmonn kan være en ulempe i forhold til de satte revegeteringsmål.

Med økende høyde over havet og med økende breddegrad blir revegetering mer krevende p.g.a. en kortere vekstperiode og generelt dårligere vekstvilkår. Derfor kan revegetering med stedegent plantemateriale kun lykkes hvis også de abiotiske faktorene er riktig tilrettelagt. Det er også vesentlig å ta hensyn til at bruk av ulike typer frøblandinger kan ha stor påvirkning på det biologiske mangfoldet. Ved etablering av for eksempel veikanter, er det derfor viktig at man tar hensyn til det mangfold som veikantene representerer og ikke prøver å lage dem til et ensartet habitat. Statens vegvesen har som strategi å benytte "naturlig revegetering" der dette er mulig, noe som er positivt i forhold til det biologiske mangfoldet. Dette forutsetter imidlertid at det finnes en frøbank av ønskelige arter i jorda eller "kildevegetasjon" i nærheten, dvs. vegetasjon som ønsket frø kan spre seg fra. I mange tilfeller er det også nødvendig å så inn frø for å hindre erosjon og sikre en noenlunde rask etablering av plantedekke langs veikanter. Ved sammensetning av frøblandinger bør man, av hensyn til det biologiske mangfoldet unngå at fremmede arter sprer seg på bekostning av den hjemlige floraen.

### Restaurering av kulturlandskap som fag og kompetanseområde

Også kulturlandskap er et forholdsvis nytt fagområde i Norge. I 1999 ble den kunnskap som vi da hadde om restaurering og skjøtsel samlet i "Skjøtselsboka for kulturlandskap og gamle norske kulturmarker" (Norderhaug *et al.* 1999). Siden den tid er imidlertid flere forskningsprosjekter gjennomført og de praktiske erfaringene har økt betraktelig. Samtidig har gjengroingen av det norske kulturlandskapet akselerert og behovet for kunnskap om effektive restaureringstiltak økt. Også i denne sammenheng er det viktig å ha kunnskap om stedegne forhold for å få en vellykket restaurering fordi restaureringstiltak kan få forskjellig effekt ved ulike naturforhold som for eksempel i ulike vegetasjonssoner.

### Behov for ny kunnskap/ veien å gå

Økende antall og grad av naturinngrep og økt gjengroing har ført til et større behov om kunnskap og teknikker innen revegetering og restaurering. Med et økende fokus på dette har det de siste

årene vært en betydelig aktivitet innen restaurering og revegetering, både i Norge, Europa og resten av verden. "Lov om bevaring av natur, landskap og biologisk mangfold" (NOU 2004:28) vil gi et sterkere insitament i forhold til artsbevaring i Norge og til bruk av stedegent materiale ved revegetering. Kunnskapen om optimal tilbakeføring av opprinnelig vegetasjon etter naturinngrep og gjengroing vil derfor få en større plass fremover. Bioforsk arbeider med flere restaureringsprosjekter og har lagt ned store ressurser i å identifisere og kartlegge økotypen av forskjellige grasarter egnet til revegeteringsformål. Bioforsk har også sammen med frødyrkere arbeidet frem metoder for frøyrking av grasarter som det ikke tidligere har vært tradisjon for å dyrke til frøformål. Likevel er det foreløpig et begrenset utvalg av stedegent plantemateriale på markedet. I Europa, blant annet Tyskland og Østerrike er oppformering av stedegent materiale under rask utvikling med etablering av en ny og lønnsom næring. Erfaringer i forhold til bruk av stedegent materiale er ofte at plantemateriale er dyrere i innkjøp, men kan på lang sikt en større lønnsomhet, både ut fra et økonomisk og et økologisk perspektiv. Resultatet ved bruk av stedegent materiale er at man ofte oppnår lavere kostnader til pleie og vedlikehold etter såing, og et plantedekke som gir en langt bedre varighet.

I Norge planlegges og gjennomføres revegeteringstiltak til enhver tid. Mange steder gir standard metoder godt resultat. Ved andre tilsynelatende like steder er resultatet heller dårlig. For spesielle vegetasjonstyper, som for eksempel eksponert kystlynghei som berøres av vindkraftutbygning, finnes det så langt lite erfaring og utviklede metoder. Likevel er det stor aktivitet og et kreativt mangfold av forskjellige metoder som blir brukt. Vi tror det er et klart behov for et forum for utveksling og sammenligning av erfaringer innen revegeteringstiltak i Norge, Skandinavia og Europa forøvrig. Denne utgaven av Bioforsk FOKUS samler noen av erfaringene som forskning innen Bioforsk har ført fram til. Vi registrerer at det så langt har vært stor interesse og oppslutning for Bioforsks initiativ i forhold til seminarer og feltekskursjoner knyttet til revegetering. Dette illustrerer behov for og vilje til å lære og formidle erfaringer og kunnskap innen fagområdet. Denne utgaven av Bioforsk FOKUS er derfor den første i en forhåpentligvis lang rekke av artikler om dette emnet. I neste utgave deles erfaringer fra mange flere, kanskje allerede til et møte i 2008? Vi ønsker også å videreutvikle samarbeidet om kunnskapsoppbygging når det gjelder restaurering av gjengrodde kulturlandskap.

# Plantemateriale til revegetering etter inngrep i alpine og arktiske områder

Foredling/utvalg, sortsprøving, frøavl

Ved revegetering etter menneskelige inngrep i alpine og arktiske områder bør det velges plantemateriale som er stedegent og tilpasset de ekstreme klimatiske og edafiske forholda i disse områdene. Det brukerstyrte innovasjonsprosjektet Fjellfrø i regi av Telemark frøavlerlag, samt et tilsvarende prosjekt i Finnmark, har som mål å samle inn økotypen av ulike grasarter i fjellet, og å utvikle dyrkingsteknikk slik at oppformering av dette plantematerialet kan bli en lønnsom nisjenæring for norske frøavlere. Inntil frø av disse økotypene foreligger, bør revegetering i alpine og arktiske områder baseres på frøblandinger av eksisterende norske sorter av rødsvingel (*Festuca rubra* spp. *rubra*; 50-60 vektprosent) og sauesvingel (*Festuca ovina* spp. *ovina*; 40-50 vektprosent). Ved restaurering av kulturlandskapet i stølstraktene kan norske sorter av engkvein (*Agrostis capillaris*) inngå med 5 (maksimalt 10) vektprosent i frøblandingen.

Trygve S. Aamlid<sup>1</sup>, Kristin Daugstad<sup>1</sup>, Bjørn Molteberg<sup>1</sup>, Christian Uhlig<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bioforsk Øst, <sup>2</sup> Bioforsk Nord

[trygve.aamlid@bioforsk.no](mailto:trygve.aamlid@bioforsk.no)

## Innledning

Som et resultat av kraftverksutbygging, gruvedrift, militær aktivitet, veibygging og andre menneskelige inngrep finnes det i norske fjellområder en rekke eksempler på større eller mindre sår i landskapet. På grunn av kort vekstsesong, låg temperatur og ofte karrige og tørre jordbunnsforhold bruker naturen i slike områder meget lang tid på å reparere skadene. For å unngå erosjon og ytterligere ødeleggelse av landskapet er det nødvendig med tiltak for å restaurere den opprinnelige vegetasjonstypen. Noen ganger kan det være tilstrekkelig å legge til rette for naturlig innvandring av stedegen vegetasjon, men etter store inngrep og i erosjonsutsatte områder er det vanskelig å komme utenom innsåing av nytt plantemateriale. Formålet med denne artikkelen er å gi en oversikt over hvilket plantemateriale som egner seg til dette formålet. Artikkelen er begrenset til frøformerte grasarter.

## Hva er stedegent ?

For at etablering av nytt plantemateriale skal bli et vellykket og varig tiltak, må det brukes klimatilpassede sorter og økotypen som tåler de tøffe forholda i fjellet. Materialet bør dessuten i størst mulig grad være stedegent, dvs. foreldreplantene bør ha opphav i området som skal restaureres. Dette er i samsvar med utkast til ny "Lov om bevaring av natur, landskap og biologisk mangfold" (NOU 2004:28).

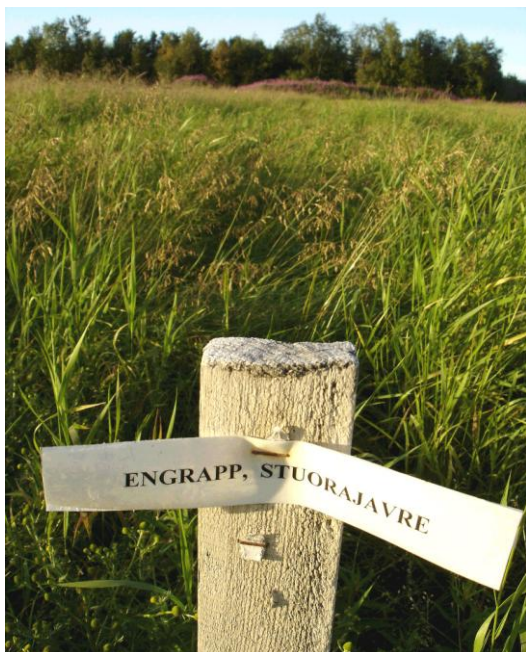
Hva som er "stedegent" er imidlertid et definisjonsspørsmål. I praksis vil det neppe være mulig, eller i det minste svært kostbart, å samle inn frø og oppformere ulike økotypen av samme art for ulike fjellområder som Finnmarksvidda, Saltfjellet, Stølsheimen, Rondane, Hardangervidda,

Ryfylkeheiene osv. Det er nødvendig å kartlegge i hvor stor grad økotypen fra disse fjellområdene er morfologiske og genetiske forskjellige, slik at det er nødvendig å holde dem atskilt under oppformering. Ved revegetering av Forsvarets skytefelt på Hjerkinns ble det, på prinsipielt grunnlag, bestemt at det skulle samles inn frø av en lokal sauesvingelpopulasjon fra Dovre, til tross for at den norske sauesvingelsorten 'Lillian' med opphav i Valdresfjella allerede var godkjent og under oppformering. Denne avgjørelsen ble tatt først og fremst fordi restaureringsområdet var del av Dovre nasjonalpark, og det er vel mindre sannsynlig at en like snever tolkning av stedegenhetsbegrepet vil bli lagt til grunn i andre områder som ikke er vernet. Seksjonsleder Haavard Østhagen i Norges Vassdrags og Energidirektorat (NVE) har nylig foreslått at det - inntil mer grunnleggende genetiske og morfologiske undersøkelser foreligger - av de viktigste artene bør være tilstrekkelig å satse på en økotype for Nord-Norge, en for Vest-Norge og en for Øst-Norge (Østhagen, pers. medd., juni 2007).

## Frøavl i Alta og det brukerstyrte innovasjonsprosjektet Fjellfrø 2007-2010

Frøavl av gras og urter til revegetering i fjellet er ikke bare nødvendig for å unngå erosjon og for at Norge skal oppfylle sine internasjonale miljøforpliktelser, men det bør også kunne bli en ny nisjenæring for norske planteprodusenter. Bioforsk Nord Holt har helt siden begynnelsen av 90-tallet samlet inn og oppformert frø av stedegne økotypen fra Finnmark. Ved Flaten Feltstasjon i Alta har det vært oppformert frø av nordnorske populasjoner av blant annet rødsvingel (*Festuca rubra*), sauesvingel (*Festuca ovina*), engrapp (*Poa pratensis*) og sølvbunke (*Deschampsia caespitosa*) (Figur 1). Frøet har vært brukt til

revegeteringsforsøk i Finnmark og Troms i samarbeid med bl.a. Troms Kraft Produksjon A/S, NVE og Statens veivesen. Som det framgår av seinere avsnitt er det, iallfall for enkelte arter, mye som tyder på at frøavl av de mest nordlige og daglengdeavhengige økotypene bør foregå i opphavsområdet framfor lenger sør i landet, og det arbeides derfor nå med å kommersialisere denne frøavl hos private planteprodusenter i Alta.



Figur 1. Oppformering i Alta av en engrapp-økotype fra Finnmarksvidda. Foto: Christian Uhlig.

Når det gjelder Sør-Norge fikk Telemark frøavlerlag (hovedsøker) og NVE, Statkraft, Forsvarsbygg og Felleskjøpet Agri (medsøkere) i april 2007 tilsagn om bevilgning fra Innovasjon Norge til det fireårige innovasjonsprosjektet Fjellfrø. Målet med dette prosjektet er formulert slik:

**Hovedmål:**

- Å gjøre produksjon av "Fjellfrø" til en ny og lønnsom næring for medlemmer av Telemark frøavlerlag.

**Delmål:**

- 1) Innsamling av frø av stedeagne økotyper av 10 ulike arter i utvalgte fjellområder i Norge.
- 2) Utvikling av dyrkingsteknikk for kostnadseffektiv frøavl av de aktuelle artene. Rådgiving og miljøbygging.
- 3) Utpøving/demonstrasjon av det oppformerte frømateriale samt eksisterende norske sorter og frøblandinger ved restaurering av utvalgte anleggsområder i fjellet.

Frøet som produseres i regi av prosjektet skal etter planen renses, analyseres og omsettes i regi av de autoriserte såvareforretningene Bioforsk Øst Landvik og Felleskjøpet Agri. Til å utføre forsknings- og utviklingsarbeidet i prosjektet har Telemark

frøavlerlag engasjert Bioforsk og Forsøksringen Telemark. Innsamling av opphavsmateriale i fjellet utføres i regi av vegetasjonsgruppa i NVE. Følgende arter er prioritert:

- Sauesvingel *Festuca ovina* ssp. *ovina*
- Rødsvingel *Festuca rubra* ssp. *rubra*
- Smyle *Avenella flexuosa*
- Fjellgulaks *Anthoxanthum odoratum* ssp. *alpinum*
- Fjellrapp *Poa alpina*
- Fjellkvein *Agrostis mertensii*
- Fjelltimotei *Phleum alpinum*
- Svartaks *Trisetum spicatum*
- Buefrytle *Luzula arcuata*

Arbeidet med Fjellfrø-prosjektet har så vidt starta, og innsamling av opphavsmateriale i fjellet utføres sommeren 2007. Basert på en foreløpig innsamling sommeren 2005 er det i 2006 og 2007 anlagt noen mindre oppformeringsfelter og satt i gang frøavlsforsøk i enkelte av artene. I startfasen blir oppformeringsfelt anlagt både på Landvik og i Telemark, men på sikt er det meningen at hovedaktiviteten skal foregå hos frøavlere i Telemark.

De viktigste utfordringene vi ser for oss i dette prosjektet er:

**1. Lokalisering av frøavl**

Dersom frøavl av alpine eller arktiske planter flyttes for langt ned i låglandet eller for langt sør, kan det gå ut over frøavlinga. Fjellplantene er tilpasset en kort og intens vekstsesong med langdagsforhold allerede ved snøsmelting, og deres vekstrytme og krav til temperatur og daglengde kan komme i ulage dersom de flyttes til områder med tidligere vekststart, lengre vekstsesong, kortere dager og høyere luftfuktighet. På Landvik erfarte vi i 2006/07 at en lang høst med mye nedbør, lite lys og høy temperatur, etterfulgt av en mild, men vekslende vinter, førte til at mange planter av fjelltimotei og fjellkvein ble kraftig angrepet av sopp og gikk ut i løpet av vinteren (Figur 2). Fjellrapp (Figur 3) og sauesvingel (Figur 4 og 5) fra fjellet i Sør Norge så ut til å klare seg bedre, men tidligere har vi erfart at engrapp-økotyper fra Finnmarksvidda ofte setter frå frøstengler ved frøavl på Landvik.

Internasjonalt er frøavl av flerårige grasarter "big business", der oppformeringa ofte foregår i andre verdensdeler enn sortenes opphavsområde eller der frøet skal brukes. Flere generasjoners frøavl utenfor opphavsområdet medfører alltid en fare for at populasjonenes genetiske grunnlag endres slik at økotypen eller sorten blir mindre egnet for bruksområdet, men denne faren anses som liten ved bare en generasjons frøavl (Aamlid 1990). Det finnes flere eksempler på samspill mellom en sorts genetiske opphavsområde og dens optimale frøavlsområde; for eksempel viste Nordstgaard (1983) at de norske sortene 'Leik' rødsvingel (fra



Valdres), og 'Holt' engrapp (fra Troms) gav større frøavling i Mellom- og Nord-Sverige enn i Danmark, mens forholdet var motsatt for sorter fra Danmark

og Sør-Sverige. Ved frøavl av engrapp (*Poa pratensis*) er tilsvarende genotype x miljø samspill tidligere dokumentert av Håbjørg (1979).



Figur 2. Fra oppformeringsfelt på Landvik med en økotype av fjelltimotei fra Skjelingavatn i Vik kommune, Sogn og Fjordane. Plantene vokser dårlig og er kraftig angrepet av sopp. 29.sept 2006. Foto: Trygve S. Aamlid



Figur 3. Oppformering på Landvik av en fjellrapp-økotype fra Kvikne i Tynset kommune. Bildet er tatt 12.juni 2007, og frøenga har bare et par uker igjen til tresking. Foto: Trygve S. Aamlid





Figur 4. Sauesvingelplanter av populasjon 'Gålå' fra Skjelellkampen i Sør-Fron kommune, Oppland, utplanta på Gvarv, Telemark. 18.april 2007. Foto: Trygve S. Aamlid.



Figur 5. Frøeng på Landvik av sauesvingelpopulasjon fra Sel i Oppland. 12.juni 2007. Foto: Trygve S. Aamlid.

Klok av skade etter den dårlige tilslaget av fjelltimotei på Landvik i 2006/07, vil det som en del av Fjellfrø bli etablert parallele frøavlsfelt med en fjelltimotei-populasjon fra Hardangervidda i tre ulike høydelag: 700 moh i Tessungdalen, Telemark; 350 moh i Sauherad, Telemark og 5 moh på Landvik i Aust-Agder.

## 2. Etableringstid og såteknikk

Felles for planter tilpasset alpine og arktiske områder er at de vokser seint i etableringsfasen (Krauzer 2002). Som allerede nevnt avslutter de dessuten veksten tidlig om høsten og utnytter dermed ikke veksttida som er til disposisjon ved frøavl i låglandet. De fleste artene har imidlertid to-trinns blomsterinduksjon (Heide 1994), og de er

derfor avhengige av en viss planteutvikling i såingsåret for å gi frøavling året etter. For å gi sikrere etablering og frøavling allerede i første engår må frøavlsarealene i hovedsak etableres uten bruk av dekkvekst, og en aktuell metode er da å så frøenga i "falskt" såbed, dvs. et såbed som er gjort klart minst tre uker i forveien og der ugraset blir drept med glyfosat uten ny jordarbeiding like før såing. Frø av de fleste arter til revegetering i alpine og arktiske områder er smått og må derfor sås grunt, men ikke så grunt at det ikke får jordkontakt. De siste åra har det kommet på markedet nye direktesåmaskiner som sannsynligvis egner seg for den typen såbed. To slike såmaskiner blir nå prøvd ut i Telemark som en del av prosjektet Fjellfrø.

### 3. Ugrasbekjempelse

Ved oppformering av sauevingel har hovedproblemet hittil vært bekjempelse av ugras, spesielt tunrapp (*Poa annua*). Det første sauesvingelarealet i Telemark ble nesten nedgrodd i tunrapp i gjenleggsåret. I Østerrike prøvde en å oppformere ulike fjellplanter i et økologisk dyrkingssystem, men konklusjonen var at lønnsom frøavl av disse artene er umulig uten bruk av herbicider (Krautzer 2002).

De vanskeligste ugrasa å bekjempe ved grasfrøavl er andre grasarter. De siste åra er det imidlertid blitt godkjent flere nye selektive ugrasmidler med virkning mot grasarter, og foreløpige forsøk viser at jodsulfuron (Hussar/Hussar OD) og kletodim (Select) kan brukes i frøeng av sauesvingel og rødsvingel (Tørresen 2007). For andre arter som fjellrapp, fjelltimotei, fjellgulaks, smyle m.fl. er det en stor utfordring å finne fram til ugrasmidler som kan brukes på aktuelle stadier, enten i såingsåret eller i etablert frøeng. Som et delprosjekt i Fjellfrø gjennomføres det sommeren 2007 og 2008 selektivitetsforsøk med ulike ugrasmidler til fjellrapp og fjelltimotei.

### 4. Optimal høstetid og høsteteknikk

Gras fra alpine og arktiske områder er tilpasset en kort og intens vekstsesong, og ved frøavl i låglandet vil de morfologiske stadiene skyting, blomstring og frømodning inntreffe svært tidlig. På Landvik måtte vi i 2007 treske både fjellrapp og fjelltimotei allerede i juni måned, dvs. 1-2 måneder tidligere enn for korresponderende låglandsartene engrapp og vanlig timotei. Mange av de viltvoksende grasartene er dessuten karakterisert av ujamn frømodning og har liten motstandsevne mot frødryssing, og kombinert med den tidlige frømodninga gjør dette at det ofte kan være vanskelig å finne rett høstetidspunkt. For å unngå dryssing kan det være fristende å høste frøenga tidlig, men dette kan gå ut over spireevnen til frøet. Det er derfor en stor utfordring å finne fram kriterier for å bedømme det optimale høstetidspunkt ved oppformering av de ulike artene.

### 5. Optimal høstbehandling, inklusive bekjempelse av sopp

Ved oppformering av flerårige arter er det avgjørende for lønnsomheten at frøavlsarealene kan beholdes i flest mulig høstear. For å oppnå dette må arealene behandles riktig etter høsting. Dette innebærer høstgjødsling, fjerning av dødt/vissent plantemateriale og tiltak for å regulere plantebestanden. Som nevnt tidligere viser erfaring at planter fra alpine og arktiske områder, når de flyttes ned i låglandet eller lenger sør, lett blir angrepet av rust og andre soppsjukdommer om høsten. Et delmål med 'Fjellfrø' er derfor å finne fram til effektive sopmidler som, kombinert med gjødsling og avpassing til rett tid, gjør at plantene holder seg friske og gir jamne frøavlinger over flere år.

### Bruk av allerede godkjente norske sorter til revegetering i alpine og arktiske områder

Foredling, testing og godkjenning av nye plantesorter er en langvarig og kostbar prosess. For fremmedbestøvende grasarter tar det vanligvis nesten 20 år (i beste fall ca. 10 år) fra et foredlingsprogram innledes til nye sorter er i handelen. Nesten all grasforedling i Europa utføres nå av kommersielle firmaer. Disse firmaene vil vanligvis rettsbeskytte sine sorter, og for å få størst mulig inntjening er det et mål at sortene skal få størst mulig geografisk og økologisk bruksområde. Dette samsvarer dårlig med kravet om bruk av stedegent plantemateriale ved revegetering i alpine og arktiske områder.

I Norge ble fra og med 2002 ansvaret for foredling av nye grassorter overført fra Planteforsk (i dag Bioforsk) til det private foredlingsfirmaet Graminor AS (tidligere Norsk Kornforedling AS). Fram til da hadde foredling av nye grassorter lange tradisjoner på Bioforsk-enhetene Holt ved Tromsø, Vågønes ved Bodø, Kvithamar (tidligere Voll) i Trøndelag, Løken i Valdres og Fureneset i Sunnfjord. Sjøl om forproduksjonen stod mest i fokus, førte foredlinga til flere sorter som i dag er aktuelle for revegetering i fjellet eller langt mot nord. Dette er først og fremst sorter av rødsvingel og sauesvingel, men engkvein (*Agrostis capillaris*) kan også være aktuell ved revegetering av det mer beitepregede (kultur)landskapet, for eksempel i stølsområdene.

Inntil 'stedegent' frø fra Fjellfrø-prosjektet i Telemark eller fra eventuell oppformering i Alta foreligger, vil vi sterkt anbefale at det ved revegetering i alpine og arktiske områder brukes frø av norske sorter av disse grasartene. Disse sortene har alle vært med i en systematisk verdiprøving, blant annet i grasbakkearealer, dvs. ekstensive grøntområder som gjødsles lite og som slås bare én eller to ganger i sesongen. Fra om lag 1980 til 2005 foregikk denne testinga på fem ulike steder i landet, hvorav de to lokalitetene Løken i Valdres (61 °N, 525 moh) og Holt ved Tromsø (69 °N) må anses som mest representative med tanke



på revegetering i henholdsvis alpine og arktiske områder. Løken ligger rett nok under tregrensa, men må likevel anses som en brukbar representant for fjellområdene i Sør Norge. I tillegg til den offisielle sortsprøvinga på disse stedene har det vært utført enkelte sporadiske sortsforsøk, bl.a. på Hjerkin i åra 1990-1996.

I det følgende gis en kort oversikt over hvilke norske sorter av rødsvingel, sauesvingel og engkvein som i dag er tilgjengelige for revegetering i alpine og arktiske områder. De norske frøforretningene Felleskjøpet Agri og Strand Brænderi AS driver begge kontraktfrøavl av disse sortene, og for de fleste av dem finnes det en viss lagerbeholdning av frø.

### Rødsvingel

Rødsvingel deles inn i tre underarter, nemlig rødsvingel med lange utløpere (*Festuca rubra* ssp. *rubra*; 56 kromosomer), rødsvingel med korte utløpere (*F. rubra* ssp. *trichophylla*; 42 kromosomer) og rødsvingel uten utløpere (*F. rubra* ssp. *commutata*; 42 kromosomer). Bare den førstnevnte underarten er stedegen i Norge, men denne finnes til gjengjeld over hele landet, også over tregrensa (opp til 1840 i Lom) (Bø 1994, Lid & Lid 1994).

Av rødsvingel med lange utløpere har vi tre norske sorter som alle kan være aktuelle for revegetering høyt over havet eller langt mot nord:

- **'Leik'** fra Løken i Valdres. Godkjent 1972. Opprinnelig godkjent til fôrproduksjon. Lys farge, stor tilvekst. Meget vintersterk. Gir jamt over gode frøavlinger.
- **'Klett'**: Norsk sort basert på en populasjon innsamlet i Misvær, Nordland. Større skuddtetthet, mørkere farge og mindre tilvekst

enn 'Leik'. Utsatt for rust ved liten klippeintensitet i sørlige / kystnære områder. 'Klett' gir mindre frøavling enn 'Leik', og frøet er derfor noe dyrere.

- **'Frigg'**: Norsk sort sammensatt etter krysning av enkeltplanter fra ulike populasjoner innsamlet i Midt-Norge, bl.a. på Fokstua på Dovre (Styrkar Foss, pers. oppl.). Stor skuddtetthet, liten tilvekst, meget sterk mot frost. Frøavling som 'Klett'. Primært en plensort.

Tabell 1-3 viser resultater fra grasbakkefelt på Løken og Holt i tre verdiprøvingsserier. 'Leik' var med i alle forsøka, men 'Klett' bare i serien fra 1990 til 1993 (Tabell 1) og 'Frigg' bare i serien fra 1995 til 1998 (Tabell 2). I Tabell 1 er sortene rangert etter prosent markdekking (som er spesielt viktig for å unngå erosjon); i Tabell 2 og 3 etter helhetsinntrykk (skala 1-9, der 9 er best), som i tillegg til markdekking også omfatter andre karakterer som farge, skuddtetthet, tilvekst m.m.

De utenlandske sortene som inngår i tabellene er stort sett foredlet i Danmark og Nederland, men genmaterialet kan være samlet inn andre steder, også i Skandinavia. En skal derfor ikke undres over at flere av de utenlandske sortene har oppnådd brukbar rangering i enkeltfelt. I middel for alle serier og felt er det likevel 'Leik' som har gitt det beste og mest stabile resultatet.

Siden 'Leik' har opphav i Valdres, 'Frigg' i Trøndelag, og 'Klett' i Nordland, tilsier sannsynligvis stedegenhets-prinsippet at frø av de tre sortene bør foretrekkes ved revegetering av fjellområder i henholdsvis Sør-Norge, Midt-Norge og Nord-Norge.

Tabell 1. Verdiprøving av rødsvingelsorter til grasbakke/ekstensiv områder, 'Subalpin og subarktisk sone', 1990-1993 (Bø 1998).

Sort	Middel - 'Subalpin & subarktisk sone'		Subalpin sone: Løken, Valdres		Subarktisk sone: Holt, Tromsø	
	% mark-dekking	Rangering av 30 prøvde sorter	% mark-dekking	Rangering av 30 prøvde sorter	% mark-dekking	Rangering av 30 prøvde sorter
Leik	81	1	76	17	85	1
Klett	80	2	75	18	84	2
Herald	79	3	86	1	72	5
Wilma	74	7	70	15	77	6
Pernille	71	8	81	4	61	8
Olivia	59	20	36	6	81	22
Koket	58	23	35	9	80	23
Center	58	22	35	8	80	24



Tabell 2. Verdiprøving av rødsvingelsorter til grasbakke / ekstensive områder, 'Subalpin og subarktisk sone', 1995-1998 (Molteberg &amp; Enger 1999).

Sort	Middel - 'Subalpin & (sub)arktisk sone'			Subalpin sone: Løken, Valdres			Subarktisk sone: Holt, Tromsø		
	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 22 prøvde sorter	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 22 prøvde sorter	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 22 prøvde sorter
Koket	5,6	66	1	4,9	55	5	6,2	77	1
Leik	5,4	67	2	5,2	60	1	5,6	73	10
Wilma	5,3	65	6	4,8	54	10	5,8	75	7
Frigg	5,1	67	10	4,5	58	14	5,6	75	9
Center	5,1	66	11	4,2	51	19	5,9	81	5
Pernille	4,9	60	15	4,8	56	6	5,0	63	17

Tabell 3. Verdiprøving av rødsvingelsorter til grasbakke / ekstensive områder, 'Subalpin og subarktisk sone', 1999-2002 (Molteberg &amp; Enger 2003).

Sort	Middel - 'Subalpin & subarktisk sone'			Subalpin sone: Løken, Valdres			Subarktisk sone: Holt, Tromsø		
	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 18 prøvde sorter	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 18 prøvde sorter	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 18 prøvde sorter
Olivia	5,2	74	1	5,0	82	5	5,3	65	2
Center	5,0	74	2	5,1	84	3	4,9	63	8
Leik	5,0	74	3	5,2	84	2	4,8	63	12
Koket	4,8	72	10	4,8	82	7	4,8	62	9
Wilma	4,7	70	13	4,4	77	14	4,9	62	6
Pernille	4,3	63	16	4,1	69	16	4,4	57	16

### Sauesvingel

Sauesvingel er en svaktvoksende og seint-etablerende grasart som vokser vilt i tette tuer på tørre og skrinne steder over mesteparten av landet bortsett fra kystområdene fra Rogaland til Vesterålen. I Jotunheimen finnes sauesvingel opp til 1900 moh. (Lid & Lid 1994). Konkurransen er dårlig, og norsk sauesvingel gjør noe særlig av seg bare der andre grasarter går ut på grunn av tørke, næringsfattig jordsmonn eller dårlig overvintring. I praksis vil dette si områdene over tregrensa. På grunn av den seint etableringa og den dårlige konkurransevnen har sauesvingel, særlig de to første åra etter såing, jamt over fått dårligere karakterer for markdekking og helhet enn rødsvingel i grasbakkefeltene på Bioforsks enheter. Dessverre mangler vi god dokumentasjon på hvordan konkurranseforholdet mellom norske sorter av sauesvingel og rødsvingel vil utvikle seg over tid i revegeteringsfelter over tregrensa, men slike data vil nå bli skaffet til veie gjennom Fjellfrø-prosjektet, jf. delmål 3 i omtalen av prosjektet.

Opp gjennom åra har det vært innsamlet og oppformert flere norske økotyper av sauesvingel. Bare én av disse, populasjonen 'Lillian' fra Valdres, har nådd fram til sortsgodkjenning og kommersiell frøavl. Tabell 4 viser at 'Lillian' ble rangert klart foran de konkurrerende sortene 'Quatro' og 'Biljart' ved verdiprøving i Tromsø, mens 'Lillian' bare var 'midt på treet' i sitt eget opphavsområde Valdres. Her skal det imidlertid nevnes at verken 'Quatro' eller 'Biljart' tilhører samme art /

underart som 'Lillian'. 'Biljart' er en stivsvingel (*Festuca trachyphylla* Hack. = *F. duriuscula* = *F. longifolia*), mens 'Quatro' tilhører sauesvingel-underarten *F. ovina* ssp. *tenuifolia* (trolig samme art som grannsvingel, *F. capillata*; Lid & Lid 1994) som er tetraploid og derfor er mer storfrøa og kraftigvoksende enn den diploide, 'norske' underarten *F. ovina* ssp. *ovina*. Både stivsvingel og grannsvingel finnes ifølge Lid & Lid (1994) viltvoksende i Norge etter omfattende såing på veikanter, steintipper og lignende, men ingen av dem er stedeegne i norsk vegetasjon, og de bør derfor unngås ved revegetering i alpine og arktiske områder.

Tabell 4. Verdiprøving av sauesvingel / stivsvingel til grasbakke / ekstensive områder, 'Subalpin og subarktisk sone', 1995-1998 (Molteberg &amp; Enger 1999)

Sort	Middel - 'Subalpin & subarktisk sone'			Subalpin sone: Løken, Valdres			Subarktisk sone: Holt, Tromsø		
	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 10 prøvde sorter	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 10 prøvde sorter	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 10 prøvde sorter
Lillian	4,4	53	1	3,7	39	7	5,1	67	1
Barfina	3,6	45	4	4,3	52	1	2,8	38	5
Quatro	2,6	29	10	3,1	32	10	2,1	26	10

### Engkvein

Engkvein er i større grad enn rødsvingel og sauesvingel en art med tilknytning til jordbrukets kulturlandskap. I uberørte områder over tregrensa er engkvein mindre vanlig, og ved revegetering bør bruken derfor begrenses tilsvarende. Engkvein klarer seg godt på mager og sur jord, men sammenlikna med svingel er frøet mindre og mer avhengig av god jordråme for å spire.

Det finnes tre godkjente, norske sorter av engkvein:

- 'Leikvin' baserer seg på lokale populasjoner innsamlet i Valdres. Den er valgt ut med tanke på fôrproduksjon og er således kraftigvoksende.
- 'Nor' er en populasjon innsamlet i Meldal i Sør-Trøndelag, ca. 500 moh. (S. Foss, pers. oppl.). Den er først og fremst en plensort, mørkere, tettere, seinere i etableringsfasen og mer lågvokst enn 'Leikvin'. 'Nor' gir mindre frøavling enn 'Leikvin', og frøet er derfor noe dyrere.
- 'Leirin' er i likhet med 'Leikvin' en populasjon med opphav i Valdres. De utvalgte foreldreplantene vokste i en 40 år gammel plen på Bioforsk Øst Løken. Sammenliknet med 'Nor' har 'Leirin' finere blad og større skuddtetthet og er slik sett en enda mer typisk plensort. Den kan likevel være aktuell i ekstensive grøntområder der en ikke ønsker for stor høydevekst.

Tabellene 5 og 6 viser utdrag av verdiprøvningsresultater med engkvein i grasbakke i Valdres og Tromsø. Alle de norske sortene gav klart bedre helhetsinntrykk og markdekking enn den nederlandske målestokksorten 'Bardot'. Dette skyldes først og fremst bedre overvintringsevne. I et revegeteringsforsøk på Hjerkin var det av ni prøvde kveinsorter bare 'Leikvin' som hadde brukbar markdekking fem år etter såing, mens 'Nor' var i en mellomstilling mellom 'Leikvin' og de utenlandske sortene. 'Leirin' var ikke med i dette forsøket (Bø 1997).

Stedegenhetsprinsippet tilsier at 'Leikvin' eller 'Leirin' bør foretrekkes ved revegetering i stølstraktene i Sør Norge, mens 'Nor' kan brukes fra Trøndelag og nordover.

Norske sorter av rødsvingel, sauesvingel og engkvein har en omtrentlig tusenfrøvekt på henholdsvis 1,0 gram, 0,4 gram 0,1 gram. På grunn av forskjellen i frøstørrelse bør frø av kvein, sjøl i stølstraktene, aldri utgjøre mer enn 10, i de fleste tilfeller bare 5 vektprosent av norske frøblandinger til revegetering. Resten bør utgjøres av rødsvingel og sauesvingel. For å få en rimelig etablering av sauesvingelen bør det sås betydelig flere frø av denne arten enn av rødsvingel, men inntil flere resultater foreligger vil vi likevel anbefale en noe større vektprosent rødsvingel enn sauesvingel, typisk 50-60 vektprosent rødsvingel og 40-50 vektprosent sauesvingel i frøblandinger til revegetering i alpine og artske områder i Norge.

Tabell 5. Verdiprøving av engkveinsorter til grasbakke / ekstensive områder, 'Subalpin og subarktisk sone', 1995-1998 (Molteberg &amp; Enger 1999).

Sort	Middel - 'Subalpin & subarktisk sone'			Subalpint sone: Løken, Valdres			Subarktisk sone: Holt, Tromsø		
	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 5 prøvde sorter	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 5 prøvde sorter	Helhet (1-9)	% mark-dekking	Rang. av 5 prøvde sorter
Leirin	5,	73	1	5,0	61	2	6,6	85	1
Leikvin	5,8	73	2	5,1	60	1	6,4	85	2
Nor	5,3	68	3	4,5	52	3	6,0	83	3
Bardot	4,5	58	5	3,8	45	5	5,2	70	5

Tabell 6. Verdiprøving av engkveinsorter til grasbakke / ekstensive områder, 'Subalpin og subarktisk sone', 1999-2002 (Molteberg &amp; Enger 2003)

Sort	Middel - 'Subalpin & subarktisk sone'			Subalpint sone: Løken, Valdres			Subarktisk sone: Holt, Tromsø		
	Helhet (1-9)	% mark- dekking	Rang. av 4 prøvde sorter	Helhet (1-9)	% mark- dekking	Rang. av 4 prøvde sorter	Helhet (1-9)	% mark- dekking	Rang. av 4 prøvde sorter
Leikvin	5,1	72	1	5,7	85	1	4,4	58	1
Nor	5,0	69	2	5,6	83	2	4,4	55	2
Bardot	4,4	62	3	5,4	84	3	3,3	40	3

### Referanser

Aamlid, T.S. 1990. Faktorer av betydning for lokalisering av frøavl i skandinaviske sorter av flerårige grasarter. Norsk landbruksforskning 4: 259-277.

Bø, S. 1997. Grassortar til ekstensive areal. Grønn forskning 1997(26). 18 s.

Bø, S. 1998. Offisiell verdiprøving i gras til grøntanlegg. Grønn forskning 1998(12). 40 s.

Heide, O.M. 1994. Control of flowering and reproduction in temperate grasses. New Phytologist 128: 347-362.

Håbjørg, A. 1979. Seed production studies in latitudinal and altitudinal distant types of *Poa pratensis* L. cultivated at nine localities in Norway. Meldinger fra Norges landbrukshøgskole 58(28). 18 s.

Lid, J. & Lid, D. T. 1994. Norsk flora. Det Norske Samlaget, Oslo.

Krautzer, B. 2002. Seed production of indigenous species and their use for restoration of eroded areas in the Alps. European Commission. Final Report FAIR CT988-4024. 112 s.

Molteberg, B. & Enger, F. 1999. Resultater av offisiell verdiprøving i gras til grøntanlegg 1995-98. Totalsammendrag for hele forsøksperioden. Planteforsk Utredning 07/09. 78 s.

Molteberg, B. & Enger, F. 2003. Resultater av offisiell verdiprøving i gras til grøntanlegg 1999-2002. Grønn kunnskap 7 (13). 100 s.

Nordestgaard, A. 1983. Samnordiske frøavlsforsøg med skandiaviske sorter av engrapgræs og rød svingel. Tidsskrift for Planteavl 87: 429-444.

Rapp, K., Schjelderup, I. & Røthe, G. 2005. Utvikling av plantemateriale for revegetering og reinbeite. Reindriftnytt 04, s. 37-39.

Tørresen, K.S. 2007. Bekjemping av grasugras i grasfrøeng. Bioforsk FOKUS 2(2): 153-158.



# Revegetering og etablering frå frø

Knut Anders Hovstad  
Bioforsk Midt-Norge  
[knut.hofstad@bioforsk.no](mailto:knut.hofstad@bioforsk.no)

Etablering frå frø er aktuelt både ved revegetering og restaurering av degenerert og gjengrodd kulturlandskap. Etablering frå frø er òg ein viktig del av livshistoria hos høgare planter som gjer det mulig å nå nye habitat og utveksle genetisk materiale mellom mindre populasjonar. Kunnskap om faktorar som påverkar frøproduksjon, frøspreiing, og spiring og etablering av frøplanter er derfor viktig for å forstå vegetasjonsdynamikk og artsdiversitet. I denne artikkelen tar eg utgangspunkt i mitt eige doktorgradsprosjekt med tittelen *Seed dispersal and seedling establishment in semi-natural grasslands* (Hovstad 2007). Eg har òg teke med erfaringar frå arbeidet med doktorgraden som ikkje er med i avhandlinga, og eg har supplert med kunnskap frå andre studier der det er naturleg.

## Frøet og det fysiske miljøet

Spiring og etablering av ein ny frøplante stiller bestemte krav til det fysiske miljøet. Nokre artar har frøkvile, og frøet må gjennom ein prosess, ofte avhengig av ytre påverking, før spiring er mulig. For eksempel krev nokre artar i fjellet ein kuldeperiode for å kunne spire (Körner 1999). Dette er med på å sikre at frøet spirer på eit tidspunkt der frøplanten har sjanse til å overleve og etablere seg. Ofte er ikkje frøkvilen absolutt, men låg temperatur eller annan ytre påverking kan likevel føre til at frøa lettare spirer (Fenner & Thompson 2005). Frøkvile er nokså vanleg hos urter og andre tofrøblada artar tilpassa eit nordleg klima, mens det oftast er mindre utvikla hos grasartar (Baskin & Baskin 1998). Dersom frø med frøkvile vert brukt til revegetering, kan det vere ein fordel å behandle frøa for å bryte frøkvilen.

Tilgangen på fuktighet er ein svært viktig faktor for spiring og etablering. Nedbør og klima er sjølvsagt viktig, men tilgangen på fuktighet blir òg påverka av substrat, kontakten mellom frø og substrat, eksisterande vegetasjon og strø som ligg på jordoverflata. Eksisterande vegetasjon og strø påverkar òg lysttilgangen og temperaturen.

Innan økologien har ein historisk fokusert på konkurranse mellom artar, og vegetasjonsstruktur og -dynamikk er blitt forstått som eit resultat av konkurranse. Det siste tiåret har likevel fleire studier vist at positive interaksjonar er ein viktig del av forholdet mellom artar og at denne typen interaksjonar er med på å bestemme vegetasjonsstrukturen (Bruno *et al.* 2003). Omgrepet fasilitering vert ofte nytta om situasjonar der ei plante har ein positiv effekt på ei anna plante. Fasilitering ser ut til å vere spesielt

viktig i mange fjelløkosystem (Callaway *et al.* 2002). For eksempel kan ei fjellbjørk gi ly som gjer det mulig for andre mindre hardføre planter å etablere seg. Eit interessant spørsmål er korleis positive interaksjonar kan utnyttast ved revegetering. I Sveits har ein studert korleis positive interaksjonar kan utnyttast ved revegetering i alpinanlegg (Urbanska 1997), og det kan vere aktuelt å arbeide vidare med denne tilnærminga ved revegetering under tøffe klimatiske forhold og der substratet er spesielt vanskeleg.

## Effekten av strø på spiring og etablering

Ein viktig faktor for spiring og etablering av nye frøplanter er strø, eller dødt plantemateriale, som dekker jordoverflata (Figur 1). Strø kan ha både positive og negative effektar på etablering av frøplanter avhengig av strømengde og kva art som spirer. Effekten av strø er eit resultat av ulike mekanismar som ofte opptrer samtidig. For eksempel kan strø betre tilgangen på fuktighet i jordoverflata og slik ha ein positiv effekt på spiring og vekst. Samstundes vil eit tjukt strøsjikt redusere tilgangen på lys ved jordoverflata, og dette vil hemme spiring og etablering hos mange artar. Strølaget kan òg fungere som eit fysisk stengsel både for kontakten mellom frø og jord og for frøplanten som strekker seg mot lyset. Små eller middels mengder strø har ofte ein positiv verknad eller ingen verknad på etablering, mens hemmande effektar dominerer ved store mengder strø. I natureng i låglandet ser det ut til at effekten ofte går frå positiv eller nøytral til negativ når strømengda kjem over 200-400 g/m<sup>2</sup> (Carson & Peterson 1990, Hovstad & Ohlson 2007). Nivået der strøeffekten går frå positiv til negativ vil variere mellom vegetasjonstypar og artar.

Den positive effekten av eit tynt strølag kan utnyttast ved revegetering dersom ein tilfører eit tynt lag med strø på jordoverflata. Denne metoden kan òg brukast for å tilføre frø frå vegetasjon lik den ein ønskjer å etablere (Kiehl & Wagner 2006). Det er då viktig at plantematerialet som vert brukt er hausta til rett tidspunkt og ikkje inneheld store mengder frø av uønskte artar.

I mange vegetasjonstypar er opphoping av strø ein viktig del av suksesjonsprosessen. Ved nedbryting frigjer strøet både næring og sambindingar som kan hemme spiring og etablering (Hovstad & Ohlson 2007). I eng- og veikantvegetasjon vil akkumulering av strø som regel føre til opphoping av næring i jord. Dette gir artar som trivst best i næringsrik jord eit konkurransefortrinn. Gras og urter med

stor evne til å konkurrere om lys vil etter kvart dominere vegetasjonen. Eit eksempel er hundekjeks *Anthriscus sylvestris* som viser ein tydeleg positiv respons på næring (Rosef & Bele 2006) og akkumulering av strø (Hovstad 2007). Både ved restaurering og skjøtsel kan opphoping av strø vere eit problem som krev spesielle tiltak (sjå Auestad *et al.* 2000).



Figur 1. Strø er ein viktig faktor som påverkar spiring og etablering hos mange artar. Dei fleste frøplantane på biletet tiløyrrer arten engnellik *Dianthus deltoides*. Foto: Knut Anders Hovstad

### Referansar

- Auestad, I., Norderhaug, A., Hamre, L.N. & Austad, I. 2000. Vegkanten -varierte og verdifull. Hovudrapport frå prosjektet "Vegkanten - ein artsrik biotop". Samarbeidsprosjekt mellom Statens Vegvesen Sogn og Fjordane, Vegdirektoratet og Høgskulen i Sogn og Fjordane, Sogndal. 81 s.
- Baskin, C.C. & Baskin, J.M. 1998. Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego. 666 pp.
- Bruno, J.F., Stachowicz, J.J. & Bertness, M.D. 2003. Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 119-125
- Callaway, R.M., *et al.* 2002. Positive interactions among alpine plants increase with stress. *Nature* 417: 844-848
- Fenner, M. & Thompson, K. 2005. *The Ecology of Seeds*. Cambridge University Press, Cambridge. 250 pp.
- Hovstad, K.A. 2007. Seed dispersal and seedling establishment in semi-natural grasslands. PhD Thesis, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås.
- Hovstad, K.A. & Ohlson, M. 2007. Physical and chemical effects of litter on plant establishment in semi-natural grasslands. *Plant Ecology*, in press,

DOI: 10.1007/s11258-007-9349-y

Kiehl, K., & Wagner, C. 2006. Effect of hay transfer on long-term establishment of vegetation and grasshoppers on former arable fields. *Restoration Ecology* 14: 157-166

Körner, C. 1999. *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. Springer Verlag, Berlin, 338 pp.

Urbanska, K. 1997. Restoration of alpine and arctic areas: are the classic concept of niche and succession directly applicable. *Opera Botanica* 132: 315-323

Rosef, L. & Bele, B. 2007. Hundekjeks - en problemart i kulturlandskapet. *Naturen* 131(2): 69-75



# Revegetering og restaurering i kulturlandskapet

Ann Norderhaug<sup>1</sup>, Hans Martin Hanslin<sup>2</sup> og Liv Nilsen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bioforsk Midt-Norge, <sup>2</sup>Bioforsk Vest

[ann.norderhaug@bioforsk.no](mailto:ann.norderhaug@bioforsk.no)

Kulturlandskap er et vidt begrep som i videste forstand betyr alt landskap som er påvirket av mennesket. I denne sammenheng begrenser vi det imidlertid til jordbrukets kulturlandskap, formet av tradisjonell drift gjennom århundreder. Denne driften skapte bl.a. semi-naturlige ("halv-naturlige") beite- og slåttemarken som ofte var meget artsrike. De dekket store arealer helt fram til midten av 1900-tallet, men har etter den tid blitt stadig færre og mindre på grunn av driftsforandringer i landbruket. Utviklingen truer vårt biologiske mangfold på flere nivå. Det er derfor viktig å ta vare på slike områder. Mange av dem er imidlertid i ferd med å gro igjen og må restaureres før regelmessig skjøtsel kan settes inn.

I denne artikkelen vil vi feste oppmerksomheten på en del viktige momenter ved restaurering av slåtte- og beitemarker etter gjengroing, restaurering av kystlynghei etter gjengroing og terrengingrep og etablering av veikanter.

## Slått og beitemark

Ved restaurering av gjengrodde slåtte- og beitemarker kan det etter høst og fjerning av trær og busker også være nødvendig å fjerne strøsjiktet av dødt gras, lauv, bar og småkvist. Hvis dette sjiktet er tykt bør det rakes sammen og fjernes. I noen tilfeller kan det også være aktuelt med avsviing.

Når gamle slåtte- og beitemarker blir ryddet på denne måten, skapes det nye muligheter for lyselskende gras og urter. Noen individer av slike arter har kanskje levd en kummerlig tilværelse i skyggen av busker og trær, andre har overlevd som frø i jorda og kan spre seg i området på nytt. Mange arter forsvinner imidlertid fort ved gjengroing og ikke alle har frøbank. På grunn av landskapsforandringene kan det også være langt til nærmeste forekomst av slik engvegetasjon og vanskelig for artene å spre seg naturlig inn i restaureringsområdet. For etablering av arter som øyentrøst- og søtearter trengs det derfor ofte innsåing. Frø kan hentes fra tilsvarende slåtte- og beitemarker i nærheten. Arter med kraftige rotsystemer er det oftest bedre å plante (om våren eller tidlig om høsten). Også de kan hentes fra eng i nærheten, men man må passe på å ikke ødelegge engvegetasjonen der ved henting av planter og frø.

Hvis jorda i restaureringsområdet i stor grad ligger bar, kan man spre ut høy som hentes fra en tilsvarende artsrik eng i nærheten. Høyet bør spres i et lag som ikke er tykkere enn at jorden skimtes gjennom høylaget. Høy kan eventuelt hentes flere ganger i løpet av sommeren for å sikre spiremodne frø av ulike arter. Dette er etter hvert en godt utprøvd metode. Man kan også kjøpe engfrø med arter som passer de økologiske forholdene i restaureringsområdet. Det produseres i dag relativt mye frø av norske urter til bruk i slike engblandinger. Frøblandingen som skal brukes bør være basert på lokale, stedege populasjoner. Fremmede arter som kan spre seg på bekostning av den hjemlige floraen, og fremmede genotyper kan svekke lokalt forekommende populasjoner av arten. Det er i denne sammenheng et stort behov for nærmere kartlegging av variasjonen i norske populasjoner av utvalgte slike engarter.

Gammel, artsrik engvegetasjon kan med andre ord restaureres på forskjellige måter med vellykket resultat. Å skape artsrik eng på tidligere åkermark eller annen næringsrik jord, er imidlertid meget vanskelig. De semi-naturlige slåtte- og beitemarkene hadde vanligvis lavt fosfor- og nitrogeninnhold i jordsmonnet, noe som var en forutsetning for artsrikdommen. Ved god næringstilgang blir gjerne et fåtall nitrogenelskende arter dominerende.

Etter restaurering er det viktig å komme i gang med oppfølgende skjøtsel snarest. Restaureringstiltak kan ellers forverre gjengroingssituasjonen. De første årene etter restaurering kan det være nødvendig med spesiell bekjempelse av problemarter som bringebær og brennesle, og mer intensiv skjøtsel som for eksempel slått to ganger per sesong, men etter hvert vil skjøtelsbehovet "stabilisere seg". Det er viktig å velge riktig skjøtelsesmetode i forhold til den vegetasjon som skal opprettholdes dvs. at beite ikke kan erstatte slått ved skjøtsel av gammel slåtteeng og at husdyrslag må velges i henhold til tidligere bruk.

## Veikanter

Veikantene våre er meget varierte og spiller en viktig rolle for det biologiske mangfoldet i Norge både som habitat og som nettverk for spredning av arter. Veikantene er økotoner med en blanding av arter fra omgivelsene, av kantarter og eventuelt

innsådde arter. Artsinnholdet varierer med klimaet fra fjord til fjell og fra region til region. Det påvirkes også av økologiske faktorer som jordsmonn og hydrologi, skjøtsel og trafikk. De kan være meget artsrike, inneholde sjeldne arter og spiller en stadig viktigere rolle som habitat for engarter fordi de gamle slåtte- og beitemarkene forsvinner.

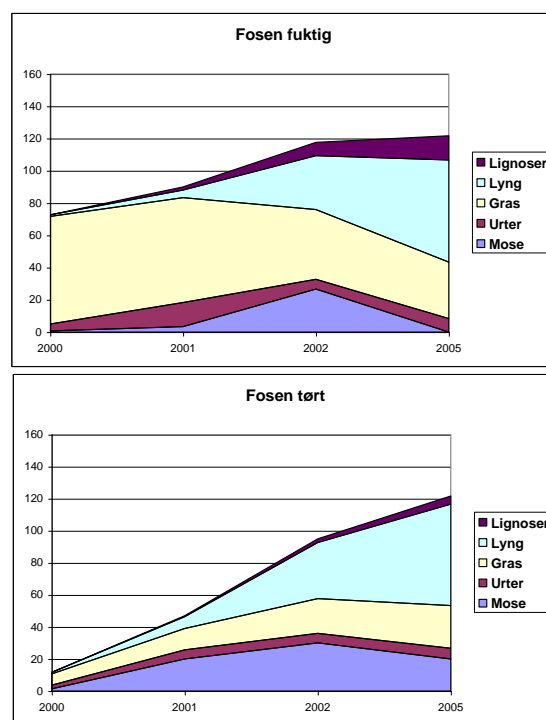
Bruk av ulike typer frøblandinger i veikantene kan ha stor påvirkning på det biologiske mangfoldet. Ved etablering av veikanter er det derfor viktig at man tar hensyn til det mangfold som veikantene representerer og ikke prøver å lage dem til en ensartet habitat. Statens vegvesen har som strategi å benytte "naturlig revegetering" der det er mulig, noe som er positivt i forhold til det biologiske mangfoldet. Dette forutsetter imidlertid at det finnes en frøbank av ønskelige arter i jorda eller "kildevegetasjon" i nærheten, dvs. vegetasjon som ønsket frø kan spre seg fra. Ellers vil frøsåing være nødvendig. I mange tilfeller er det også nødvendig å så inn frø for å hindre erosjon og sikre en noenlunde rask etablering av plantedekke langs veikantene. Ved sammensetning av frøblandinger bør man, av hensyn til det biologiske mangfoldet, unngå fremmede arter som kan spre seg på bekostning av den hjemlige floraen.



Figur 1. Røsslyng etablerer seg raskt fra frø, men etablering av trær i en revegetering av kystlynghei, kan være problematisk ved nærhet til frøkilder. Foto: Hans Martin Hanslin

### Kystlynghei

De norske kystlyngheiene er en del av det europeiske kystlandskapet som strekker seg langs Atlanterhavskysten fra Lofoten i nord til Portugal i sør. Vi vet i dag at denne naturtypen er et resultat av kystbefolkningens ressursbruk gjennom flere tusen år. Røsslyng er vintergrønn, og denne lyngveksten sammen med et mildt vinterklima, er forutsetningene for den tradisjonelle lyngheidriften og utviklingen av kystlyngheiene. Røsslyng er en brukbar forplante når den pleies rett, og den tåler hardt beitepress. Brenning (lyngsviing), lyngslått og "året rundt-beiting" var den tradisjonelle utnyttelsen av lyngheiene. De er i dag sterkt truet av gjengroing, men også av fysiske



Figur 2. Dekningsgrad i % i 2000-2005. Fuktighetsforhold har stor betydning for vegetasjonsutviklingen i kystlynghei. Graset kommer raskere inn og dominerer mer i fuktige områder

ingrep i sammenheng med oljeindustri, vindkraftverk m.v.

Ved restaurering av gjengroende kystlynghei er rydding av kratt og skog nødvendig. Videre er det viktig at man gjenopptar brenning av lynghei slik at man på sikt kan gjenskape en mosaikk av lynghei i ulike aldersfaser og små grasarealer. Beite må også gjenopptas. Rase og antall dyr må vurderes ut fra tidlige praksis i området. Røsslyng har en stor og langlivet frøbank som aktiveres ved brann, og på Vestlandet formerer seg røsslyngen også vegetativt etter brann. Et problem i gammel lynghei kan være tykt strø- og bunnsjikt som ikke brenner. Dermed blottlegges ikke jorda godt nok og frø får ikke anledning til å spire. Dette problemet er det viktig å ha i fokus ved restaureringsbrenning.

Ved inngrep er det viktig å begrense dem samt å tilbakeføre landskapet med erosjonssikring, terrengtilpassing og revegetering innen rimelig tid etter inngrepet hvis man vil begrense de negative effektene av inngrepet.

Utvikling av vegetasjonen i lynghei etter inngrep vil avhenge av klimaforhold, vanntilgang, næringstilgang, beiting og annen restaurering og skjøtsel som brenning. I revegeteringsarbeidet bør en benytte metoder som kan fremme utvikling av lyng på bekostning av gras for raskere å få ønsket sammensetning av vegetasjonen. Ved risk for erosjon kan det likevel være nødvendig med et kompromiss mellom ønsket om en styrt revegetering og raskt etablert markdekke. Gras er



generelt raskere til å danne en tett vegetasjon enn lyng, og kan i en del situasjoner bidra til å hindre erosjon.

Det har vist seg vanskelig å tilbakeføre småskala variasjon i topografi og fuktighetsforhold etter større inngrep og revegeteringsområdene vil oftest være bedre drenert etter inngrep enn før. Dette kan gjøre at forholdene ikke ligger til rette for reetablering av en del arter som var tilstede før inngrepet.

Tilbakelegging av stedegen toppjord er ofte en effektiv metode for å tilbakeføre diasporer av stedegen vegetasjon. Jord må i tilfelle lagres slik at det ikke starter en omdanning av organisk materiale i haugene. Fuktige områder i lynghei revegeteres som regel raskt uten behov for assistanse. For å få god etablering av lyng, kan det imidlertid være en fordel å så røsslyng over større områder. Lyngen etablerer seg raskt, men behandling av frøene for best mulig utvikling, kan likevel være aktuelt. Frø kan samles med støvsuging av lokale bestand. Gras bør kun brukes i områder der det er spesielt vanskelig å få lyngen til å etablere seg. Stiklingsformert materiale eller tuer med intakt vegetasjon kan brukes på sterkt vindutsatte lokaliteter, eventuelt kombinert med innblanding av organisk materiale i jord og jorddekke ved såing.

Vegetasjonen i kystlyngheiene er tilpasset lav næringstilgang. Næringstilgangen kan allikevel være begrensende for utvikling av vegetasjonsdekket på tørre arealer, så en målrettet grunnkjødsling og oppfølgende gjødsling kan være viktig. Gjødsling vil ha en effekt på hastigheten på vegetasjonsetableringen, særlig på utviklingen av grasvegetasjon. Eventuell gjødsling må derfor begrenses til "problemområder" fordi gjødsling ellers fort vil forandre konkurranseforholdene mellom artene slik at grasartene overtar.

Bregnen einstape er en problemart ved restaurering av bl.a. lynghei. Den er vanskelig å kontrollere, sprer seg lett i lyngheia og blir gjerne et vedvarende problem. Slått kan i denne sammenheng være en nødvendig og relativt effektiv bekjempelsesmetode.

## Referanser

Hanslin, H.M., Sæbø, A. & Kvitvær, A. 2006. Evaluering av revegetering av kystlynghei i traseer til Åsgard gassrørledning (1999-2005). Bioforsk RAPPORT 1 (12)

Hovd, H. Field margins in central Norway - creation, management and flora. PhD Thesis, Universitetet i Bergen

Nilsen, L.S. 2004. Coastal heath vegetation in central Norway; recent past, present state and future possibilities. Dr. scient thesis. Department of Biology, Norwegian University of Science and Technology

Norderhaug, A., Austad, I., Hauge, L. & Kvamme, L. (red.) 1999. Skjøtselsboka for kulturlandskap og gamle norske kulturmarker. Landbruksforlaget

Rosef, L. Restoration of species-poor grasslands - effect of different grazing regimes upon biodiversity and landscape diversity. PhD Thesis, Universitetet i Bergen



# Restaurering av flomskadde arealer

Oversvømmelse av jordbruksarealer på grunn av flom i store vassdrag kan medføre avlingstap eller kraftig avlingsforringelse. På sikt er det et større problem når topplag og undergrunnsjord blir vasket vekk når for eksempel flomverk svikter, og store mengder sand sedimenteres på produktive jordbruksområder. Å bygge opp nytt jordsmonn med gode fysiske og kjemiske egenskaper er en stor utfordring, og det kan ta tid før den nye jorda gir normale avlinger. I denne artikkelen gir vi en oversikt over erfaringene som ble gjort etter flommen i Glomma og Gudbrandsdalslågen i 1995

Nils Vagstad<sup>1</sup>, Trond Knapp Haraldsen<sup>2</sup>, Hans O. Eggestad<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bioforsk, Ledelse og administrasjon, <sup>2</sup> Bioforsk Jord og miljø  
[nils.vagstad@bioforsk.no](mailto:nils.vagstad@bioforsk.no)

## Innledning

Kraftig regnvær i lavlandet kombinert med svært rask smelting av store snømengder i fjellet medførte at Øst og Sør-Øst Norge i pinsa 1995 opplevde den største flommen siden Storofsen i 1789. Glommavassdraget og Gudbrandsdalen ble spesielt hardt rammet, og store arealer ble oversvømmet med til dels omfattende skader som resultat (Figur 1).

Fra Regjeringens side og fra politisk hold for øvrig ble det vist stor vilje til å gå inn i situasjonen med målrettede tiltak for å hjelpe de som ble rammet og for å iverksette tiltak med sikte på å utbedre skader på arealer og eiendommer.

Landbruksdepartementet og Statens Naturskadefond hadde en særlig aktiv rolle, sammen med miljøvernavdelingen og landbruksavdelinger i de aktuelle fylkene og kommunale etater inkludert veiledningsapparatet i landbruket. Fra Statens Naturskadefond ble det utbetalt et samla erstatningsbeløp på i underkant av 150 millioner kroner, hvorav vel 70 millioner til utbedringstiltak på jordbruksareal.

Det fantes minimalt med erfaring fra å håndtere den typen skader og ikke minst et slikt skadeomfang som flommen forårsaket. Det restaureringsprosjektet som ble igangsatt av



Figur 1. Flommen i 1995, - den største siden Storofsen i 1789. Foto: FOTONOR

myndighetene representerte slik sett et nybrottsarbeid på flere måter, og et omfang som savner sidestykke i både fortid og ettertid.

Jordforsk hadde en sentral rolle i hele prosessen med restaurering av de flomskadde arealene. Dette innebar både å være faglig støttespiller og rådgiver for myndigheter på sentralt nivå så vel som lokalt nivå, - og teknisk og operasjonell aktør i forhold til planlegging av restaureringstiltak på enkeltlokaliteter. Samtlige eiendommer med skader langs hele Glomma og Gudbrandsdalslågen ble detaljert kartlagt i forhold til skadeårsak og skadeomfang, og for hver eiendom ble det utarbeidet en spesifikk utbedringsplan.

Erfaringene fra arbeidet med istandsetting av arealer etter flommen i 1995 representerer en viktig kunnskapsbase for framtidige situasjoner. Erfaringene er dokumentert i ulike rapporter og utredninger. Oversikt over aktuell litteratur er gitt avslutningsvis i artikkelen.

Denne artikkelen gir en kort oppsummering av viktige forhold knyttet til skadeårsaker, skadeomfang, utbedringstiltak og erfaringer generelt fra flommen i 1995. Det heter seg at "manns minne" varer om lag ett år. Det som er sikkert er at lignende hendelser som flommen i 1995 vil oppstå med jevne mellomrom, om enn i mindre omfang, og da kan det være nyttig å trekke veksler på de erfaringene og den kompetansen som ble opparbeidet i den situasjonen.

## Skadeomfang og skadeårsaker

Flommen forårsaket omfattende skader på bygninger og anlegg, men i denne sammenheng er det kun skader på arealer som omtales. De mest omfattende og mest kritiske skadene i så måte oppstod på jordbruksarealene langs de to vassdragene. Elveslettene langs Glomma og Gudbrandsdalslågen er for øvrig blant den mest verdifulle dyrkajorda vi har i Norge. Figur 2 gir et oversiktsbilde over Øksna like nord for Elverum, - et av de områdene som ble hardest rammet.



Figur 2. Øksna, like nord for Elverum, et av de hardest rammede områdene. Foto: FOTONOR

Totalt ca 140 000 dekar jordbruksmark ble oversvømt, hvorav ca 100 000 dekar i Hedmark. Om lag 10 000 dekar av dette arealet var utsatt for omfattende skader, skader av en slik karakter at betydelige utbedringsarbeider ville være nødvendige dersom arealet fortsatt skulle benyttes til jordbruksformål. Grovt sett stod en overfor tre hovedkategorier av skader:

- Djupe og omfattende graveskader (erosjon), eller jordras, med utspyling av store jordmengder (Figur 3 og 4).
- Helt eller delvis bortvasking (erosjon) av matjordlaget (Figur 5).
- Avsetning av nye jordmasser (sedimenter) over opprinnelig jordoverflate, - alt fra velsorterte sandmasser til stein (Figur 6 og 7).



Figur 3. Erosjon til gammel elvebunn. Foto: Jordforsk.



Figur 4. Mer enn to meter dype erosjonskrater ved Øksna like nord for Elverum. Foto: Jordforsk.



Figur 5. Bortvasking av hele matjordlaget, med avdekking av gammel hustuft. Foto: Ola Nørdsti



Figur 6. Mer en 2 m mektige sandavsetninger ved Øksna. Foto: Jordforsk.



Figur 7. Mektige avsetninger av sortert sand i Åmot. Foto: Jordforsk.

Om lag 700 dekar var utsatt for svært alvorlige graveskader, tilsvarende som vist i Figur 3, mens ytterligere 3 700 dekar var utsatt for bortvasking av matjorda. Samtidig var ca 7 300 dekar tilført dels betydelige sand- eller steinavsetninger. De nye avsetningene utgjorde et samla volum på ca. 1,1 mill m<sup>3</sup>. Erosjonsskadene, eller de borttransporterte jordmassene, ble beregnet å utgjøre et samla volum på ca. 2 mill m<sup>3</sup>. Omgjort til et "praktisk" bilde tilsvarer dette ca. 200 000



lastebillass, eller en tettpakke kø av lastebiler på mer enn 150 mils lengde.

Skadeomfanget var mye påvirket av intensiteten i vannstrømmen inn på og over de oversvømte arealene. De største skadene oppstod der det ble sammenbrudd i flomverkene, enten ved at vannstanden oversteg høyden på flomverket eller ved hydraulisk grunnbrudd f.eks. i foten på innsiden av forbygningen. Store skader kunne også oppstå i tilknytning til åpninger i vegetasjonsbelte i støtsiden av elva. Relativt store skader kunne også oppstå rundt fysiske "hindringer" inne på arealet, initiert ved turbulens i vannstrømmen. Hydrauliske grunnbrudd kunne også skje på arealer i betydelig avstand fra selve elva, og dermed utløse omfattende erosjonsskader.

### Restaureringsstrategier og tiltak

Som nevnt innledningsvis ble samtlige eiendommer med skader av et visst omfang kartlagt i detalj, blant annet med sikte på en best mulig tilpassa og effektiv skadeutbedring. Restaureringsstrategier og tiltaksplaner bør i slike situasjoner ha både et kortsiktig og et langsiktig perspektiv:

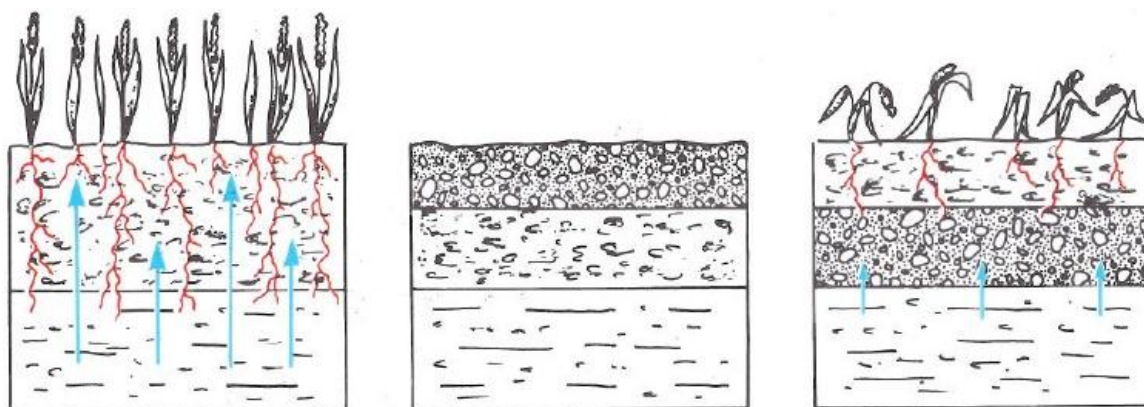
**På kort sikt** er det viktig å sikre arealet eller området slik at en begrenser videre skadeutvikling inntil de mer permanente tiltakene er virkningsfulle. Dette kan f.eks. innebære en foreløpig istandsetting av flomverk, sikring av ustabile skråninger, rydding av grøfter og avløpssystemer. Det vil også være viktig å unngå enkle hastverkskløsnings, som f.eks. fylle djupe erosjonsrenner og krater med skrot og avfall. Dette kan skape senere svakhetssoner med fare for f.eks. hydraulisk grunnbrudd.

**På lang sikt** vil det være mange forhold som bør tillegges vekt. Det primære utgangspunktet bør være å få arealene i så god stand som mulig, dvs. at de blir best mulig egnet til dyrking av de vekstene som er aktuelle for området. Dette kan innebære en restaureringsstrategi som har til siktemål å tilbakeføre arealene med mest mulig

like egenskaper som de opprinnelig hadde. Et annet viktig utgangspunkt er å reetablere arealene med minst mulig jordvariasjon for slik sett å gjøre ordinære driftsoperasjoner enklest mulig.

Det er viktig å skaffe seg best mulig kunnskap om de stedegne jordforholdene, i særlig grad de hydrauliske egenskapene til jorda, og den lokale hydrologien. Kunnskap om jordfysiske forhold og hvordan disse virker inn på ulike jordfunksjoner, inkludert planteveksten, står derfor svært sentralt. Dette vil være et viktig grunnlag for å sikre vellykket restaurering av arealene. På mange elvesletter vil f.eks. kapillær vanntransport være helt avgjørende for å sikre vannforsyningen til plantene. Dersom en ved utbedring av større graveskader kommer i skade for å blande inn grovere materiale som bryter den oppadgående vannstrømmen vil det kunne få store utslag både på framtidig avslingspotensial og på hvilke vekster som vil være aktuelle for dyrking på arealet (Figur 8). Ved utbedringene av de flere meter dype erosjonsskadene på Øksna like nord for Elverum, var for eksempel ett av hovedmålene å bygge opp arealet igjen med masser med gode kapillæregenskaper lik de opprinnelige massene.

Etablering av et godt matjordsjikt (øverste 20-25 cm av jordlaget) vil være av fundamental betydning for kvaliteten som dyrkingsjord. Egenskapene ved dette sjiktet er avgjørende for å sikre god vannhusholdning, tilgang på næringsstoffer og rotutvikling. Suksessen ved reetablering av vegetasjon, det være seg jordbruksvekster eller andre vekster, avhenger således i stor grad av sammensetningen av det øverste jordlaget. Med så pass arealmessig omfattende erosjonsskader som var tilfelle i 1995 var det å skaffe tilveie, eller reetablere, tilfredsstillende matjordsjikt på de skadde arealene en stor utfordring. Dette ble gjort delvis ved å tilføre matjord som ble skrapet av fra tilliggende, uskada arealer, og dels ved å lage jordblandinger basert stedegen mineraljord og



Figur 8. Venstre: Jord med god kapillær vanntilførsel til plantene. Midten: Deler av matjordlaget er vasket bort og grovere masser er sedimentert. Høyre: Dersom grove sedimentlag pløyes ned kan dette hindre kapillær vanntransport oppover og rotutvikling nedover.

tilført organisk materiale som for eksempel torv, avløpslam eller kompost (se neste avsnitt). Det kan for øvrig være grunn til å anta at matjordsjiktet, av grunner som nevnt over, kanskje ikke er av forutsatt kvalitet på mange av de restaurerte arealene.

Som nevnt i forrige avsnitt hadde mer enn 7000 dekar blitt tilført nye avsetning, - oftest velsortert sand av relativt grov tekstur (fin-middels sand). Noen av disse arealene var på forhånd utsatt for kraftig erosjon, slik at all matjord var erodert bort. Generelt anbefales at slike masser fjernes fra arealene så fremt de ikke kan bidra til jordforbedring, - noe som ville kunne være tilfelle dersom underliggende masser er torv eller tett siltjord.

### Virkning av gjennomførte utbedringstiltak

Som nevnt over vil kvaliteten både på undergrunnsjorda og på matjordsjiktet ha avgjørende innvirkning på bruksegenskapene til arealet. Etter flommen i 1995 ble det gjennomført omfattende reparasjonstiltak på Øksna i Elverum for å sette i stand arealer som var ødelagt av erosjon og tykke sandavsetninger. Virkninger av forskjellige reparasjonstiltak på avlingsnivået i korn har vært undersøkt i vekstsesongene 1999-2002 (Haraldsen 2002).

I alle de fire årene registreringene på Øksna pågikk var det tilstrekkelig fuktighet for god plantevekst gjennom store deler av vekstsesongen. Det var ikke forsommertørke i noen av årene, mens det har vært perioder med lite nedbør på ettersommeren. I løpet av prosjektperioden har avlingene på reparerte områder gjennomgående vært mindre enn på lite skadde områder (Tabell 1).

Tabell 1. Kornavling (kg/daa, 15 % vanninnhold) på lite skadde områder, planerte areal og gjenfylte kraterer på Øksna (gj. snitt 1999-2002). Behandlinger markert med forskjellig bokstav er signifikant forskjellige ( $p < 0,05$ )

Behandling	Kornavling, kg/daa
Liten eller ingen skade	528a
Planerte areal	445b
Gjenfylte erosjonskraterer	452b

Forskjellene mellom reparasjonstiltak var imidlertid stor. Tilførsel av et kalkrikt og langtidslagret slam ga god virkning, mens slam der aluminiumsulfat var brukt som fellingskemikalium ga ikke påvisbar positiv effekt. Det ble påvist fosformangel på store deler av området der dette Al-felte slammet var brukt. Avlingene som ble oppnådd med bruk av det kalkrike slammet var fullt på høyde med avlingsnivået på områder med liten eller ingen skade. Innblanding av torv i ploglaget virket negativt, medførte stort

kalkingsbehov og ga liten avling. Det var en klar tendens til at havreavlingene ble større enn byggavlingene. Avlingene av mandelpotet var store i 2002 og kvaliteten var god. Både i korn og potet er det gjort observasjoner av symptomer på mangel av flere næringsstoffer. Mangel av fosfor og magnesium ble observert på større områder, mens indikasjoner på mangel av kalium, kalsium, mangan, bor og sink også har vært funnet. I løpet av prosjektperioden ble det dessuten funnet områder med generelt surjordsproblem med for lav pH i tillegg til mangler av næringsstoffer. Dette ble i stor grad rettet opp ved kalking. I 2004 ble det gjennomført markforsøk med kjøttbeinmel (KBM) og andre typer gjødsel på et restaurert erosjonskrater på Øksna (Tabell 2). KBM og kaliumgjødsel viste seg å gi like god avling som Fullgjødsel. KBM egner seg godt som gjødsel på moldfattig jord med lite fosforinnhold (Haraldsen *et al.* 2005).

Tabell 2. Virkning av kjøttbeinmel og kaliumgjødseltyper på Øksna (Haraldsen *et al.* 2005).

Ledd	Bygg kg/daa (15 % vann)	Signifikans, 5 %
1. Ingen gjødsling	61	B
2. 180 kg KBM/daa	229	A
3. 180 kg KBM/daa, + 5,6 kg K/daa i kaliumklorid	255	A
4. 180 kg KBM/daa, + 5,6 kg K/daa i kaliumklorid+3 kg N/daa i kalksalpeter	272	A
5. 180 kg KBM/daa, + 600 kg/daa steinmel (Altagro)	264	A
6. 180 kg KBM/daa, + 1200 kg/daa steinmel (Oxaal)	216	A
7. 12 kg N/daa i Fullgjødsel 21-4-10	279	A

Reparasjonstiltakene på Øksna ga jord med stor vannlagringsevne, og fysiske analyser av jorda viste at det ikke skulle være begrensninger i fysiske egenskaper som forårsaket avlingsforskjellene. Imidlertid var rotutviklingen under ploglaget vesentlig dårligere på reparerte areal enn på områder med jord som bare var erodert i ploglaget eller var omtrent uskadd. Røttene under ploglaget gikk i stor grad i meitemarkganger, mens meitemark i liten grad hadde etablert seg på reparerte områder ennå. Våre funn tyder imidlertid på at mangler på ett eller flere næringsstoffer er hovedforklaringen på avlingsforskjellene som ble registrert på Øksna (Figur 9).



Figur 9. Område med sterk magnesiummangel i potet på restaurert flomskadd jord på Øksna. Foto: Trond Knapp Haraldsen

De utførte restaureringstiltakene etter flommen i 1995 representerer et interessant materiale for oppfølgingsstudier. Det har imidlertid så langt ikke vært gjennomført noen systematisk registrering av virkningene.

### Generelle erfaringer

Restaureringsarbeidet etter flommen i 1995 involverte et omfattende apparat i form av offentlige myndigheter på ulike nivåer, forsikrings- og erstatningsinstitusjoner og fagmiljøer representert ved sentrale forskningsinstitusjoner. Det å bli rammet så hardt som mange faktisk ble kunne også være en stor psykisk påkjenning, slik at den menneskelige dimensjonen i dette dramaet skal heller ikke undervurderes. Det å komme raskt i gang med arbeidet, og så tidlig som mulig involvere de relevante aktørene viste seg å være svært viktig. Sett fra et faglig ståsted var det å gå systematisk og grundig til verks ved å skaffe seg en best mulig oversikt over skadeomfang og årsaker, og dermed utbedringsmuligheter, helt avgjørende. Det var mange aktører på banen, noen med til dels enkle råd og løsninger som med stor sannsynlighet ville medført unødig dårlig resultat. Solid fagkunnskap knyttet til hydrologi, jord og plantevekst var en avgjørende forutsetning for å løse de til dels komplekse faglige utfordringene en stod overfor ved restaureringen av de flomskadde arealene.

### Referanser

Haraldsen, T.K. 2002. Virkninger av flomskader og reparasjonstiltak på Øksna. Avlingsundersøkelser 1999-2002. Jordforsk Rapport 84/02. 28 s.

Haraldsen, T.K., Jeng, A., Grønlund, A., Pedersen, P.A., Lindemark, P.O., Solberg, H. & Vagle, A. 2005. Kjøttbeinmel som nitrogen og fosforgjødsel. Resultater fra kar- og markforsøk i 2003 og 2004. Jordforsk rapport 10/05. 21 s.

Landbruksdepartementet. 1996. Flommen på Østlandet 1995. Konsekvenser for landbruket. Oppsummering og erfaringer. Kontaktutvalget for

faglig oppfølging i landbruket etter flommen på Østlandet i 1995. 39 s.

Vagstad, N., Eggestad, H.O. & Øygarden, L. 1995. Flomskader på jordbruksarealene. Foreløbige anbefalinger for utbedringstiltak. Jordforsk Notat. 20.07. 1995. 9 s.

Vagstad, N. 1995. Flommens miljøeffekter - noen betraktninger i forhold til jordbruksarealene. Jordforsk Notat 22.06.1995. 4 s.

Vagstad, N. & Eggestad, H.O. 1995. Arealinngrep i landbruket i forhold til flomproblematikken. Vann 3B (1995): 483-488.

Vagstad, N. 1996. Arealbruk i landbruket i forhold til flomfare. Jordforsk Rapport nr 69/96. 14 s.

Øygarden, L., Vagstad, N., Eggestad, H.O., Standring, W. & Goffeng, G. 1996. Flommen i 1995. Skader på jordbruksareal langs Glomma og Gudbrandsdalslågen. Jordforsk Rapport nr 29/96. 41 s.





# Krav til jordkvalitet ved etablering av naturlig vegetasjon og ulike grøntanlegg

Når en skal etablere ny vegetasjon etter terrenginngrep eller ved etablering av grøntanlegg, er det svært viktig at jordas egenskaper blir tilpasset vegetasjonen som skal etableres. For å etablere et plantesamfunn som kalkeng trengs annen jord enn når en skal etablere parkvegetasjon med store løvfellende trær. For å etablere vegetasjon i veiskråninger er det viktig at massene har liten erosjonsrisiko, og gir rask etablering av gras. Mange av eksemplene som nyttes i denne artikkelen er fra Fornebu, der det siden 2000 er etablert store områder med grøntanlegg. På Fornebu er noen arealer dominert av engsamfunn, grasbakker og skog med naturligt preg, andre arealer gir et mer parkmessig inntrykk.

Trond Knapp Haraldsen<sup>1</sup>, Per Anker Pedersen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bioforsk Jord og miljø, <sup>2</sup> Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for plante- og miljøvitenskap  
[trond.haraldsen@bioforsk.no](mailto:trond.haraldsen@bioforsk.no)

De viktigste bruksegenskapene til jorda som benyttes i anlegg er knyttet til:

- håndterbarhet, smuldring, klumpdannelse
- erosjonsrisiko, infiltrasjonsevne, tilslemming av overflaten
- vannhusholdningsegenskaper, vannledningsevne, vannlagringsevne, drenering
- næringstilstand og surhetsgrad, næringsfrigjøring, saltinnhold, behov for gjødsling og kalking
- evne til å motstå tråkk, kjøring og komprimering

Bruksegenskapene avhenger av jordas sammensetning av mineralmateriale (fordeling av grus, sand, silt og leire), organisk materiale (mengde og type), og mikrobiologiske prosesser i jorda.

Kornstørrelsesgruppene grus (2-60 mm), sand (0,6-2 mm), silt (0,002-0,6 mm) og leire (<0,002 mm) har svært forskjellige egenskaper. Grus og sand opptrer som enkeltpartikler i jorda, mens leirpartiklene inngår i større eller mindre klumper (aggregater). Siltpartiklene henger mindre sammen enn leirpartiklene, og en tørr klump av silt som knuses kjennes melaktig. Når en jordoverflate er tilslemmet etter regnvær, skyldes det at regnet har frigjort siltpartikler som har flytt utover og tettet til overflata. Sandjord har liten vannlagringsevne, men den øker med tiltagende mengder finpartikler som silt og leire, og stigende mengder organisk materiale. På den andre sida avtar jordas gjennomtrengelighet for vann og luft når mengden organisk materiale eller silt og leire øker.

Egenskapene til det organiske materialet avhenger sterkt av opprinnelsen, om det er naturlig mold, torv eller stammer fra et kompostprodukt. At det organiske materialet er svart indikerer mye finpartikler og at materialet er sterkt omsatt gjennom biologiske prosesser. Det kan være surt og

næringsfattig hvis opphavsmaterialet er torv, men kan ha høy pH og være rikt på næringsstoffer dersom det stammer fra kompost.

## Etablering av naturlige engsamfunn

Når en skal etablerer naturlige engsamfunn, er det viktig å klarlegge hva slags jord det er i de områdene der slike vegetasjonstyper finnes i naturen.

Tørrbakkeeng er en vegetasjonstype der liten vannlagringsevne i jorda er en av de viktigste faktorene for vegetasjonsutviklingen. Sortert sandjord (grov sand og mellom sand) er vanlig på slike områder. Det er typisk at det er utviklet et tynt moldrikt toppsjikt (Ah-sjikt), mens underliggende sandlag er moldfattige. Arter som trives i slik jord har gjerne kraftig og dyptgående rotsystem, for eksempel ryllik, hjorterot og storsyre. Ellers er tørketolerante arter (*Sedum* sp., som bitterbergknapp og smørbukk) ofte å finne når det er liten jorddybde i tillegg til liten vannlagringsevne.

Med økende vannlagringsevne i jorda, vil flere arter kunne trives. På områder på Fornebu hvor det var opprinnelig topplag av moldrik, grusholdig, sandig lett leire fantes bl.a. prikkperikum, ryllik, tiriltunge, burot, tistel, pastinakk, lintorskemunn og ulike grasarter (Haraldsen & Pedersen 2005). Belgvekster som kløver og vikker, konkurrerer godt på leirjord med lite moldinnhold. Siden disse er selvforsynt med nitrogen gjennom symbiose med *Rhizobium* bakterier, trives disse artene i jord med brukbar vannlagringsevne og tilgang på alle andre næringsstoffer enn nitrogen. I belgvekstdominerte engsamfunn vil det også være noe gras, og balansen mellom gras og belgvekster vil i stor grad være styrt av tilgangen på nitrogen.

I forvittringsjord vil det ofte forekomme særegne vegetasjonssamfunn, som er sterkt påvirket av bergartene som er forvitret. I områder med forvittringsjord av kalkstein og leirskifer er blodstorkenebb og kantkonvall typiske (Figur 1). Jordsmonnet i slike områder er spesielt. Det har

både høyt moldinnhold, stort innhold av grus og stein, og betydelig innhold av leir i fraksjonen <2 mm. På Fornebu viste det seg at jorda i slike områder var en svært moldrik, grusrik mellomleire. Slik jord har god struktur og god rotutvikling. Planterøttene følger soner med finjord mellom grus og stein.

Når en skal gjenskape naturlige engsamfunn, er utfordringen å lage et vekstmedium med

egenskaper som gir den tiltenkte vegetasjonsutviklingen. Særlig dersom en benytter masser med naturlig frøbank, er det viktig at jordsmonnets egenskaper blir slik at problemugas ikke vil trives samtidig som en oppnår god etablering av ønskede arter. For å lage jord til tørrbakkeeng og kalkeng på Fornebu ble kriteriene i Tabell 1 foreslått (Haraldsen & Pedersen 2005).



Figur 1. Kalkeng med kantkonvall og blodstorkenebb i forvittringsjord. Foto: Trond Knapp Haraldsen

Tabell 1. Forslag til krav til jordblandinger til kalk/tørrbakkeeng.

	Kalkeng	Tørrbakkeeng
Undergrunn	Fjell/sprengstein	Sprengstein
Lagtykkelse, cm	10-30	5-20
pH	6,5-8,5	6,5-8,5
Frasikt (partikler >2 mm, vekt % av total prøve)	50-80	<50
Maksimal kornstørrelse, mm	50	20
Leirinnhold, % av jord <2 mm	>8	<8
Leir + silt, % av jord <2 mm	25-70	<25
P-AL, mg/100 g	<3	1-10
K-AL, mg/100 g	7-30	5-30
Mg-AL, mg/100 g	>10	>10
Organisk C, g/100 g av jord <2 mm	5-10	2-5
C/N-forhold	<25	<25
Masser med frøbank (sand/gravemasser)	Nei	Ja
Knuste masser av lokal berggrunn (steinmel)	Ja	Ja

### Jordsmonn i og rundt våtmarksområder

Under marin grense er artsrike våtmarkssamfunn som oftest utviklet i leirmasser. På Fornebu ble det funnet spontan etablering av våtmarkvegetasjon i områder der det var deponert leire og etablert vannspeil (Figur. 2). Det ble bl.a. funnet istervier, hybrid av istervier og hvitpil, ørevier, svartvier, mandelpil, tindved, slyngsøtvier, vassgro,

lodnestarr, flaskestarr, dronningstarr, lyssiv, kattehale, strandrør, tiggersoleie, sjøsvaks, pollsvaks, skøgsivaks, sumpsivaks og dunkjevle (Haraldsen & Pedersen 2005). Fordi dronningstarr er regnet for å være en relativt sjelden art som ønskes opprettholdt på stedet, ble frø samlet inn og oppformert for senere utplantning i våtmarksområdene i Sentralparken på Fornebu.





Figur 2. Spontant etablert våtmarksområde i leirmasser på Fornebu. Foto: Trond Knapp Haraldsen

Leire som skal brukes ved våtmarksetablering bør ha et leirinnhold på minst 25 % (mellomleire eller siltig mellomleire), og være godt oppsprukket slik at den kan knuses i mindre klumper og aggregater (Tabell 2). Slike masser gir gode muligheter for at våtmarksplantene finner rotfeste. Uforvitret blåleire har lite sprekkesoner og gir dårlig mulighet

for rotutvikling av våtmarksplantene. Slik leire er bare egnet for tetting. Tetting med plastisk leire som komprimeres, gir ut fra erfaringer ved Bioforsk Jord og miljø stor sikkerhet mot lekkasje og gir lettere vedlikehold enn dammer/våtmarker med membran.

Tabell 2. Krav til leire som kan brukes til etablering av vegetasjon i våtmarksområder.

Leirinnhold %	Struktur	Jordart	Merknader
25-60	Oppsprukket, kan lett knuses i klumper og strukturelementer <5 cm i diameter	Siltig mellomleire, mellomleire, sandig mellomleire, stiv leire	Noe innslag av grus og stein av lokal kalkrik berggrunn tillates,

### Etablering av grøntanlegg

Forskjellige typer grøntanlegg stiller ulike krav til jordkvalitet. Det stilles svært spesifikke krav til sammensetning av vekstmedier som skal nyttes til golfgreenes og fotballbaner (jfr. Karlsson 1988, United States Golf Association 2004). Spennvidden i egnede jordegenskaper er vesentlig større ved

etablering av ekstensive grøntarealer som grasbakker og plantefelt.

Når en skal etablere grasbakker i hellende terreng, er det viktig at massene er relativt gjennomtrengelige og lite utsatt for at vannet begynner å grave i massene ved kraftig nedbør (Figur 3).



Figur 3. Betydelige erosjonsskader i veiskråning med siltige jordmasser. Foto: Trond Knapp Haraldsen

Ved anleggsarbeid blir undergrunnsjorda kjørt på med tunge maskiner som bulldosere og dumpere (Randup 1997, Randrup & Dralle 1997). Det kan gi omfattende komprimeringsskader og medføre at jorda blir hard og nærmest ugjennomtrengelig (Figur 4). Når det ikke er foretatt jordløsning og gjennomført drenering etter slik kjøring, vil ikke vannet trenge ned etter nedbør. Dette fører til at vegetasjonen mister eller skades fordi rotsystemet ikke oppnår normal størrelse på grunn

av dårlig oksygentilgang (Figur 5). Det er derfor svært viktig at anleggstrafikken på områder som senere skal opparbeides til grøntanlegg begrenses i størst mulig grad, og at massetransporten skjer på faste kjøreveier. Områder med pakkingsskader i undergrunnsjorda må løses opp før en legger på topplag. Utlegging av topplag med beltegående gravemaskin gir minst komprimeringsskader og slik maskin er også godt egnet til å løse opp pakkingsskader.





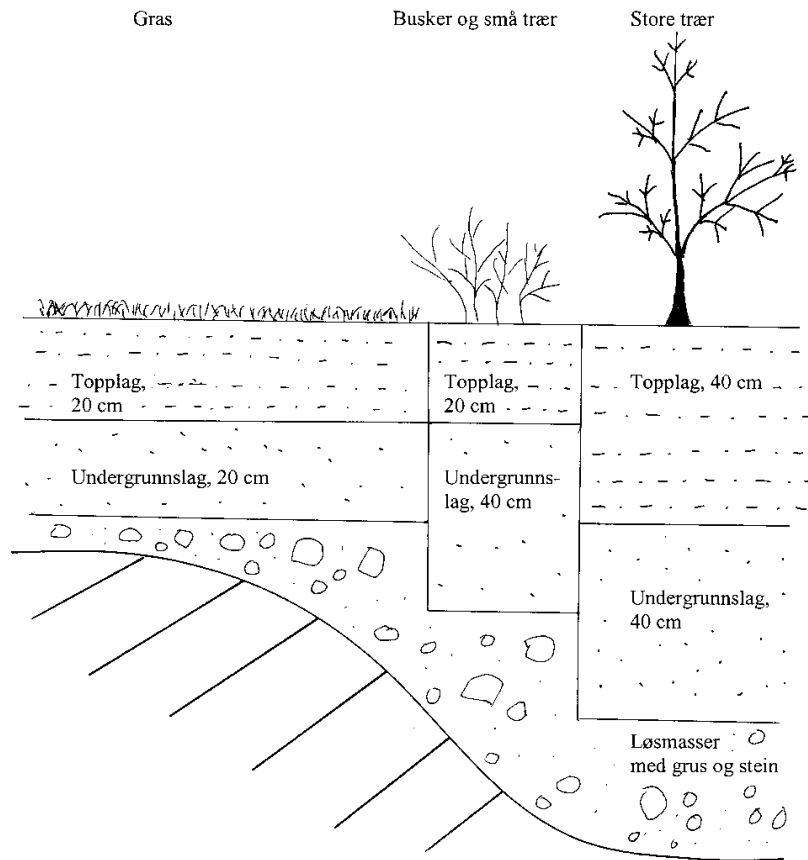
Figur 4. Hardpakket undergrunnsjord av siltig mellomleire. Topplag som skal legges tilbake ligger i ranke øverst til høyre. Foto: Trond Knapp Haraldsen



Figur 5. Omfattende utgang av gras som følge av is- og vannskader som skyldtes komprimert og tett undergrunnsjord. Foto: Tore E. Sveistrup.

For å få god etablering av vekst av busker og trær, må jorda som planterøttene skal utvikle seg i være porøs og ha tilstrekkelig dybde. Kravet til jordvolum avhenger av plantenes størrelse. Dersom det er ugjennomtrengelige lag rett under et tynt topplag, vil røttene utvikle seg horisontalt og

trærne vil tåle lite vindpåvirkning før rotvelt oppstår. Ved mangelfullt jordvolum for rotutvikling vil dessuten trærnes tilvekst avta sterkt. Anbefalte dybder av jord i figur 6 vil gi tilstrekkelig jorddybde til ulik vegetasjon.



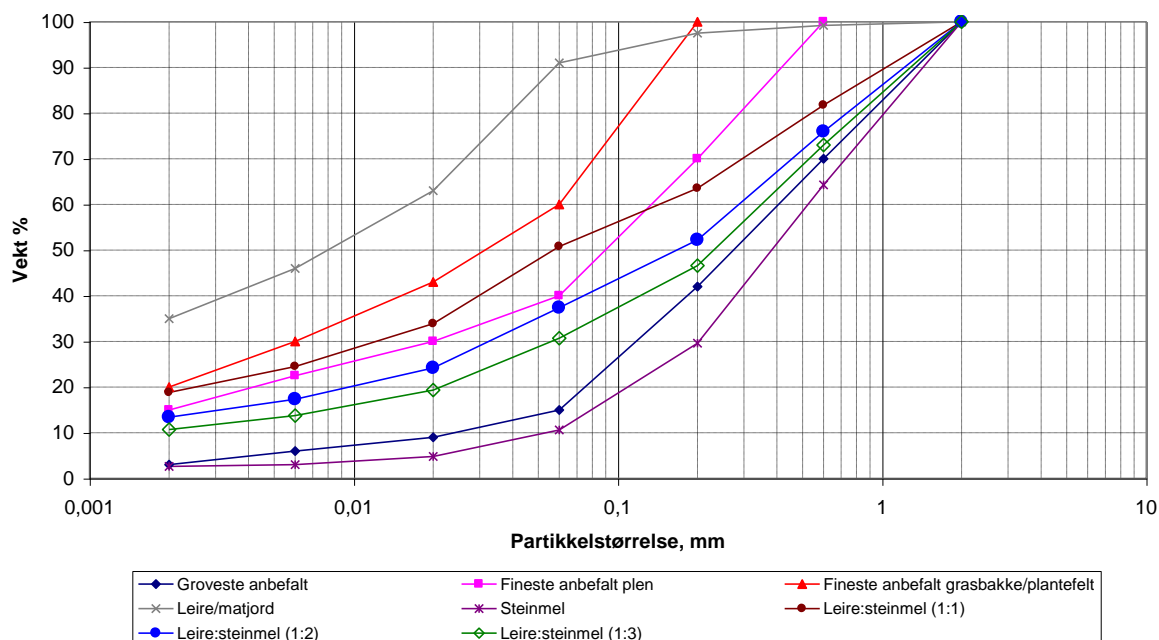
Figur 6. Tykkelse av jordlag til ulike typer grøntanlegg. Tegning: Trond Knapp Haraldsen

I de fleste tilfeller vil lokale undergrunnsmasser kunne brukes til undergrunns- lag, i alle fall etter litt jordløsning. I leirjordsområder vil en ofte komme ned i lite forvitret undergrunnsleire. Slike masser er svært tette, og det blir omtrent ingen vertikal rotutvikling i slike masser. I slike områder er det spesielt viktig at en også sørger for å legge ut undergrunnsmasser som planterøtter kan utvikle seg i.

Kravene til egenskapene til jorda i topplaget vil variere avhengig av om det er grasvegetasjon eller plantefelt av busker/trær som skal etableres. For å

få tilstrekkelig vannlagringsevne i sortert sandjord, bør jorda helst være moldrik (6-12 % organisk materiale). Økende moldinnhold gjør imidlertid jorda tettere og mer utsatt for tråkk- og komprimeringsskader. Når mineraljorda inneholder mer enn 15 % silt + leir, er det som oftest tilstrekkelig at jorda er moldholdig (3-6 % organisk materiale) for å oppnå tilstrekkelig vannlagringsevne. Bruk av modeller for å regne ut fysiske egenskaper til jord basert på tekstur og moldinnhold (Riley 1996), har vært viktig for å gi anbefalinger om sammensetning av anleggsgjord til ulike formål (Figur 7).

### Kornfordelingskurver - egnethet til grøntanlegg



Figur 7. Kornfordelingskurver av ulike jordblandinger i forhold til anbefaling til plen og grasbakke/plantefelt.

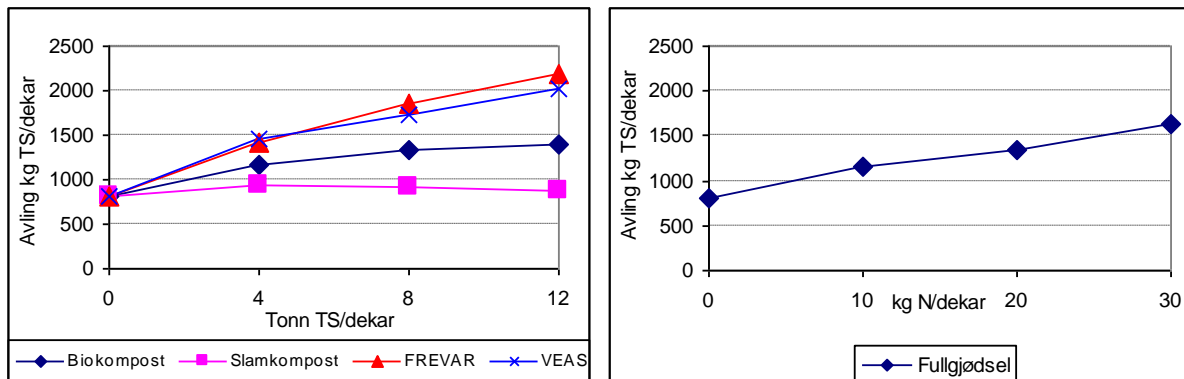
Det har også vært gjennomført forsøk med ulike blandinger av steinmel, naturlig skogsjord og avløpslam. Virkningen på tilvekst av gras og ulike grøntanleggsplanter, og fysiske egenskaper i de ulike blandingene har vært undersøkt (Haraldsen & Pedersen 2001, 2003). Kombinasjoner av steinmel og naturlig jordsmonn med kornfordelingskurve sentralt innenfor anbefalt område (Figur 7), ga signifikant bedre vekst enn i blandinger som ikke tilfredsstilte kravene til kornfordeling.

I mange tilfeller vil det være mulig å etablere vegetasjon selv under ganske ekstreme jordforhold, men da er bare et fåtall pionerpregede arter aktuelle. I undergrunnsleire med dårlig struktur vil det eksempelvis kunne etableres or i fuktig klima. I tørt klima vil imidlertid tørkeproblemer lett oppstå på slik jord pga. treg rotutvikling. På ren sand- og grusjord vil furu kunne etablere seg selv i tørt klima hvis det vannes i tidlig etableringsfase.

Et moldinnhold på 4-6 % vanlig i "matjord", og større moldinnhold forekommer først og fremst i forsøknings med dårlig drenering og i områder med mye nedbør. Egenskapene til jorda avhenger ikke bare av mengden organisk materiale, men i svært stor grad av hva slags organisk materiale som nyttes. Materialer som torv og kompostert bark inneholder lite næringsstoffer, og disse materialene kan doseres i forhold til hvor stort

innhold av organisk materiale en ønsker. Ulike typer kompost og avløpslam inneholder såpass mye næringsstoffer at en også må vurdere tilførselen av næringsstoffer når en bruker slike produkter i anleggsjord. Praktiske råd og veiledning om bruk av slike materialer i grøntanlegg er grundig behandlet av Haraldsen *et al.* (2005). Figur 8 gir et eksempel på hvilke forskjeller det er i nitrogenvirkning ved av innblanding av forskjellige organiske avfallsmaterialer. Det ble benyttet to typer avløpslam (VEAS og FREVAR), slamkompost og matavfallskompost (Agder renovasjon) i stigende mengder fra 4-12 tonn TS/dekar. Vekst av raigras ble sammenlignet etter tilførsel av stigende mengder Fullgjødning eller stigende mengder kompost. 4 tonn TS/dekar av avløpslam ga tilvekst som var større enn med 20 kg N/dekar gitt som Fullgjødning. Innblanding av stigende mengder slamkompost ga ikke økt tilvekst. For brukerne av organiske avfallsprodukter i anleggsjord og til innblanding på bruksstedet ved etablering av grøntanlegg, er det avgjørende viktig å ha kunnskap om de store forskjellene det er i nitrogenvirkning mellom for eksempel avløpslam og kompostert avløpslam (slamkompost) (Haraldsen 2007). Nitrogenfrigjøringen i jordblandinger med kompost er ofte lav etter utlegging, men kan øke betydelig etter hvert. Tidlig i etableringsfasen kan det derfor være nødvendig å følge nøye med på gjødslingsbehovet.





Figur 8. Tilvekst av raigras ved innblanding av stigende mengder avløpslam eller kompost (til venstre) og stigende mengder Fullgjødning (til høyre) i pottforsøk (Haraldsen 2007).

### Etterord

Denne artikkelen bygger på resultater fra en rekke prosjekter, noen gjennomført på oppdrag fra Statsbygg på Fornebu, andre finansiert av ORIO - Organiske restprodukter - ressurser i omløp, og fra forskningsprogrammet "Recycling organic waste – effects on soil quality, plant nutrient supply and environmental impact". I tillegg er det brukt bildemateriale fra andre oppdragsprosjekter.

### Referanser

- Haraldsen, T.K. 2007. Bruk av avløpslam og kompost i anleggsgjord. FAGUS Fakta 9-2007, 3 s.
- Haraldsen, T.K. & Pedersen, P.A. 2001. Uprøving av Franzefoss vekstjord. Resultater fra vekstforsøk med raigras og grøntanleggsplanter. Jordforsk rapport 108/01. 20 s.
- Haraldsen, T.K. & Pedersen, P.A. 2003. Mixtures of crushed rock, forest soils, and sewage sludge used as soils for grassed green areas. Urban Forestry & Urban Greening 2: 41-51.
- Haraldsen, T.K. & Pedersen, P.A. 2005. Jordblandinger til tørketolerant vegetasjon og til etablering av våtmark i sentralparken på Fornebu. Jordforsk rapport 70/05. 18 s.
- Haraldsen, T.K., Grønlund, A., Pedersen, P.A., Sæbø, A. & Enzensberger, T. 2005.

Brukerveiledning for kompost og slam i grøntanlegg. FAGUS, Faglig utviklingscenter for grøntanleggssektoren. 35 s.

Karlsson, I.M. 1988. Soil construction, drainage and maintenance for Swedish grassed parks and sports fields. Acta Agriculturae Scandinavica, Supplementum 26. 99 pp.

Randrup, T.B. Soil compaction on construction sites. Journal of Arboriculture 23: 207-209.

Randrup, T.B. & Dralle, K. 1997. Influence of planning and design on soil compaction in construction sites. Landscape and Urban Planning 38: 87-92.

Riley, H. 1996. Estimation of physical properties of cultivated soils in southeast Norway from readily available soil information. Norwegian Journal of Agricultural Sciences Supplement 25. 51 pp.

United States Golf Association 2004. USGA Recommendations For A Method Of Putting Green Construction.

[http://www.usga.org/turf/course\\_construction/green\\_articles/putting\\_green\\_guidelines.html](http://www.usga.org/turf/course_construction/green_articles/putting_green_guidelines.html).



# Improvement of soil erosion control mats by using “native organic matter” from early succession plant species

Christian Uhlig  
 Bioforsk Nord  
[christian.uhlig@bioforsk.no](mailto:christian.uhlig@bioforsk.no)

The concept of native plant material is increasingly acknowledged and practically applied all over Europe. In many circumstances revegetation efforts using native plant material are combined with traditional soil erosion control mats. The main function of the commonly used erosion control mats is the physical stabilization of the substrate for to avoid soil erosion and thus enable plant establishment (Figure 1).

However, commonly used soil erosion mat materials as coconut fiber and synthetic fabrics are naturally poor in plant nutrients and thus neither improves soil chemical nor soil microbiological properties. Soil chemical properties can be for the short term only enhanced by addition of mineral fertilizer. Microbiological soil properties, however, highly depends on quantity, quality and availability of soil organic matter for decomposition, is usually not improved by traditional erosion control mats. As an example, revegetation trails using coconut fibre based erosion control mats in Kautokeino, Northern Norway, remained physically rather unaffected even 10 years after their application (Figure 2A and 2B). Its apparently low decomposition rate represented not only a physical hinder for plant establishment but also seemed to function as a barrier for the development of a organic horizon; Dead plant material accumulate on the surface of coconut nets, which due to its mesh-structure prevented the contact between litter and mineral soil. The litter dries out and finally disappears over time without adding significant amounts of new organic matter to the site. At several incidences the coconut mat had no direct contact to the beneath mineral soil, which obviously had a negative influence on soil stability and plant establishment.

Thus, traditionally used erosion control mats may influence negatively on several essential processes of revegetation efforts. In general they mainly are produced from carbon rich but plant nutrient poor material, like organic or inorganic fibres. Consequently, they contribute little to the improvement of soil chemical conditions at revegetated sites. For microbial decomposition they may even function rather like a nitrogen sink than a source, thus reducing the overall soil microbial activity. Due to the their physical structure and slow decomposition rates,

particularly under arctic-alpine conditions, erosion control mats not easily integrate into the mineral soil and thus may retard essential soil development. In several circumstances this may hinder natural succession of vegetation and appears to influence negatively on plant growth. Consequently, there is a need for improvement of today's' soil erosion control mats.

The main objective of this paper is to suggest the use of organic material from early succession plant species as conceptual material for revegetation efforts in general, and as alternative materials for the production of erosion control mats in particular.

Practically, soil erosion control mats should not only improve soil physical properties, e.g. soil stability, but also soil biological and chemical properties (Figure 3). Its fabric should possess a proper bio-degradability, thus initiating and stimulating soil microbial activity at sites to be revegetated. The mineralization of such mat fabric would lead to a release of essential plant nutrients, which consequently would promote plant growth and succession. Furthermore, mat material, which promote soil organic matter (SOM) enrichment and thus soil development, would be favourable. From the economically and practically point of view, mat material should be cheap, available and workable.

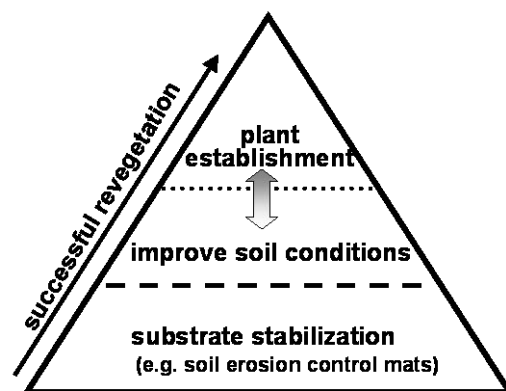


Figure 1. Necessary measures for a successful revegetation.

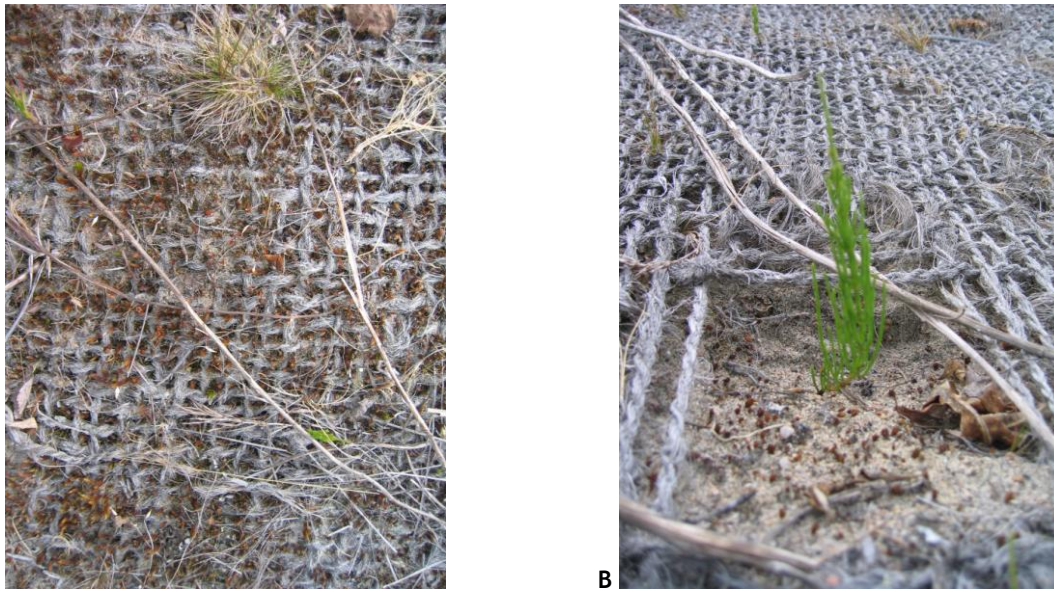


Figure 2 A and B. Appearance of revegetation trail using coconut fiber based erosion control mats 10 years after their application at Sandlia, Kautokeino, Northern Norway. Established plants A) *Festuca ovina* and *Politrichum* sp.; B) *Equisetum* sp. and *Politrichum* sp. Photo: Christian Uhlig.

According to a literature review and field observations organic material derived from *Epilobium angustifolium* (fireweed) fulfil several of the above listed requirements for soil erosion control mat fabric. Fireweed widely appears in early successional phases within several boreal and temperate vegetation types, and can consequently be considered a natural component for revegetation and soil development of these ecosystems. So far no allelopathic effects of its plant residues have been reported. Additionally benefits by using fireweed for the production of soil erosion control mats may derive from its ability to effectively disperse vegetative and

generatively. Root cuttings as small as 2.5 x 1.5 mm were capable of producing adventitious buds and single plants might yield as many as 80,000 seeds per year with a germination rate of up to 100 % (Jobidon 1986 and literature within). Thus, the use of entire fireweed plants, including roots and matured seeds for the production of soil erosion control mats may indirectly support revegetation efforts of disturbed sites. According to Broderick (1990) and Mitich (1999) fireweed may prove to be a good species for artificial revegetation and land rehabilitation projects. However, to our knowledge fireweed has never been used for revegetation purposes.

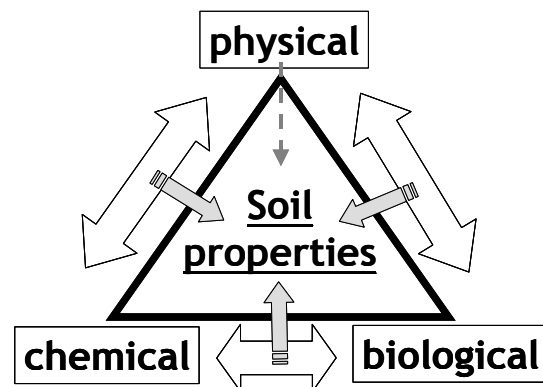


Figure 3. Soil erosion control mats should not only improve soil physical properties (broken arrow), e.g. soil stability, but also soil biological and chemical properties. Physical, chemical and biological effects of erosion control mats on soil properties are linked to each other.



Figure 4. Fireweed (*Epilobium angustifolium*). Photo: Christian Uhlig.

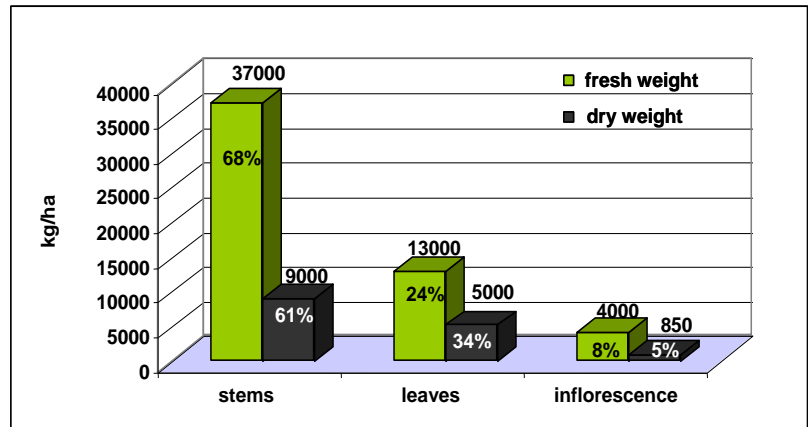


Figure 5. Average biomass of fireweed (*Epilobium angustifolium*) stands harvested from three selected sites at Tromsø.

In Northern Norway fireweed forms stands with up to 200 cm tall plants and average above ground biomass (dw) of about 15 t/ha (Figure 5). Hand-made Small-scale production of mats made of fireweed stems proved that stems possess enough physical strength to be combined into mats (Figure 4). Outdoor revegetation trails using fireweed based erosion control mats were established at three different road embankments in within Troms County during October 2006. First results show that

fireweed mats possess sufficient physical strength to endure the winter season. Furthermore, fireweed mats had good contact to beneath mineral soil and provided satisfactory protection against soil erosion without hindering plant growth (Figure 6). Effects of fireweed mats on plant succession and soil development will first give noticeable results after a longer experimental period.



Figure 6. Small-scale hand-made production of erosion control mats based on fireweed. Photo: Hermod Nilsen.





Figure 7. Revegetation trail on a road embankment in Troms County during the first vegetation period using a combination of fireweed mats and native plant material from Flaten field Station (see also Aamlid et al. 2007, this issue). Photo: Christian Uhlig.

### Acknowledgement

Many thanks to Rolf Johansen, Svein Erik Olsen, Hermod Nilsen and Olaf Johnsen (Bioforsk Nord Holt) for their creative support by the construction of the fireweed mats and Gunhild Rosenfeld (Statens vegvesen) for her help by the placement of the test trails.

### References

Broderick, D. H. 1990. The biology of Canadian weeds: 93. *Epilobium angustifolium* L. (*Onagraceae*). Canadian Journal Of Plant Science 70(1): 247-260.

Jobidin, R. 1986. Allelopathic potential of coniferous species to old-field weeds in eastern Quebec (Canada). Forest Science 32(1): 112-118.

Mitich, L. W. 1999. Fireweed, *Epilobium angustifolium*. Weed Technology. Jan. March 13(1): 191-194.

Uhlig, C. 2006. Improvement of soil erosion control mats by using "native organic matter" from early succession plant species. In: Krautzer, B. & Hacker, E. (eds.). Soil-Bioengineering: Ecological restoration with native plant and seed material. 5.-9. 2006 HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Conference Proceedings. p 280-281.

# Remediation of heavy metal contaminated forest soil in Finland using recycled organic matter and native woody plants

Christian Uhlig<sup>1</sup>, John Derome<sup>2</sup>, Mikko Kukkola<sup>2</sup>, Tiina Nieminen<sup>2</sup>, Maija Salemaa<sup>2</sup>, Heljä-Sisko Helmisaari<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, <sup>2</sup>Finnish Forest. Research Institute, Vantaa Research Centre  
[christian.Uhlig@bioforsk.no](mailto:christian.Uhlig@bioforsk.no)

## Introduction

The Harjavalta area (Figure 1) is one of the areas most seriously polluted by heavy metals in Finland. Copper smelting first started in 1945, and nickel smelting in 1959. The smelted ore concentrates contain sulphur, trace metals and arsenic. Although emissions of SO<sub>2</sub> and heavy metals from the smelters have been strongly reduced in recent years (Figure 2), the topsoil of neighbouring forested sites still contains 50 years' accumulation of a wide range of heavy metals (Derome & Lindroos 1998; Uhlig et al. 2001). Microbial activity and litter mineralization are strongly retarded (Fritze et al. 1996), the Scots pine trees (photo 1) are suffering from serious defoliation and growth retardation (Nieminen et al. 2000), and fine root mortality is high (Helmisaari et al. 1999). The understorey vegetation is almost completely degraded (Salemaa et al. 2004). This enhances the wind erosion of metal-contaminated particles, decreases the water-holding capacity of the soil and may facilitate the leaching of heavy metals (Derome & Nieminen 1998) into the groundwater. Even though viable seeds have been found in forests close to the smelter, high concentrations of heavy metals inhibit seedling rooting (Salemaa & Uotila 2001). Also the thick undecomposed litter layer (McEnroe & Helmisaari 1999), shortage of nutrients (Derome & Lindroos 1998) and extremely dry conditions make natural revegetation difficult.

For restoring heavy-metal polluted forest soils without removing the soil, two strategies are available: 1) the application of soil additives, and 2) the selection of plant species sufficiently tolerant to heavy metals, episodic drought and/or low nutrient availability (Schat & Verkleij 1998). We used both of these in a remediation experiment that was established in summer 1996 in a Scots pine stand in the immediate vicinity of the Harjavalta smelter.

## Aims and applications

The main aim of the research was to evaluate the success of the long-term recovery of heavy-metal polluted forest ecosystems through the

establishment of a functioning organic layer, and through revegetation using seedlings of native trees and shrubs. The results will be applied in the restoration of polluted forest soils by phytostabilizing the sites, reducing wind and water erosion, and immobilizing heavy metals. As mulch consisting of municipal compost and woody chips is a low-cost material, it can even be used for restoring extensive heavy-metal polluted areas.

We hypothesized that recovery of the ecosystems presupposes successful restoration of the following stages and processes: 1) survival of the planted trees and shrubs growing in pockets of unpolluted soil, 2) recovery of litter production and improvement in litter quality, 3) a reduction in the bioavailability, mobility and leaching of heavy metals, and 4) recovery of overall nutrient cycling in the whole ecosystem.

Trees and shrubs are long-lived plants able to acclimate to increasing heavy metal loads, and have a potential to isolate metals in perennial tissues that are slow to enter the decomposition cycle (Lepp & Dickinson 1998). Dwarf shrubs appear to be very suitable for the revegetation of heavily polluted, relatively infertile soils owing to their low mortality in nutrient-poor soils, clonal growth habit that facilitates rapid spreading and coverage of the forest floor, dormant bud activation and rapid regrowth that increase resistance to heavy metals (Salemaa *et al.* 1999).

## Remediation experiment

A 5 cm-thick layer of mulch was added to half of the 36 plots in the experiment in order to provide a new, unpolluted organic layer (Figure 3). The mulch consisted of a mixture of municipal compost and woodchips. The mulch was spread directly over the layer of undecomposed plant litter on the forest floor. Plate lysimeters were installed at depths of 20 and 40 cm in the plots to monitor the effects of mulching on percolation water quality. Addition of the organic mulch resulted in the transport of large amounts of organic matter down into the underlying contaminated mineral soil, and an initial increase in the leaching of nitrogen



(NO<sub>3</sub>), base cations (Ca, Mg and especially K) and also Cu. The higher dissolved organic carbon (DOC) concentrations lead to an increase in the concentration of organically complexed Cu in the

soil solution. There was a rapid microbiological recovery of the mulched soil in the first years after starting of the experiment (Kiikkilä 2002).

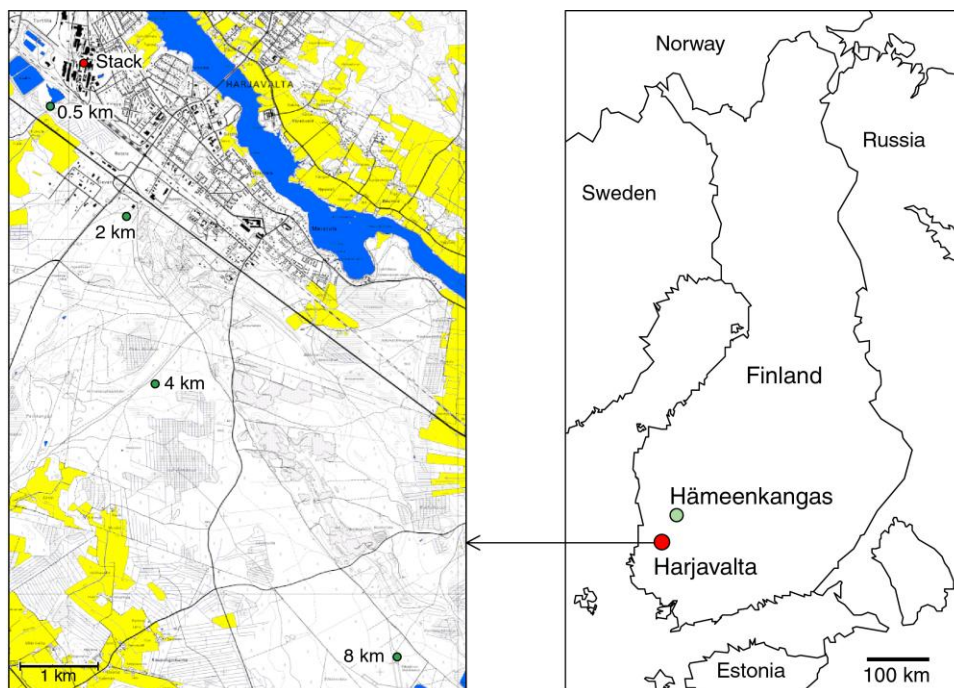


Figure 1. The location of the Harjavalta copper plant in Finland

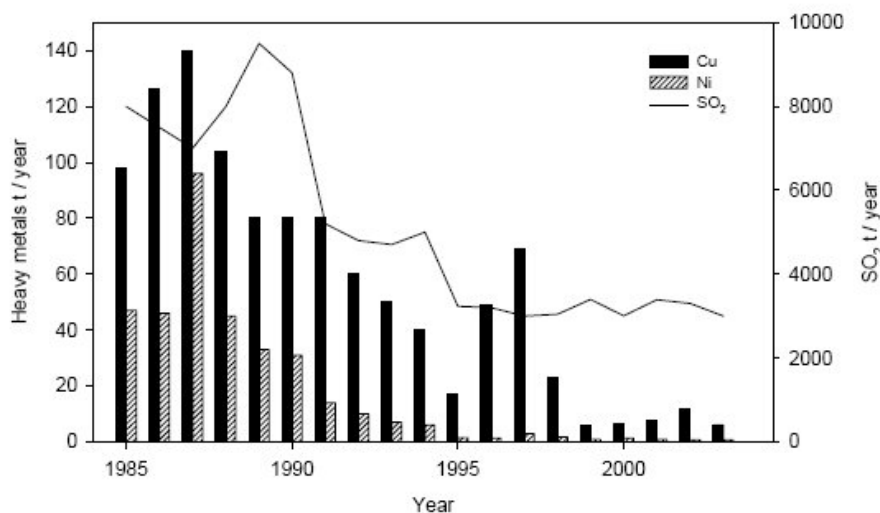


Figure 2. Sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) and heavy metal (Cu & Ni) emissions from the Harjavalta copper plant during the last 20 years.

## Mulching experiment at the 0.5 km site

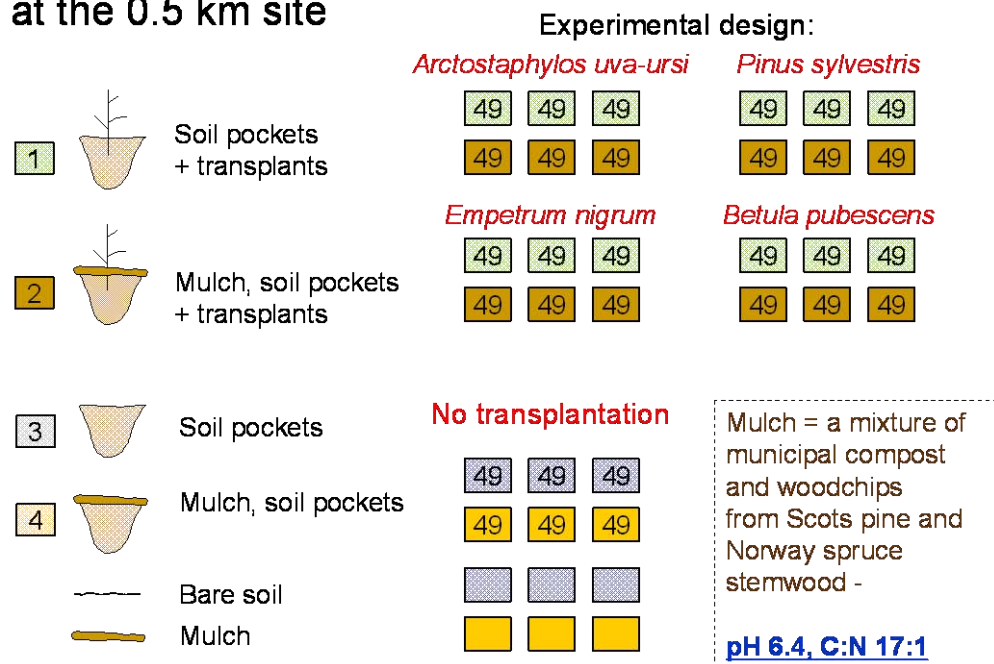


Figure 3. The experimental setup for the remediation of heavy metal contaminated forest soil at Harjavalta using recycled organic matter and native woody plants

Native tree and dwarf shrub seedlings/cuttings (*Pinus sylvestris*, *Betula pubescens*, *Empetrum nigrum*, *Arctostaphylos uva-ursi*) were planted on part of the plots: 294 individuals from each species on three replicate mulched and three control plots. Planting the seedlings in mulch pockets penetrating down into the less contaminated soil was considered to be essential for their survival. The plants have now been growing for ten years in the experiment (photos 2 and 3). After an initial period of mortality, they have become established. Only 3 % of *Empetrum nigrum* cuttings died on the mulched plots, but the mortality on the untreated plots was 47 % during the experiment (1996-2005). About half of the *Arctostaphylos uva-ursi* cuttings died in both treatments. The mortality rate of Scots pine was very low, < 10 %. The mortality of the silver birch on the mulched plots was higher than that on the control plots, 48 % vs. 17 %, respectively. However, this was probably due to browsing damage in the beginning of the experiment, and in fact probably indirectly reflected a feeding preference (higher palatability) of the birch seedlings on the mulched plots. The long-term recovery of the soil, trees and shrubs, as well as nutrient cycling were determined until autumn 2005 and are now partly published (Helmisaari *et al.* 2007).



Figure 4. Experimental site at 0,5 km distance from the copper plant at Harjavalta in the year 1996 before the start of the restoration experiment. Photo: Christian Uhlig



Figure 5. Experimental site at 0,5 km distance from the copper plant at Harjavalta in the year 2005. Photo: METLA



Figure 6. Experimental site at 0,5 km distance from the copper plant at Harjavalta in the year 2005. Trail with mulch, soil pockets and *E. nigrum* transplants. Photo: METLA



## References

- Derome, J. 2000. Effects of heavy-metal and sulphur deposition on the chemical properties of forest soil in the vicinity of a Cu-Ni smelter, and means of reducing the detrimental effects of heavy metals (Doctoral thesis). Finnish Forest Research Institute Research Papers 769. 78 p.
- Derome J. & Lindroos A-J. 1998. Effects of heavy metal contamination on macronutrient availability and acidification parameters in forest soil in the vicinity of the Harjavalta Cu-Ni smelter, SW Finland. *Env. Poll.* 99:225-232.
- Derome, J. & Nieminen T. 1998. Metal and macronutrient fluxes in heavy-metal polluted Scots pine ecosystems in SW Finland. *Env. Poll.* 103: 219-228.
- Fritze H., Vanhala P., Pietikäinen J. & Mälkönen E. 1996. Vitality fertilization of Scots pine stands growing along a gradient of heavy metal pollution, short-term effect on microbial biomass and respiration rate of the humus layer. *Fresenius J. Anal. Chem.* 354: 750-755.
- Helmisaari, H.-S., Makkonen, K., Olsson, M., Viksna, A. & Mälkönen, E. 1999. Fine root growth, mortality and heavy metal concentrations in limed and fertilized *Pinus silvestris* (L.) stands in the vicinity of a Cu-Ni smelter in SW Finland. *Plant and Soil* 209:193-200.
- Helmisaari, H.-S., Salemaa, M., Derome, J., Kiikkilä, O., Uhlig, C. & Nieminen, T.M. 2007. Remediation of heavy metal contaminated forest soil using recycled organic matter and native woody plants. Accepted for publication within the *Journal of Environmental Quality*.
- Kiikkilä, O. 2002. Remediation through mulching with organic matter soil polluted by a copper-nickel smelter (Doctoral thesis), Finnish Forest Research Institute Research Papers 831, 57 p.
- Kiikkilä, O., Derome, J., Brügger, T., Uhlig, C. & Fritze, H. 2002. Copper mobility and toxicity of soil percolation water to bacteria in a metal polluted forest soil. *Plant and Soil* 238: 273-280.
- Lepp. N.W. & Dickinson, N.M. 1998. Biological interactions: The role of woody plants in phytoremediation. Pp. 67-73 in Vangronsveld, J., Cunningham, S.D. (eds.) *Metal-contaminated Soils: In situ inactivation and phytoremediation*, Springer, Berlin.
- McEnroe, N. & Helmisaari, H.-S. 2001. Decomposition of coniferous forest litter along a heavy metal pollution gradient, south-west Finland. *Env. Poll.* 113:11-18.
- Nieminen, T., Derome, J., Helmisaari, H.-S., Janhunen, S., Kukkola, M. & Saarsalmi, A. 2000. Response of tree stands to heavy metal loading. Pp. 278-283 in Mälkönen, E. (ed.). *Forest condition in a changing environment - the Finnish case*. Forestry Sciences, Vol. 65. Kluwer Academic Publishers.
- Salemaa, M., Derome, J. Helmisaari, H.-S., Nieminen, T. & Vanha-Majamaa, I. 2004. Element accumulation in boreal bryophytes, lichens and vascular plants exposed to heavy metal and sulfur deposition in Finland. *The Science of the Total Environment* 324:141-160.
- Salemaa, M. & Uotila, T. 2001. Seed bank composition and seedling survival in forest soil polluted with heavy metals. *Basic and Applied Ecology* 2:251-263
- Salemaa, M., Vanha-Majamaa, I. & Gardner, P.J. 1999. Compensatory growth of two clonal dwarf shrubs, *Arctostaphylos uva-ursi* and *Vaccinium uliginosum* in a heavy metal polluted environment. *Plant Ecology* 141(1-2):79-91
- Schat, H. & Verkleij, J.A.C. 1998. The role of non-woody plants in phytoremediation: possibilities to exploit adaptive heavy metal tolerance. Pp. 51-65 in Vangronsveld, J., Cunningham, S.D. (eds.) *In Situ Phytoremediation of Heavy Metals Contaminated Sites*. Landes Bioscience, Georgetown, TX, USA.
- Uhlig, C., Salemaa, M., Vanha-Majamaa, I., Derome J. 2001. Element distribution in *Empetrum nigrum* microsites at heavy metal contaminated sites in Harjavalta, Western Finland. *Environmental Pollution* 112: 435-442.