

Anna Arneberg

Skogreisningens effekter på nedbrytning og vegetasjon på Island.

Afforestation effects on decomposition and vegetation in Iceland.

Universitetet for miljø- og biovitenskap
Norwegian University of Life Sciences

Institutt for Naturforvaltning
Mastergradsoppgave 30. stp. 2005



Forord

Dette er en masteroppgave utført ved Institutt for naturforvaltning ved Universitetet for miljø- og biovitenskap. Jeg har i veldig mange år hatt en spesiell interesse for Island, så det var veldig artig å få muligheten til bli enda bedre kjent med landet og skogforholdene der.

Veilederne for masteroppgaven min har vært Lars Helge Frivold, førsteamanuensis ved Institutt for naturforvaltning og Per Holm Nygaard, forsker ved Skogforsk. Den islandske skogforskningsstasjonen på Mógilsá har bidratt med økonomisk støtte.

Tusen takk til Per Holm Nygaard som alltid har vært like positiv og støttet meg fra første til siste stund. Han har også gjort statistikk arbeidet for meg, tusen, tusen takk! Takk til Lars Helge Frivold som har lest igjennom og rettet på oppgaven min. Jeg vil selvfølgelig også gi en stor takk til de som har hjulpet meg på Island: Stakkars Edda S. Óddsdóttir og Guðmundur Halldórsson som gjorde siste delen av feltarbeidet mitt med å ta opp bomullsstrimler i flere nærmest uframkommelige skogbestand, tusen takk. Bjarni D. Sigurðsson har også vært med på feltarbeid og bidratt med viktig informasjon til denne masteroppgaven, mange takk. Edda, Guðmundur og Bjarni er forskere på Mógilsá.

Ellers vil jeg takke til alle som har hjulpet meg på en eller annen måte. Jeg visste ikke at det fantes så mange hyggelige og hjelpsomme folk på Universitetet for miljø- og biovitenskap, Skogforsk og Mógilsá.

Ås, 12. mai 2005

Anna Arneberg

Innholdsfortegnelse:

Forord	2
Sammendrag	4
Summary	6
Innledning.....	8
Materiale og metoder	10
Stedsbeskrivelser	10
Klima	13
Jordsmonn og geologi	15
Forsøksfelt	17
Nedbrytningsstudier	19
Vegetasjonsanalyser	22
Jordprøveanalyser.....	23
Statistiske analyser	23
Resultater.....	24
Vegetasjon.....	32
Jordegenskaper	37
Diskusjon.....	40
Konklusjon	47
Kilder.....	49

Sammendrag

Sommeren 2004 ble det utført feltarbeid på Vest-Island (Skorradalur) og Øst-Island (Hallormsstaður). Denne oppgaven tar for seg hvordan nedbrytningen og vegetasjonssammensetningen forandrer seg ved skogreisning. Skogbestandene som er brukt i feltarbeidet er monokulturer av contortafuru, sitkagran, lerk og bjørk.

Kronosekvensene er fordelt slik:

- Contortafurua har 3 kronosekvenser (15, 40 og 47 år)
- Sitkagrana har 4 kronosekvenser (10, 35, 44-45 og 45 år)
- Lerka har 5 kronosekvenser (13, 21, 21, 40 og 53 år)
- Bjørka vest har 3 kronosekvenser (fredet naturlig bjørkeskog)
- Bjørka øst 2 kronosekvenser (fredet naturlig bjørkeskog)

De skogløse områdene ble brukt som et sammenligningsgrunnlag.

For å se på nedbrytningen i de forsøksfeltene ble bomullsstrimmel metoden ("cotton strip assay") brukt: det ble satt ned 12 bomullsstrimler i hver kronosekvens og i hvert av de skogløse områdene. Fem av disse strimlene lå i jorda i 5 uker, og 5 av strimlene lå i jorda i 10 uker. Alle plantearter ble artsbestemt i analyseruter på 1 m² rundt der strimmelen var satt ned. Det ble også tatt jordprøver fra alle kronosekvensene og de skogløse områdene. Slitestyrken ble målt for alle strimlene i 3 forskjellige dyp (fra 0-15 cm).

Ved hjelp av bomullsstrimmel ble metoden det funnet at det var forskjell i nedbrytningshastigheten av cellulose mellom de ulike skogene og skogløst landskap. Det ble og påvist nedbrytningsforskjeller innen kronosekvensene. Det var tydelig hvordan nedbrytningshastigheten påvirkes av skogens alder og skjøtsel. De yngre kronosekvensene av plantede treslag skiller seg floristisk fra det skogløse området. Når skogen blir eldre blir det mer skygge på skogbunnen. Dette fører til at livsmiljøet for mikroorganismene som står for nedbrytning endres til det negative og nedbrytningen reduseres. Men hvis det utføres en tynning vil forholdene for nedbrytning bli bedre igjen. De ulike treslagene påvirker skogbunnen på hver sin måte. For de forskjellige skogtypene er nedbrytningsaktiviteten høyest i lerkeskogen og sitkagranskogen. I contortaskogen er nedbrytningshastigheten lav, og det er en signifikant forskjell mellom yngste og eldste kronosekvens. Årsaken til dette er sannsynligvis at det eldste bestandet er veldig tett med kun noen få plantearter som vokser

der. Det er signifikant forskjell mellom contortafuruskogen og sitkagranskogen.

Nedbrytningsaktiviteten er høyere i sitkagranskog enn i contortafuruskog, grunnen til dette kan være forskjeller i det kjemiske innholdet i strøet. Bjørkeskogene ligger både høyt og lavt i nedbrytningsaktiviteten, avhengig om det er vest eller øst på Island, årsaken til dette forklares som forskjell i C/N forhold.

Bomullsstrimlenes nedbrytningsgrad var større for de som lå i jorden i 10 uker enn de som lå i jorden i 5 uker. Når strimlene ble delt opp i forskjellige dyp, viste det seg at dyp 1 (0-5 cm) og 2 (5-10 cm) hadde en høyere nedbrytningsaktivitet enn dyp 3 (10-15 cm).

Vegetasjonsmålingene viste hvordan de yngre bestandene liknet det skogløse landskapet.

Skogen vokser seg eldre, høyere og tettere. Dette fører til at skogen gradvis blir mer og mer ulike det skogløse landskapet. Lystilgangen er sannsynligvis en av de begrensende faktorene.

Summary

During the summer 2004 the field work was carried out in the western (Skorradalur) and eastern (Hallormsstaður) parts of Iceland. This master degree will take a closer look at how decomposition rate and the number of plant species changes in an area which starts without any trees and ends with a mature forest. The forest stands in this work are monocultures of lodgepole pine (*Pinus contorta*), Sitka spruce (*Picea sitchensis*), Siberian larch (*Larix sibirica*) and mountain birch (*Betula pubescens*).

These are the chronosequences:

- Lodgepole pine has got 3 chronosequences: 15, 40 and 47 years
- Sitka spruce has got 4 chronosequences: 10, 35, 44-45 and 45 years
- Siberian larch has got 5 chronosequences: 13, 21, 21 40 and 53 years
- Mountain birch (west) has got 3 chronosequences: native preserved birch forest
- Mountain birch (east) has got 2 chronosequences: native preserved birch forest

The treeless pastures were used in comparison with the forest stands.

The cotton strip assay was used to find the decomposition rate of cellulose. Twelve cotton strips were inserted vertically into the soil in each chronosequence and in each area of treeless pasture. Five of these cotton strips were left in the soil for 5 weeks and the other five were left for 10 weeks, and 2 were control strips. In 1 m² around each cotton strip all the plant species were recorded. Soil samples were taken from all the chronosequences and treeless pastures. Tensile strength was measured for the cotton strips in 3 different depths; 0-15 cm.

By means of the cotton strip assay differences in decomposition rate between the different forests and the treeless pastures were found. The chronosequences also showed differences in decomposition rate. It was possible to see how the age of the forest and forest management affected the decomposition. The younger chronosequences of planted forest look like the treeless pastures with regard to plant species and the number of the plants. As the forest is growing older it gets denser. And this affects the availability of light in the forest. This leads to worse life conditions for the decomposer microorganisms, and the decomposition decrease. But if the forest then is thinned, the forest floor changes again to the positive and decomposition increase. Different types of forest stands affect the forest floor in different ways. Among the different forest stands it seems like the decomposition rate is highest in Siberian larch stands and Sitka spruce stands. The decomposition rates in the lodgepole pine stands are rather slow, and there are significant differences between the youngest and oldest chronosequences. The reason is probably that the oldest forest stand has got high density and

only a few plant species can grow there. The decomposition rate in the mountain birch stands are both high and low, depending on the different C/N ratio east and west.

The cotton strip loss increased with time. When the cotton strips were cut into 3 different depths, it was found that the decomposition rate decreased with the soil depth.

The vegetation analysis showed how the youngest forest stands were similar to the treeless pastures. When the forest grows older, taller and denser it gets more and more different from the treeless pastures, and light is one of the limitations.

Innledning

Ved landnåmtida var nærmere 30 % av Island dekket med skog, i dag ligger dette på bare 1 %. Undersøkelser som er blitt gjort på pollen i jordsmonnet tyder på at like etter landnåmtida synker mengden av bjørke- og vierpollen, mens andelen av graspollen øker desto mer. Det var flere årsaker til dette. Menneskene som kom til Island for å bosette seg hadde med seg husdyr som etter hvert førte til et sterkt beitepress på vegetasjonen. De rydda skogen til fordel for åkrer og boplasser, og ellers ble den brukt til byggemateriale, kullbrenning og ved (Blöndal & Gunnarsson 1999). Men det er ikke bare landnåmsmennene som skal ha skylden. På grunn av mange vulkanutbrudd ble det ofte liggende tjukke lag med aske på store arealer. I følge Aradóttir & Arnalds (2001) fant Bergþórsson (1969) ut at det startet en kjølig klimatisk trend for ca 2500 år siden, dette gjorde at vegetasjonen som utviklet seg under mildere klima ble mer følsom for forstyrrelser.

Island har bare fire naturlige treslag. Dette er dunbjørk (*Betula pubescens*), grønnvier (*Salix phylicifolia*), rogn (*Sorbus aucuparia*) og osp (*Populus tremula*). Av disse er det bare dunbjørka som kan danne sammenhengende skogområder (Sigurðsson *et al. in prep.*). Ospa er kun funnet 7 steder på Island (Eysteinnsson u.å.). Den tåler beite dårlig og ble nesten utryddet da beitingen på Island var på sitt sterkeste (Flora of Iceland u. å.). Det eneste naturlige arten av nakenfrøete planter er einer (*Juniperus communis*). Mer enn halvparten av planteartene er boreale og nesten en tredel arktisk alpine. Flere arter har en oseanisk eller suboseanisk utbredelse, typiske kontinentale arter er sjeldne (Preusser 1976).

Det islandske skogbruket ble for alvor startet i 1899 med disse to hendelsene: 4400 planter ble plantet på Þingvellir og det ble grunnlagt en planteskole i Akureyri, Nord-Island (Blöndal & Gunnarsson 1996). Dette området som ble plantet til på Þingvellir var furu (Eysteinnsson u.å.). I 1907 ble Skógrækt ríkisins (The Icelandic Forest Service) etablert. Målet med skogbruket på den tida var å: ”frede og forbedre skoger og skogrester som enda fins i landet, plante ny skog og veilede folket i behandling og planting av skog”. Den første skogsjefen het Agner F. Kofoed-Hansen, han la særlig vekt på fredning av den naturlige bjørka. Når det gjaldt utenlandske treslag hadde han ikke troen på noe annet enn lerka. Kofoed-Hansen ble avløst av Hákon Bjarnason i 1935. Med Bjarnason ble det introdusert planter og frø fra blant annet Danmark, Norge og Alaska (Blöndal & Gunnarsson 1996). Allikevel ble det ikke plantet over 100 000 planter årlig før i 1946.

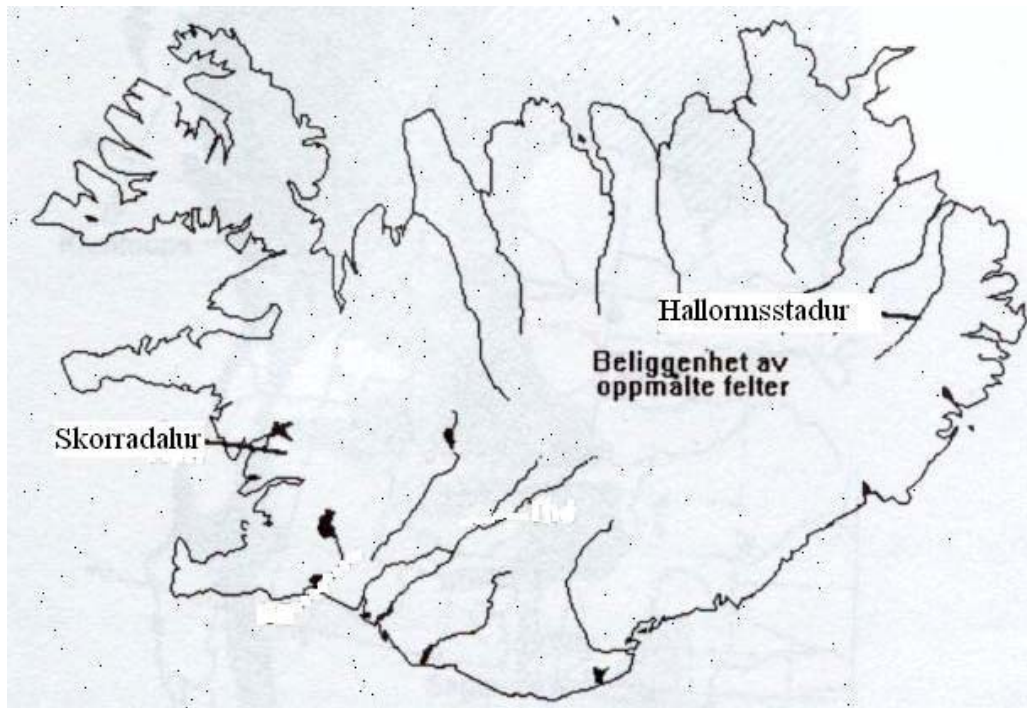
Det er fem arter som står for omtrent 80 % av det som blir plantet; sibirsk lerk (*Larix sibirica*) 22 %, dunbjørk 21 %, contortafuru (*Pinus contorta*) 15 %, sitkagran (*Picea sitchensis*) 14 %, gran (*Picea abies*) 6 % (Sigurðsson & Snorrason 2000). Skogens viktigste oppgaver nå er som friluftslivskoger, de skogene som ligger nærme tettbebygde strøk er veldig populære. Skogen blir og brukt som vern mot erosjon av jordsmonnet og vegetasjonen, til beite og som frøbank og lebelter. (Blöndal 1993).

Náttúrufræðistofun Íslands (Icelandic Institute of Natural History) og Skógrækt Ríkisins (The Icelandic Forest Service, Mógilsá) startet i 2001 et samarbeidsprosjekt som kalles "Skógvist" (ICEWOOD). Siden ble også Rannsóknastofun landbúnaðarins (Agricultural Research Institute) og Landshlutabundinna skógræktarverkefna (de lokale skogforeningene Héraðsskógar, Suðurlandsskógar og Vesturlandsskógar) med i prosjektet. Det som inngår i dette prosjektet er hvilke forandringer som skjer når skog vokser opp på tidligere skogløse områder. Det som blir undersøkt er forandringer i jordsmonnet, biologisk mangfold (vegetasjonstype, jordfauna, fugler) karbonlagring og karbonsirkulasjon som kommer i forbindelse med planting av fremmede treslag og når naturlige bjørkeskoger får vokse opp i fred for beiting. I 2004 ble ICEWOOD knyttet opp til det nordiske prosjektet AFFORDNORD. AFFORDNORD er innrettet mot effekter av skogreisning på økosystem, landskap og samfunn. Det er valgt ut 9 områder fra Hallormsstaður, Øst-Island, dette er lerk og bjørk i forskjellige alderklasser og skogløst landskap. Fra Skorradalur, Vest-Island, er det valgt ut 11 forsøksområder som består av sitkagran, contortafuru, bjørk i forskjellige aldersklasser og skogløst landskap. Min masteroppgave kommer inn under dette prosjektet og feltarbeidet er gjort i disse forsøksområdene. Metodene jeg har brukt til dette er en type nedbrytningsforsøk som kalles bomullsstrimmel metoden (den går ut på å sette bomullsstrimler ned i jorda og la de ligge der en avgrenset tidsperiode), vegetasjonsanalyse og økologiske målinger. Dette bomullsstoffet inneholder 96 % cellulose og kan brukes til å måle aktiviteten av mikroorganismer som bryter ned cellulose i jorda (Latter & Walton 1988).

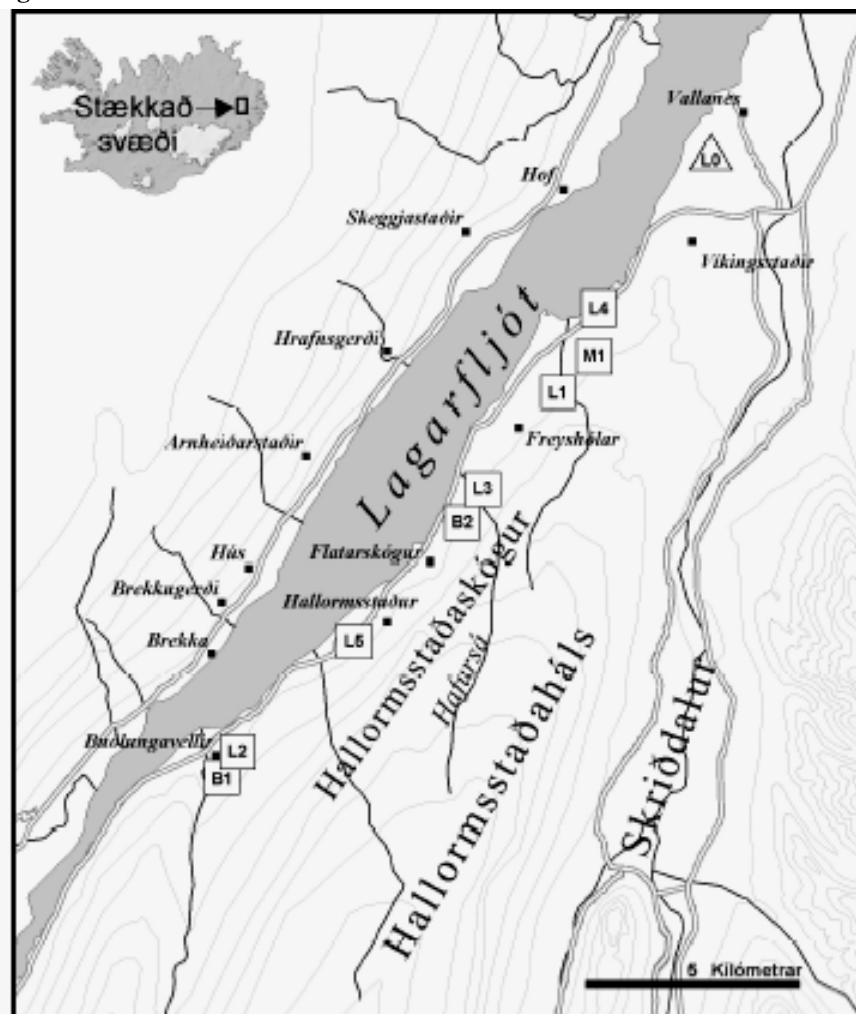
Hovedformålet med denne masteroppgaven er å undersøke hvordan skogreisning påvirker vegetasjon og nedbrytning i jord.

Materiale og metoder

Stedsbeskrivelser



Figur 1. Oversiktskart over Island.



Figur 2. Kart over Hallormsstaður.

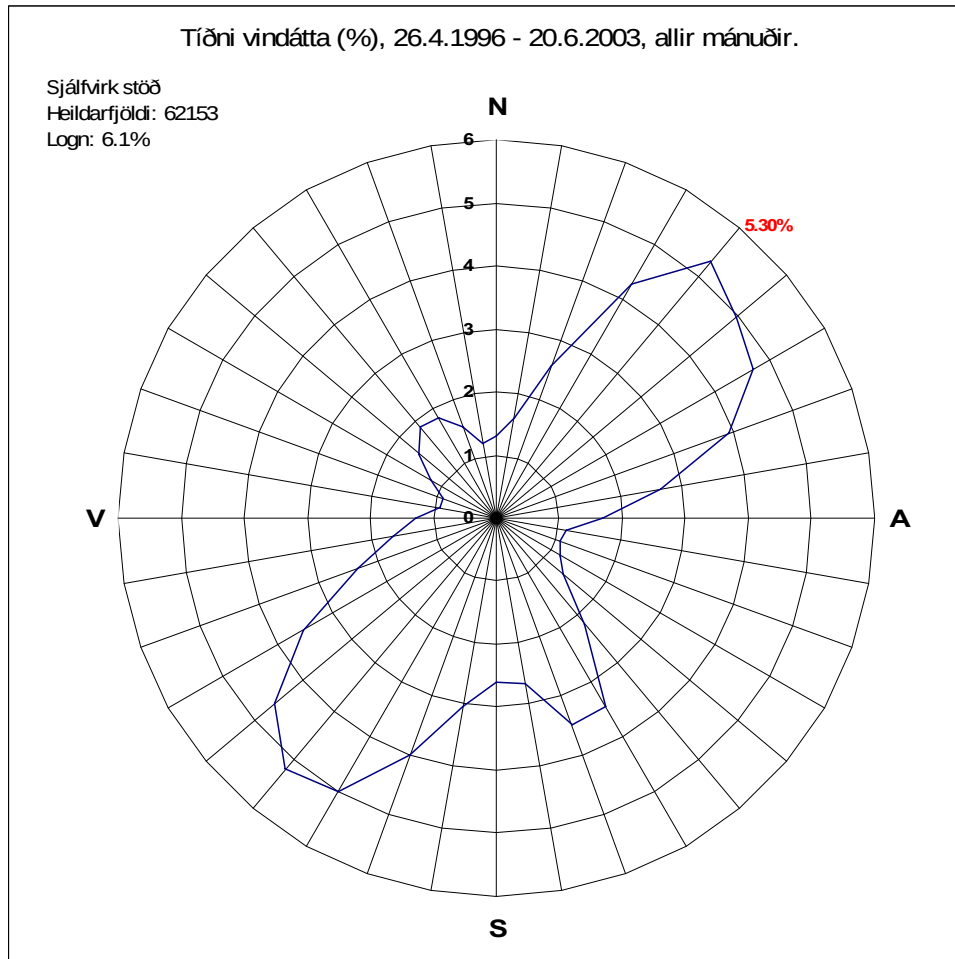
Hallormsstaður ligger i Fljótsdal på Øst-Island (Figur 1 og 2).

Forsøksområdene ligger mellom $65^{\circ} 06' - 65^{\circ} 19' N$ og $14^{\circ} 56' - 14^{\circ} 82' V$ og ca. 60-90 m.o.h. I samme dalføret hvor Hallormsstaður ligger er det en stor innsjø som heter Lagarfljót. Lagarfljót er 52 km^2 , 111 m djup og ligger 20 m.o.h.

Herskende vindretning i Hallormsstaður er SV-S og NØ-N (Figur 3).

Dalen ligger í retning SV-NØ. Í SØ stíger fjell 1240 m hyrt. Hyfjellssletta NV í dalen ligger 400-600 m.o.h.

Fra Hallormsstaður er det 70 km til havet når man følger dalen. Forsøksområdene ligger í nordvestlig helling ned mot innsjøen.

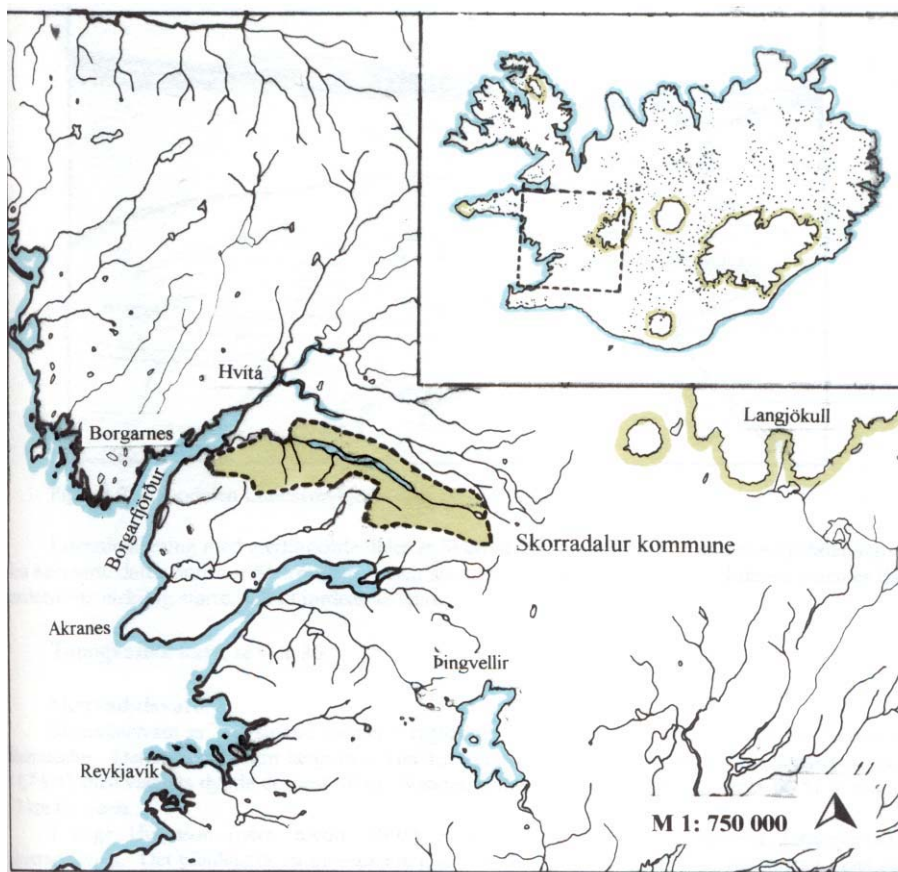


Figur 3. Vindrose over Hallormsstaður. Kilde: Veðurstofa Íslands.

Skorradalur ligger i Borgarfjarðarsveit på Vest-Island (Figur 1, 4 og 5). Et av bjørkefeltene ligger på $64^{\circ} 73' 34''$ N og $21^{\circ} 62' 03''$ V. I midten av denne dalen ligger Skorradalsvatn som er 16 km langt og 1 km på det breieste. Skorradalsvatn har et areal på $14,7 \text{ km}^2$, er 48 m djup og ligger 57 m.o.h. Avstanden til havet er 17 km. Dalen ligger i retning SØ-NV.

De fleste forsøksområdene heller i sørvestlig retning, unntakene er to forsøksområder (G2 og B3) som er på den andre siden av Skorradalsvatn og heller i retningen NØ. B2 ligger på Litla-Skarði ($64^{\circ} 50' 89''$ N og $21^{\circ} 38' 87''$ V) i nærheten av Hreðavatn, nord for Skorradalur.

Laveste delen av B3 ligger på 60 m.o.h., og strekker seg opp til ca. 130 m.o.h. Øverste delen av G4 er 140 m.o.h.



Figur 4. Kart over Borgarfjarðarsveit.



Figur 5. Kart over Skorradalur.

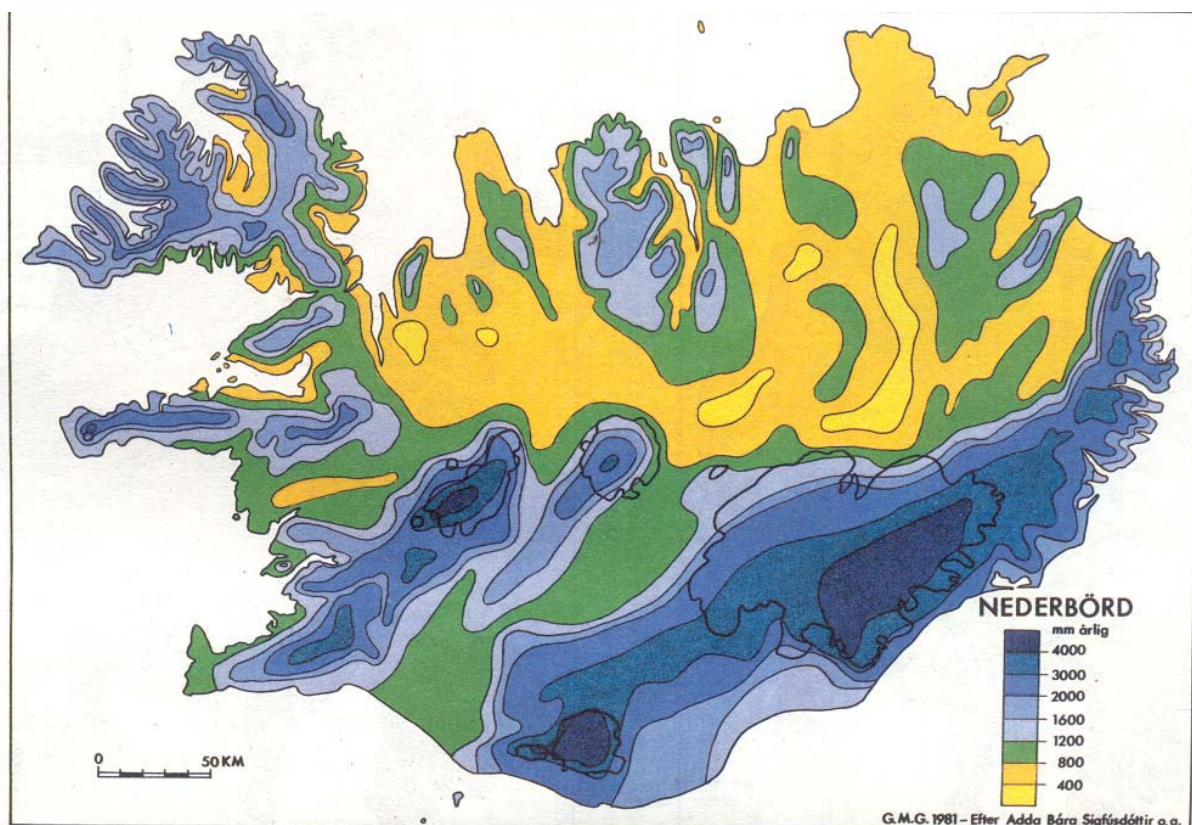
Klima

Island ligger innenfor overgangssonen som er mellom det kjølige tempererte oeaniske klimaet og det sub-polare oeaniske klimaet (Preusser 1976). Man kan dele inn Island i to forskjellige vegetasjonssoner: boreal sone som følger bjørkeskoggrensen, opptil 300-600 m.o.h. avhengig av klima, og den alpine sonen som er i høylandet over bjørkeskoggrensen. Ellers er myrer veldig vanlige på Island. Mange av disse er imidlertid blitt drenert og omgjort til dyrka mark. Den islandske boreale sonen likner på flere måter på Skandinavias nordboreale sone, men forskjellen er den at siden hele den islandske floraen er meget artsfattig, er denne sonen på Island betydelig artsfattigere enn tilsvarende sone i Skandinavia. Både Hallormsstaður og Skorradalur hører til den nordboreale sona. (Naturgeografisk regioninndeling av Norden 1984 og tilhørende kartvedlegg). Siden mer enn halvparten av Islands samlet areal (57,5 %) ligger mer enn 400 m.o.h. og dermed anses som høyland og fjell, spiller den alpine vegetasjonen svært mye for Islands vegetasjon som helhet (Påhlsson 1994).

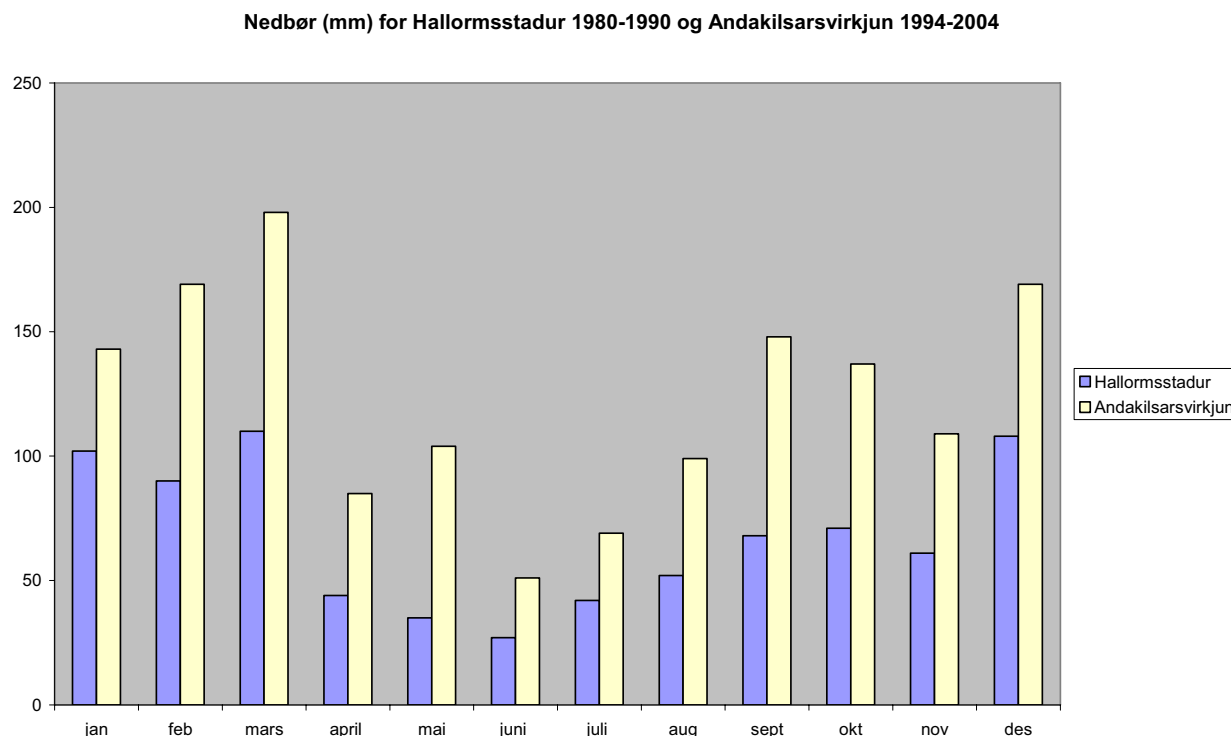
Både Hallormsstaður og Skorradalur er steder på Island som er blant de beste til å drive skogbruk (andre steder som hører inn under her er: Omkring Akureyri i Eyjafirði, Árnessýslu, øvre deler av Landsveitar og Rangárvalla og Þórsmörk.)

Det er fordi:

- tetratermen over 8,5 °C
- middelmaksimumstemperaturen fra juni til september er 12,5 °C eller høyere
- gjennomsnittstemperaturen fra februar til mars er under frostgrensen
- antall dager der maksimal temperatur er over 15 °C er 25 eller flere
- frekvensen av sakte vind (vindhastighet på Beauforts skala: 0-3, det vil si fra 0 til 5,4 m/sek) er på de fleste steder mer enn 70 %
- de ligger langt fra åpent hav, men høydemessig ikke mange meter over havet (Blöndal 1993).



Figur 6. Nedbørskart over Island. Kilde: Naturgeografisk regioninndeling av Norden.



Figur 7. Gjennomsnittlig nedbør for Hallormsstaður (Øst-Island) og Andakilsársvirkjun (Vest-Island). Kilde: Veðurstofa Íslands.

Typisk for det islandske klimaet er vekslende vær og relative høye vindstyrker.

Nedbørsmengden på Sør- og Øst- Island ligger på store deler over 3000 mm i året. Den eneste plassen i landet med negativ evapotranspirasjon er nord for Vatnajökull, her er den årlige nedbøren mindre enn 400 mm (Figur 6) (Naturgeografisk regioninndeling av Norden).

Andakilsársvirkjun ligger geografisk sett i samme område som Hvanneyri, som ligger noen kilometer utenfor Skorradalur. Så forholdene er nok litt forskjellige her. Grunnen til at Andakilsársvirkjun allikevel er brukt til å representere nedbøren for Skorradalur er at de ikke er så gamle (fra 1994 til 2004). De nyeste målingene som var å finne over Hallormsstaður var 1980 til 1990 (Figur 7).

Jordsmonn og geologi

Island har disse forskjellige jordsmonnstypene: regosol, lithosol, histosol og andosol.

Regosoler: utviklet jordsmonn som bortsett fra en oker-farget A-horisont eller O-horisont ikke inneholder diagnostiske horisonter i de øverste 50 cm av profilen. Store områder langs Islands sørkyst og enkelte andre steder i nord og øst klassifiseres som regosoler. Jordsmonn som er dannet av flygesand hører også inn under denne gruppen.

Lithosoler: har profiler med dyp mindre enn 10 cm og finnes på områder med underlag av fjell.

Histosoler: organisk jordsmonn som har er O-horisont som er mer enn 40 cm tykk. Histosoler kan ha mindre profildyp hvis de ligger på berggrunn eller løse materiale med stort innhold av organisk materiale.

Andosoler: jordsmonn som har mørkfarget (mollic eller umbric) A-horisont på en brun (cambic) B-horisont, eller en okerfarget (ochric) A-horisont på en brun (cambic)B-horisont og som ikke har andre diagnostiske horisonter. Andosoler har i de øverste 35 cm en volumvekt, i jordens fin-fraksjon (mindre enn 2 mm), som er lavere enn $0,85 \text{ g/cm}^3$ og domineres av amorft materiale. 60 % eller mer er forvitret vulkansk aske, slagg eller pyroklastisk materiale.

Det meste av jordsmonnet er dannet av isbreavsetninger og da særlig morenemateriale. Noe som skiller histosolen på Island fra de andre nordiske er innholdet av vulkansk materiale. (Naturgeografisk regioninndeling av Norden 1984).

Bergarten som Island hovedsakelig består av er basalt fra tertiær (65-1,8 Ma år siden). Denne dekker det meste av Vestlandet, Nordlandet og Østlandet. (Naturgeografisk regioninndeling av Norden 1984).

Hallormsstaður: Jordsmonnet er blitt dannet ved eolisk sedimentering, det vil si vindavsetninger. Berggrunnen her er av basalt fra tertiær (Sigurjónsdóttir 1996). Det ligger lagvis med aske av basalt og liparit. Spesielt tydelig kan man se et 3 cm tykt askelag som kom under et vulkanutbrudd fra Askja i 1875 (Guðmundsson 1997).

Skorradalur: Jordsmonnet her er hovedsakelig dannet av glasiale avsetninger, særlig morenemateriale. Berggrunnen er av basiske lava arter, de fleste fra tertiær. (Kristjánsdóttir 1995).

Forsøksfelt

Grunnen til at Skorradalur og Hallormsstaður ble valgt ut til å være forsøksfelt i dette prosjektet er at disse områdene representerer arealer hvor storskala planting startet tidlig og har fortsatt fram til i dag. Det eldste bestandene har blitt tynnet. Derfor var det mulig å finne skogbestand i forskjellige aldersklasser, som ligger innenfor et relativt lite område (vest og øst) og som er påvirket av de samme jord- og klimaforholdene. Forsøksområdene skal være sammenlignbare på alle måter, unntatt bestandsalderen. Dette var nødvendig for å utføre en slik kronosekvens. Skorradalur og Hallormsstaður er to av veldig få steder på Island hvor dette er mulig. Vest-Island ble valgt ut på grunn av sitkagrana og contortafurua, som er det tredje og fjerde mest planta treslaget på Island. Øst-Island ble valgt ut på grunn av den sibirske lerk, som er det mest planta treslaget (bjørka kommer på andre plass). Til sammen dekker disse fire treslaga 80 % av den årlige treplantinga på Island. Alle disse bestandene er blitt plantet med mål om tømmerproduksjon, unntatt G2 som er et proveniensforsøk. (Personlig meddelelse fra forsker ved Rannsóknarstöð Skógræktar (den islandske skogforskningsstasjonen) Bjarni D. Sigurðsson, 2005.) Tabell 1 og 2 gir beskrivelse av disse bestandene. Figur 8 gir tilleggsopplysninger om overhøyden i bestandene.

Tabell 1. Beskrivelse av forsøksfeltene på Øst-Island. Kilde: Sigurðsson *et al.* 2004, for størrelsen over områdene: Sigurðsson *et al. in prep.*

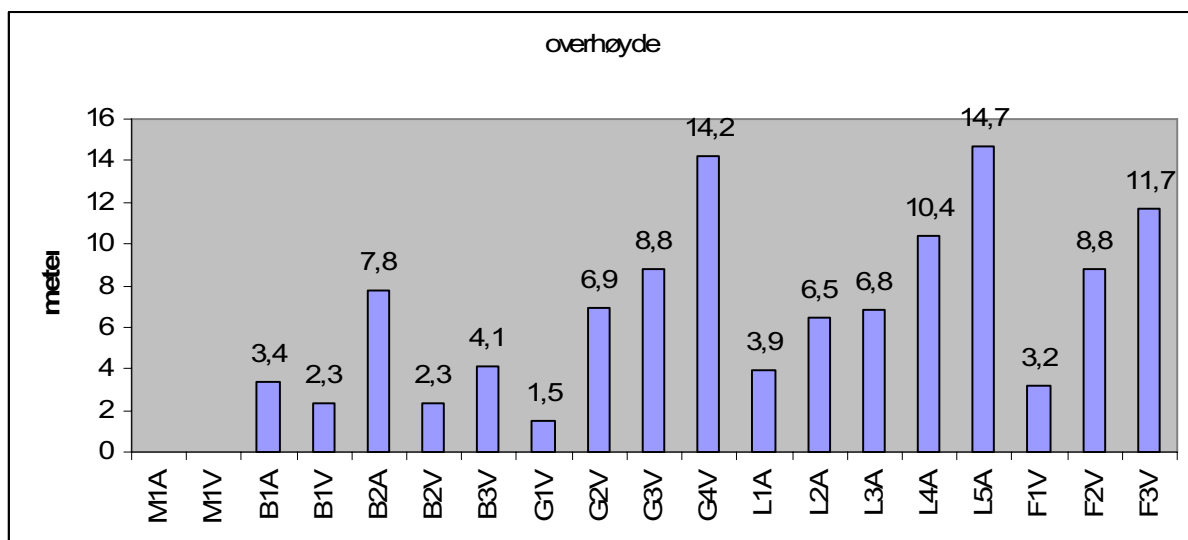
Hallormsstaður					
Prøve- område	Treslag	Størrelse (ha)	Plantet/ Fredet	Stedsnavn	Beskrivelse
M1	Beitemark	7,4	-	Mjóanes	Beitet, skogløst område i nærheten av L1 og L4
L1	Lerk	4,6	1992	Mjóanes	Ung, utynnet åpen skog i nærheten av M1 og L4.
L2	Lerk	7,2	1984	Buðlungavellir	Utnynet skog som holder på å lukke seg. Ensaldret, like ved B1
L3	Lerk	9,5	1984	Hafursá	Utnynet skog som holder på å lukke seg. Samme tetthet som L1 og L4.
L4	Lerk	3,2	1965	Mjóanes	Meget tett skog selv om en tynning er blitt utført.
L5	Lerk	7,3	1952	Jónsskógur	Sein tynning er blitt utført og skogen er mer åpen.
B1	Bjørk	5,1	1984	Buðlungavellir	Området ble fredet i 1984, og bjørk vokste da opp.

B2	Björk	6,1	1905	Hallormsstaður	Skogen ble fredet i 1905, utynnet.
----	-------	-----	------	----------------	------------------------------------

Tabell 2. Beskrivelse av forsøksområdene på Vest-Island. Kilde: Sigurðsson *et al.* 2004

Skorradalur					
Prøve- område	Tre- Slag	Størrelse (ha)	Plantet/ Fredet	Sted	Beskrivelse
M1	Beitemark	>3	-	Háafell	Beitet skogløst land, samme landskapstype som G1, G2, G3, G4, F1 og F3. Beitet jevnt siden 1968, da vinterbeiting sluttet.
G1	Sitkagran		1995	Fitjar	Ung, veldig åpen sitkagranskog som ble fredet for beiting 1988. Plantet som årsgammel FP 40 – proveniens Tumastaðir. 2280 planter plantet. Ingen markberedning eller gjødsling ble gjort.
G2	Sitkagran	1,21	1970	Selskógur	Halvlukket sitkagranskog. Er egentlig et stort proveniensforsøk.
G3	Sitkagran	3,21	1960- 1961	Stálpastaðir	Utynnet, lukket sitkagranskog. Tiden er inne for første tynning. Cordovaproveniens. På grunn av skader og litt dårligere vekstvilkår er denne skogen kommet kortere i livsstadiet enn G4, som er like gammelt.
G4	Sitkagran	4,09	1961	Stálpastaðir	Tynnet, lukket skog. Første tynning utført 1995. Cordovaproveniens.
F1	Contortafuru	>3	1990	Fitjar	Ung halvåpen contortafuruskog. Området ble fredet for beite i 1988. 2 % ble tilleggsplantet i 1994. Proveniens Taraldsay. Ingen markberedning eller gjødsling utført.
F2	Contortafuru	>2,0	1965- 1968	Hvammur	Gjødslet 1969-1974. Ungskogpleie 1974, juletre tatt ut 1978-1990. Lukket, ukvistet contortafuruskog. Tiden er nå inne for tynning.

F3	Contortafuru	1,00 + 0,82	1958-1959	Stálpastaðir	Oppkvistet, men utynnet contortafuruskog. Første tynning burde vært gjort for lenge siden. Proveniens Skagway.
B1	Bjørk	>3	-	Háafell	Kortvokst, beitet krattskog. Tette, flerstammede tre med glenner/lysninger/skogløst område i mellom. Beitepresset stabiliserte seg etter 1968.
B2	Bjørk	>3	-	Litla-Skarð	Gammel, kortvokst krattskog. Inngjerdet 1985.
B3	Bjørk	> 3	-	Klausturskógur Vatnshorn	Gammel utynnet bjørkeskog. En av de høyeste på Vest-Island. Da det ble slutt på sauedrifta på Vatnshorn i 1964 ble skogen lite beitet, men full freding for beiting kom ikke før våren 2004.



Figur 8. Overhøyden for trærne i forsøksområdene vest og øst. Kilde: Vest-Island: Pers. med. B. D. Sigurðsson, 2005. Øst-Island: Sigurðsson *et al.* *in prep.*

Nedbrytningsstudier

Denne metoden heter ”cotton strip assay” og er et godet verktøy for å sammenligne ulike mikrobielle samfunn (Correll *et al.* 1997). Det ble klippet strimler som var 10 cm * 30 cm. Stoffet som ble brukt til strimlene var Shirley Soil Burial Test Fabric. Dette er en type stoff som inneholder 100 % kjemmet bomull. Det er vevd på en spesiell måte og lagd for bruk av både økologer for å måle cellulolytisk aktivitet i jorda, og i tekstilindustrien (Sagar 1988).

Strimlene ble satt ned i Skorradal (Vest-Island) og Hallormsstað (Øst-Island) (Figur 10 og 11). Feltarbeidet ble utført i perioden juni til august 2004. I Hallormsstað har strimlene ligget i jorden 5 uker for tid 1 og 10 uker for tid 2. For Skorradal har strimlene for tid 1 ligget i jorden i nesten 5 uker, mens for tid 2: 10 uker. Strimlene ble ikke sterilisert før de ble satt ned i jorda. Når disse skulle settes ned i jord lagdes først et vertikalt snitt med en skarp spade. Etter det ble spaden brukt til å lirke strimmelen ned. Ved nedsetting av strimlene har nok bakterier fra høyere jordlag fulgt med nedover i dypet, men dette er vanskelig å unngå. 5 cm av strimmelen stakk opp over jorda, denne delen var merket med navn og nummer. I hver



Figur 10. Nedsetting av strimmel i L5, Jónsskógur, Hallormsstaður.
Foto: Edda Oddsdóttir

aldersklasse for hvert skogsbestand ble det satt ned til sammen 12 strimler, (to av disse var kontrollstrimler som bare ble utsatt for den mekaniske påvirkningen: altså bare satt ned og tatt opp igjen). Strimlene ble fordelt på fem forskjellige steder i skogen med samme aldersklasse. På hver av disse fem stedene er to strimler satt ned med 324 cm mellomrom. Den ene lå i jorda i 5 uker, den andre i 10 uker. All vegetasjon som vokste en kvadratmeter rundt hver eneste strimmel ble bestemt. Opptak av strimler måtte gjøres forsiktig slik at de som var mye nedbrutt ikke skulle bli ødelagte. Jordoverflaten ble merket inn på strimmelen, for å vite hvor de skulle begynne å deles opp. De fleste strimlene ble utsatt for lagring på kjølelager før de ble vasket.

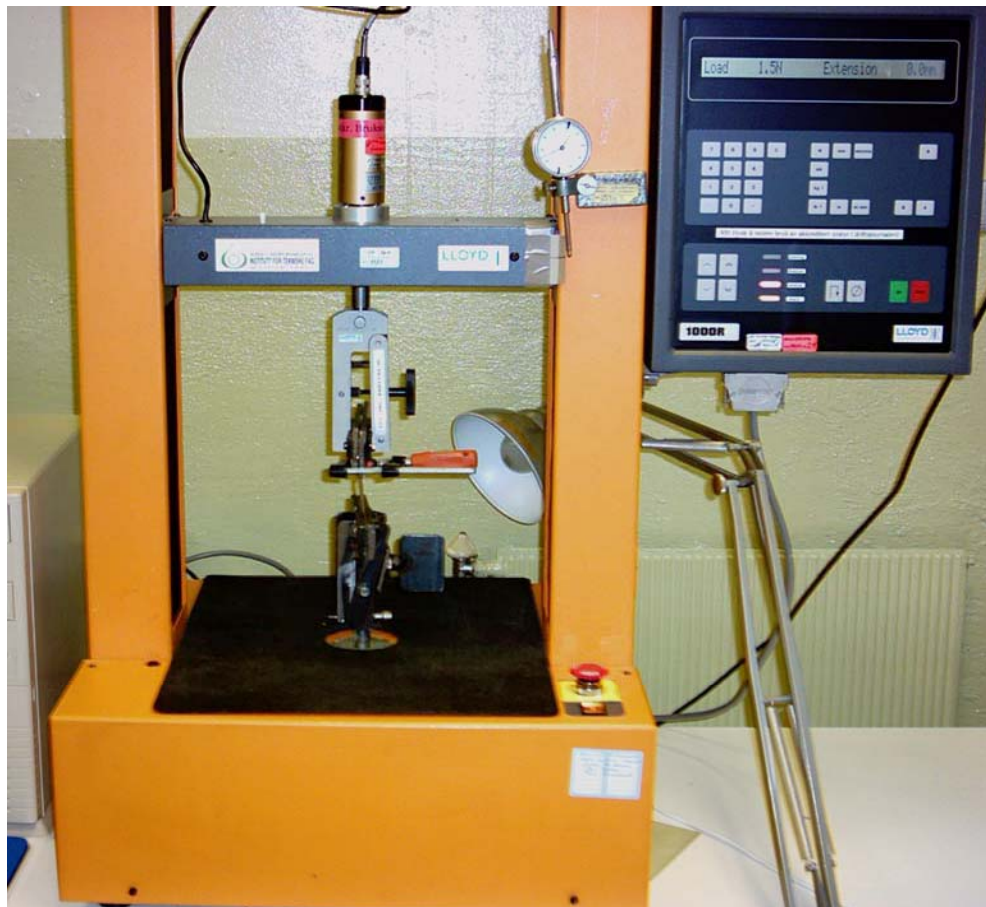


Figur 11. Nedsetting av strimmel i B2, Hallormsstaður. Foto: Edda Oddsdóttir

Etter at strimlene var tatt opp, skulle de vaskes for å få vekk overflødig jord og planterester. De ble vaska for hånd i lunka vann og deretter skylt med ionebytta vann og tørka. Strimlene lå så en stund til lagring på et tørt sted før de ble delt opp og styrkemålt. Før det skulle måles styrke på strimlene ble de delt opp i tre mindre deler, i sjiktet 0-5 cm (Dyp1), 5-10 cm (Dyp 2) og 10-15 cm (Dyp 3). Størrelsen på disse delene var 10*2 cm. Siden dette stoffet er vevd med noen fargede tråder innimellom, med helt lik avstand, gjør dette det enkelt å få nøyaktig like store deler (Vedlegg 1 s. i-iii). Disse lå så i vann en time før de skulle rives i stykker med styrkemålingsmaskinen. Grunnen til dette var at fuktigheten skulle være den samme (Sagar 1988). For nærmere navngivelse av forsøksfeltene se vedlegg 3 s. ix.

Maskinen som ble brukt til å måle styrke var en Lloyd strekkprøvemaskin som har et måleområde fra 0,25- 5000 Newton (0,025- 500 kg) (Figur 12)(Vedlegg 2 s. iv-viii).

Ved måling av styrke ble en britisk standard (BS 2576) fra 1986 fulgt (Harrison *et al.* 1988). Denne standarden heter "Method for determination of breaking strength and elongation (strip method) of woven fabrics". Denne standarden sier at det stoffet som testes skal strekkes med en hastighet på 100 mm/min (British Standards 1986). Stoffbitene ble satt fast i noen klemmer som måtte skrus godt til, og maskinen ble startet. Den stoppet ikke før biten var revet i to. Maksimal styrke ble målt og det er den som er brukt i beregningene.



Figur 12. Lloyd styrkemålingsmaskin. Foto: Anna Arneberg

Vegetasjonsanalyser

I ruter på 1 m² rundt hver eneste strimmel (unntatt kontrollstrimler) ble vegetasjonen bestemt. Det ble gjort ved hjelp av en snor som var 4 m lang. Denne ble lagt ut som et kvadrat med strimmelen i midten. Alle arter av høyere planter innenfor ruta ble bestemt og prosentvis dekning for den enkelte art ble angitt. Nomenklaturen følger Norsk Flora (Lid & Lid 1998) og Íslenska plöntuhandbókin (Kristinsson 2001).

Jordprøveanalyser

Det ble tatt jordprøver av mineraljorda (10-30 cm) med et jordbor. Prøvene ble tørket ved 80 °C i 48 timer og deretter analysert ved Senter for kjemiske analyser (Efnagreiningar Keldnaholti), ICETEC, Reykjavik, Island. Total N ble analysert med Kjeldahl våt forbrenning på Tecator Kjeltech Auto 1030 Analyzer. Total C ble analysert med tørr forbrenning på Leco CR-12 Carbon Analyzer. Målingen av pH ble utført med en elektrode (Orion modell 920 A) i en blanding med jord/vann 1:1. (Sigurðsson *et al. in prep.*). (Alle jorddata er brukt med tillatelse fra B. D. Sigurðsson.)

Statistiske analyser

Forskjeller i nedbrytning med hensyn på tid, dyp og treslag ble analysert med variansanalyse (ANOVA) (Sokal & Rohlf 1981). Resultatene er vist som figurer med middelerdi og konfidensintervall. Par av middelerdier hvor ikke intervallene overlapper vertikalt tilsvarer middelerdier som er signifikant forskjellige ($p < 0,05$).

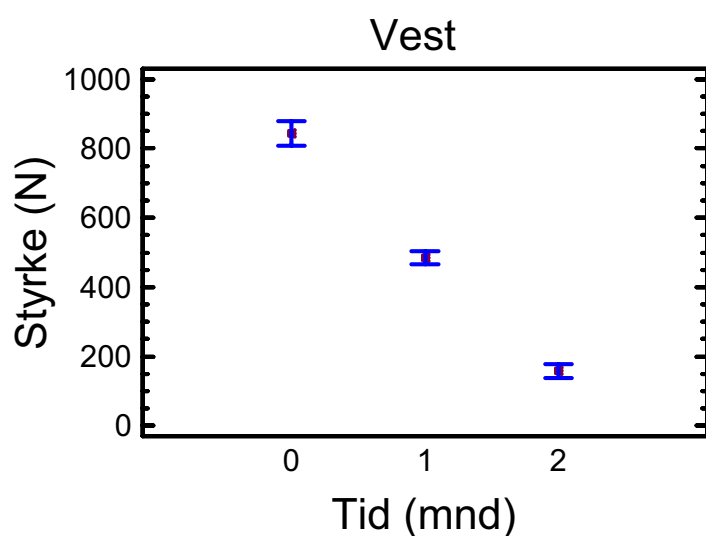
Vegetasjonsanalysene ble analysert ved hjelp av Detrended Correspondence Analysis (DCA) (Hill 1979, Hill & Gauch 1980).

For å undersøke om det var sammenheng mellom vegetasjonssammensetning av høyere planter og nedbrytning ble det utført en ikkeparametrisk korrelasjonsanalyse mellom ordinasjonsverdier for rutene og styrkemålingene, Spearman rang korrelasjon (Conover 1980).

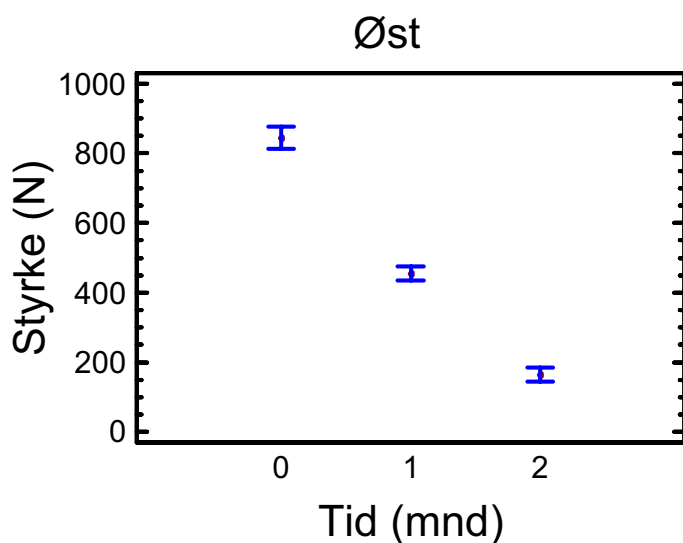
Resultater

Resultatene fra vest og øst blir presentert hver for seg. Høye verdier på y-akse betyr lav nedbryting, mens lave verdier på y-akse betyr høy nedbrytning. Figurer for styrkemålinger viser middeltall og konfidensintervall. Intervall som ikke overlapper vertikalt i figur representerer par av middelverdier som er signifikant forskjellige ($p < 0,05$).

Figur 13 a og b viser forskjellen i nedbrytningen mellom strimler som har ulik inkubasjonstid (lengde) i jorda.



Figur 13 a. Nedbrytningsgraden etter ulik inkubasjonstid i jorden i Skorradal.

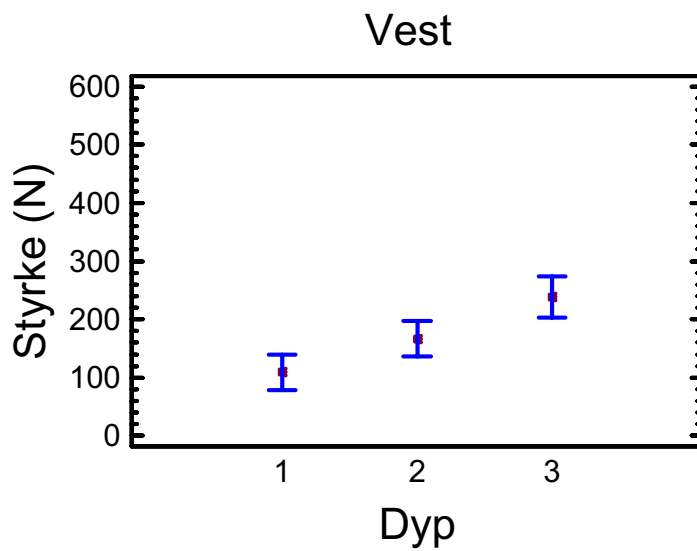


Figur 13 b. Nedbrytningsgraden etter ulik inkubasjonstid i jorden i Hallormsstað.

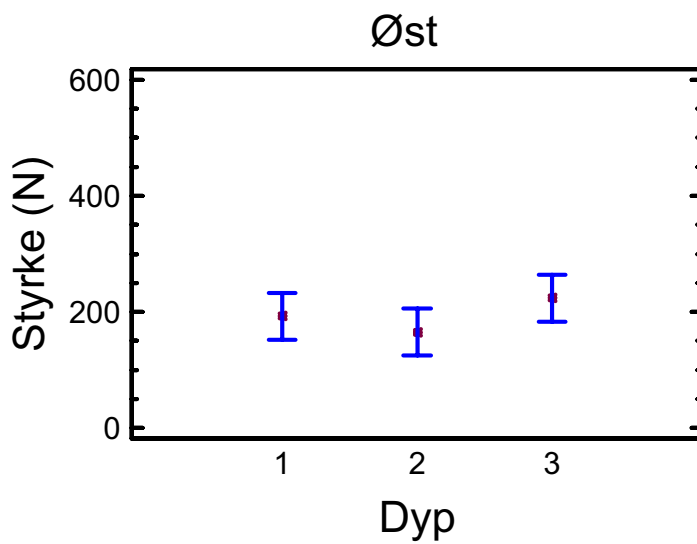
Når vi ser på nedbrytningsaktiviteten av cellulose kan vi se det at det er tydelig forskjell på tid 0, tid 1 og tid 2. Vi ser at jo lenger tid strimlene ligger i jorda, jo mindre styrke skal til for å rive dem i stykker. Det vil si at nedbrytningsgraden øker med økende tid i jorda (Figur 13 a og 13 b).

I figurene over tid (13 a + b), treslag (15 a + b) og kronosekvensene (16, 17, 18,19 og 20) er bare dyp 1 og 2 (sjikt 0-10 cm) tatt med, grunnen til dette er at det er mer aktivitet i disse sjiktene enn i dyp 3 (sjikt 10-15 cm). For treslag og kronosekvenser er tid 2 (10 uker) brukt i figurene, fordi det er mest nedbrytning i tid 2 og tiden er nøyaktig den samme for vest og øst.

Figur 14 a og b viser hvordan nedbrytningen varierer i de ulike jorddypene på Vest- og Øst-Island.



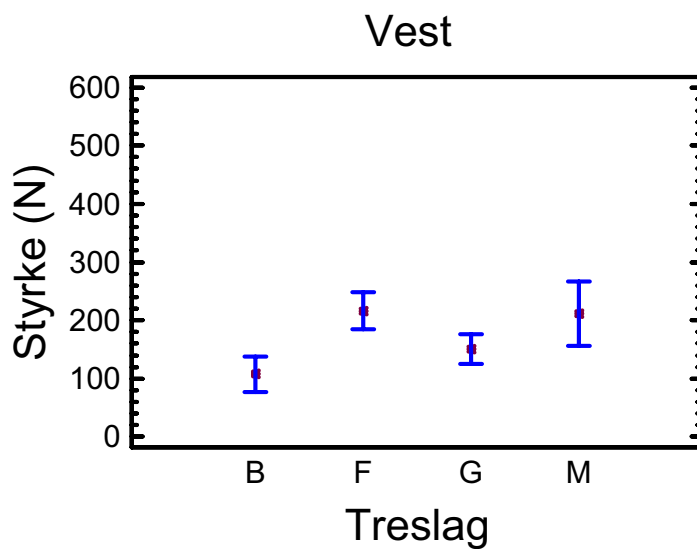
Figur 14 a. Nedbrytningsgrad i de forskjellige dypene i Skorradal.



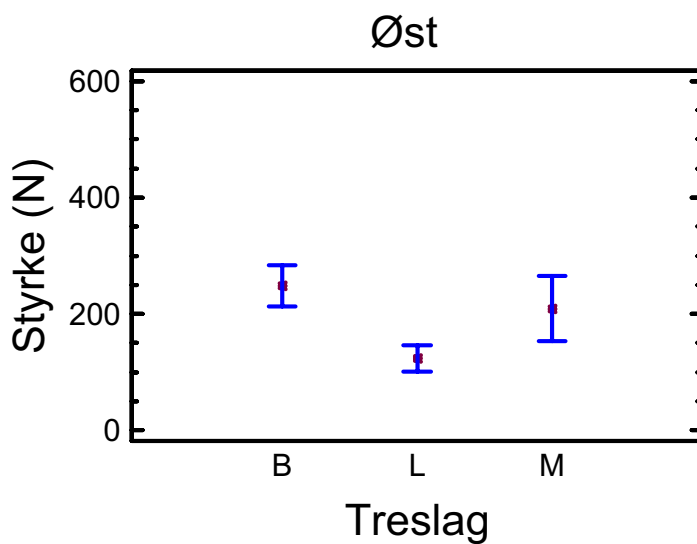
Figur 14 b. Nedbrytningsgrad i de forskjellige dypene i Hallormsstað.

Figur 14 a viser at det er forskjell i nedbrytningen mellom ulike jorddyp. For vest er dyp 1 signifikant lavere enn 3. Figur 14 b for øst viser ikke signifikante forskjeller mellom dypene. Men det er en tendens til at nedbrytningen reduseres med økende dyp.

Figur 15 a og b viser nedbrytningen i de ulike skogtypene på Vest- og Øst-Island.



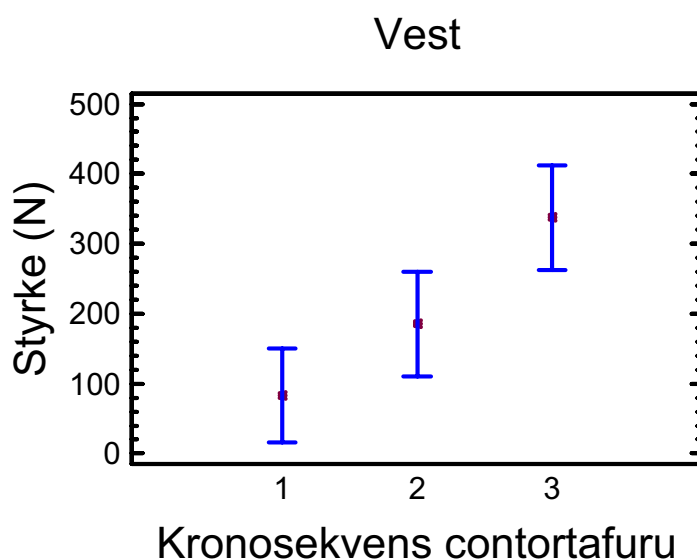
Figur 15 a. Nedbrytningsgrad i de forskjellige skogtypene (B, F, G) og skogløst område (M) i Skorradal.



Figur 15 b. Nedbrytningsgrad i de forskjellige skogtypene (B, L) og skogløst område (M) i Hallormsstað.

Alle dataene er brukt for treslagene i figur 15 a og b. Vi kan se at det skogløse området (M) i vest ligger forholdsvis høyt i figuren og indikerer dermed minst nedbrytning. Bjørkeskogen (B) er signifikant forskjellig fra contortafuruskogen (F) og skogløst område (M). Og sitkagranskogen (G) er signifikant forskjellig fra contortafuruskogen (F). I lerkeskogen har nedbrytningen vært hurtigst, forskjellen er signifikant mellom bjørkeskog (B) og lerkeskog (L). Forskjellen i nedbrytning mellom skogløst område (M) og bjørkeskogen er ikke signifikant for øst, men for vest. Denne forskjellen mellom bjørk øst og vest kan henge sammen med ulike kjemiske egenskaper i jordsmonnet (se side 39-40). Hvis vi her sammenligner vest og øst kan vi se at nedbrytningen for skogløst område (M) (Figur 15 a + b), ligger likt i figuren, mens nedbrytningshastigheten for bjørkeskogen er ganske forskjellige.

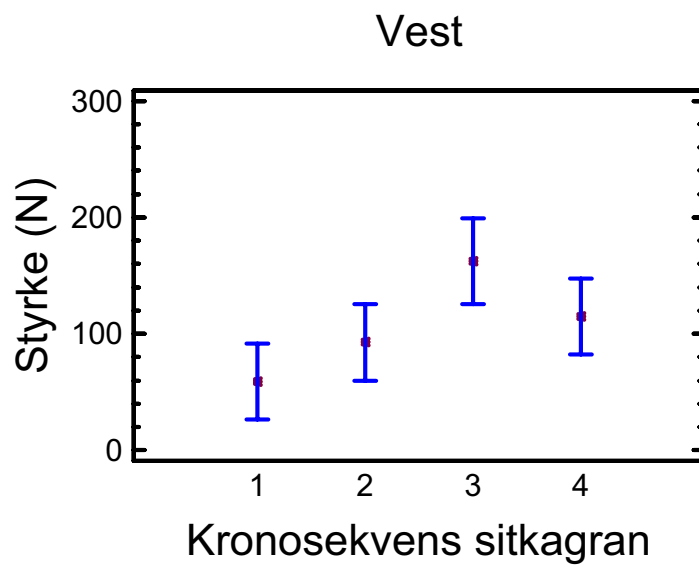
Forskjellen i nedbrytning innen en kronosekvens av contortafuru er vist i figur 16.



Figur 16. Nedbrytningsgrad i contortafuruskog på 15, 40 og 47 år i Skorradal.

Figur 16 viser at 1 og 2 er forskjellige fra 3, forskjellen mellom 1 og 2 er derimot ikke signifikant. Tendensen er imidlertid tydelig. Nedbrytningen avtar ettersom skogen blir eldre. Hvis vi ser på pH fra akkurat de samme områdene (F1V, F2V og F3V) i figur 32 ser vi at også pH synker med økende alder.

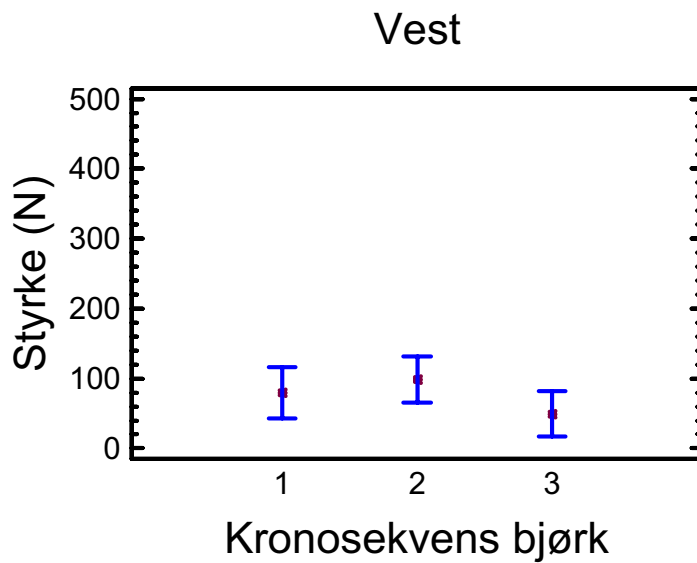
Forskjellen i nedbrytning innen en kronosekvens av sitkagran er vist i figur 17.



Figur 17. Nedbrytningsgrad i sitkagran på 10, 35, 44-45 og 45 år.

På figur 17 ser vi hvordan nedbrytningen avtar etter som skogen vokser seg større, det kan observeres en liten økning i nedbrytning mellom alderklasse 3 og 4, den er ikke signifikant, men kan vise en tendens til forandringer som skjer ved en tynning. Da blir forholdene for nedbrytning forbedret. Det er bare signifikant forskjell mellom kronosekvens 1 og 3.

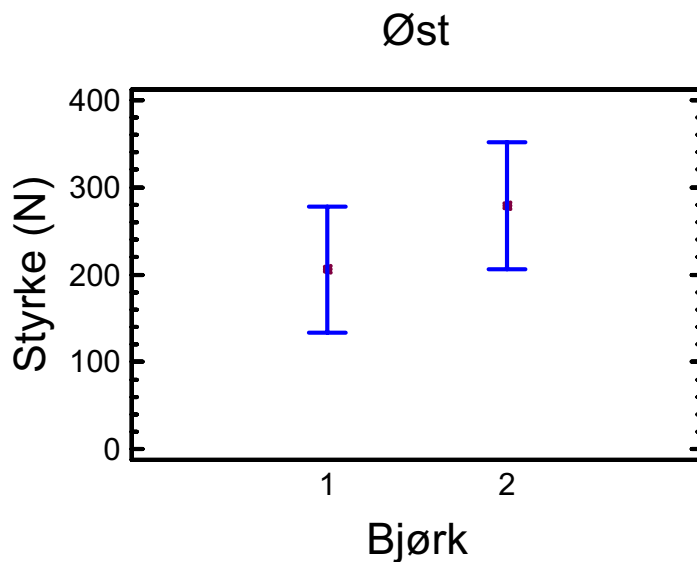
Figur 18 viser forskjellene i nedbrytningen i en kronosekvens av bjørkeskog på Vest-Island.



Figur 18. Nedbrytningsgrad i bjørkeskog i Skorradal (1 og 3) og Litla-Skarø (2).

Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i nedbrytningsgraden i bjørkeskogen på Vest-Island. Men det var en tendens til noe mer nedbrytning i B3 enn i de to andre krattskogene (Figur 18).

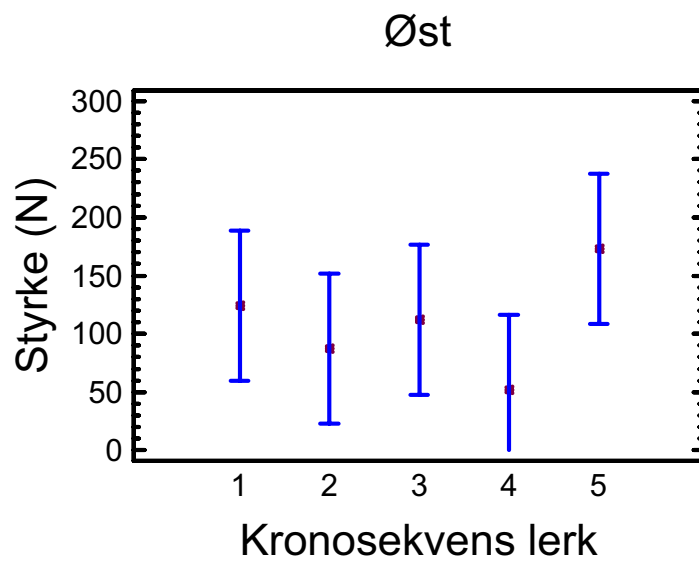
Figur 19 viser forskjellene nedbrytning i en kronosekvens av bjørkeskog på Øst-Island.



Figur 19. Nedbrytningsgrad i bjørkeskog i Hallormsstað, B1 ble fredet i 1984, B2 ble fredet i 1905.

Figur 19 viser at det ikke er signifikante forskjeller i nedbrytningen mellom bjørkeskogene i feltene B1 og B2 (se også figur 11 som er bilde av B2).

Figur 20 viser forskjellene i en kronosekvens i lerkeskog.



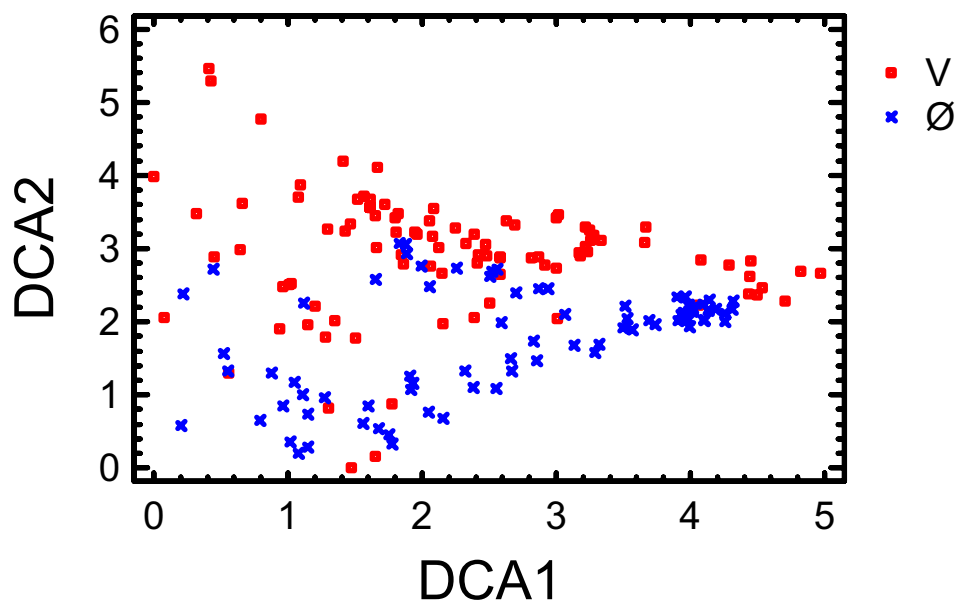
Figur 20. Nedbrytningsgrad i lerk 13, 21, 21, 40 og 53 år i Hallormsstað.

Ut i fra figur 20 er ikke forskjellene i nedbrytningen signifikante.

Vegetasjon

For å undersøke om vegetasjonssammensetningen var bestemt av lokalitet, treslag og kronosekvens ble det utført en ordinasjonsanalyse på hele materialet. Ordinasjonsdiagrammet gjenspeiler rutenes likhet. Ruter som ligger nær hverandre i diagrammet er mer floristisk like, økende avstand i diagrammet betyr større ulikhet mellom rutene. Dette ble også brukt som utgangspunkt for en indirekte analyse for å identifisere betydningen av lokalitet, treslag og kronosekvenser.

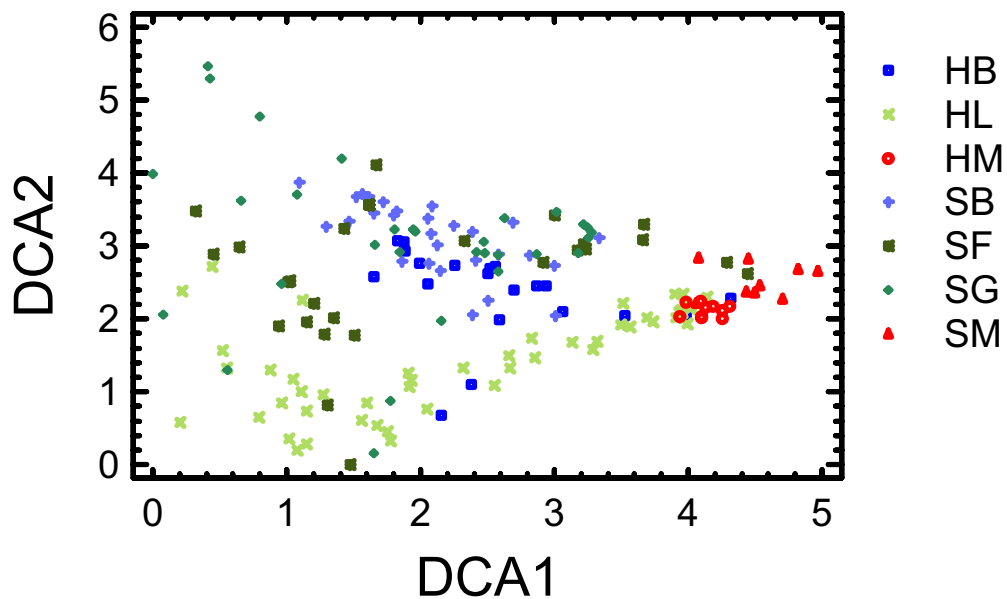
Figur 21 viser ordinasjonen av alle rutene og rutenes identitet med hensyn til lokalitet.



Figur 21. Ordinasjonen av vegetasjonsanalysene i vest og øst langs akse 1 og 2.

Av figur 21 ser vi tydelig at vest og øst skiller seg fra hverandre med hensyn til akse 2. Der vest ligger i den øvre delen av figuren, mens øst fyller den nedre delen.

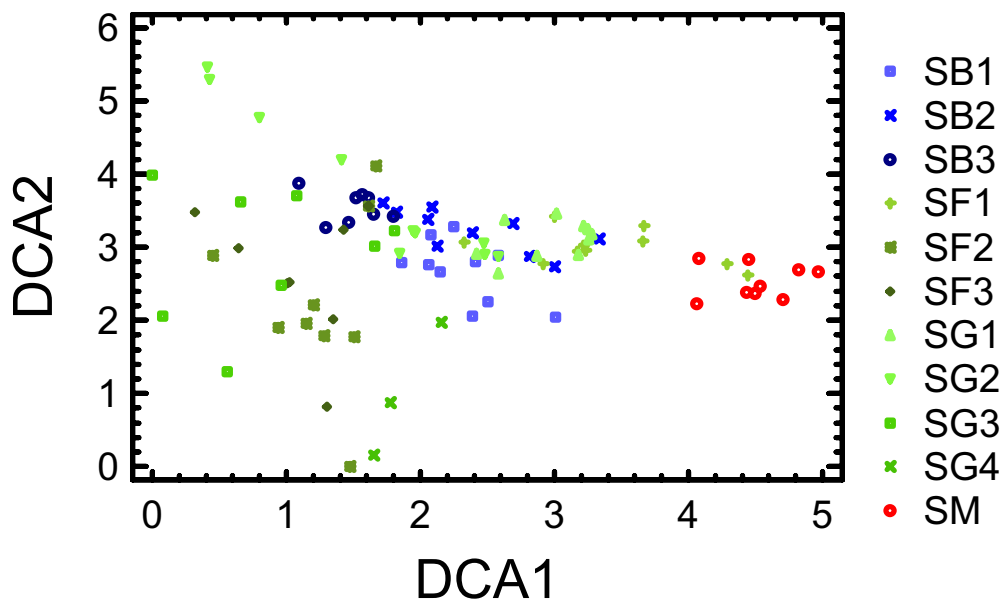
Figur 22 viser ordinasjon av alle rutene og rutenes identitet med hensyn til treslag og skogløst område.



Figur 22. Ordinasjon av vegetasjonsanalyser mellom vest (SB, SF, SG, SM) og øst (HB, HL, HM) langs akse 1 og 2. Nærmere beskrivelse av områdene se tabell 1 og 2.

Her kan vi se hvordan områdene uten skog (HM og SM) er samlet i figur 22. Ulike treslag påvirker vegetasjonen forskjellig og det skjer en gruppering med hensyn på treslag.

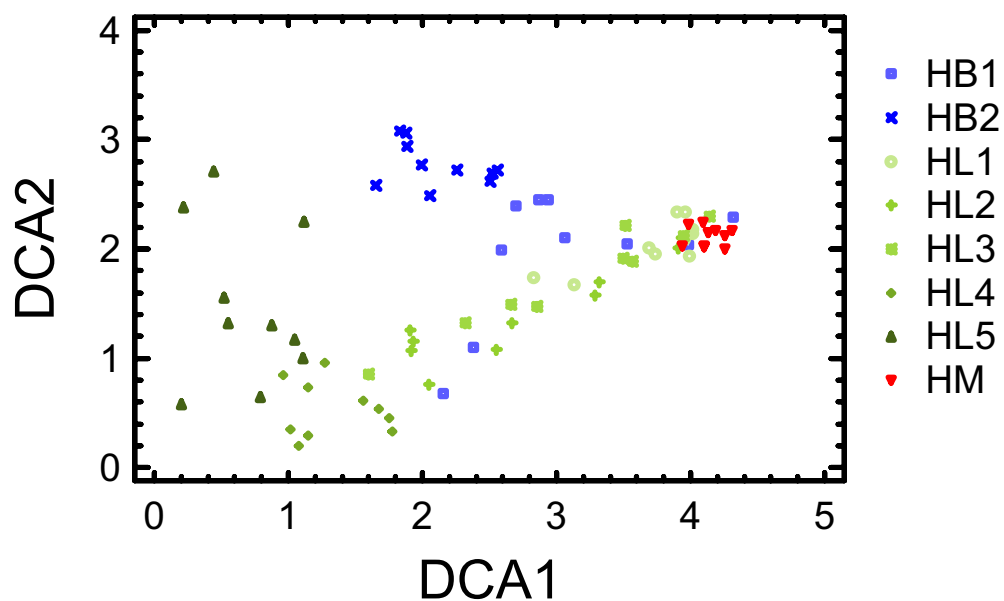
Figur 23 viser ordinasjonen av alle rutene og rutenes identitet med hensyn til kronosekvenser i Skorradal.



Figur 23. Ordinasjonen av vegetasjonsanalyser mellom kronosekvensene og skogløst landskap på Vest-Island langs akse 1 og 2. Nærmere beskrivelse av hvert område se tabell 2.

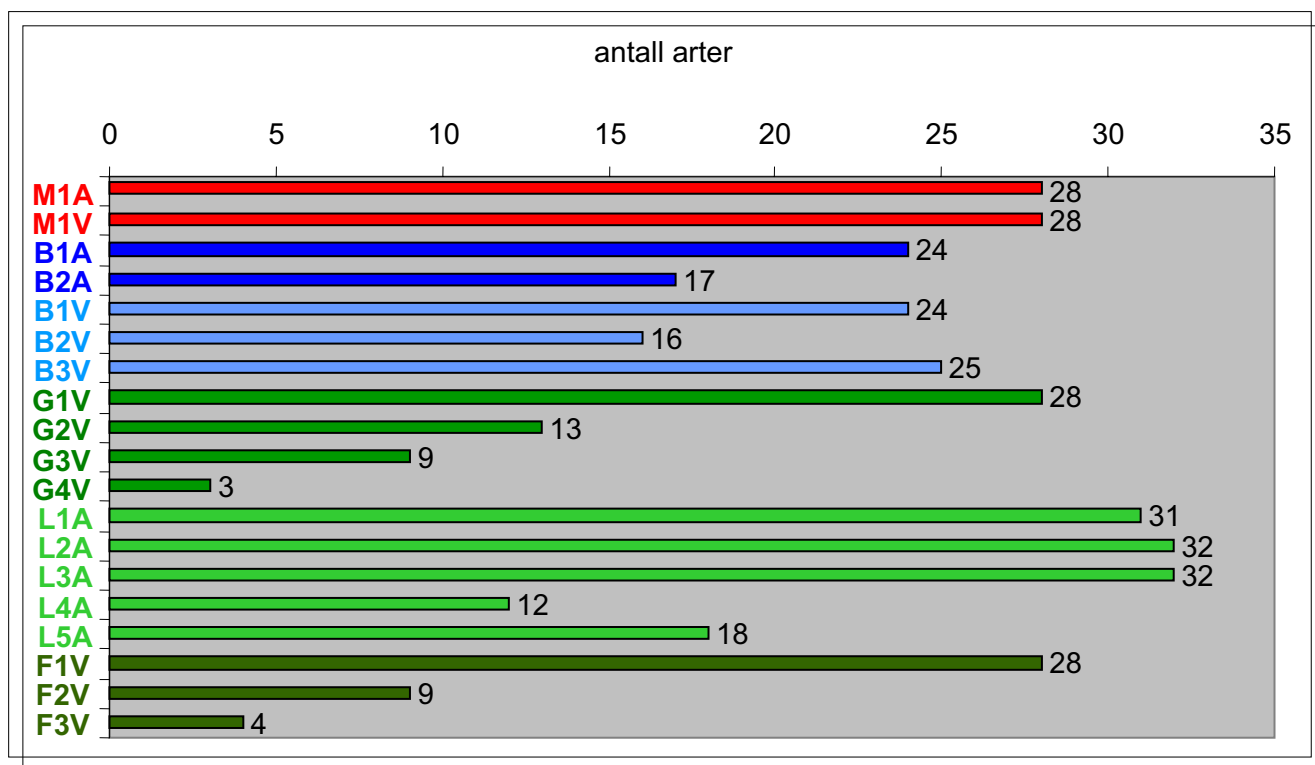
Både for figur 22 og 23 er det enkelt å se at etter hvert som skogen blir eldre fjerner den seg mer og mer bort fra det skogløse landskapet (rød farge), det vil si at artene og artssammensetningen endrer seg fra man planter skog og videre med skogsalder.

Figur 24 viser ordinasjonen av rutene og rutenes identitet med hensyn til kronosekvenser i Hallormsstað.



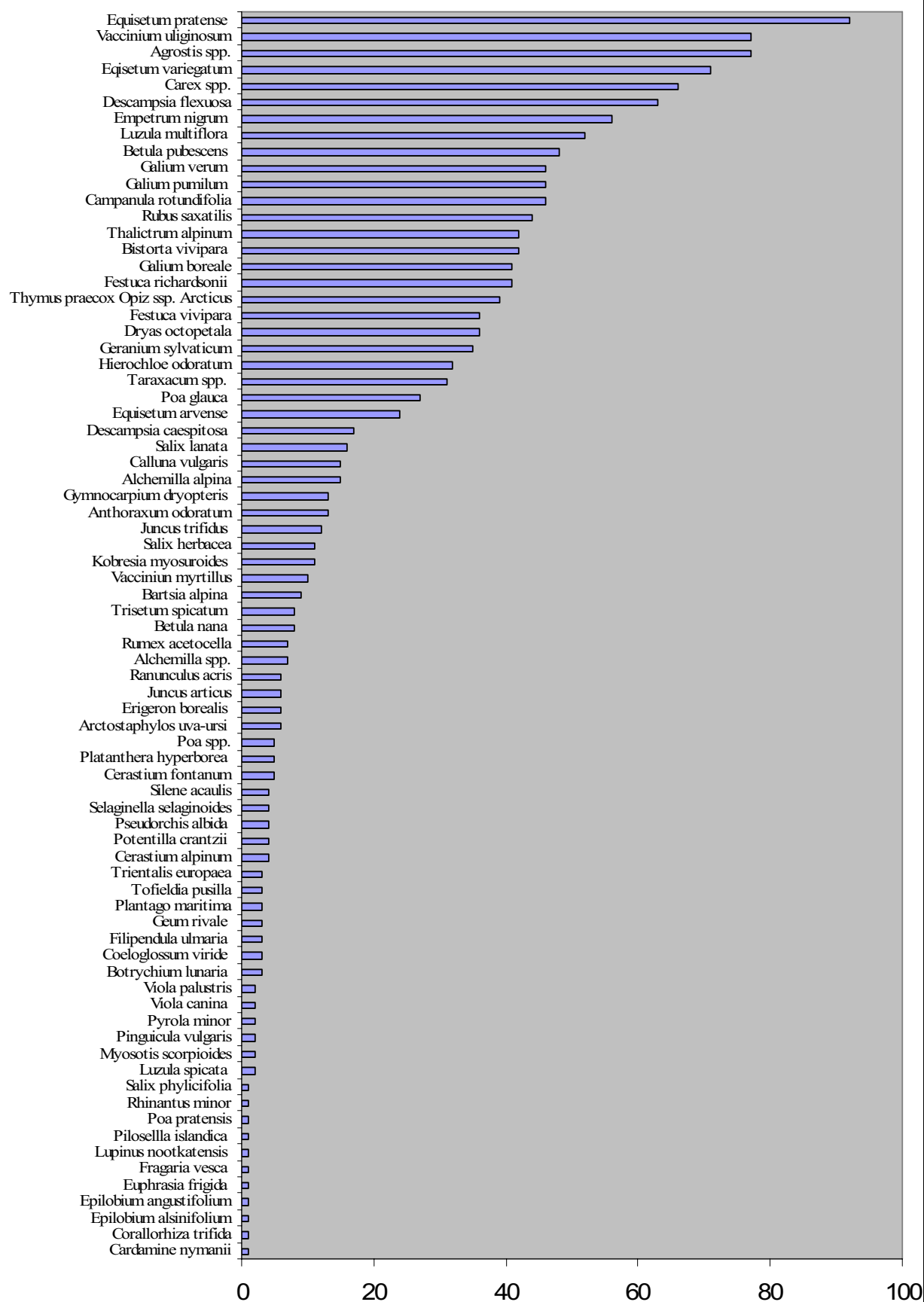
Figur 24. Forskjeller i plantearter mellom skog av ulike aldre og skogløst landskap på Øst-Island langs akse 1 og 2. Nærmere beskrivelse av områdene se tabell 3 og 1.

Her kan man også tydelig se hvor lik den yngste lerkeskogen (HL1) er med skogløst område (HM). HL2 og HL3 følger hverandre fint, noe som stemmer godt med at disse er like gamle (Figur 24).



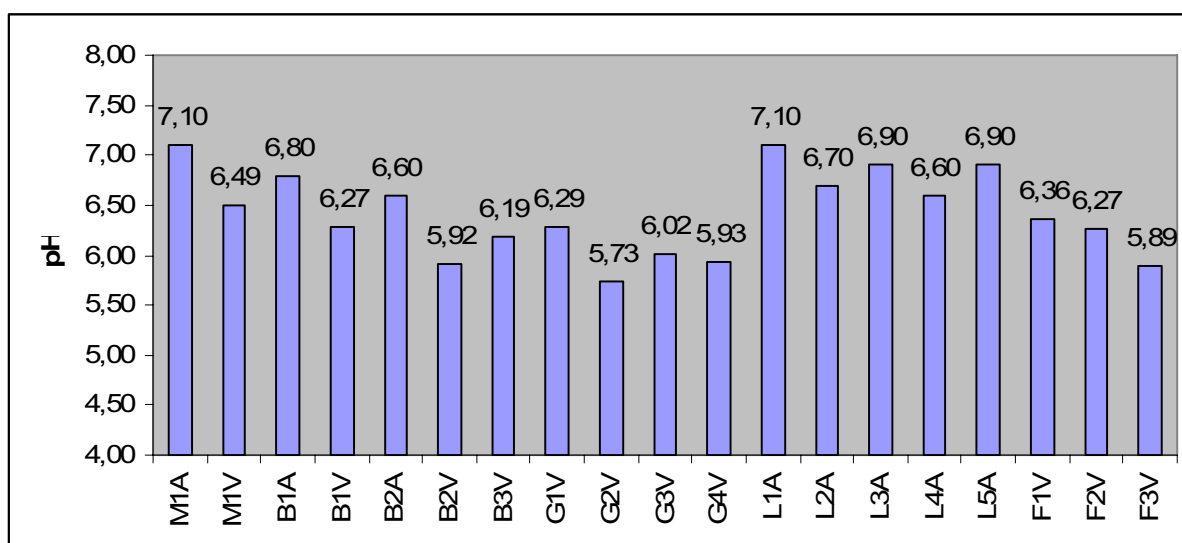
Figur 25. Antall arter per kvadratmeter, både vest og øst.

Man kan se ut av figur 25 at skogløst område er et av de stedene med flest forskjellige plantearter per kvadratmeter. De yngste skogene ligger på nesten samme antall plantearter som ikke-skog. Med økende skogsalder synker andel plantearter per kvadratmeter. Tynning kan ha en positiv påvirkning på artsdiversiteten (forskjellen mellom L4 og L5 er at L5 er en åpen skog).



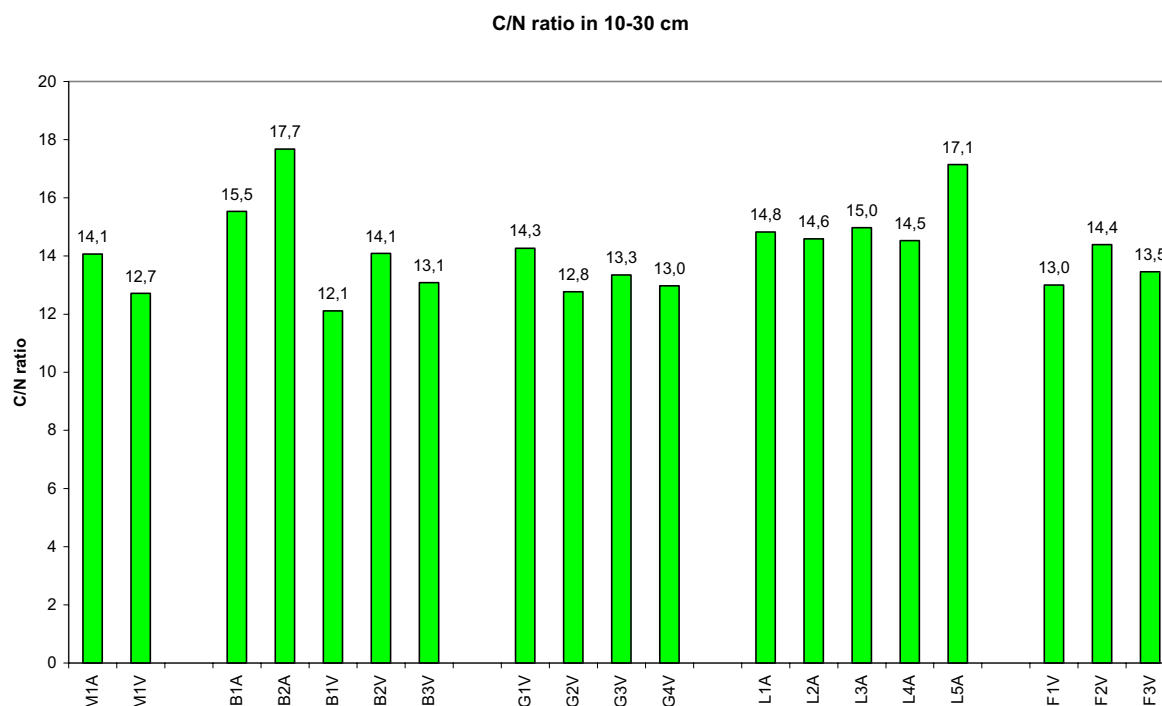
Figur 26. Oversikt over hvor mange vegetasjonsruter hver planteart er blitt observert i.

Jordegenskaper



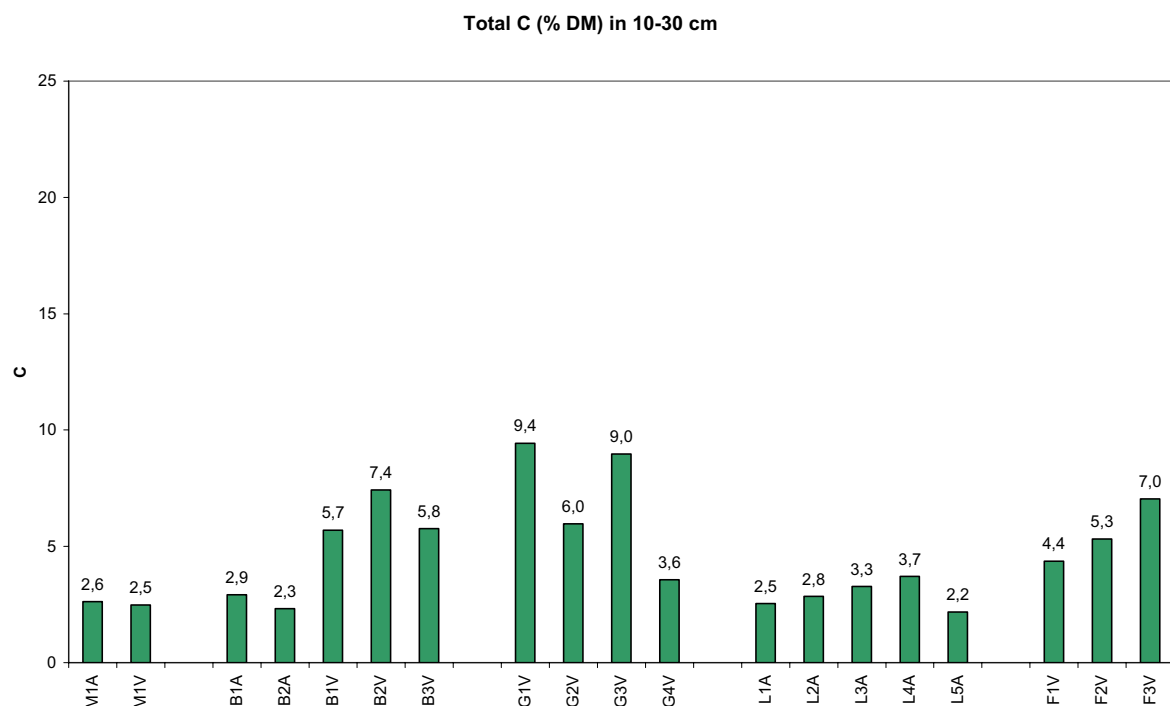
Figur 27. pH for forsøksområdene vest og øst (10-30 cm). Kilde: Vest-Island: Pers. med. B. D. Sigurðsson, 2005. Øst-Island: Sigurðsson *et al.* in prep.

Figur 27 viser at pH varierer lite mellom treslag og kronosekvenser, men den ligger inntil 2 pH enheter høyere enn det man skulle forvente i norsk skogsjord.



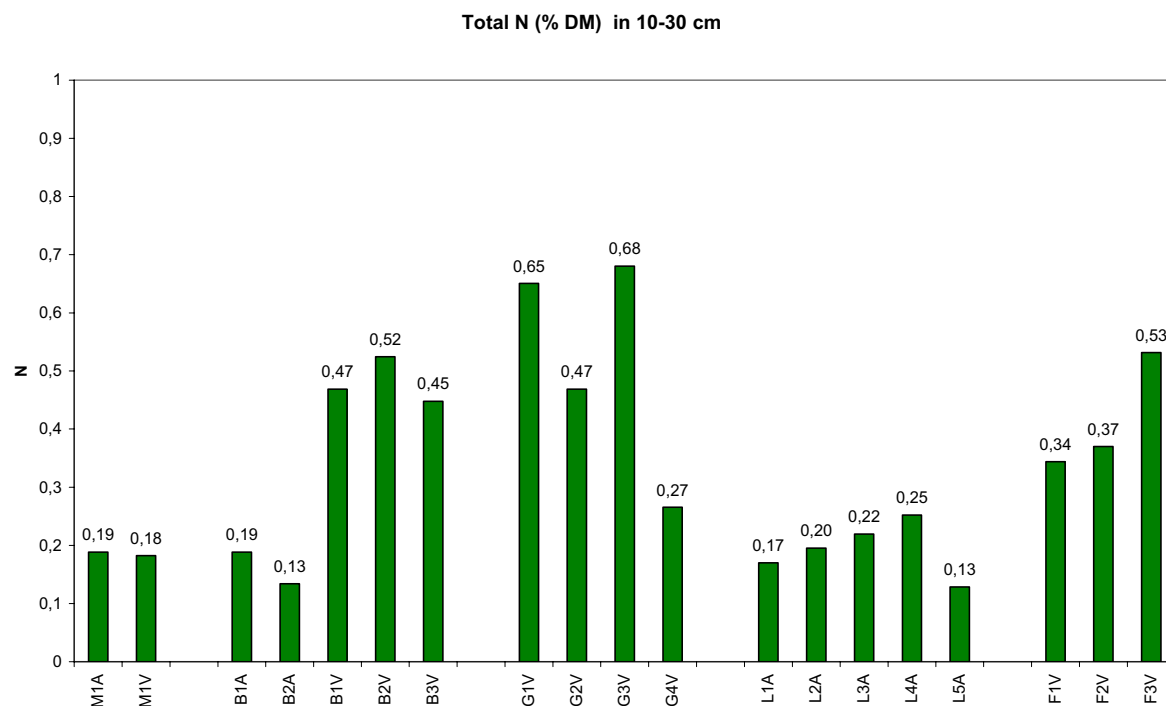
Figur 28. C/N forholdet på Vest- og Øst-Island.

C/N forholdet i figur 28 er beregnet ut i fra totalt karbon og nitrogen i % av tørrstoffinnholdet fra figur 29 og 30. Det er ingen systematiske forskjeller mellom C/N forholdet, men det er en tendens til at bjørkeskogen øst (B1A og B2A) har et høyere C/N forhold enn bjørkeskogen vest (B1V, B2V og B3V). C/N forholdet i disse islandske skogene ligger generelt lavt sammenlignet med for eksempel norsk granskog som har C/N forhold rundt 40 og furuskogens C/N forhold på 30.



Figur 29. Totalt karbon på Øst- og Vest-Island.

Man kan se forskjeller på bjørkeskogen øst og vest i figur 29.



Figur 30. Totalt nitrogen på Øst- og Vest-Island.

Figur 30 viser forskjeller mellom bjørkeskogen øst og vest.

Diskusjon

Bomullsstrimmel metoden er en god metode til å sammenligne ulike mikrobielle samfunn, da man enkelt ser forskjellen i nedbrytningspotensialet mellom disse (Correll *et al.* 1997). Men de forandringene som skjer i bomullsstrimmelens styrke kan ikke direkte relateres til den absolutte nedbrytningen av bomull siden den rensede cellulosen i bomullsstrimlene er kunstig for det naturlige mikrobielle miljøet i jordsmonnet i skogen (Beier & Rasmussen 1994).

Det er viktig at strimlene ligger i jorda i riktig inkubasjonstid (varighet). Både hvis de ligger for kort tid eller for lang tid vil det være galt, og det blir vanskelig å finne forskjeller fordi for kort tid fører til at strimlene ikke er tilstrekkelig nedbrutt, mens for lang tid fører til at strimlene har vært utsatt for nedbrytningsprosessen i for lang tid. På det mest nedbrutte stadiet greier man ikke en gang å feste strimmelen til styrkemålingsmaskina. Men det å finne "riktig" tid er ikke så lett hvis man ikke kjenner området godt eller har gjort tilsvarende forsøk før. Fordi nedbrytnings-hastigheten kan variere stort mellom forskjellige jordsmonn, skogtyper, topografi, vegetasjon, temperatur, fuktighet etc. Tiden på året strimlene settes ned har også noe å si (Brown & Howson 1988). Både Brown & Howson (1988) og French (1988 b) fant ut at den tiden på året da nedbrytningshastigheten er høyest er perioden august-oktober, deretter kommer oktober-januar, mai-juli og perioden februar-mai er den med lavest nedbrytningshastighet (begge disse forsøkene ble utført i Lancashire, Storbritannia).

Sommeren 2004 (juni-august) hadde et varmt og gunstig klima over hele landet. Andre uka i august (uke 33) kom en veldig uvanlig hetebølge over særlig Sør- og Vest-Island, men også inn i landet i andre landsdeler (Jóhannesson u.å.). Det var bare strimlene på vest som akkurat rakk å få med seg denne hetebølgen før de ble tatt opp, selv om tørkeperioder kan føre til redusert nedbrytning (Beier & Rasmussen 1994), så er det lite trolig at det hadde stor innvirkning på disse strimlenes nedbrytning i Skorradal den siste uka (hvis man ser på figurene 13 a og b i resultatene vises det at nedbrytningsgraden er nesten den samme for øst og vest).

Det er foretrukket at strimlene er i jorda til styrken deres er blitt redusert med gjennomsnittelig 50 %, men ikke mer enn 85 % (Harrison *et al.* 1988). Strimlene bør være i jorda til styrken er blitt redusert til ca 2/3 (Correll *et al.* 1997). Dette passer ganske godt til de målingene jeg har. Styrkereduksjonen ligger gjennomsnittlig på 45 % for tid 1 og 81 % for tid 2. Ut i fra resultatene virker det som en inkubasjonstid i jorda på 10 uker er optimalt for

boreale skoger. Dette fordi da er strimlenes nedbrytningsgrad slik at den skiller de ulike skogtypene samt at de er enkle å håndtere med eksisterende metodikk. Treonis *et al.* (2002) brukte bomullsstrimmel metoden i Antarktis, i en ekstrem kald ørken jord. Tiden strimlene var i jorda der var ett og to år. De fant ut at det var uttørkingen av jorda som var den begrensende faktoren. Det ble ikke funnet noen signifikant nedbrytning etter 2 år, ikke engang i det plottet med relativ fuktig jord. Etter så lang tid i jorda kom de og bort i problemet med at styrken på noen strimler økte.

For nedbrytningsgraden i forskjellige sjikt gjelder det at det er mest nedbrytningsaktivitet helt i det øverste sjiktet, noe figuren 14 a over vest tydelig viser. Samme figur over øst (Figur 14 b) viser ikke noen signifikante forskjeller, men begge figurene viser til en redusert nedbrytning i dyp 3. Slik som mine målinger i figur 14 a viser at nedbrytningen reduseres nedover i jordsmonnet, viser også Brown & Howson (1988), Howson (1988), Kuzniar (1988), Beier & Rasmussen (1994) og Mendelssohn *et al.* (1999) til samme erfaringer. Forsøk Kuzniar har sett på går ut på å sette tøystrimlene i sjiktet fra 0 cm (altså jordoverflaten) til 1,5 m ned i jorda. Dette er testet i forskjellige årstider og på forskjellige marktyper (furuskog, granskog, bøkeskog, bjørkeskog, oreskog, åker på sandjord og åker på leirjord) i Polen. Alle tøystrimlene (unntatt for bjørk 20-30 år) er utsatt for mindre nedbrytning jo lenger man kommer ned i jorda. Ved dyp større enn ca 75 cm ligger cellulose-tapet mellom 15-40 % og det varierer lite ned til 150 cm. Det er liten forskjell på cellulose-tapet fra 75 cm og ned til 150 cm. Mendelssohn hadde strimler i takrør (*Phragmites australis*) våtmarker forskjellige steder i Danmark. Strimlene gikk på det dypeste ned til 75 cm. Det viste seg at nedbrytningen var størst nærmest overflaten, mens den sank nedover i dypet. Strimmel-tapet ("Cotton strip loss") var over 5 % per dag øverst, mens det sank til 1 % på bunn av profilet.

Nedbrytningsgraden ser ut til å være den samme i begge de skogløse områdene, men når man ser på de forskjellige skogtypene vises det ulikheter her.

Det kan se ut til at lerk kan ha en jordforbedrende effekt sammenlignet med sitkagranskog og contortafuruskog.

Bjørka, som er det eneste naturlige treslaget som danner skoger på Island, har høy nedbrytningsaktivitet i vest, men mye lavere i øst. En sannsynlig forklaring på hvorfor bjørkeskogen på Øst-Island ligger over dobbelt så høyt i nedbrytning som bjørkeskogen i vest,

kan muligens forklares i figur 28. Vi ser at det er stor forskjell mellom C/N forholdet mellom bjørka på øst og vest. I øst ligger C/N forholdet gjennomsnittlig på 16,6, mens gjennomsnittet for vest er 13,1. Figurene 29 og 30 over totalt karbon og totalt nitrogen tydeliggjør også forskjellen mellom bjørkeskogen øst og vest. Gjennomsnittlig karbon for B1A og B2A øst er 2,6, mens for B1V, B2V og B3V vest ligger det på 6,3. Gjennomsnittlig nitrogen for B1A og B2A øst er 0,16, mens for B1V, B2V og B3V vest ligger det på 0,48.

Sitkagran ser ut til å ha bedre evne til nedbrytning enn ikke-skog, men forskjellen er ikke signifikant.

Hvis man så tilslutt sammenligner contortafuruskogen med det skogløse området er dette den skogtypen som ligger nærmest ikke-skog, med samme nedbrytningsgrad. Forsøk som er gjort i Storbritannia av Brown & Howson (1988) hvor man satte strimler i forskjellige monokulturer av furu (*Pinus sylvestris*), gran (*Picea abies*), svartor (*Alnus glutinosa*) og vintereik (*Quercus petraea*) viste rekkefølgen i nedbrytningen: svartor>furu>vintereik>gran. De fant altså at furua hadde høyere nedbrytningsaktivitet enn grana. Begrunnelsen som blir gitt for dette er at det er funnet mange flere meitemarker i furuskogen enn i granskogen. Dette er det omvendte av det som ble funnet i figur 15 a + b med contortafuru og sitkagran. I Sigurðsson *et al.* (2004) står det imidlertid at i sur podsoljord som Islands naboland har kan skogbruk ha negativ påvirkning på meitemarker, men etter undersøkelser som er gjort på Island somrene 2003 og 2004 ser det ut til at det ikke er slik i den islandske basiske og vulkanske jorda.

Beier & Rasmussen (1994) sammenlignet nedbrytningen i skog i et bestand som ble utsatt for tørke, kunstig vanning og kunstig vanning + gjødsling. De fant ut at i en dybde på 3 cm så var det plottet som var blitt utsatt for tørke som hadde lavest nedbrytningsaktivitet, hvis man derimot så på nedbrytningen lenger ned i jorda var det kontroll plottet som hadde minst nedbrytning (sjiktet i jorda som ble målt var 0-30 cm). Gjødsling + vannings plottet hadde generelt hurtigst nedbrytning og til en viss utstrekning vannings plottet. Dette vistes spesielt tydelig dypere i jorda. Dette kan passe med at nedbrytningen i de skogløse områdene på Øst- og Vest-Island har lav nedbrytningshastighet, her vil ekstremtemperaturer være mye mer vanlig enn i en skog, og i løpet av en varm sommer vil tørke mye lettere forekomme på et åpent område enn i en skog hvor trær gir skygge. Strø fra trærne vil også kunne ha en gjødslingseffekt og holde bedre på fuktigheten i jorda.

Effektene av en kronosekvens sees tydelig i contortafurubestandet. I det eldste bestandet går nedbrytningen saktest, mens den er hurtigst i det yngste bestandet, det er en signifikant forskjell mellom disse. Nedbrytningshastigheten følger endringene som skjer i skogen med økende alder og skjøtselstiltak.

Tendensene til at nedbrytningshastigheten følger kronosekvensen kan også sees i sitkagranbestandet. Der vises også forskjellen i nedbrytningen mellom tynnet og ikke-tynnet bestand, der tynnet bestand får en økning i nedbrytningen etter tynning. Howson (1988) fant at nedbrytningen fulgte denne rekkefølgen: middels tynning>sterk tynning>utynnet. Lysintensiteten øker etter tynning og temperaturen endres i jorda. Tendensen til større strøakkumulering under utynnete bestand er ikke bare på grunn av mer strøfall, men også det at nedbrytningen går saktere (Howson 1988). Dette bestand er ugunstig for mikroorganismenes virksomhet (Børset 1985). Latter & Shaw (1988) hadde forsøk for å se om det var forskjeller før og etter hogst. De kom fram til at cellulosenedbrytningen økte etter hogst, årsaken til dette var sannsynligvis at fuktigheten økte i strøet og at overflatetemperaturen på hogstflatene ble høyere.

Verken for bjørka øst eller vest er forskjellene i kronosekvensene særlig store, det eldre bjørkebestandet har litt lavere nedbrytningsaktivitet enn det yngre bestandet i øst, men forskjellen er ikke signifikant. I bjørka i vest har B1 og B2 som er samme type krattskog relativ lik nedbrytningshastighet, mens B3 som er mer som en skog, med enkelttrær, har høyere nedbrytning, men heller ikke her er forskjellene signifikante. Både bjørkeskogen B1 og B2 her er kortvokst krattskog (overhøyde på 2,3 meter), mens B3 er gammel bjørkeskog med overhøyde 4,1 meter, som gjør den til en av de høyeste på Vest-Island.

Sammenlignet med de andre treslagene er lerka den med høyest nedbrytningshastighet, men innen kronosekvensen skiller bestand HL4 og HL5 seg ut. Den eldste lerkeskogen (L5) skiller seg litt ut med lavest nedbrytning, skogen i L5 er åpen og tynnet seint (se også figur 10). L4 med høyest nedbrytning er en tett skog selv om den er tynnet en gang. Både L1, L2 og L3 er utynnete bestand. Årsaken til at det er slik er uviss. Lerka er jo en art som mister nålene om høsten (sammen med bjørka som mister bladverket sitt), dette gjør at skogbunnen får tilført en større andel strø enn hos de andre bartreskogene. Børset (1985) mener forklaringen for at lerkeskog har bedre humustilstand enn granskog er at lerkeskoger er glisne og slipper mye lys,

varme og fuktighet til bakken, og at dette fører til kraftig bunnvegetasjon, noe som igjen gir et godt bidrag til humusomsetningen. Videre står det i Børset (1985) at luftigere blandingsstrø omsettes mye lettere enn tett sammenpakket barstrø (for eksempel gran).

For forsøksfeltene i vest viser det tendenser til at nedbrytningen er størst i bjørkeskogen, så synker den i rekkefølgen: contortafuruskog, sitkagranskog, og til slutt med minst nedbrytning er det skogløse området: bjørkeskog>sitkagranskog>contortafuruskog>skogløst område. For øst ser vi tendenser til at lerkeskog>skogløst område>bjørkeskog. Bjørkeskogen er signifikant høyere enn lerkeskogen.

I følge Sabit (1995) er det ofte et problem å feste snorer og tråder i flåkjefter. Grunnen til dette er at disse kan føre til at materialet glir ut av kjeftene hvis man strammer for løst og hvis man strammer for hardt for at det ikke skal gli, så skjer det fort at tråden blir kuttet av i festet. Selv om det ikke er snorer eller tråder som er brukt i dette forsøket så kan det trekkes paralleller til lignende erfaringer her. Harrison *et al.* (1988) nevner også at innfestingen i styrkemålingsmaskina er et vanlig problem ved bruk av Shirley Soil Burial Test Fabric. For å hindre dette problemet kan man lime fast noen biter av lær eller gummi på kjeftene man bruker. De kjeftene som ble brukt i dette forsøket hadde pålimt et slags sandpapir, dette hindret til en viss grad at strimlene gled ut under strekkingen. Men allikevel oppsto det noen problemer; at de gled ut og måtte settes fast i maskinen to ganger. Et annet gjennomgående problem var at strimlene ble kuttet over i innfestinga. Dette kan være en grunn til at det ble litt spredning i målingene. For eksempel ligger målingene for kontrollstrimlene fra 56,7 N opp til 118,3 N. Det som ville være optimal var hvis de under styrkemålinga delte seg i to på midten, fordi da hadde påvirkningen fra innfestinga vært svært liten.

Noe som ble lagt merke til under behandlinga av strimlene var at noen av dem hadde tydelige flekker av kva. French (1988 a) tok for seg problemet med sementering i denne type forsøk. Det ble da funnet ut at strimler kan bli sementert av finstoff som leire og kalk og biotiske faktorer som mikrobielle polysakkarider og roteksudater. Dette kan føre til at det trengs mer styrke under styrkemåling. Ved alvorlige tilfeller av dette bør man foreta korrigeringer for å hindre forsøksfeil. Tendensene til kvaeflekke i denne masteroppgaven var ikke nok til at det ble utført korrigeringer.

Cellulosefibrene som er i bomullen i strimlene påvirkes av fuktighet og dette må tas hensyn til under styrkemålingene. Man kan enten styre temperaturen og fuktigheten i laboratoriet pluss at man har tørket strimlene på forhånd til bestemt temperatur, eller man kan la strimlene ligge i vann like før styrkemålinger utføres, da unngår man også at luftfuktighet spiller noen rolle (Sagar 1988). Correll *et al.* (1997) anbefaler også å fukte strimlene før man måler styrke på dem. For målingene i dette forsøket er det siste alternativet brukt fordi dette var enklest gjennomførbart. Det er lite sannsynlig at variasjonene blir annerledes om man bruker den ene eller den andre metoden, så lenge man velger en og følger den under alle sine målinger.

Det viste seg å ikke være noen korrelasjon mellom styrkemålingene og vegetasjonsdataene, altså hadde ikke feltvegetasjon noen betydelig påvirkning på nedbrytningshastigheten. Dette ble funnet ut med en korrelasjonsanalyse.

I resultatene fra vegetasjonsdataene kan det først sees at vest og øst er forskjellige og deler seg i to områder i figuren, denne type ordinasjonsfigurer forteller at punkter som er floristiske like ligger nærme hverandre. Videre er det interessant å se hvordan treslagene samler seg i visse områder. Det er et mønster som gjenspeiler ulike treslag og de skogløse områdene. I kronosekvensene ligner de yngste bestandene mest på skogløst område, og etter hvert som bestandene blir tettere, høyere og konkurransen om lys får innvirkning synker artsdiversiteten, og skogen ligner skogløst område mindre og mindre. Ved å se på antall arter i de forskjellige skogtypene og skogløst område er det interessant å se hvordan antall arter følger kronosekvensene (Figur 23). De yngste skogene er sammenlignbare med skogløst område, og desto eldre skogen blir desto færre plantearter greier å vokse under trærne. Grunnen til at antall arter øker igjen i den eldste lerkeskogen (L5) sammenlignet med L4 er trolig at L5 er en åpen skog i motsetning til L4 som er svært tett.

Vegetasjonsmålingene i resultatene samsvarer meget bra med lignende målinger som er gjort på Island, i flere av de samme områdene og som er nevnt i Sigurðsson *et al.* (2004).

Figur 26 viser at engsnelle (*Equisetum pratense*) er funnet i 48 % av alle vegetasjonsrutene. De 10 hyppigst observerte artene er: engsnelle, blokkebær (*Vaccinium uliginosum*), kvein (*Agrostis spp.*), fjellsnelle (*Equisetum variegatum*), starr (*Carex spp.*), smyle (*Descampsia flexuosa*), krekling (*Empetrum nigrum*), engfrytle (*Luzula multiflora*), dunbjørk (*Betula pubescens*) og gulmaure (*Galium verum*).

Ut i fra dette kan man oppsummere med at det er klart at ved å plante skog så forandres jordsmonnet og dets egenskaper som for eksempel nedbrytningsevnen og floraen. Faktorer som påvirker nedbrytningsevnen og floraen er blant annet: treslag, skjøtseltiltak (tetthet), bestandsalder, og trehøyde. Lys ser ut til å være en begrensende faktor.

Skogreisningen på Island er relativ ung og har ikke rukket å utvikle seg så mye som den har gjort i Norge. Etter hvert vil man kanskje få noen av de samme tendensene som i Norge i forbindelse med skogreisning, som forsuring av jordsmonnet, utskygging av bakkevegetasjon og den dramatiske endringen i landskapet. Andre negative faktorer som er aktuelle i Norge, men ikke på Island på grunn av det ulike utgangspunktet er blant annet reduksjon i tetthet av fugler og økt erosjonsfare. Det bør være klart hvor og hvilken type skog man vil plante for å unngå seinere problemer. Man bør også ha et mål med skogplantingen, økt tetthet på bekostning av artsdiversiteten?

Konklusjon

Den metoden som er brukt passer godt i et slikt type forsøk for å få vist nedbrytningsforskjellene mellom ulike behandlinger og skogtyper.

Det er en tendens til at nedbrytningshastigheten reduseres med økt dyp nedover i jorda. Den største nedbrytningsaktiviteten er i det aller øverste jordlaget, bare noen centimeter under jordoverflaten.

Nedbrytningshastigheten øker med inkubasjonstid i jorda. Bomullsstrimlenes tid i jorda har mye å si på nedbrytningsgraden. Desto lenger strimmelen ligger i jorda, desto mer nedbrutt blir den. Hvor stor forskjellen mellom nedbrytningen på en strimmel som har vært i jorda 5 uker og 10 uker avhenger av nedbrytningshastigheten i de ulike områdene. Tid 2 har vist de største forskjellene, derfor er tid 2 brukt for å se på forskjellene mellom ulike tresalg og kronosekvenser. Tid 2 synes å være optimal inkubasjonstid for boreale skoger.

Nedbrytningshastigheten av cellulose går saktere i områder uten skog enn i skog. Unntakene er contortafuruskogen (vest) og bjørkeskogen på øst. De skogtypene med høyest nedbrytning er lerkeskogen og sitkagranskogen. De skogløse feltene, øst og vest, ligger nærme hverandre i nedbrytningshastighet.

Forsøkene fra contortafuruskogen viser hvordan alderen (størrelsen) hos trærne kan påvirke nedbrytningen. Etter hvert som skogen blir eldre synker nedbrytningsaktiviteten på grunn av at faktorer som lystilgangen, strø, fuktighet.

Når skogen blir eldre synker nedbrytningen med alderen, men hvis det gjøres skjøtseltiltak, for eksempel tynning, vil nedbrytningen øke igjen. Unntak fra dette er lerkeskogen, grunnen til dette er usikker.

Bjørkeskogens kronosekvens vest viser at den eldste skogen (B3) har størst nedbrytning. Denne bjørkeskogen skiller seg også ellers ut med mye lavere C/N forhold enn bjørkeskogen øst (nedbrytningen øst går saktere enn de andre feltene på Vest-Island (Figur 15 a + b)). C/N forholdet har mye å si for nedbrytningsaktiviteten.

Når skogen blir eldre reduseres lystilgangen og antall arter reduseres med økende bestandsalder. Både sitkagranskogen, contortafuruskogen og lerkeskogen viser dette i figur 25. Tynning påvirker også alfadiversiteten i skogbunnen. Lystilgangen øker og flere planter vil trives der.

Vegetasjonen i de yngste skogene var meget lik vegetasjonen i de skogløse landskapene. Etter hvert som skogen vokser seg større og tettere, forandres vegetasjonen gradvis bort fra det opprinnelige skogløse landskapet. Like treslag danner til en viss grad et samlende mønster.

Man kan påvirke nedbrytningen i jorda og artsmangfoldet ved å velge å plante skog, framfor å ikke ha skog. Man bør da tenke over hvilken hovedhensikt skogen skal ha og så velge treslag deretter og planlegge framtidig skjøtsel.

Kilder

Aradóttir, A. L. & Arnalds, O. Ecosystem degradation and restoration of birch woodlands in Iceland *In*: Wielgolaski, F. E. 2001. Nordic mountain birch ecosystems. Man and the biosphere series. Volume 27. 390 s.

Beier, C. & Rasmussen, L. 1994. Organic matter decomposition in an acidic forest soil in Denmark as measured by the cotton strip assay. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9:106-114

Blöndal, S. 1993. Skógvernd og skógrækt í nýtingu lands. Hallormsstað. 22 s.

Blöndal, S. & Gunnarsson, S. B. 1996. Íslandskógar. Mál og mynd. 267 s.

British Standards 1986. Method for determination of breaking strength and elongation (strip method) of woven fabrics. Standard number BS 2576:1986. 12 s.

Brown, A. H. F. & Howson, G. Changes in tensile strength loss of cotton strips with season and soil depth under 4 tree species. 1988. *In*: Harrison, A. F., Latter, P. M., Walton, D. W. H. (eds.): Cotton strip assay: an index of decomposition in soils. ITE symposium no. 24. Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environment Research Council. Great Britain. Titus Wilson & Son Ltd s. 86-89

Børset, O. 1985. Skogskjøtsel I. Skogøkologi. Landbruksforlaget, Oslo. 494 s.

Conover, W. J. 1980. Practical nonparametric statistics. Wiley, New York, N. Y.

Correll, R. L., Harch, B. D., Kirkby, C. A., O'Brien, K., Pankhurst, C. E. 1997. Statistical analysis of reduction in tensile strength of cotton strips as a measure of soil microbial activity. *Journal of Microbiological Methods* 31: 9-17

Eysteinnsson, Þ. u.á. Forestry in a treeless land. <http://www.skogur.is> 21.april 2005

Flora of Iceland. u. á. <http://www.floraislands.is/latflora.htm> 21. april 2005

French, D. D. 1988 a. The problem of cementation. *In*: Harrison, A. F., Latter, P. M., Walton, D. W. H. (eds.): Cotton strip assay: an index of decomposition in soils. ITE symposium no. 24. Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environment Research Council. Great Britain. Titus Wilson & Son Ltd. s. 32-33

French D. D. 1988 b. Seasonal patterns in cotton strip decomposition in soils. *In*: Harrison, A. F., Latter, P. M., Walton, D. W. H. (eds.): Cotton strip assay: an index of decomposition in soils. ITE symposium no. 24. Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environment Research Council. Great Britain. Titus Wilson & Son Ltd. s. 46-49

Gestell, C. A. M., Kruidenier, M., Berg, M. P. 2003. Sustainability of wheat straw decomposition, cotton strip degradation and bait-lamina feeding tests to determine soil invertebrate activity. *Biology and Fertility of Soils*. 37:115-123

Guðmundsson, J. 1997. (*Pinus contorta*). En undersøkelse over trærnes kvalitet på Island. Hovedoppgave ved Institutt for skogfag, NLH. 49 s.

Harrison, A. F., Latter, P. M., Walton, D. W. H. (eds.) 1988: Cotton strip assay: an index of decomposition in soils. ITE symposium no. 24. Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environment Research Council. Great Britain. Titus Wilson & Son Ltd. s.166-171

Hill, M. O. 1979. DECORANA – A Fortran program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Cornell University. Ithaca, NY.

Hill, M. O. & Gauch, H. G. 1978. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio*. 42:47-58

Howson, G. 1988. Use of the cotton strip assay to detect potential differences in soil organic matter decomposition in forests subjected to thinning *In*: Harrison, A. F., Latter, P. M., Walton, D. W. H. (eds.): Cotton strip assay: an index of decomposition in soils. ITE symposium no. 24. Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environment Research Council. Great Britain. Titus Wilson & Son Ltd. s. 94-98

Jóhannesson, T. u.å. Veðurfarsyfirlit 2004. <http://www.vedur.is> 28.april 2005

Kristinsson, H. 2001. Íslenska plöntuhandbókin. Blómplöntur og byrkingar. Mál og menning, Reykjavík. 304 s.

Kristjánsdóttir, E. B. 1995. Skorradalur. Kulturlandskapets utvikling. Hovedoppgave ved Institutt for landskapsplanlegging. NLH. 103 s.

Kuzniar, K. 1988. Examination of the biological activity of the soil under natural conditions. *In*: Harrison, A. F., Latter, P. M., Walton, D. W. H. (eds.): Cotton strip assay: an index of decomposition in soils. ITE symposium no. 24. Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environment Research Council. Great Britain. Titus Wilson & Son Ltd. s.114-115

Latter, P. M. & Shaw, F. J. 1988. Demonstrating effects of clearfelling in forestry and the influence of temperature and moisture on changes in cellulose decomposition. *In*: Harrison, A. F., Latter, P. M., Walton, D. W. H. (eds.): Cotton strip assay: an index of decomposition in soils. ITE symposium no. 24. Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environment Research Council. Great Britain. Titus Wilson & Son Ltd. s. 99

Latter, P. M. & Walton, D. W. H. 1988. The cotton strip assay for cellulose decomposition studies in soil: history of the assay and developement. *In*: Harrison, A. F., Latter, P. M., Walton, D. W. H. (eds.): Cotton strip assay: an index of decomposition in soils. ITE symposium no. 24. Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environment Research Council. Great Britain. Titus Wilson & Son Ltd. s.7-10

Lid, J. & Lid, D. T. 1998. Norsk flora. Det norske samlaget, Oslo. 1014 s.

Mendelssohn, I. A., Sorrell, B. K., Brix, H., Schierup, H-H., Lorenzen, B., Maltby, E. 1999. Controls on soil cellulose decomposition along a salinity gradient in a *Phragmites australis* wetland in Denmark. Aquatic Botany 64: 381-398 s.

Naturgeografisk regionindelning av Norden. Nordiske ministerrådet.1984. 298 s.

Preusser, H. 1976. The landscapes of Iceland: Types and regions. 363 s.

Páhlsson, L. (ed.) 1994. Vegetationstyper i Norden. Tema Nord 1994:665. 627 s.

Sabit, A. 1995. Wellington Sears handbook of industrial textiles. Technomic Publishing Co, Inc. Lancaster, Pa.

Sagar, B. F. 1988. The Shirley Soil Burial Test Fabric and tensile testing as a measure of biological breakdown of textiles. *In*: Harrison, A. F., Latter, P. M., Walton, D. W. H. (eds.): Cotton strip assay: an index of decomposition in soils. ITE symposium no. 24. Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environment Research Council. Great Britain. Titus Wilson & Son Ltd. s. 11-16

Sigurðsson, B. D., Magnusson, B., Elmarsdóttir, Á., Bjarnadóttir, B. 2005. Effects of afforestation on understory biomass, carbon stock and vegetation composition: a chronosequence study in Iceland. 21 s. in prep. Beregnet på Annals of Forest Science.

Sigurðsson, B. D., Elmarsdóttir, Á. (eds.), Arneberg, A., Bergmann, D., Bjarnadóttir, B., Brinker, M-M., Egilsson, K., Eyjólfssdóttir, G. G., Einarsson, Ó., Guðjónsdóttir, K., Guðleifsson, B. E., Guðmundsdóttir, G., Guðmundsson, G. A., Halldórsson, G., Ingimarsdóttir, M., Jónsson, J. A., Karlsdóttir, I. D., Magnússon, B., Nielsen, Ó. K., Oddsdóttir, E., Ólafsson, E., Skarphéðinsson, K. H. oktober 2004. SKÓGVIST NIÐURSTÖÐUR ANNARS VERKEFNISÁRS (2004). Skógrækt ríkisins, Náttúrufræðistofnun Íslands og Rannsóknastofnun landbúnaðarins. 16 s.

Sigurðsson, B. D. & Snorrason, A. 2000. Carbon sequestration by afforestation and revegetation as a means of limiting net-CO₂ emissions in Iceland. Biotechnology, agronomy, society, and environment. 4 (4), 303-307

Sigurjónsdóttir, S. 1996. Vegetasjons- og jordsmonnutvikling i lerkeskoger på Øst-Island. Hovedoppgave ved Norges Landbrukshøgskole. Institutt for skogfag. 54 s.

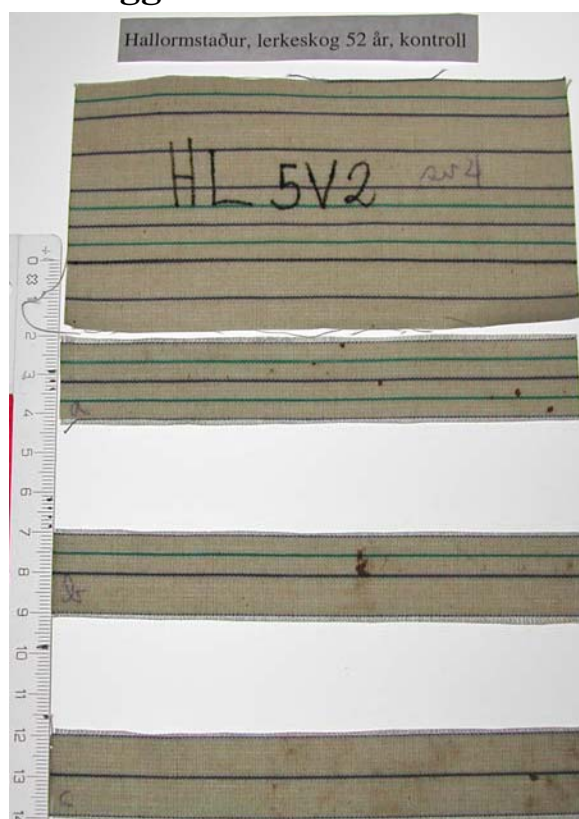
Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1981. Biometry. Freeman, New York.

ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*. 67 (5): 1167-1179 s.

ter Braak, C. J. F. 1987. The analysis of vegetation – environment relationship by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*. 69: 69-77 s.

Treonis, A. M., Wall, D. H., Virginia, R. A. 2002. Field and microcosm studies of decomposition and soil biota in a cold desert soil. *Ecosystems*. 5: s. 159-170

Vedlegg



Vedlegg 1

Strimmel før styrkemåling, kontrollstrimmel, tid 0.



Strimler før styrkemåling, Skorradalur, B1, tid 2 og tid 1.



Strimler før styrkemåling, Hallormsstaður, L5, tid 2 og tid 1.



Strimler før nedbrytning, Hallormsstaður, L4, tid 2 og tid 1.



Strimler før styrkemåling, Skorradalur, contortafuruskog, tid 2 og tid 1.



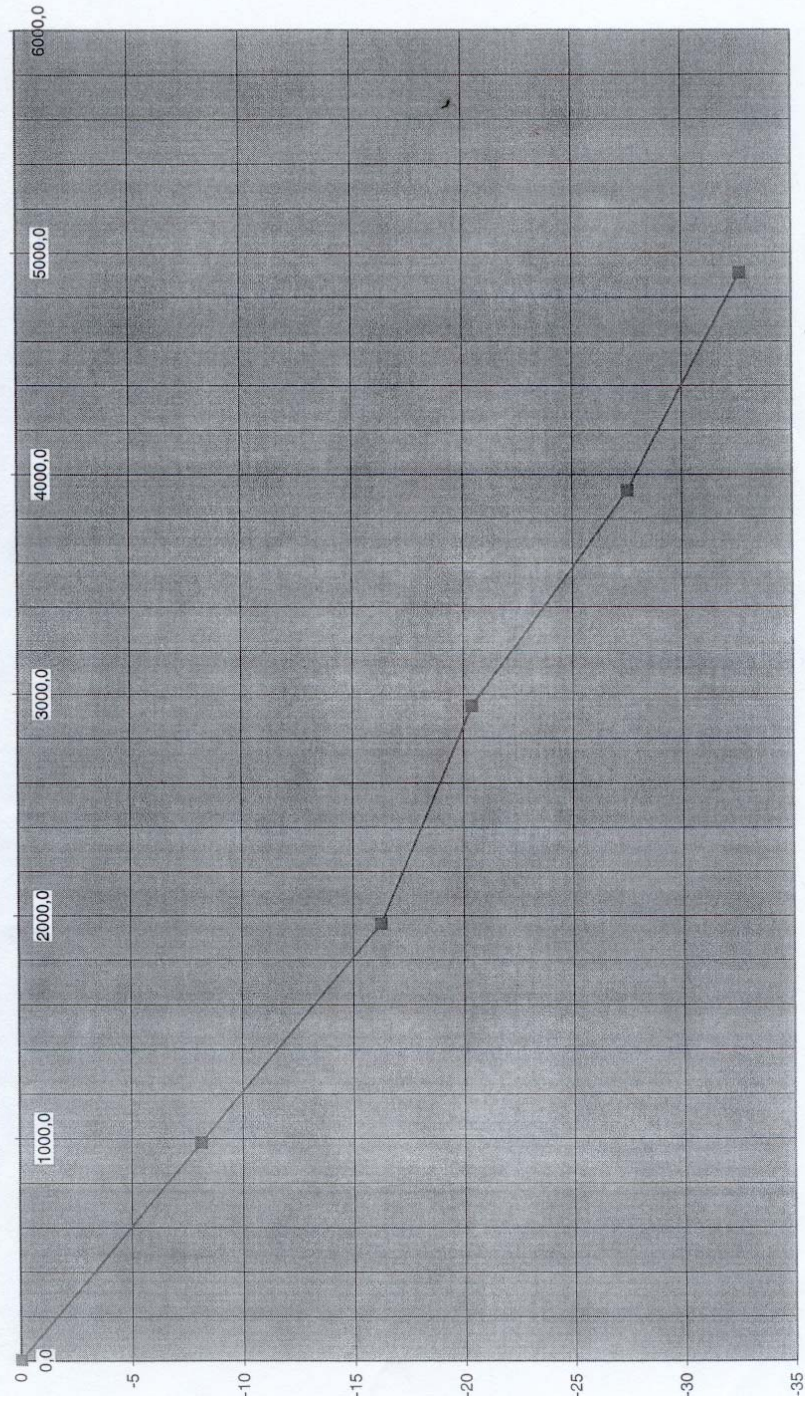
Strimler før styrkemåling, Skorradalur, skogløst landskap, tid 2 og tid 1.

[illegible]

OBS! Slik korrigeres det: Les av instrumentet. Finn verdien på x-aksen. Finn den tilsvarende verdien på y-aksen. Legg korreksjonsverdien til det avleste resultat. Har korreksjonsverdien negativt fortegn blir den "sanne verdien" mindre enn den avleste. Merk at vi ikke opererer med negativ kraft. Fortegnet betegner kun retningen på kraften. Verdiene forøvrig behandles som om de var positive. Leser vi av en kraft på - 3916N når cellen er trykkelastet blir korrigert verdi 3916N (+11 N).

Sign:.....

Korreksjonskurve for Lloyds strekkprøvemaskin 4501131 / lastcelle 4502127 - strekkbelastning .



2.08.2001 / kal-21.08.01

02127_96.xls

Side 2 av 3 side

ITF registreringsnr:	4501131	Utstyr:	Lloyd strekkprøvemaskin
Fabrikat:	Lloyd		
Måleområde:	5 kN (500 kg)		
Typenummer:	L-1000 R	Serienummer:	7165
Forhandler:	A/S G. Hartmann, Oslo		
Anskaffet (dato):	1990		
Plassert:	14-0308, rom 157. (Øvingsfløy, rom 157)		
Tilstand ved mottak:	God		
Utført vedlikehold:	Byttet styringskort 1993. Byttet eeprom 97.		
Skader og feil:	Skadet styringskort 1992		
Kalibrert område:	Kalibrert lastcelle 5 kN, Nr: 4502127 (oppbevares i fløy III, r 113)		
Kalibreringsintervall:	1 år.		
Kalibreringsmetode:	Systemkalibrering sammen med lastcelle ITF Nr: 4502127		
Kalibreringsinstans:	ITF		
Neste kalibrering:	Se kalibreringsoversikt		
Kalibreringsbevis:	Er vedlagt driftsjournal		
Beste målenøyaktighet:	Ved bruk av korleksjoner: Se usikkerhetsbudsjett		
Andre spesifikasjoner:	Lloyd maskinens styringskort identifikasjon: L 1000 R. EEPROM ver. 4.44 4501131-(A) Datamaskin (benyttes til styring og registrering). 4501131-B (4502643) Programvare: R Control V2.0 for windows 4501131-C Spennklemme TG-26 4501131-D 1 sett (2 stk) spennklemmer 4501131-E 1 sett (2 stk) spennkroker 4501131-F 1 stk sylindrisk pressverktøy 4501131-G 1 stk kam pressverktøy 4501131-H 1 stk kontrollodd, masse 49,48 kg. g verdi: $9.8187 = 485,82 \text{ N}$ Kalibrering: Systemkalibrering Det benyttes en spesiell kalibreringsramme som muliggjør bruk av loddats ITF Nr: 4501643 til kalibrering av 5 kN lastcelle. Se kalibreringsprosedyre		

VEDLEGG TIL KVALITETSHÅNDBOK

Utgave nr. 1/1995 Revisjon nr. og dato: Rev. 22.05.97

Dato:

Godkjent av: 

\\lf2bruker\KOPNAKKRED\AKKRED\BRUINST\REGISTR\B-113

ITF registreringsnr:	4501131 C	Utstyr:	Programvare for Lloyd strekkprøvemask.
Fabrikat:	R. Control, Lloyd Instruments, Ltd.		
Måleområde:	Se Lloyd strekkprøvemaskin		
Typenummer:	Versjon: 2.0 Win.	Serienummer:	Programvare
Forhandler:	A/S G. Hartmann, Oslo		
Anskaffet (dato):			
Plassert:	Ligger inne på PC'en på material-prøvelab. Floppy ved ID-avd.		
Tilstand ved mottak:			
Utført vedlikehold:			
Skader og feil:	Ingen		
Kalibrert område:	Se Lloyd		
Kalibreringsintervall:	Følger Lloyds strekkprøvemaskin ITF Nr: 4501131		
Kalibreringsmetode:	Se kalibreringsbevis		
Kalibreringsinstans:	ITF		
Neste kalibrering:	Se kalibreringsoversikt		
Kalibreringsbevis:	Er vedlagt driftsjournal. Systemkalibrert med Nr: 4501131		
Beste målenøyaktighet:	Se Lloyd Nr: 4501131		
Andre spesifikasjoner:	R-control versjon : 2.0 for Windows		

VEDLEGG TIL KVALITETSHÅNDBOK

Utgave nr. 1/1995 Revisjon nr. og dato: Rev. 22.05.97

Dato:

Godkjent av: 

\\tf2\bruker\KOPNAKKRED\AKKRED\BRUINST\REGISTR\B-1131C.REG

ITF registreringsnr:	4502127	Utstyr:	Lloyd lastcelle 5 kN
Fabrikat:	Lloyd		
Måleområde:	0,25 N til 5 kN, strekk og trykk.		
Typenummer:	NLC 5 kN	Serienummer:	7146
Forhandler:	G. Hartmann A/S, Oslo		
Anskaffet (dato):	1990		
Plassert:	Prøvelab. Fløy III, Rom 113, skap Nr 1. (når den ikke brukes)		
Tilstand ved mottak:	God		
Utført vedlikehold:			
Skader og feil:			
Kalibrert område:	20N til 4500 N		
Kalibreringsintervall:	1 år		
Kalibreringsmetode:	Sammenligning med referanse Nr: 4501643		
Kalibreringsinstans:	ITF		
Neste kalibrering:	Se kalibreringsoversikt		
Kalibreringsbevis:	Er vedlagt driftsjournal		
Beste målenøyaktighet:	Ved bruk av korreksjoner: Se usikkerhetsbudsjett		
Andre spesifikasjoner:	Fabrikkens opplysninger ang. målenøyaktighet: ± <i>System kalibrert Sammen med lastcelle 2127 Lloyd merke 4501131</i>		

VEDLEGG TIL KVALITETSHÅNDBOK

Utgave nr. 1/1995 Revisjon nr. og dato: Rev. 01 / 2. jun. 95

Dato:

Godkjent av:

R:\AKKRED\BRUINSTR\REGISTR\B-2127.DOC

Vedlegg 3

Benevning på forskjellige områder i figurene.

Vest-Island, Skorradalur		Øst-Island, Hallormsstaður	
M=M1V=SM	Område uten skog, beitemark	M=M1A=HM	Område uten skog, beitemark
B1=B1V=SB1	Bjørkeskog	B1=B1A=HB1	Bjørkeskog
B2=B2V=SB2	Bjørkeskog	B2=B2A=HB2	Bjørkeskog
B3=B3V=SB3	Bjørkeskog	L1=L1A=HL1	Lerkeskog
G1=G1V=SG1	Sitkagranskog	L2=L2A=HL2	Lerkeskog
G2=G2V=SG2	Sitkagranskog	L3=L3A=HL3	Lerkeskog
G3=G3V=SG3	Sitkagranskog	L4=L4A=HL4	Lerkeskog
G4=G4V=SG4	Sitkagranskog	L5=L5A=HL5	Lerkeskog
F1=F1V=SF1	Contortafuruskog		
F2=F2V=SF2	Contortafuruskog		
F3=F3V=SF3	Contortafuruskog		