



**Tillförsel av barkaska till en blandskog
i Medelpad- effekter på markkemi,
floras sammansättning och
stamtillväxt**

*Application of bark ash to a mixed forest
in central Sweden - effects on soil chemistry,
composition of the flora and stem growth*

**Torbjörn Nilsson
Åke Nilsson
Kjell Larsson**

Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära
Reports in Forest Ecology and Forest Soils

Rapport 88
Report 88
Uppsala 2004

Institutionen för skoglig marklära
Department of Forest Soils

Swedish University of Agricultural Sciences

ISSN 0348-3398
ISRN SLU-SKOMA-R--88--SE

Tillförsel av barkaska till en blandskog i Medelpad - effekter på markkemi, floras sammansättning och stamtillväxt

*Application of bark ash to a mixed forest
in central Sweden - effects on soil chemistry,
composition of the flora and stem growth*

**Torbjörn Nilsson
Åke Nilsson
Kjell Larsson**

**Uppsala
Februari 2004**

**Institutionen för skoglig marklära
Sveriges Lantbruksuniversitet**

Förord

Försöksytorna på SCA Skogs mark vid Gimåfors, NV Medelpad lades från början ut med medel från ”Projekt Askåterföring”, som finansierades av Stiftelsen Lantbruksforskning, Svenska Bioenergi Institutet Nord, MoDo Iggesund, SCA, Stora Skog, Hudik Kraft, Mellanskog och Länsstyrelsen i Gävleborgs län. Försöksytorna vid Gimåfors utgjorde då ett av fyra försöksområden.

Hösten 1996 skrevs ett separat kontrakt mellan SCA Skog och institutionen för skoglig marklära vid SLU. I uppdraget ingick att studera hur markvegetation och stamtillväxt påverkats av den tillförda pelleterade barkaskan. Sommaren 1996 tillkom, genom SCA's försorg, ytterligare försöksytor i Gimåfors. Hösten 2001 tilldelades institutionen för skoglig marklära medel från Gunnar och Birgitta Nordins fond vid Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien för utförande av markprovtagning och kemiska analyser. De undersökningar som redovisas i föreliggande rapport har således till övervägande del finansierats av SCA samt Gunnar och Birgitta Nordins fond vid Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien. Vi vill härmed rikta ett stort tack till dessa finansierare.

Det finns många personer som medverkat till att projektet kunnat genomföras. I projektets inledningsskede var Anders Hildeman projektansvarig från SCA's sida. Praktiska spörsmål angående själva askan löstes genom Anders försorg. Efter några månader övertog Mats-Åke Lantz projektansvaret från SCA's sida. Mats-Åke har hjälpt till med flera praktiska spörsmål och såg till att askförsöket i Gimåfors kompletterades med ett försöksled där granuler bestående av barkaska och rötslam lades ut i två olika givor. Leif Oscarsson, SCA, lade ut och dokumenterade det försöksledet. Mats-Åke Lantz har till denna rapport även lämnat värdefull information angående de restprodukter som använts. Ett stort tack riktas till dessa och övriga personer vid SCA som medverkat till projektets genomförande.

Markvegetationen på försöksytorna har noggrant inventerats vid tre olika tillfällen av Leena Arvanitis, Karim Hamza och Ulf Wallman. Ett varmt tack till dem och docent Maria Greger vid Botaniska institutionen, Stockholms universitet som sett till att inventeringarna utförts och sammanställts.

Slutligen vill vi rikta ett stort tack till alla de som på olika sätt (askspridning, provtagning, analyser m.m.) hjälpt till inom detta projekt. En stor arbetsinsats i fält har utförts av Anne Marie Karlson och Gudrun Sunnerstrand. Ett postumt tack riktas till Lars-Erik Andersson för all hans hjälp och råd i fält.

Innehållsförteckning

| | sid |
|---|-----|
| Sammanfattning | 7 |
| Summary | 8 |
| Inledning | 9 |
| Material och metoder | 11 |
| Områdesbeskrivning | 11 |
| Markvegetation | 13 |
| Beståndsmätning | 14 |
| Markprovtagning och analys | 14 |
| Statistisk analys | 15 |
| Resultat | 16 |
| Humuslagrets tjocklek | 16 |
| Volymvikt | 17 |
| Humushalt, kolhalt, kvävehalt och kol-kvävekvot | 18 |
| Humuslagret | 18 |
| Humusblandad mineraljord (0-5 cm under humuslagret) | 19 |
| Elektrisk ledningsförmåga och pH | 22 |
| Humuslagret | 22 |
| Humusblandad mineraljord (0-5 cm under humuslagret) | 23 |
| Markvegetation | 23 |
| Skogsproduktion | 24 |
| Antal träd och trädslagsfördelning | 24 |
| 1996 | 24 |
| 2002 | 26 |
| Trädhöjd | 26 |
| 1996 | 26 |
| 2002 | 27 |
| Brösthöjdsdiameter | 28 |
| 1996 | 28 |
| 2002 | 28 |
| Grundyta | 30 |
| 1996 | 30 |
| 2002 | 31 |
| Stamvolym per träd | 31 |
| Stamvolym per hektar | 32 |
| Diskussion | 35 |
| Slutsatser | 40 |
| Referenser | 41 |
| Bilaga 1a. Förekomst av olika arter inom askförsöket 1995, 1997 och 2001 | 45 |
| Bilaga 1b. Förekomst av olika arter inom aska+rötslam-försöket 1997 och 2001 | 46 |
| Bilaga 2a. Arternas abundans inom askförsöket 1995 och 2002 | 47 |
| Bilaga 2b. Arternas abundans inom aska+rötslam-försöket 2002 | 48 |

Sammanfattning

Försommaren 1995 utlades två fältförsök utanför Gimåfors, 56 km VNV Sundsvall, på skogsmark tillhörande SCA Skog. Båda försöken ligger samlade inom ett litet område med 60-årig grandominerad barrblandskog på sandig-moig morän och består av totalt 14 försöksytor (30x30 m). Det ena försöket består av åtta försöksytor, varav fyra ytor behandlades i juni 1996 med 3 ton pelleterad barkaska per hektar. Barkaskan kom från Ortvikens pappersmassafabrik utanför Sundsvall och vid pelleteringen tillsattes 8-10 % tallolja. Det andra försöket består av sex försöksytor, varav fyra ytor behandlades i juli 1996 med granulerad barkaska+rötslam i två olika doser; 3.3 respektive 10 ton per ha. Barkaskan kom i detta försök från Östrands pappersmassafabrik i Timrå, medan rötslammet kom från Fillans reningsverk i Sundsvall.

Syftet med försöken är att studera hur tillförsel av pelleterad barkaska och granulerad barkaska+rötslam påverkar markkemin, florans sammansättning och stamtillväxten. I försöket med pelleterad barkaska inventerades markvegetationen vid tre tillfällen; ett år före behandlingen, samt ett respektive fem år efter behandlingen. Markvegetationen inom försöket med granulerad barkaska+rötslam inventerades ett respektive fem år efter behandlingen. Tillväxtmätningar (brösthöjdsdiameter och trädhöjd) utfördes på alla ytor i samband med behandlingen och sex år senare. Markprovtagning utfördes sex år efter behandlingen och omfattade humuslagret och mineraljordsskiktet 0-5 cm under humuslagret. Jordproven analyserades på pH, elektrisk ledningsförmåga, humushalt, organiskt kol, samt totalkväve.

Sex år efter behandlingen återfanns på eller i humuslagret betydligt fler askpellets än granuler av barkaska+rötslam. Detta tyder på att askpelletsen var mer svårslösliga än granulerna. I försöket med pelleterad aska konstaterades också att fem-sex år efter behandlingen var effekterna på markkemi, florans sammansättning och stamtillväxt försumbara. En tendens till högre pH-värde i humuslagret på ytor behandlade med askpellets jämfört med kontrollytor kunde dock noteras.

Granulerna av barkaska+rötslam var relativt lösliga och tydliga effekter på vissa markkemiska parameterar kunde konstateras sex år efter behandlingen. Signifikanta ökningar av pH-värdet i humuslager och de översta 5 cm av mineraljorden, med en tydlig doseffekt, kunde således observeras. Klara tendenser till förhöjningar av den elektriska ledningsförmågan i humuslager och det översta mineraljordsskiktet kunde också noteras. Det fanns även tendenser till att volymvikt och kolhalt påverkats av den högsta givan. Några effekter av behandlingen på florans sammansättning eller stamtillväxt kunde dock ej observeras.

Summary

In a 60-year-old mixed coniferous stand dominated by Norway spruce on a sandy-silty till, the effects on soil chemistry, field vegetation and stem growth of applying two different ash products were studied during 1995-2002. Eight field plots (30x30 m) were established in early summer 1995, 56 km VNV Sundsvall in Central Sweden on forest land belonging to SCA Skog. One year later, in June 1996, 3 tonnes of pelleted bark ash (A) from a pulp mill factory (Ortviken near Sundsvall) were applied per hectare on four of these plots. During the production of these ash pellets, 8-10 % of tall oil was added. The other four plots were control plots (K). In July 1996, six more plots were established, in connection to the other eight plots. Two of these new plots were control plots (C), the other four plots were treated with granules (AS) of bark ash (from the pulp mill at Östrand, north of Sundsvall) and sewage sludge from the sewage-treatment plant Fillan in Sundsvall. Two different doses of these granules were used; two plots received 300 kg per plot or 3.3 tonnes ha⁻¹ (AS3) and two plots received 900 kg per plot or 10 tonnes ha⁻¹ (AS9).

The field vegetation in treatment A and K was inventoried one year before treatment, and one and five years after treatment. In the other treatments (C, AS3 and AS9) the field vegetation was inventoried only one and five years after treatment. Growth measurements (diameter at breast height and height of the trees) were made in connection to the treatments in June-July 1996 and six years later in May 2002. Soil samplings (humus layer, 0-5 cm below humus layer) were performed six years after the treatments. The soil samples were analyzed on pH, electrical conductivity, organic matter, organic carbon and total nitrogen.

Six years after the treatments, considerable more ash pellets than ash granules were found on or in the humus layer. Apparently the ash granules disintegrated faster than the ash pellets. The effects on soil chemistry, six years after treatment, were also more apparent on plots treated with ash granules than on plots treated with ash pellets. The effects of ash pellets on soil chemistry, field vegetation and stem growth were insignificant, except a tendency of a higher pH in the humus layer.

Significantly higher pH values in the humus layer and the upper 5 cm of the mineral soil were observed six years after the AS treatment. An apparent dose effect on the pH values was also observed with this treatment. A clear tendency of raised electrical conductivities in the humus layer and the upper 5 cm of the mineral soil were also noticed. There were also tendencies that the AS9 treatment affected soil bulk density and organic carbon content. However, the occurrence of different vascular plants or the stem growth were not affected by the AS treatments.

Inledning

Användningen av bibränslen har ökat kraftigt i Sverige de senaste 20 åren och förväntas öka även i framtiden. Huvuddelen av detta bibränsle har hittills utgjorts av s.k. skogsbränsle.

Detta skogsbränsle utgörs av:

- biprodukter från skogsavverkning i form av grenar och toppar (GROT)
- virke utan industriell användning (exempelvis rötskadat virke och klent virke)
- biprodukter och spill från skogsindustrin i form av bl.a. bark och sågspån
- ved för uppvärmning av småhus

När stamved och avverkningsrester tas ut från skogen förs samtidigt de näringsämnen, som finns i dessa träddelar, bort från skogsmarken. Bortförslin av mineralnäringsämnen (främst kalcium, magnesium och kalium) kan vanligen inte kompenseras fullt ut av vittring och deposition (Olsson, 1996). Det växttillgängliga förrådet av dessa mineralnäringsämnen i marken kan således minska och medföra negativa effekter på grund- och ytvatten (minskad alkalinitet och pH-värde), samt eventuellt på sikt även påverka trädens vitalitet. För att bibehålla skogsmarkens näringsbalans efter skogsbränsleuttag anser Skogsstyrelsen att kompensationsgödning bör ske (Samuelsson, 2001).

Då det är mineralnäringsämnen som i första hand bör tillföras marken, efter skogsbränsleuttag, utgör vedaska ett utmärkt näringskomparerande medel. Vedaska som bildas vid förbränning av skogsbränsle innehåller de mineralnäringsämnen som skördats från skogen. Det kväve som fanns i bränslet har dock till största delen avgått i rökgaserna.

Enligt Bjurström (2003) produceras varje år cirka 300 000 ton aska av en sådan kvalitet att den skulle kunna återföras till skogen. Denna aska består huvudsakligen av rena skogsbränsleaskor men även annan trädbränsleaska, samt vissa blandaskor där rena skogsbränsleaskor dominerar. För närvarande återförs årligen dock mindre än 5 % av denna askmängd, trots att askåterföring som åtgärd diskuterats i snart 20 år. Den låga återföringsgraden av vedaskan beror bl.a. på logistiska problem (ex. hur och i vilken form askan skall transporteras och spridas), men främst p.g.a. av oro för negativa effekter på miljön efter spridning av askan. Ett stort antal försök med askåterföring har därför påbörjats de senaste 10 åren. I dessa försök har man bl.a. studerat effekterna på vegetation, mark- och vattenkemi, samt produktionseffekter.

Färsk vedaska har ett högt innehåll av reaktiva oxider, vilket medför att dess pH-värde är mycket högt; pH 11-13 (Eriksson, 1992; Muse & Mitchell, 1995; Nordin, 1995; Someshwar, 1996; Steenari & Lindqvist, 1996). Innehållet av lösliga salter, t.ex. KCl, är vanligtvis också högt. Färska eller dåligt härdade vedaskor är således reaktiva och kan vid spridning på skogsmark orsaka skador på markvegetation, bl.a. brännskador på mossor och lavar (Jacobson, 1997; Kellner & Weibull, 1998; Jacobson & Gustafsson, 2001). För att minimera eventuella skadeverkningar på mark, vatten, vegetation och djurliv vid askåterföring bör vedaskan behandlas innan spridning så att den inte blir så löslig och reaktiv. En sådan behandling kan vara att granulera eller pelletera askan (Nilsson & Steenari, 1996). Askans sammansättning och egenskaper påverkas i hög grad av bränslets ursprung (ex. bark, avverkningsrester, stamved etc.) och kvalitet (ex. föroreningar, rötskador, m.m.), men även av förbränningsbetingelserna och förbränningsutrustningen, samt lagringsförhållandena.

Askpellets producerad från barkaska från Ortvikens pappersmassafabrik i Sundsvall spreds i juni 1996 inom fyra försöksytor på SCA's mark vid Gimåfors, NV Medelpad. Detta försök

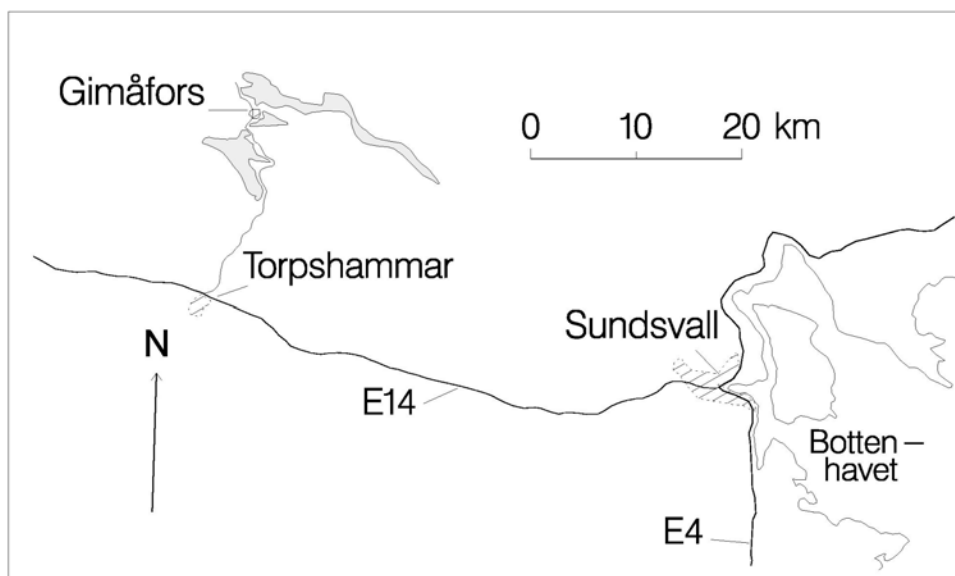
kompletterades i juli 1996 med fyra försöksytor som tillfördes granuler av barkaska (från Östrands pappersmassafabrik) och rötslam i två olika givor.

Inventeringar av floran, markprovtagning och tillväxtmätningar i befintligt bestånd utfördes på försöksytorna i olika omgångar 1995-2002. Denna rapport redovisar resultat från dessa inventeringar och mätningar.

Material och metoder

Områdesbeskrivning

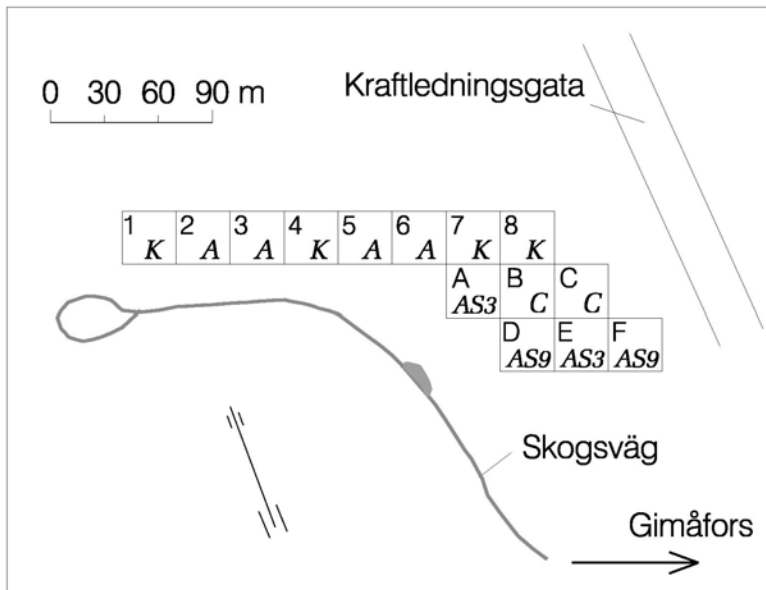
Försöksområdet är beläget drygt 1 km NV om Gimåfors (lat. 62°40', long. 16°24'), 56 km VNV Sundsvall och på 255-265 meters höjd över havet i en sydsluttning (figur 1). Högsta kustlinjen (HK) ligger i detta område på lite drygt 250 meter över havet, så försöksområdet ligger således strax över HK. Berggrunden utgörs av gnejs och jordarten av normalblockig sandig-moig morän. Närmaste klimatstation är Ljungå, 10 km NNV försöksområdet. Årsmedeltemperaturen i Ljungå är 1.5 °C, medan årsmedelnederbörden är ca 540 mm (Alexandersson m.fl., 1991). Beståndet var, vid försöksutläggningen, ett 59 år gammalt grandominerat barrblandskogsbestånd, som röjdes 1974 och gallrades 1989. I det här området av landet har flertalet skogar kvävegödslats, men detta bestånd har ej kvävegödslats.



Figur 1. SCA's försöksområde vid Gimåfors i förhållande till större tätorter och vägar.
Figure 1. The experimental area at Gimåfors in relation to larger roads and cities.

I juni 1995 lades åtta försöksytor ut i en rad. Dessa försöksytor betecknas med nummer, 1-8 (figur 2). Ytorna 2, 3, 5 och 6 behandlades i slutet av juni 1996 med askpellets tillverkade av barkaska från Ortvikens pappersmassafabrik. Vid pelleteringen, som utfördes av IKAB AB i Iggsund, tillsattes 8-10 % tallolja som bindemedel. Askgivan var 270 kg per parcell, vilket motsvarar en giva på 3 ton per hektar. Den kemiska sammansättningen hos askpelletsen redovisas i tabell 1.

SCA lade i juli 1996 ut ytterligare 6 försöksytor i anslutning till de tidigare utlagda ytorna (figur 2). Dessa försöksytor betecknas A-F. Ytorna B och C är kontrollytor, A och E behandlades med 300 kg granulerad barkaska och rötslam (vilket motsvarar en giva på 3.3 ton/ha), medan ytorna D och F behandlades med 900 kg granulerad barkaska och rötslam (= 10 ton/ha). Barkaskan kom från Östrands pappersmassafabrik och rötslammet från Fillans reningsverk i Sundsvall. I tabell 1 redovisas den kemiska sammansättningen hos dessa granuler.



Figur 2. Försöksytornas läge inom SCA's försöksområde strax nordväst om Gimåfors. Beteckningarna i försöksytornas övre vänstra hörn = försöksytebeteckning. A = ytor behandlade med pelleterad barkaska (270 kg per yta, motsvarande 3 ton per hektar), AS3 = ytor behandlade med granuler bestående av barkaska och rötslam (300 kg per yta, motsvarande 3.3 ton per hektar), AS9 = ytor behandlade med granuler bestående av barkaska och rötslam (900 kg per yta, motsvarande 10 ton per hektar), K = kontrolltytor till de askbehandlade ytorna; C = är kontrolltytor till ytorna behandlade med barkaska och rötslam.

Figure 2. The location of plots within the experimental area, 1 km northwest Gimåfors. Symbols in the upper left corner of the plots = plot designation. A = plots treated with pelleted bark ash (270 kg per plot, corresponding to a dose of 3 tonnes ha^{-1}), AS3 = plots treated with granules with a mix of bark ash and sewage sludge (300 kg per plot, corresponding to a dose of 3.3 tonnes ha^{-1}), AS9 = plots treated with the same granules but with a higher dose (900 kg per plot, corresponding to a dose of 10 tonnes ha^{-1}), K = control plots to the ash treated plots, C = control plots to the plots treated with granules of bark ash and sewage sludge).

Tabell 1. Den kemiska sammansättningen i askpelletsen och de granuler av barkaska + rötslam som använts i försöket utanför Gimåfors.

Table 1. The chemical composition of the pelleted bark ash and the granules of bark ash and sewage sludge.

| Egenskap / ämne <i>Quality / Element</i> | Enhet <i>Unity</i> | Askpellets <i>Ash pellets</i> | Granuler av aska+rötslam <i>Granules of ash + sludge</i> | Riktvärden (SVO) | |
|---|-----------------------|----------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| | | | | Lägsta <i>Minimum</i> | Högsta <i>Maximum</i> |
| Torrsubstanshalt | % | 86.1 | 81.5 | | |
| Halt oförbränt | vikt-% TS | 33.6 | 31.3 | | |
| pH | | | 8.9 | | |
| Kalcium, Ca | vikt-% TS | 15.2 | 15.0 | 12.5 | |
| Magnesium, Mg | - " - | 1.4 | | 2.0 | |
| Kväve, N | - " - | | 0.9 | | |
| Kalium, K | - " - | 3.5 | 1.2 | 3.0 | |
| Fosfor, P | - " - | 0.8 | 1.9 | 1.0 | |
| Aluminium, Al | - " - | 3.1 | 0.68 | | |
| Järn, Fe | - " - | 2.1 | 5.7 | | |
| Kisel, Si | - " - | 9.4 | | | |
| Mangan, Mn | - " - | 1.0 | 0.89 | | |
| Natrium, Na | - " - | 1.1 | | | |
| Svavel, S | - " - | 1.6 | | | |
| Arsenik, As | mg/kg TS | 15.2 | | | 30 |
| Bor, B | - " - | 138 | | | 500 |
| Kadmium, Cd | - " - | 9.4 | 7.2 | | 30 |
| Kobolt, Co | - " - | 21.0 | | | |
| Krom, Cr | - " - | 54.1 | 23 | | 100 |
| Koppar, Cu | - " - | 104 | 220 | | 400 |
| Kvicksilver, Hg | - " - | 0.87 | 0.33 | | 3 |
| Molybden, Mo | - " - | <5.9 | | | |
| Nickel, Ni | - " - | 39.2 | 36 | | 70 |
| Bly, Pb | - " - | 70.0 | 26 | | 300 |
| Vanadin, V | - " - | 37.0 | | | 70 |
| Zink, Zn | - " - | 3990 | 1600 | 1000 | 7000 |

Markvegetation

Markvegetationen har inventerats vid tre olika tillfällen. Ett år före asktillförseln inventerades ytorna 1-8 (se figur 2). I juli 1997, d.v.s. drygt ett år efter behandlingen inventerades dessa åtta ytor, samt de sex ytor (A-G), som lades ut sommaren 1996 och där fyra ytor behandlades med granuler av barkaska+rötslam (Arvanitis & Hamza, 1998). För ytorna A-G finns således ingen referensinventering före behandling med aska/rötslam. I början av augusti 2001, d.v.s. fem år efter askbehandlingen, utfördes ånyo en inventering av markvegetationen inom alla ytor (Wallman & Greger, 2002).

Vid den senaste inventeringen användes samma metodik, vad gäller artantal och abundans, som vid den ursprungliga inventeringen (Arvanitis m.fl., 1995). Mossor och lavar har dock inte inventerats, eftersom de tidigare inventeringarna var gjorda på ett sådant sätt att det inte går att utläsa några skillnader vid en uppföljning.

Beståndsmätning

I samband med behandlingarna gjordes även mätningar av brösthöjdsdiameter och trädhöjd. I mitten av varje parcell utlades en cirkulär provyta med radien 10 m. Inom denna provyta (314 m²) mättes alla träd på trädhöjd och brösthöjdsdiameter. Trädets brösthöjdsdiameter, som mäts på trädstammen 1.3 m ovan markyta, bestämdes genom att klava stammen från två håll, vinkelrätt mot varandra. Medelvärdet, D, från dessa två diameterbestämningar används sedan vid stammens volymsuppskattning. Trädhöjden, H, bestämdes med en elektronisk höjdmätare. En liknande mätning genomfördes i maj 2002.

Vid uppskattningen av stamvolymen, V, användes följande funktioner (Näslund, 1940):

$$\text{Tall: } V = 0.09314D^2 + 0.03069D^2H + 0.002818DH^2$$

$$\text{Gran: } V = 0.1202D^2 + 0.01504D^2H + 0.02341DH^2 - 0.06590H^2$$

Markprovtagning och analys

Markprovtagningen genomfördes i maj 2002, d.v.s. nästan sex år efter behandlingen. Inom varje försöksyta togs då jordprov i två punkter (vid ca 1/3 och 2/3 av den nord-sydliga provytediagonalen). Vid varje provpunkt togs åtta delprov från humuslagret, samt åtta delprov från mineraljorden (0-5 cm under humuslagret). Delproven från varje provpunkt slogs samman till två generalprov som representerar de olika provdjupen. Från varje försöksyta togs således 4 generalprov. Sammanlagt insamlades 56 generalprov från de 14 försöksytorna.

Dessutom grävdes en 70 cm djup grop alldeles utanför skärningspunkten mellan ytorna 6, 7 och A (se figur 2). I gropen togs ett prov på humuslagret (3 cm mäktigt), samt sju prov på mineraljorden:

- A-horisont, 0-3 cm under humuslagret
- E-horisont (blekjord), 3-8 cm under humuslagret
- E/B-horisont, 8-12 cm under humuslagret
- B1-horisont, 12-18 cm under humuslagret
- B2-horisont, 18-33 cm under humuslagret
- BC-horisont, 33-43 cm under humuslagret
- C-horisont, 43 - under humuslagret.

Efter provtagningen transporterades jordproven till laboratorium där proven förvarades 1-3 dygn i kylrum (+4 °C) innan de siktades genom en 2 mm sikt. De askpellets som påträffades i proven i samband med siktningen togs bort. De siktade proven förvarades i kylrum (+4 °C) innan de analyserades.

Proven analyserades på vattenhalt och humushalt, elektrisk ledningsförmåga, pH-värde, totalkol och totalkväve.

Jordprovets vattenhalt (vikt-%) bestämdes genom att väga proven före och efter torkning i 105 °C. Askhalten (vikt-%) bestämdes genom att de torkade proven förbrändes i ugn (650 °C) under en timme. Humushalten (vikt-%) beräknades ur askhalten (100 % - askhalten (i %)). För att bestämma den elektriska ledningsförmågan och pH-värdet i proven tillsattes 30 ml vatten till 3 gram humus, respektive 30 ml vatten till 5 gram mineraljord. Blandningarna

skakades och fick stå över natten innan elektrisk ledningsförmåga och pH analyserades i den vattenlösning som stod över den jord som sedimenterat över natten.

Statistisk analys

Den statistiska utvärderingen gjordes med hjälp av det statistiska programpaketet SAS, version 6 (Anon., 1989, 1990). Mätvariablerna testades om de var normalfördelade med hjälp av proceduren UNIVARIATE i programpaketet SAS. För att avgöra om det fanns signifikanta skillnader mellan de askpelletsbehandlade ytorna och kontrolytorna, med avseende på vissa mätvariabler, användes t-test (PROC TTEST i programpaketet SAS) om variabeln var normalfördelad på både kontrolyta och behandlad yta. I annat fall användes en icke-parametrisk test, Kruskal-Willis (PROC NPAR1WAY). Vid jämförelser av behandlingarna med olika givror av aska+rötslam (0, 300 och 900 kg per parcell) användes variansanalys; ANOVA-test (PROC GLM).

Resultat

Humuslagrets tjocklek

Vid markprovtagningen i maj 2002, d.v.s. nästan sex år efter behandling, uppmättes humuslagrets tjocklek i markproven. Humuslagrets tjocklek i de prov som togs varierade mellan 0.5 – 14 cm och totalmedelvärdet var 4.4 cm. Humuslagrets mäktighet varierar normalt relativt mycket, speciellt på moränmark, p.g.a. uppstickande hållar, block etc. Den variation som noterades inom och mellan försöksytorna var således inte onormal. Medelvärdet inom försöksytorna varierade mellan 3.1 – 6.0 cm. Det fanns dock ingen signifikant skillnad mellan försöksleden (tabell 2).

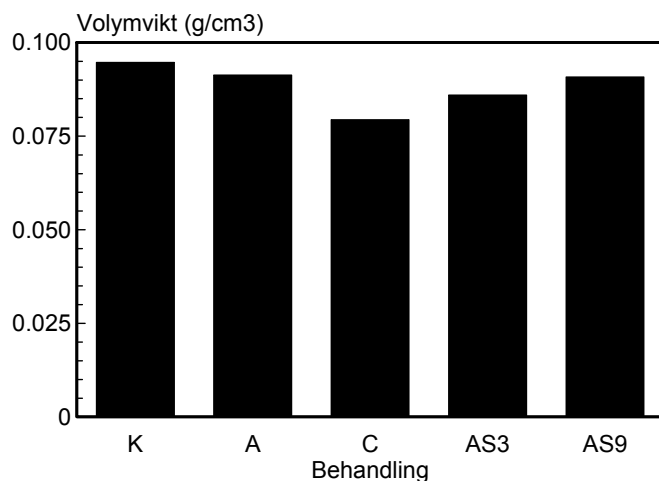
Tabell 2. Humuslagrets tjocklek. Medelvärde och standardavvikelse utgående från åtta prov inom varje parcell. Medelvärden för behandlingarna K (kontroll) och A (aska) är signifikant olika ($p < 0.05$) om de har skilda små bokstäver efter resp. behandlings medelvärde (t-test). Medelvärden för behandlingarna C (kontroll), AS3 och AS9 (aska+slam) är signifikant olika ($p < 0.05$) om de har skilda stora bokstäver efter resp. behandlings medelvärde (ANOVA-test). Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Table 2. Thickness of the humus layer. Mean value and standard deviation within each plot based on eight subsamples. Mean values for ash treated plots (A) are significantly different ($p < 0.05$) from control plots (K) if the mean values are followed with different small letters (t-test). Mean values for the experimental treatments C (control), AS3 and AS9 (ash + sewage sludge) are significantly different ($p < 0.05$) if the mean values are followed with different capital letters (ANOVA-test). Description of the treatments in figure text of figure 2.

| Parcell Plot | Behandling Treatment | Humuslagrets tjocklek (cm) Thickness of humus layer (cm) | |
|-----------------|-------------------------|---|--------------------|
| | | Medelvärde Mean | St.av. St. dev. |
| 1 | K | 6.0 | 1.8 |
| 4 | K | 3.5 | 1.8 |
| 7 | K | 3.8 | 1.2 |
| 8 | K | 3.1 | 1.0 |
| 1+4+7+8 | K | 4.1a | 1.8 |
| 2 | A | 5.6 | 2.5 |
| 3 | A | 3.7 | 1.9 |
| 5 | A | 5.1 | 3.0 |
| 6 | A | 4.4 | 1.6 |
| 2+3+5+6 | A | 4.7a | 2.4 |
| B | C | 4.2 | 1.4 |
| C | C | 3.4 | 2.4 |
| B+C | C | 3.8A | 2.0 |
| A | AS3 | 5.1 | 1.8 |
| E | AS3 | 3.2 | 1.1 |
| A+E | AS3 | 4.1A | 1.8 |
| D | AS9 | 4.0 | 2.8 |
| F | AS9 | 3.7 | 1.7 |
| D+F | AS9 | 3.8A | 2.3 |

Volymvikt

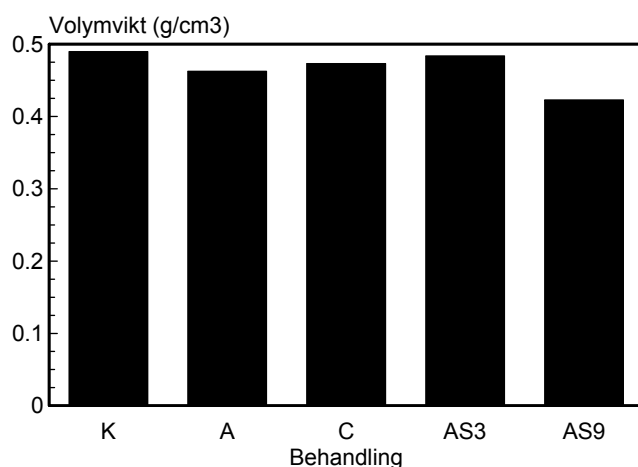
Volymvikten i proven från humuslagret varierade mellan $0.070 - 0.116 \text{ g cm}^{-3}$, med ett totalmedelvärde på 0.090 g cm^{-3} . Den lägsta genomsnittliga volymvikten (0.079 g cm^{-3}) bland behandlingarna noterades i kontrolledet för ask+slamförsöket, medan kontrolledet i askpelletsförsöket hade den högsta volymvikten (0.095 g cm^{-3}). I ask+slamförsöket noterades en tendens till ökande volymvikt i humuslagret med ökande giva (figur 3). Någon signifikant skillnad i volymvikt fanns dock ej mellan försöksleden.



Figur 3. Medelvärden av volymvikten i humuslagret inom varje behandling. Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Figure 3. Mean values of bulk density in humus layer within each treatment. Description of the treatments in figure text of figure 2.

I de översta fem centimetrarna av mineraljorden (humusblandad mineraljord) var volymvikten i medeltal 0.469 g cm^{-3} inom försöksområdet. Volymvikten i detta skikt varierade mellan $0.332 - 0.568 \text{ g cm}^{-3}$. Dessa relativt låga värden tyder på en hög inblandning av organiskt material i detta skikt. Den genomsnittliga volymvikten i de olika försöksleden var ganska lika, utom för ledet med 900 kg aska+rötslam, som hade en lägre (dock ej signifikant) volymvikt (figur 4).



Figur 4. Medelvärdet av volymvikten i de översta 5 cm av mineraljorden inom varje behandling. Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Figure 4. Mean values of bulk density in mineral soil (0-5 cm) within each treatment. Description of the treatments in figure text of figure 2.

Humushalt, kolhalt, kvävehalt och kol-kvävekvot

Humuslagret

I humuslagret varierade humushalten mellan 74.1 – 88.9 % och kolhalten mellan 41.5 – 51.3 % av torrsubstanshalten. Totalmedelvärdet för humushalten och kolhalten var 81.9 respektive 47.2 % av t.s.

Humushalten och kolhalten var i medeltal något högre på ytor behandlade med askpellets jämför med kontrolledet. Skillnaderna var dock inte signifikanta ($p=0.24$ för humushalten och $p=0.38$ för kolhalten). De två kontrollytorna i aska+slamförsöket hade dock signifikant högre humushalt jämfört med aska+slam-ledet med den lägre givan (3.3 ton/ha), se tabell 3.

Tabell 3. Humushalt, halten av organiskt kol (C) och totalkväve (N), samt kol-kvävekvoten (C/N) i humuslagret. Medelvärde av två generalprov inom varje försöksyta. Provtagning i maj 2002. Medelvärden för behandlingarna K (kontroll) och A (aska) är signifikant olika om de har skilda små bokstäver efter resp. behandlings medelvärde (t-test). Medelvärden för behandlingarna C (kontroll), AS3 och AS9 (aska+slam) är signifikant olika om de har skilda stora bokstäver efter resp. behandlings medelvärde (ANOVA-test). Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Table 3. Concentrations (% of d.w.) of organic matter, organic carbon (C) and total nitrogen (N), and the C/N-ratio in the humuslayer. Mean values of two samples in each plot. Sampling in May 2002. Mean values for ash treated plots (A) are significantly different ($p<0.05$) from control plots (K) if the mean values are followed with different small letters (t-test). Mean values for the experimental treatments C (control), AS3 and AS9 (ash+sewage sludge) are significantly different ($p<0.05$) if the mean values are followed with different capital letters (ANOVA-test). Description of the treatments in figure text of figure 2.

| Försöks- yta | Behandling | Humus- halt | C ----- % av t.s. | N ----- | C/N |
|-----------------|------------|----------------|-------------------------|--------------|-------------|
| 1 | K | 74.1 | 41.5 | 1.24 | 33.4 |
| 4 | K | 79.5 | 46.9 | 1.37 | 34.3 |
| 7 | K | 82.6 | 47.1 | 1.58 | 29.8 |
| 8 | K | 86.1 | 49.9 | 1.63 | 30.7 |
| Medel ± SD | K | 80.5 ±7.1 a | 46.4 ±4.5 a | 1.45 ±0.19 a | 32.0 ±2.2 a |
| 2 | A | 83.8 | 48.7 | 1.39 | 35.2 |
| 3 | A | 84.4 | 49.3 | 1.38 | 35.8 |
| 5 | A | 85.5 | 48.1 | 1.46 | 33.5 |
| 6 | A | 83.5 | 46.7 | 1.38 | 34.0 |
| Medel ± SD | A | 84.3 ±1.8 a | 48.2 ±2.0 a | 1.40 ±0.11 a | 34.6 ±2.8 a |
| B | C | 84.8 | 48.7 | 1.45 | 33.7 |
| C | C | 88.9 | 51.3 | 1.66 | 31.0 |
| Medel ± SD | C | 86.8 ±3.2 A | 50.0 ±1.8 A | 1.55 ±0.14 A | 32.3 ±2.4 A |
| A | AS3 | 75.1 | 42.8 | 1.47 | 29.2 |
| E | AS3 | 80.4 | 46.6 | 1.35 | 34.7 |
| Medel ± SD | AS3 | 77.8 ±4.8 B | 44.7 ±3.6 A | 1.41 ±0.09 A | 32.0 ±3.7 A |
| D | AS9 | 80.3 | 46.7 | 1.35 | 35.0 |
| F | AS9 | 78.4 | 45.7 | 1.30 | 35.0 |
| Medel ± SD | AS9 | 79.3 ±5.7 AB | 46.2 ±4.4 A | 1.32 ±0.16 A | 35.0 ±1.9 A |

Mängden kol i humuslagret varierade mellan 1.05 – 3.50 kg C/m², med ett medelvärde på 1.78 kg C/m². De ytor som behandlats med pelleterad aska hade i genomsnitt något mer kol i humuslagret än kontrolltyterna (2.09 resp. 1.78 kg C/m²). De olika försöksleden i aska+slamförsöket hade i stort sett samma kolmängd i humuslagret (1.52-1.60 kg C/m²), se figur 5.

Kvävehalten varierade mellan 1.13 – 1.70 % av torrsubstanshalten med ett totalmedelvärde på 1.43 % av t.s. Kontrollleden har högre kvävehalt än de behandlade leden. En tendens till lägre kvävehalt med ökande aska+slamgiva kan också noteras, trots att mer kväve tillförts ju högre aska+slamgivan var. Skillnaderna är dock inte signifikanta (tabell 3).

Kvävemängden i humuslagret var i medeltal 0.054 kg/m². Skillnaden var inte stor mellan försöksleden, även om ytor som behandlats med pelleterad aska (behandling A) avvek något från de övriga försöksleden (figur 6).

Den relativt stora variationen i kvävehalt medförde att också variationen i C/N-kvot var förhållandevis stor; 27.2-37.5.

Humusblandad mineraljord (0-5 cm under humuslagret)

Det mineraljordsprov som togs i de översta fem centimetrarna av mineraljorden hade, i de flesta fallen, en relativt hög inblandning av organiskt material. Humushalten i detta skikt varierade vanligtvis mellan 10-16 % av torrsubstanshalten. I två av de behandlade försöksytorna, nr 6 (aska 3 ton/ha) och D (aska+rötslam 10 ton/ha), var dock humushalten betydligt högre; 16-22 % av t.s. Detta medförde att medelvärdet av humushalten i försöksleden med pelleterad aska och 10 ton granulerad aska+rötslam var betydligt högre än i motsvarande kontrollled. På grund av den stora variationen inom dessa behandlade led fanns dock ingen signifikant skillnad gentemot kontrollleden (tabell 4).

Kolhalten i den humusblandade mineraljorden varierade mellan 4.26 – 17.6 % av t.s., med ett totalmedelvärde på 7.90 % av t.s. De högsta kolhalterna noterades även här i prover från försöksytorna 6 och D. Försöksytorna behandlade med 10 ton granulerad aska+rötslam per hektar (försöksled AS9) hade i medeltal nästan dubbelt så hög kolhalt som kontrolltyterna och de ytor som behandlats med 3.3 ton granulerad aska+rötslam per hektar, men på grund av en stor variation av kolhalten inom försöksledet AS9 var skillnaderna mellan behandlingarna ej signifikanta (tabell 4).

Kvävehalten i det humusblandade mineraljordsskiktet varierade mellan 0.16 – 0.47 % av torrsubstanshalten. Skillnaden mellan medelvärdet för ytor som behandlats med pelleterad aska och kontrolltytor var mycket liten (0.28 resp. 0.26 % av t.s.). Försöksledet AS9 hade i genomsnitt betydligt högre kvävehalt (0.32 % av t.s.) jämfört med försöksleden AS3 och C (0.22 % av t.s.), se tabell 4. Men på grund av en stor variation i kvävehalten, speciellt inom ledet AS9, fanns ej heller i detta försök någon signifikant skillnad mellan försöksleden.

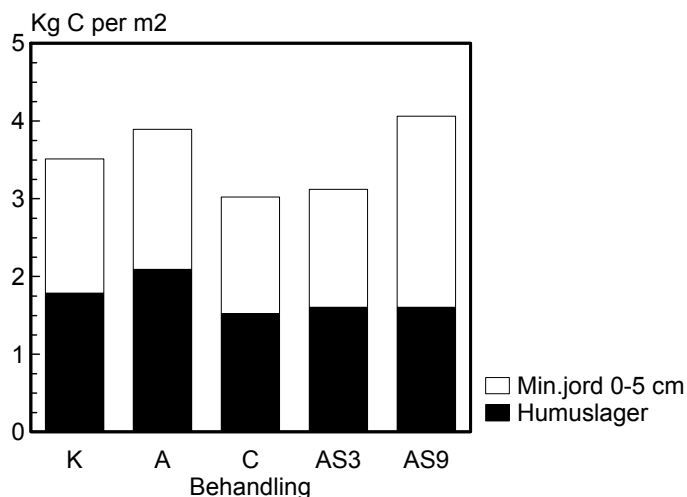
I det provtagna humusblandade mineraljordsskiktet varierade kol/kväve-kvoten (C/N-kvot) mellan 22-40, med ett medelvärde på 30.1. Detta medelvärde är relativt högt, med tanke på att C/N-kvoten i humuslagret var i medeltal 33.2. Det kan dock troligen förklaras av att de prov som hade inblandning av träkol oftast hade höga C/N-kvoter. En hög variation inom försöksleden medför dock att det inte fanns någon signifikant skillnad i C/N-kvoten mellan leden (tabell 4).

Tabell 4. Humushalt, halten av organiskt kol (C) och totalkväve (N), samt kol-kväveknoten (C/N) i den humusblandade mineraljorden (0-5 cm under humuslagret). Medelvärde av två generalprov inom varje försöksyta. Medelvärden för behandlingarna K (kontroll) och A (aska) är signifikant olika om de har skilda små bokstäver efter resp. behandlings medelvärde (t-test). Medelvärden för behandlingarna C (kontroll), AS3 och AS9 (aska+slam) är signifikant olika om de har skilda stora bokstäver efter resp. behandlings medelvärde (ANOVA-test). Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Table 4. Concentrations (% of d.w.) of organic matter, organic carbon (C) and total nitrogen (N), and the C/N-ratio in the upper 5 cm of the mineral soil. Mean values of two samples in each plot. Mean values for ash treated plots (A) are significantly different ($p < 0.05$) from control plots (K) if the mean values are followed with different small letters (t-test). Mean values for the experimental treatments C (control), AS3 and AS9 (ash+sewage sludge) are significantly different ($p < 0.05$) if the mean values are followed with different capital letters (ANOVA-test). Description of the treatments in figure text of figure 2.

| Försöks- yta | Behandling | Humus- halt | C | N | C/N |
|-----------------|------------|----------------|-----------------------|---------------|------------|
| | | | ----- % av t.s. ----- | | |
| 1 | K | 12.8 | 6.57 | 0.24 | 27.1 |
| 4 | K | 11.7 | 5.53 | 0.20 | 27.5 |
| 7 | K | 13.3 | 8.07 | 0.29 | 27.7 |
| 8 | K | 12.1 | 8.30 | 0.29 | 28.6 |
| Medel ± SD | K | 12.5 ± 0.7 a | 7.12 ± 1.31 a | 0.256 ± 0.043 | 27.7 ± 0.6 |
| 2 | A | 11.6 | 6.39 | 0.23 | 28.3 |
| 3 | A | 13.1 | 6.14 | 0.23 | 27.2 |
| 5 | A | 15.6 | 8.66 | 0.28 | 31.5 |
| 6 | A | 19.4 | 10.9 | 0.38 | 28.6 |
| Medel ± SD | A | 14.9 ± 3.4 a | 8.01 ± 2.2 a | 0.277 ± 0.072 | 28.9 ± 1.9 |
| B | C | 12.0 | 7.06 | 0.23 | 30.3 |
| C | C | 11.1 | 5.82 | 0.20 | 28.5 |
| Medel ± SD | C | 11.6 ± 0.7 A | 6.44 ± 0.88 A | 0.216 ± 0.022 | 29.4 ± 1.2 |
| A | AS3 | 12.3 | 6.37 | 0.25 | 25.3 |
| E | AS3 | 13.5 | 6.45 | 0.19 | 34.3 |
| Medel ± SD | AS3 | 12.9 ± 0.8 A | 6.41 ± 0.05 A | 0.218 ± 0.042 | 29.8 ± 6.4 |
| D | AS9 | 21.7 | 15.4 | 0.42 | 36.8 |
| F | AS9 | 13.1 | 8.99 | 0.23 | 39.4 |
| Medel ± SD | AS9 | 17.4 ± 6.0 A | 12.2 ± 4.6 A | 0.323 ± 0.135 | 38.1 ± 1.8 |

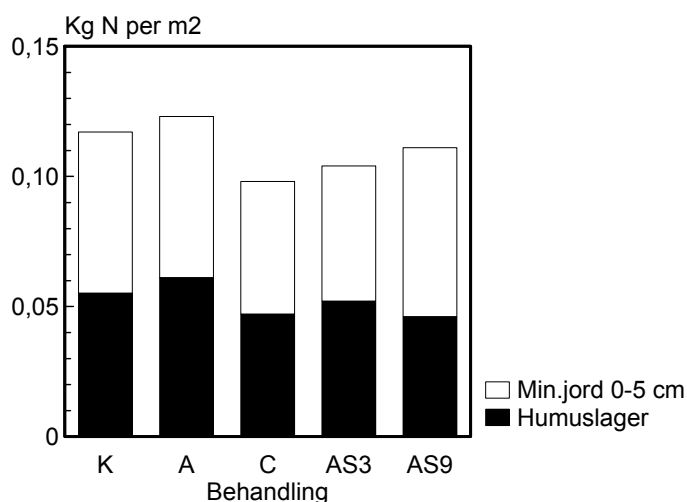
Mängden kol i de översta fem cm av mineraljorden varierade nästan lika mycket som i humuslagret (1.12 – 3.09 kg C/m²). Ett försöksled (AS9) avvek kraftigt från de övriga med ett betydligt större kolförråd (2.46 kg C/m²) än de övriga leden (1.50-1.83 kg C/m²), se figur 5. Orsaken till den höga kolmängden i försöksledet AS9 kan möjligen bero på att den stora givan (10 ton/ha) orsakat en större utlakning av organiskt material från humuslagret och röttslammet. Större delen av detta utlakade organiska material har sedan fastnat i de övre cm av mineraljorden.



Figur 5. Medelvärde för mängden kol (kg C/m²) i humuslager och mineraljord (0-5 cm) i de olika försöksleden. Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Figure 5. Mean values of carbon density (kg C/m²) in humus layer and the upper 5 cm of the mineral soil in the different experimental treatments. Description of the treatments in figure text of figure 2.

Kvävemängden i de översta fem cm av mineraljorden varierade mindre än kolmängden (0.042 – 0.083 kg N/m²). Någon skillnad i kvävemängd i detta skikt fanns inte mellan kontrolltytor och ytor behandlade med pelleterad aska. Försökledet AS9 hade högre mängd kväve (0.065 kg N/m²) än försöksleden C och AS3 (0.051 resp. 0.052 kg N/m²), men skillnaden var inte signifikant (figur 6).



Figur 6. Medelvärde för mängden kväve (kg N/m²) i humuslager och mineraljord (0-5 cm) i de olika försöksleden. Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Figure 6. Mean values of nitrogen density (kg N/m²) in humus layer and the upper 5 cm of the mineral soil in the different experimental treatments. Description of the treatments in figure text of figure 2.

Elektrisk ledningsförmåga och pH

Humuslagret

Den elektriska ledningsförmågan (EC) i proven från humuslagret uppvisade en stor variation (169-375 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Mellan försöksleden K och A fanns det i princip ingen skillnad i medelvärdet för EC, vilket var förvånansvärt. De lösliga salter som funnits i askpelletsen har troligen lakats ut ur humuslagret. I försöket med olika givor av aska + rötslam fanns en tydlig, men ej signifikant, tendens till att EC i humuslagret ökade med givan (tabell 5).

Tabell 5. Elektrisk ledningsförmåga (EC) och pH i humuslagret och de översta 5 cm av mineraljorden. Medelvärde av två generalprov inom varje parcell. Medelvärden för behandlingarna K (kontroll) och A (aska) är signifikant olika om de har skilda små bokstäver efter resp. behandlings medelvärde (t-test). Medelvärden för behandlingarna C (kontroll), AS3 och AS9 (aska+slam) är signifikant olika om de har skilda stora bokstäver efter resp. behandlings medelvärde (ANOVA-test). Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Table 5. Electrical conductivity (EC) and pH in the humus layer and the upper 5 cm of the mineral soil. Mean values of two samples in each plot. Mean values for ash treated plots (A) are significantly different ($p < 0.05$) from control plots (K) if the mean values are followed with different small letters (t-test). Mean values for the experimental treatments C (control), AS3 and AS9 (ash+sewage sludge) are significantly different ($p < 0.05$) if the mean values are followed with different capital letters (ANOVA-test). Description of the treatments in figure text of figure 2.

| Parcell | Behandling | ----- Humuslager ----- | | ----- Mineraljord 0-5 cm ----- | |
|----------------|------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
| | | EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | pH | EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | pH |
| 1 | K | 182 | 4.44 | 67.2 | 4.61 |
| 4 | K | 196 | 4.14 | 62.8 | 4.36 |
| 7 | K | 222 | 4.66 | 74.2 | 4.52 |
| 8 | K | 253 | 4.32 | 78.0 | 4.34 |
| Medel \pm SD | K | 213 \pm 31 a | 4.39 \pm 0.22 a | 70.5 \pm 6.8 a | 4.46 \pm 0.13 a |
| 2 | A | 190 | 4.38 | 63.0 | 4.29 |
| 3 | A | 239 | 4.57 | 78.7 | 4.29 |
| 5 | A | 239 | 4.66 | 101 | 4.50 |
| 6 | A | 199 | 4.87 | 92.2 | 4.58 |
| Medel \pm SD | A | 217 \pm 26 a | 4.62 \pm 0.20 a | 83.7 \pm 17 a | 4.42 \pm 0.15 a |
| B | C | 189 | 4.18 | 72.4 | 4.23 |
| C | C | 224 | 4.31 | 62.1 | 4.34 |
| Medel \pm SD | C | 207 \pm 25 A | 4.24 \pm 0.10 C | 67.3 \pm 7.3 A | 4.28 \pm 0.08 C |
| A | AS3 | 199 | 5.00 | 64.3 | 4.51 |
| E | AS3 | 313 | 5.23 | 88.2 | 4.56 |
| Medel \pm SD | AS3 | 256 \pm 81 A | 5.12 \pm 0.16 B | 76.2 \pm 17 A | 4.54 \pm 0.04 B |
| D | AS9 | 272 | 5.64 | 118 | 4.75 |
| F | AS9 | 328 | 5.56 | 84.9 | 4.73 |
| Medel \pm SD | AS9 | 300 \pm 40 A | 5.60 \pm 0.06 A | 101 \pm 23 A | 4.74 \pm 0.01 A |

En stor variation fanns för pH-värdet i humuslagret inom försöksområdet; 4.11 – 5.99. I försöksleden A var medelvärdet för pH 4.62 vilket var bara 0.23 pH-enheter högre än inom motsvarande kontroll. Denna skillnad var inte signifikant ($p=0.17$). I försöket med olika

givor av aska+rötslam var dock pH-skilnaderna relativt stora och signifikanta mellan försöksleden (tabell 5).

Humusblandad mineraljord (0-5 cm under humuslagret)

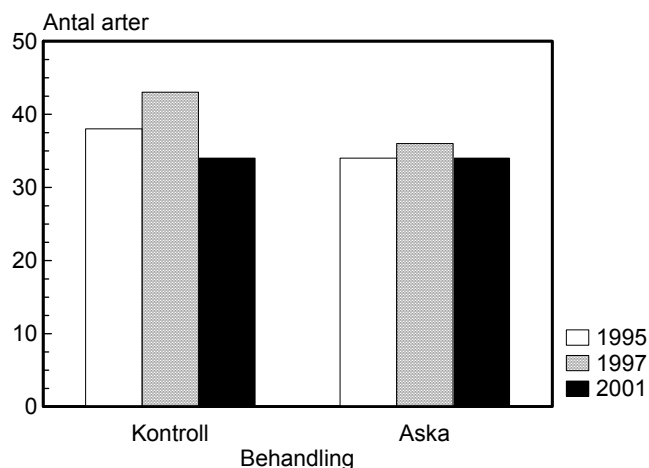
Även i den humusblandade mineraljorden fanns en relativt stor variation i den elektriska ledningsförmågan (53.9 – 128.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Medelvärdet för EC inom ytorna behandlade med pelleterad aska (försöksled A) var betydligt högre än inom motsvarande kontrolltytor (försöksled K), men på grund av den stora variationen inom ledet A fanns ingen signifikant skillnad ($p=0.19$) mellan dessa två försöksled (tabell 5). Inom försöket med olika givor av aska+rötslam hade försöksledet AS9 den i medeltal högsta EC, följt av ledet AS3, medan kontrolltytorna hade de i genomsnitt lägsta EC-värdena. Den stora variationen inom försöksleden AS9 och AS3 medförde dock att det inte fanns några signifikanta skillnader (tabell 5).

Totalt sett var variationen i pH, i de översta 5 cm av mineraljorden, inte så stor som i humuslagret. Skillnaden i medel-pH mellan försöksleden A och K var försumbar. Däremot fanns en klar ökning av pH i försöket med olika givor av aska+rötslam (tabell 5).

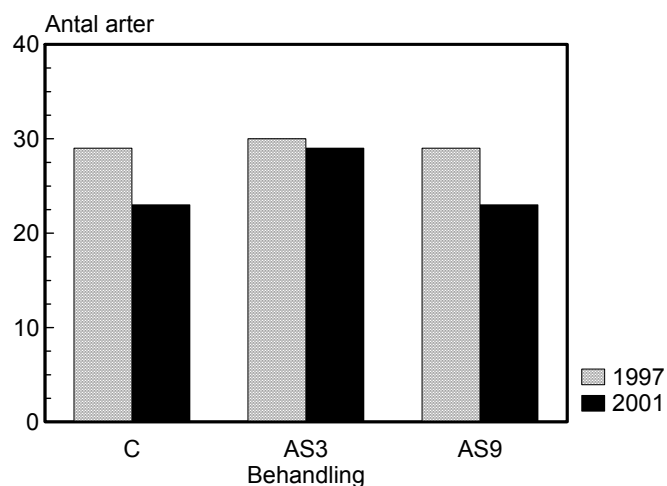
Markvegetation

Sommaren 1995 inventerades kärlväxterna på försöksytorna 1-8. Då fann man totalt 43 arter. De försöksytorna som blev kontrolltytor hade något mer arter (38) än de ytor som året efter blev behandlade med aska (34 arter). Artantalet inom sju av de åtta ytorna låg mellan 23-26, men en kontrolltyta, nr 7, hade betydligt fler arter; 33 (Arvanitis m.fl., 1995), se bilaga 1a. Vid inventeringen sommaren 1997 hade antalet arter ökat inom nästan alla dessa åtta försöksytorna och totalt hittades 47 kärlväxtarter inom dessa ytor (Arvanitis & Hamza, 1998). Den kraftigaste ökningen noterades på kontrolltytorna (+5 arter). Sommaren 2001 hade totalantalet arter minskat till 38. Den kraftigaste minskningen noterades inom kontrolltytorna, så att antalet arter inom dessa ytor nu var lika många (34) som inom de ytor som behandlats med pelleterad barkaska (Wallman & Greger, 2002). Någon statistisk säker skillnad i artantal mellan kontroll- respektive askbehandlade ytor fanns inte vid någon av inventeringarna. Någon märkbar effekt av askbehandlingen på artförekomst (figur 7; bilaga 1a) eller antalet individer av en art (bilaga 2a) har således ej observerats de fem första åren efter behandling.

Försöksytorna A-F (försöket med olika doser av granulerad barkaska+rötslam) har inventerats sommaren 1997 och 2001. Totalantalet arter inom dessa ytor var något lägre än inom ytorna 1-8; 39 arter sommaren 1997 och 30 arter sommaren 2001. Mellan de två inventeringarna minskade artantalet lika mycket inom kontrolltytor som inom ledet AS9, medan minskningen var marginell inom AS3 (figur 8, bilaga 1b). Skillnaden i artantal mellan behandlingarna var ej statistiskt signifikant vid någon av inventeringarna. Någon uppenbar effekt av behandlingarna på förekomsten av olika arter kunde ej observeras (bilaga 2b).



Figur 7. Antalet kärlväxtarter inom kontrolltytor och tytor behandlade med pelleterad barkaska, ett år före behandlingen (1995), ett år efter behandlingen (1997) och fem år efter behandlingen (2001).
Figure 7. Number of vascular plant species on control plots and plots treated with pelleted bark ash, one year before treatment (1995), one year after treatment (1997) and five years after treatment (2001).



Figur 8. Antalet kärlväxtarter inom kontrolltytor (C) och tytor behandlade med 3.3 ton (AS3) eller 10 ton (AS9) granulerad barkaska+rötslam per hektar, ett år efter behandlingen (1997) och fem år efter behandlingen (2001).
Figure 8. Number of vascular plant species on control plots (C) and plots treated with 3.2 tonnes (AS3) or 10 tonnes (AS9) of granulated bark ash + sewage sludge per hectare, one year after treatment (1997) and five years after treatment (2001).

Skogsproduktion

Antal träd och trädslagsfördelning

1996

I försöket med pelleterad barkaska mättes höjd och brösthöjdsdiameter på sammanlagt 198 träd inom de 8 försöksytorna. Antalet träd inom provytorna (314 m²) varierade mellan 19 och 29, vilket motsvarar 605 respektive 925 stammar per hektar. Det genomsnittliga stamantalet

inom dessa åtta försöksytor var 788 per hektar. Antalet stammar var något lägre inom kontrollytorna (748 per hektar), jämfört med de ytor som behandlades med pelleterad barkaska (828 per hektar). Skillnaden var inte statistiskt signifikant. Totalt sett dominerade gran inom de åtta försöksytorna (58 %), men variationen var mycket stor (8-97 %). Enstaka björkar fanns inom två av provytorna (tabell 6).

Tabell 6. Trädslagsfördelning inom provytorna på de olika försöksytorna försommaren 1996 och 2002. n = antal träd inom respektive provyta (314 m²), % = procentuell andel av träden inom provytan.
Table 6. Distribution of tree species on the sample plots, within the experimental plots, in 1996 and in 2002. n = number of trees within the sample plots (314 m²), % = share (in per cent) of the total amount of trees within the sample plot. Tall = Scots pine, gran = Norway spruce, björk=downy birch (Betula pubescens).

| Beteckning försöksyta <i>Plot Number</i> | 1996 års mätning | | | | | | | | 2002 års mätning | | | | | | | |
|---|------------------|----|------|----|-------|----|--------|------|------------------|------|----|-------|----|--------|--|--|
| | Tall | | Gran | | Björk | | Totalt | Tall | | Gran | | Björk | | Totalt | | |
| | n | % | n | % | n | % | n | n | % | n | % | n | % | n | | |
| <u>A-kont; kontrollytor inom det rena askförsöket / control plots</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 11 | 17 | 89 | 0 | 0 | 19 | 2 | 11 | 17 | 89 | 0 | 0 | 19 | | |
| 4 | 13 | 57 | 9 | 39 | 1 | 4 | 23 | 13 | 59 | 9 | 41 | 0 | 0 | 22 | | |
| 7 | 4 | 15 | 23 | 85 | 0 | 0 | 27 | 4 | 15 | 23 | 85 | 0 | 0 | 27 | | |
| 8 | 20 | 80 | 5 | 20 | 0 | 0 | 25 | 20 | 80 | 5 | 20 | 0 | 0 | 25 | | |
| A-kont: | 39 | 42 | 54 | 57 | 1 | 1 | 94 | 39 | 42 | 54 | 58 | 0 | 0 | 93 | | |
| <u>A-Aska; ytor behandlade med pelleterad barkaska / plots treated with pelleted bark ash</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 11 | 44 | 11 | 44 | 3 | 12 | 25 | 11 | 48 | 9 | 39 | 3 | 13 | 23 | | |
| 3 | 23 | 92 | 2 | 8 | 0 | 0 | 25 | 23 | 92 | 2 | 8 | 0 | 0 | 25 | | |
| 5 | 5 | 20 | 20 | 80 | 0 | 0 | 25 | 5 | 20 | 20 | 80 | 0 | 0 | 25 | | |
| 6 | 1 | 3 | 28 | 97 | 0 | 0 | 29 | 1 | 4 | 26 | 96 | 0 | 0 | 27 | | |
| A-aska: | 40 | 38 | 61 | 59 | 3 | 3 | 104 | 40 | 40 | 57 | 57 | 3 | 3 | 100 | | |
| 1-8: | 79 | 40 | 115 | 58 | 4 | 2 | 198 | 79 | 41 | 111 | 57 | 3 | 2 | 193 | | |
| <u>AS-kont; kontrollytor inom aska+rötslamförsöket / control plots</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 4 | 16 | 21 | 84 | 0 | 0 | 25 | 4 | 16 | 21 | 84 | 0 | 0 | 25 | | |
| C | 21 | 84 | 4 | 16 | 0 | 0 | 25 | 21 | 84 | 4 | 16 | 0 | 0 | 25 | | |
| AS-kont: | 25 | 50 | 25 | 50 | 0 | 0 | 50 | 25 | 50 | 25 | 50 | 0 | 0 | 50 | | |
| <u>AS3; aska + rötslam 300 kg per yta / ash + digested sludge 300 kg per plot</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0 | 0 | 21 | 95 | 1 | 5 | 22 | 0 | 0 | 21 | 95 | 1 | 5 | 22 | | |
| E | 16 | 57 | 12 | 43 | 0 | 0 | 28 | 16 | 57 | 12 | 43 | 0 | 0 | 28 | | |
| AS3: | 16 | 32 | 33 | 66 | 1 | 2 | 50 | 16 | 32 | 33 | 66 | 1 | 2 | 50 | | |
| <u>AS9; aska + rötslam 900 kg per yta / ash + digested sludge 900 kg per plot</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 7 | 24 | 22 | 76 | 0 | 0 | 29 | 7 | 24 | 22 | 76 | 0 | 0 | 29 | | |
| F | 21 | 84 | 4 | 16 | 0 | 0 | 25 | 20 | 83 | 4 | 17 | 0 | 0 | 24 | | |
| AS9: | 28 | 52 | 26 | 48 | 0 | 0 | 54 | 27 | 51 | 26 | 49 | 0 | 0 | 53 | | |
| A-F: | 69 | 45 | 84 | 54 | 1 | 1 | 154 | 68 | 44 | 84 | 55 | 1 | 1 | 153 | | |
| Alla ytor / All plots: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 148 | 42 | 199 | 57 | 5 | 1 | 352 | 147 | 43 | 195 | 56 | 4 | 1 | 346 | | |

Inom försöket med olika aska + rötslamsgivor mättes sammanlagt 154 träd på de sex försöksytorna. Antalet stammar inom provytorna varierade mellan 22 och 29, med ett medeltal på 25.7. Detta motsvarar 817 stammar per hektar. Kontrollområdet och behandlingen AS3 hade i genomsnitt 796 stammar per hektar, medan försöksledet AS9 hade i medeltal 860 stammar per hektar. Trädslagsfördelningen varierade kraftigt mellan provytorna och på

provytan inom försöksytan A fanns ingen tall alls. Även inom ask+slamförsöket dominerade totalt sett gran (54 %), medan tall utgjorde 45 % (tabell 6).

2002

Inom försöksytorna 1-8 hade fem träd dött sedan 1996 (fyra granar och en björk). Trädslagsfördelningen förändrades marginellt. I ask+rötslamsförsöket hade bara en tall avgått sedan 1996. Även här förändrades således trädslagsfördelningen marginellt (tabell 6).

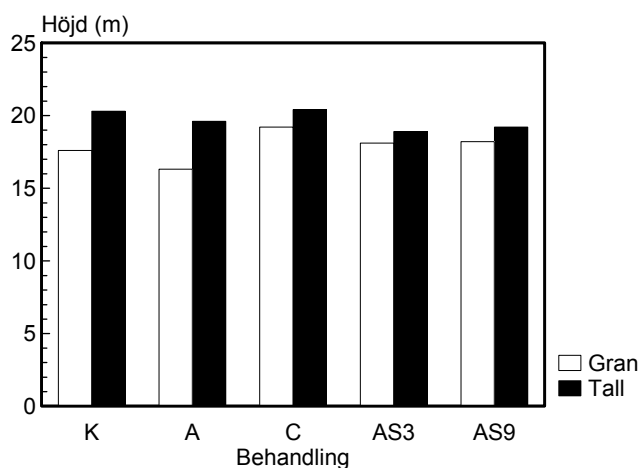
Trädhöjd

1996

Medelvärdet för trädhöjden inom respektive försöksyta, inom det rena askförsöket varierade mellan 15.4 – 21.3 meter, d.v.s. nästan sex meters skillnad. Tallarna var i genomsnitt drygt tre meter längre än granarna. Ytor med hög respektive låg genomsnittlig trädhöjd var ganska jämt fördelade mellan kontrolltytor och askbehandlade ytor. I medeltal var träden på kontrolltytorna drygt en meter högre än på de askbehandlade ytorna (tabell 7). Den skillnaden var inte statistiskt signifikant.

Skillnaden i genomsnittlig trädhöjd mellan försöksytorna inom aska+rötslamförsöket var relativt liten, 18.1 – 20.3 m. Kontrolltytorna hade 1.0 – 1.5 m högre genomsnittlig trädhöjd än de ytor som hade behandlats med olika givror aska + rötslam (tabell 7). Inte heller i detta försök fanns någon signifikant skillnad mellan försöksleden.

De undersökta tallarna inom båda försöken var i genomsnitt 2.2 meter längre än granarna. De största skillnaderna i trädhöjd mellan gran och tall fanns inom det rena askförsöket (figur 9).



Figur 9. Genomsnittlig trädhöjd för gran och tall försommaren 1996 inom de olika behandlingarna. Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Figure 9. Average height of Norway spruce trees (gran) and Scots pine trees (tall) in different treatments early summer 1996. Description of the treatments in figure text of figure 2.

Tabell 7. Medelvärde, samt variationsvidd för trädhöjd (m) försommaren 1996 och 2002, samt höjdtillväxten (m) mellan 1996 – 2002.

Table 7. Mean values and range of tree height (m) in 1996 and in 2002, and the increment of tree height (m) between 1996 and 2002.

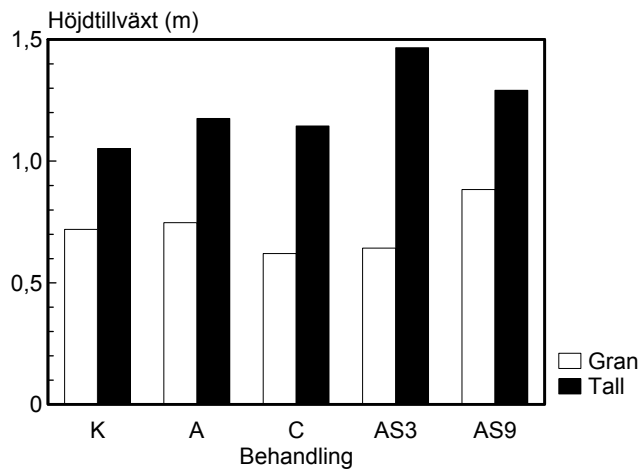
| Beteckning försöksyta <i>Plot number</i> | Trädhöjd 1996 <i>Tree height 1996</i> | | Trädhöjd 2002 <i>Tree height 2002</i> | | Tillväxt höjd 1996 – 2002 <i>Height increment 1996-2002</i> | |
|---|--|-------------|--|-------------|--|-------------|
| | medel <i>mean</i> | min. – max. | medel <i>mean</i> | min. – max. | medel <i>mean</i> | min. – max. |
| <u>A-kont; kontrolltytor inom det rena askförsöket / control plots</u> | | | | | | |
| 1 | 15.6 | 7.8 – 21.1 | 16.6 | 9.0 – 21.7 | 0.99 | 0.1 – 2.7 |
| 4 | 18.6 | 6.3 – 22.7 | 20.1 | 15.9 – 23.1 | 0.93 | -0.5 – 1.9 |
| 7 | 18.3 | 15.2 – 22.2 | 18.7 | 15.6 – 22.8 | 0.46 | -0.9 – 1.4 |
| 8 | 21.3 | 19.3 – 23.6 | 22.4 | 19.9 – 25.0 | 1.12 | 0.3 – 2.5 |
| A-kont: | 18.6 a | 6.3 – 23.6 | 19.6 a | 9.0 – 25.0 | 0.86 a | -0.9 – 2.7 |
| <u>A-aska; ytor behandlade med pelleterad barkaska / plots treated with pelleted bark ash</u> | | | | | | |
| 2 | 18.4 | 12.9 – 25.8 | 19.1 | 13.4 – 25.9 | 0.94 | 0.1 – 2.0 |
| 3 | 19.3 | 14.1 – 22.2 | 20.6 | 14.8 – 23.7 | 1.26 | 0.3 – 2.2 |
| 5 | 17.2 | 8.9 – 22.2 | 18.1 | 9.4 – 23.2 | 0.90 | 0.2 – 2.4 |
| 6 | 15.4 | 11.4 – 21.2 | 16.0 | 11.5 – 21.8 | 0.56 | 0.0 – 1.5 |
| A-aska: | 17.5 a | 8.9 – 25.8 | 18.4 a | 9.4 – 25.9 | 0.91 a | 0.0 – 2.4 |
| 1 – 8: | 18.0 | 6.3 – 25.8 | 19.0 | 9.0 – 25.9 | 0.88 | -0.9 – 2.7 |
| <u>AS-kont; kontrolltytor inom aska+rötslamförsöket / control plots</u> | | | | | | |
| B | 19.3 | 16.0 – 22.0 | 20.0 | 16.1 – 23.6 | 0.63 | 0.1 – 1.8 |
| C | 20.3 | 16.8 – 22.5 | 21.4 | 18.3 – 23.8 | 1.13 | 0.4 – 1.9 |
| AS-kont: | 19.8 A | 16.0 – 22.5 | 20.7 A | 16.1 – 23.8 | 0.88 A | 0.1 – 1.9 |
| <u>AS3; aska + rötslam 300 kg per yta / ash + digested sludge 300 kg per plot</u> | | | | | | |
| A | 18.6 | 13.0 – 24.3 | 19.1 | 13.5 – 24.4 | 0.52 | 0.1 – 1.8 |
| E | 18.1 | 14.0 – 21.0 | 19.3 | 14.4 – 22.4 | 1.23 | 0.3 – 2.4 |
| AS3: | 18.3 A | 13.0 – 24.3 | 19.2 A | 13.5 – 24.4 | 0.92 A | 0.1 – 2.4 |
| <u>AS9; aska + rötslam 900 kg per yta / ash + digested sludge 900 kg per plot</u> | | | | | | |
| D | 18.3 | 13.5 – 23.0 | 19.2 | 14.6 – 24.0 | 0.85 | 0.1 – 2.0 |
| F | 19.2 | 16.5 – 21.5 | 20.6 | 18.5 – 23.4 | 1.38 | 0.5 – 2.2 |
| AS9: | 18.8 A | 13.5 – 23.0 | 19.8 A | 14.6 – 24.0 | 1.09 A | 0.1 – 2.2 |
| A-F: | 18.9 | 13.0 – 24.3 | 19.9 | 13.5 – 24.4 | 0.97 | 0.1 – 2.4 |
| Alla ytor / <i>All plots:</i> | 18.4 | 6.3 – 25.8 | 19.4 | 9.0 – 25.9 | 0.92 | -0.9 – 2.7 |

2002

I försöksytorna 1-8 hade trädhöjden, i genomsnitt, ökat med 0.88 m från försommaren 1996 till försommaren 2002, d.v.s. en årlig ökning på i medeltal 15 cm. Höjdtillväxten var i medeltal något större på ytor behandlade med askpellets (0.91 m) jämfört med kontrollytorna (0.86 m). Skillnaden var dock så liten att den kan försummas. Toppbrott och andra skador medförde att två träd på kontrollytorna uppvisade en negativ höjdtillväxt (tabell 7).

Inom försöket med olika givor av granulerad barkaska + rötslam fanns en svag tendens till att höjdtillväxten ökade med ökad giva (tabell 7). Någon statistiskt signifikant effekt fanns dock inte.

Jämförs höjdtillväxten för gran och tall inom de olika behandlingarna observeras en i genomsnitt 65 % högre tillväxt för tall jämfört med gran (figur 10).



Figur 10. Höjdtillväxt för gran och tall 1996 – 2002 inom de olika behandlingarna. Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Figure 10. Height increment for Norway spruce trees (gran) and Scots pine trees (tall) in different treatments during the period 1996-2002. Description of the treatments in figure text of figure 2.

Brösthöjdsdiameter

1996

Inom försöket med pelleterad barkaska (försöksytorna 1-8) var brösthöjdsdiametern i medeltal 19.6 cm. Tallarna var i genomsnitt drygt 4 cm grövre i brösthöjd än granarna. Träden på kontrollytorna var något grövre (i medeltal 20.3 cm) än träden på de askbehandlade ytorna (19.0 cm). Den stora variationen både inom och mellan försöksytorna medförde dock att skillnaden inte är statistiskt signifikant (tabell 8).

Inom försöket med olika givor av granulerad barkaska + rötslam varierade brösthöjdsdiametern på de undersökta träden mellan 10.7 och 32 cm, med ett medelvärde på 21.1 cm. Tallarna och granarna inom försöket hade nästan samma medelvärde på brösthöjdsdiametern (21.1 resp. 21.2 cm). Skillnaden mellan de olika behandlingarna var inte heller stor och någon statistiskt säkerställd skillnad fanns således ej mellan behandlingarna (tabell 8).

2002

Under perioden 1996 – 2002 hade brösthöjdsdiametern ökat med i genomsnitt 1.46 cm inom försöksytorna 1-8. Någon skillnad i tillväxt fanns inte mellan kontroll- och askledet (tabell 8).

Inom försöket med granulerad barkaska + rötslam var den genomsnittliga tillväxten av brösthöjdsdiametern betydligt lägre (1.07 cm). Skillnaden mellan försöksleden var inte stor, men kontrolleret hade något större medeltillväxt än de ytor som behandlats med aska + rötslam (tabell 8).

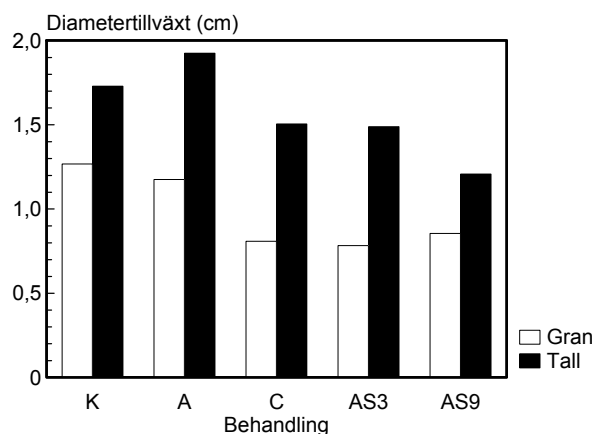
Även när det gäller diametertillväxten kunde man observera en betydligt högre genomsnittlig tillväxt för tall jämfört med gran. Skillnaden var 0.58 cm eller 55 %. Både gran och tall inom

det rena askförsöket hade högre tillväxt i brösthöjdsdiameter än motsvarande granar och tallar inom försöket med olika givror av granulerad barkaska + rötslam (figur 11).

Tabell 8. Medelvärde, samt variationsvidd för brösthöjdsdiameter (cm) försommaren 1996 och 2002, samt tillväxten (cm) av brösthöjdsdiametern mellan 1996 – 2002.

Table 8. Mean values and range of diameter at breast height (cm) in 1996 and in 2002, and the increment of the diameter at breast height (cm) between 1996 and 2002.

| Beteckning försöksyta <i>Plot number</i> | Brösthöjdsdiameter 1996 <i>Diam. at breast height 1996</i> | | Brösthöjdsdiameter 2002 <i>Diam. at breast height 2002</i> | | Tillväxt 1996 – 2002 <i>Increment 1996-2002</i> | |
|---|---|-------------|---|-------------|--|-------------|
| | medel <i>mean</i> | min. – max. | medel <i>mean</i> | min. – max. | medel <i>mean</i> | min. – max. |
| <u>A-kont; kontrollytor inom det rena askförsöket / control plots</u> | | | | | | |
| 1 | 19.0 | 8.4 – 28.8 | 20.5 | 9.5 – 31.0 | 1.54 | 0.8 – 2.5 |
| 4 | 19.7 | 6.2 – 30.2 | 22.1 | 14.7 – 32.2 | 1.76 | 1.0 – 2.7 |
| 7 | 19.5 | 14.3 – 27.7 | 20.6 | 15.1 – 29.0 | 1.13 | 0.4 – 2.0 |
| 8 | 22.6 | 16.9 – 31.6 | 24.1 | 18.4 – 33.2 | 1.49 | 0.7 – 2.3 |
| A-kont: | 20.3 a | 6.2 – 31.6 | 21.9 a | 9.5 – 33.2 | 1.46 a | 0.4 – 2.7 |
| <u>A-aska; ytor behandlade med pelleterad barkaska / plots treated with pelleted bark ash</u> | | | | | | |
| 2 | 20.4 | 9.8 – 45.4 | 21.6 | 10.8 – 48.6 | 1.73 | 0.6 – 3.2 |
| 3 | 20.9 | 14.0 – 28.0 | 22.6 | 15.6 – 30.2 | 1.74 | 0.9 – 3.4 |
| 5 | 17.9 | 9.0 – 28.0 | 19.3 | 9.5 – 30.0 | 1.41 | 0.4 – 2.5 |
| 6 | 17.0 | 11.3 – 31.4 | 18.0 | 12.2 – 33.8 | 1.03 | 0.2 – 2.4 |
| A-aska: | 19.0 a | 9.0 – 45.4 | 20.3 a | 9.5 – 48.6 | 1.46 | 0.2 – 3.4 |
| 1 – 8: | 19.6 | 6.2 – 45.4 | 21.1 | 9.5 – 48.6 | 1.46 a | 0.2 – 3.4 |
| <u>AS-kont; kontrollytor inom aska+rötslamförsöket / control plots</u> | | | | | | |
| B | 21.7 | 15.0 – 28.8 | 22.6 | 15.3 – 29.7 | 0.87 | 0.1 – 1.9 |
| C | 21.7 | 16.6 – 27.9 | 23.2 | 17.8 – 29.8 | 1.44 | 0.8 – 2.4 |
| AS-kont: | 21.7 A | 15.0 – 28.8 | 22.9 A | 15.3 – 29.8 | 1.16 A | 0.1 – 2.4 |
| <u>AS3; aska + rötslam 300 kg per yta / ash + digested sludge 300 kg per plot</u> | | | | | | |
| A | 22.9 | 14.4 – 32.0 | 23.7 | 15.2 – 32.5 | 0.81 | 0.0 – 1.8 |
| E | 18.7 | 10.7 – 24.8 | 19.9 | 11.4 – 26.5 | 1.17 | 0.1 – 2.3 |
| AS3: | 20.6 A | 10.7 – 32.0 | 21.6 A | 11.4 – 32.5 | 1.01 A | 0.0 – 2.3 |
| <u>AS9; aska + rötslam 900 kg per yta / ash + digested sludge 900 kg per plot</u> | | | | | | |
| D | 21.0 | 14.4 – 28.8 | 21.9 | 15.0 – 30.6 | 0.91 | 0.0 – 1.8 |
| F | 21.3 | 12.0 – 29.8 | 22.5 | 13.4 – 30.8 | 1.18 | 0.2 – 2.2 |
| AS9: | 21.1 A | 12.0 – 29.8 | 22.2 A | 13.4 – 30.8 | 1.03 A | 0.0 – 2.2 |
| A-F: | 21.1 | 10.7 – 32.0 | 22.2 | 11.4 – 32.5 | 1.07 | 0.0 – 2.4 |
| Alla ytor / <i>All plots:</i> | 20.3 | 6.2 – 45.4 | 21.6 | 9.5 – 48.6 | 1.29 | 0.0 – 3.4 |



Figur 11. Tillväxt i brösthöjdsdiameter för gran och tall 1996 – 2002 inom de olika behandlingarna. Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

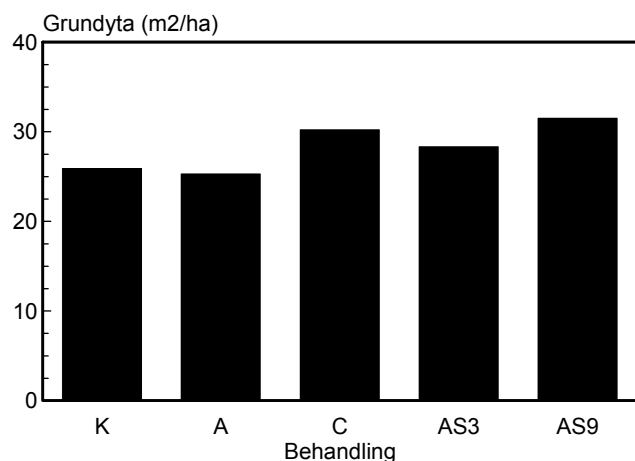
Figure 11. Increment of breast height diameter for Norway spruce trees (gran) and Scots pine trees (tall) in different treatments during the period 1996-2002. Description of the treatments in figure text of figure 2.

Grundyta

1996

Inom försöket med pelleterad barkaska (försöksytorna 1-8) varierade grundytan inom försöksytorna från 18.8 m²/ha (yta 1) till 32.7 m²/ha (yta 8). Den genomsnittliga grundytan inom dessa åtta försöksytor var 25.6 m²/ha. Kontrollytorna hade i medeltal något större grundyta än de askbehandlade ytorna, 25.9 respektive 25.3 m²/ha (figur 12).

Medelvärdet för grundytan inom de sex försöksytorna i försöket med granulerad barkaska + röttslam var 30.0 m²/ha. Den lägsta grundytan, 25.4 m²/ha, fanns i försöksyta E, medan den högsta grundytan uppmättes inom yta D (33.2 m²/ha). Bland behandlingarna hade AS3 den i medeltal lägsta grundytan (28.3 m²/ha), medan försöksledet AS9 hade den i genomsnitt högsta grundytan (31.4 m²/ha), se figur 12.



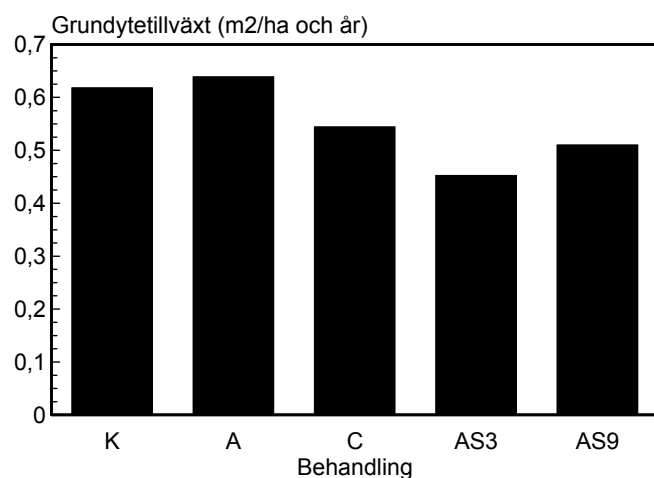
Figur 12. Genomsnittlig grundyta inom de olika behandlingarna försommaren 1996. Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Figure 12. Mean values of basal area (m² per hectare) in different treatments early summer 1996. Description of the treatments in figure text of figure 2.

2002

Grundytan inom försöket med pelleterad barkaska varierade försommaren 2002 mellan 21.8 – 37.1 m²/ha, med ett medelvärde på 28.7 m²/ha. Den årliga grundytetillväxten, under perioden 1996 – 2002, var i genomsnitt 0.629 m²/ha inom de åtta försöksytorna. De askbehandlade ytorna hade en något högre grundytetillväxt, 0.639 m²/ha och år, jämfört med kontrollytorna (0.618 m²/ha och år), men skillnaden är försumbar (figur 13).

I försöket med granulerad barkaska+rötslam var grundytetillväxten lägre än inom försöket med pelleterad barkaska. Den lägsta grundytetillväxten under försöksperioden noterades inom försöksledet AS3 (0.453 m²/ha och år). Skillnaderna i grundytetillväxt mellan försöksleden inom aska+rötslamförsöket var inte signifikanta på grund av en stor variation inom försöksleden C och AS3.



Figur 13. Genomsnittlig grundytetillväxt inom de olika behandlingarna under perioden 1996 - 2002. Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.

Figure 13. Increment of basal area in different treatments during the period 1996-2002. Description of the treatments in figure text of figure 2.

Stamvolym per träd

I slutet av juni 1996 var trädens stamvolym i medeltal 324 dm³. Inom försöket med pelleterad barkaska (försöksytorna 1-8) varierade försöksytornas genomsnittliga stamvolymen mellan 196 – 426 dm³, med ett medelvärde på 306 dm³. Träden på kontrollytorna hade i medeltal 16 % större stamvolym än träden inom det askbehandlade försöksledet. Inom försöket med olika givor av granulerad barkaska + rötslam var medelvärdet för stamvolymen drygt 40 dm³ större än inom försöket med pelleterad barkaska. Bland försöksleden i aska+rötslamförsöket hade träden i kontrolledet den i medeltal högsta stamvolymen (tabell 9).

Sex år senare, d.v.s. i maj 2002, hade trädens stamvolym ökat med i genomsnitt 56 dm³. Inom försöket med pelleterad barkaska hade stamvolymen ökat något mer än inom försöket med olika givor av granulerad barkaska + rötslam (59.2 respektive 51.7 dm³). Volymstillväxten var något lägre på ytor som behandlats med pelleterad barkaska jämfört med kontrollytorna. Försöksledet AS3 hade drygt 10 dm³, eller nästan 23 %, lägre stamvolym än motsvarande kontrolled (C). Några signifikanta skillnader i stamvolymstillväxt fanns dock inte mellan försöksleden (tabell 9).

Tabell 9. Medelvärde, samt variationsvidd för trädens stamvolym (dm³) försommaren 1996 och 2002, samt tillväxten av stamvolymen mellan 1996 – 2002.

Table 9. Mean values and range of stem volume (dm³) in 1996 and in 2002, and the increment of stem volume between 1996 and 2002.

| Beteckning försöksyta Plot number | Stamvolym 1996 Stem volume 1996 medel min. – max. mean | | Stamvolym 2002 Stem volume 2002 medel min. – max. mean | | Tillväxt stamvolym 1996 – 2002 Increment stem volume 1996-2002 medel min. – max. mean | |
|---|---|-----------|---|------------|--|-------------|
| <u>A-kont; kontrollytor inom det rena askförsöket / control plots</u> | | | | | | |
| 1 | 263 | 25 – 630 | 315 | 39 – 740 | 52.6 | 10.6 – 125 |
| 4 | 324 | 10 – 762 | 413 | 148 – 879 | 74.7 | 23.8 – 147 |
| 7 | 291 | 141 – 624 | 330 | 161 – 710 | 38.9 | 15.8 – 85.7 |
| 8 | 426 | 222 – 828 | 506 | 268 – 1004 | 79.9 | 39.3 – 176 |
| A-kont: | 330 a | 10 – 828 | 394 a | 39 – 1004 | 61.2 A | 10.6 – 176 |
| <u>A-aska; ytor behandlade med pelleterad barkaska / plots treated with pelleted bark ash</u> | | | | | | |
| 2 | 357 | 49 – 1910 | 408 | 60 – 2180 | 69.9 | 9.3 – 280 |
| 3 | 339 | 118 – 594 | 419 | 149 – 742 | 80.1 | 31.1 – 162 |
| 5 | 257 | 32 – 646 | 309 | 37 – 768 | 52.0 | 5.3 – 122 |
| 6 | 196 | 63 – 775 | 228 | 77 – 919 | 30.5 | 3.0 – 143 |
| A-aska: | 284 a | 32 – 1910 | 338 | 37 – 2180 | 57.3 a | 3.0 – 280 |
| 1 – 8: | 306 | 10 – 1910 | 365 a | 37 – 2180 | 59.2 | 3.0 – 280 |
| <u>AS-kont; kontrollytor inom aska+rötslamförsöket / control plots</u> | | | | | | |
| B | 369 | 157 – 649 | 411 | 161 – 711 | 41.8 | 3.0 – 98.6 |
| C | 374 | 180 – 636 | 444 | 249 – 766 | 70.0 | 43.0 – 130 |
| AS-kont: | 372 A | 157 – 649 | 427 A | 161 – 766 | 55.9 A | 3.0 – 130 |
| <u>AS3; aska + rötslam 300 kg per yta / ash + digested sludge 300 kg per plot</u> | | | | | | |
| A | 406 | 119 – 852 | 441 | 134 – 897 | 34.6 | 8.5 – 83.1 |
| E | 265 | 67 – 495 | 320 | 80 – 599 | 54.3 | 6.9 – 115 |
| AS3: | 327 A | 67 – 852 | 373 A | 80 – 897 | 45.6 A | 6.9 – 115 |
| <u>AS9; aska + rötslam 900 kg per yta / ash + digested sludge 900 kg per plot</u> | | | | | | |
| D | 337 | 116 – 706 | 383 | 137 – 827 | 45.5 | 1.3 – 121 |
| F | 352 | 96 – 631 | 417 | 133 – 735 | 62.9 | 26.7 – 112 |
| AS9: | 344 A | 96 – 706 | 398 A | 133 – 827 | 53.4 A | 1.3 – 121 |
| A-F: | 347 | 67 – 852 | 400 | 80 – 897 | 51.7 | 1.3 – 130 |
| Alla ytor / All plots: | 324 | 10 – 1910 | 380 | 37 – 2180 | 55.9 | 1.3 – 280 |

Stamvolym per hektar

I juni 1996 varierade den totala stamvolymen inom respektive försöksyta från 5.0 m³sk (försöksyta 1) till 10.6 m³sk på försöksyta 8. Dessa värden motsvarar 159 respektive 339 m³sk per hektar (tabell 10). I genomsnitt för alla försöksytor var stamvolymen 259 m³sk/ha. Inom de ytor som behandlades med pelleterad barkaska var den totala stamvolymen 5 % lägre än på motsvarande kontrollytor. Inom försöket med olika givror av granulerad barkaska + rötslam hade kontrollerdet (C) lika stor totalvolym som ledet AS9, medan ledet AS3 hade 12 % lägre stamvolym.

Om man räknar bort döda träd hade stamvolymen per hektar i medeltal ökat med i medeltal 44 m³sk under perioden 1996 – 2002 (tabell 10). Ökningen var i stort sett lika inom alla

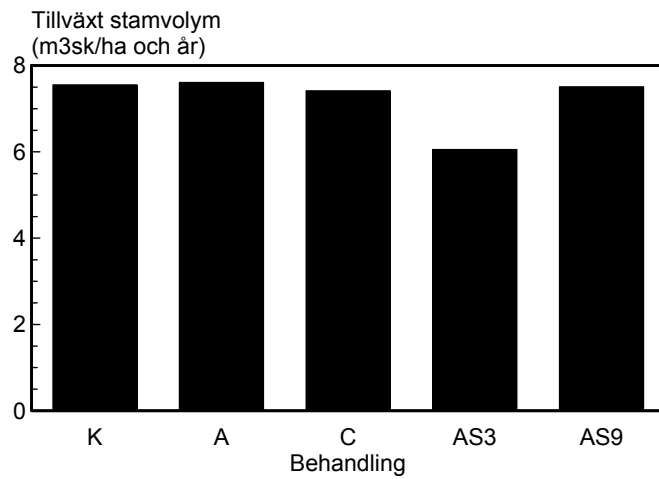
försöksled utom AS3, vars volymtillväxt ($36.3 \text{ m}^3\text{sk}$) låg 18 % under medelvärdet för alla ytor.

Tabell 10. Total stamvolym ($\text{m}^3\text{sk/ha}$) försommaren 1996 och 2002, samt dess tillväxt mellan 1996 – 2002, inom de olika försöksytorna och behandlingarna

Table 10. Total volume ($\text{m}^3\text{sk/ha}$) of stems in 1996 and in 2002, and the increment of total stem volume between 1996 and 2002 within the plots and treatments.

| Beteckning försöksyta Plot number | Total stamvolym <i>Total stem volume</i> | | Tillväxt stamvolym <i>Increment stem volume</i> |
|---|---|------|--|
| | 1996 | 2002 | 1996 -2002 |
| <u>A-kont; kontrolltytor inom det rena askförsöket / control plots</u> | | | |
| 1 | 159 | 191 | 31.8 |
| 4 | 238 | 290 | 52.4 |
| 7 | 251 | 284 | 33.4 |
| 8 | 339 | 403 | 63.6 |
| A-kont: | 247 | 292 | 45.3 |
| <u>A-aska; ytor behandlade med pelleterad barkaska / plots treated with pelleted bark ash</u> | | | |
| 2 | 284 | 299 | 51.2 |
| 3 | 270 | 334 | 63.7 |
| 5 | 205 | 246 | 41.4 |
| 6 | 181 | 196 | 26.2 |
| A-aska: | 235 | 269 | 45.6 |
| <u>AS-kont; kontrolltytor inom aska+rötslamförsöket / control plots</u> | | | |
| B | 294 | 327 | 33.3 |
| C | 298 | 354 | 55.8 |
| AS-kont: | 296 | 340 | 44.5 |
| <u>AS-300; aska + rötslam 300 kg per yta / ash + digested sludge 300 kg per plot</u> | | | |
| A | 285 | 309 | 24.3 |
| E | 236 | 285 | 48.4 |
| AS-300: | 261 | 297 | 36.3 |
| <u>AS-900; aska + rötslam 900 kg per yta / ash + digested sludge 900 kg per plot</u> | | | |
| D | 311 | 354 | 42.1 |
| F | 280 | 319 | 48.1 |
| AS-900: | 296 | 336 | 45.1 |
| Alla ytor / All plots: | 259 | 299 | 44.0 |

En beräkning av den årliga tillväxten av stamvolymen per hektar under perioden 1996-2002 visar att den varierade från $6.1 \text{ m}^3\text{sk/ha}$ inom försöksledet AS3 till $7.6 \text{ m}^3\text{sk/ha}$ inom de ytor som behandlades med pelleterad aska (figur 14).



Figur 14. Årlig medeltillväxt av stamvolym (m³sk/ha) inom de olika behandlingarna under perioden 1996 - 2002. Beskrivning av behandlingarna, se figur 2.
Figure 14. Annual average of stem volume increment in different treatments during 1996-2002. Description of the treatments in figure text of figure 2.

Diskussion

Innan en ny storskalig skogsbruksåtgärd påbörjas bör dess kortsiktiga och långsiktiga effekter på miljön och skogsproduktionen utredas. En skogsbruksåtgärd som kan bli omfattande i stora delar av Sverige är återföring av vedaska efter skogsbränsleuttag. Forskning om askåterföringens effekter på mark, vatten, vegetation och skogsproduktion har pågått i Sverige sedan 1980-talet. I dagens läge har vi således en ganska bra uppfattning om askåterföringens miljöeffekter. De vedaskor som kan återföras har dock stor variation i sina egenskaper och kan därför delvis orsaka olika effekter. Tidigare har främst askor från värmeverk använts i askåterföringsstudier, men de senaste åren har även barkaskor från olika pappersmassafabriker studerats. Ytterligare en pusselbit till dessa studier tillförs i och med denna undersökning där barkaskor från två av SCA's massafabriker har använts. I denna undersökning har vi studerat hur tillförsel av pelleterad barkaska, samt granuler av barkaska och rötslam påverkat markkemi, markvegetation och stamtillväxt i en barrblandskog i nordvästra Medelpad.

Färsk vedaska innehåller mycket lättlösliga salter och har ett högt pH-värde (Eriksson, 1992; Nilsson & Steenari, 1996; Vance, 1996). Spridning av lös vedaska i skogsmark kan således medföra skador på markvegetation (ex. Kellner & Weibull, 1998) och kraftiga ökningsar av pH-värde och salthalt i humuslager (Bramryd & Fransman, 1995; Eriksson, 1998; Perkiömäki & Fritze, 2002) och orsaka direkta eller indirekta störningar på markfaunan och därmed även de markbiologiska och markkemiska processerna. Genom att behandla askan (härdning, granulering, pelletering) blir den inte så lättlöslig och reaktiv, vilket minskar effekterna på miljön.

I denna studie fann vi att sex år efter tillförseln av 3 ton pelleterad barkaska per hektar fanns bara en svag tendens till att pH-värdet i humuslagret var något förhöjt (+ 0.23 pH-enheter). I andra undersökningar där askorna också varit behandlade innan spridning har pH-ökningen i humuslagret, några år efter asktillförseln, vanligtvis varit mindre än 0.6 pH-enheter (Rosén m.fl., 1993; Clarholm, 1994; Nilsson & Eriksson, 1997; Eriksson, 1998; Ring m.fl., 1999; Högbom m.fl., 2001; Viebke, 2001; Nilsson m.fl., 2002; Perkiömäki & Fritze, 2002). På de ytor i vår studie där ett granulat, bestående av barkaska och rötslam, tillförts i olika givor var dock pH-ökningen påtaglig (0.9 och 1.4 pH-enheter för givorna 3.3 resp. 10 ton per ha). Orsaken till de klart högre pH-värdena i humuslagret för de ytor som behandlats med granulatet är förmodligen att granulatet var betydligt mer lättlösligt än askpelletsen, där tallolja använts som bindemedel för barkaskan. Sex år efter behandlingen såg man, på eller i humuslagret, betydligt fler mer eller mindre intakta askpellets än granuler av aska+rötslam. De pH-ökningar som noterades på de ytor som behandlats med granulatet var nästan i nivå med vad som observerats när man spridit lös obehandlad vedaska (Martikainen, 1984; Bååth & Arnebrant, 1994; Fritze m.fl., 1994, 1995; Bramryd & Fransman, 1995; Kahl m.fl., 1996; Haimi m.fl., 2000; Saarsalmi m.fl., 2001; Ludwig m.fl., 2002; Perkiömäki & Fritze, 2002). Hur stor pH-ökningen blir i humuslagret beror, förutom behandlingen av askan, också i hög grad av askgivan (Bååth & Arnebrandt, 1994; Bramryd & Fransman, 1995; Nilsson & Eriksson, 1997; Eriksson, 1998; Levula m.fl., 2000; Staples & van Rees, 2001) och hur länge sedan behandlingen skedde (Bramryd & Fransman, 1995; Saarsalmi m.fl. 2001).

I den översta mineraljorden (0-5 cm under humuslagret) kunde vi, sex år efter behandlingen, inte se några förändringar av pH-värdet på de ytor som tillfördes askpellets. Även i andra undersökningar, där pelleterad eller granulerad aska använts, har man ofta inte sett några signifikanta förändringar av pH-värdet i den översta mineraljorden (Egnell m.fl., 1998).

Däremot noterades signifikanta öknings av pH-värdet på de försöksytorna i Gimåfors som behandlats med granuler av barkaska och rötslam. Dessa pH-ökningar i de fem översta cm av mineraljorden (0.26 och 0.46 pH-enheter för givorna 3.3 resp. 10 ton/ha) var dock något lägre än vad som ofta observerats 1-10 år efter vid tillförsel av lös aska (Bramryd & Fransman, 1995; Nilsson & Eriksson, 1997; Staples & van Rees, 2001; Zimmerman & Frey, 2002; Feldkirchner m.fl., 2003).

Det finns många undersökningar i Sverige och andra länder som visar att pH-ökningen i humuslagret efter tillförsel av aska eller kalk till skogsmark ofta ökar den mikrobiella biomassan och/eller aktiviteten i humuslagret (Bååth & Arnebrant, 1994; Martikainen m.fl., 1994; Persson, 1994; Smolander m.fl., 1994; Andersen, 1998; Büttner m.fl., 1998; Gering m.fl., 2000; Perkiömäki & Fritze, 2002; Zimmerman & Frey, 2002). Denna ökning i mikrobiell aktivitet resulterar i en ökad mineraliseringen av organiskt material, vilket då har noterats i form av ökad CO₂-avgång (Persson m.fl., 1990; Bååth & Arnebrant, 1994; Fritze m.fl., 1994, 1995; Khanna m.fl., 1994; Nilsson m.fl., 1996, 2001; van Hees m.fl., 2003a) och/eller ibland en ökad utlakning av löst organiskt kol (DOC) (Weber m.fl., 1985; Andersson m.fl., 1994; 1999; Kreutzer, 1995; Eriksson, 1996; Nilsson m.fl., 1996; 2001; van Hees m.fl., 2003b). Ibland har mineraliseringen varit så kraftig att en minskning av kolkoncentrationen eller kolförrådet i humuslagret har observerats (Fritze m.fl., 1994; Bramryd & Fransman, 1995; Kreutzer 1995; Persson m.fl., 1995; Haimi m.fl., 2000; Nilsson m.fl., 2001). Märkbare minskningar av humuslagrets kolförråd har dock främst observerats på bördiga marker med låg C/N-kvot och/eller vanligtvis vid höga givor med lös aska eller kalk. Tillförsel av behandlad aska, speciellt granulerad eller pelleterad aska medför vanligtvis inga märkbara förändringar av humushalt, kolhalt eller C/N-kvot i humuslagret (Perkiömäki & Fritze, 2002; Arvidsson & Lundkvist, 2003). Pelleterad aska gav i vår undersökning inga effekter på humushalten eller kolhalten, men de mer lösliga granulerna av barkaska+rötslam kan eventuellt vara orsaken till den lägre humushalten i försöksledet AS3.

Kol-kväveknoterna i humuslagret låg nära den gräns (C/N=25-30) då nitrifikation kan börja öka i humuslagret (ex. Nõmmik, 1979). Om en behandling ökar kolmineraliseringen i humuslagret kan C/N-kvoten minska och om kvoten understiger 30 ökar risken för nitrifikation och nitratutlakning. Kol-kväveknoterna i humuslagret på de askbehandlade ytorna låg dock, sex år efter behandlingarna, i medeltal på samma nivå eller t.o.m. något högre än på kontrollytorna.

Vid provtagningen kunde det observeras att flera av proven från det övre mineraljordsskiktet (0-5 cm under humuslagret) innehöll träkol, som till stor del fanns i gränsskiktet mellan humuslagret och den humusblandade mineraljorden. Detta träkol (som fanns i jordprov från både behandlade ytor och kontrollytorna) härstammar troligen från tidigare skogsbränder i området. Träkol innehåller mer kol än levande växtdelar eller humusmaterial. Kvoten mellan humushalt och kolhalt bör således vara lägre än i växtdelar eller i ett rent humuslager. I humuslagret är kvoten mellan humushalt och kolhalt normalt strax under 2, men i detta försök varierade denna kvot i humuslagret mellan 1.64 – 1.84, med ett medelvärde på 1.74. Normalt sett brukar denna kvot öka (d.v.s. överstiga 2) när man kommer ner i mineraljorden, men i detta försök ökade medelvärdet för denna kvot i den humusblandade mineraljorden till bara 1.82. I ett prov från försöksytan D (behandlad med 10 ton granulerad barkaska+rötslam; försöksled AS9) var kvoten bara 1.19. Detta prov var ett av de prov där man i fält noterade inblandning av träkol. De relativt höga halterna av organiskt material och kol i den humusblandade mineraljorden inom försöksledet AS9 beror således troligen inte på någon

behandlingseffekt utan på att en av försöksytorna i detta led hade en förhållandevis hög inblandning av träkol i detta skikt.

Volymvikten i humuslagret skulle kunna förväntas öka vid tillförsel av vedaska. Detta har inte skett på de ytor som erhöll askpellets. Däremot noteras en ökad volymvikt med ökad giva granulerad barkaska + röt slam. I den översta delen av mineraljorden är skillnaden i volymvikt mellan försöksleden relativt liten. Den lägsta volymvikten i detta humusblandade mineraljordsskikt noteras för de ytor som erhöll den högsta givan med granulerad barkaska och röt slam (försöksled AS9). Tendensen till lägre volymvikt i detta försöksled skulle kunna tolkas som att organiskt material lakats ur humuslagret och fällt ut i det humusblandade mineraljordsskiktet. Mer troligt är dock att det är den inblandningen av träkol i den övre mineraljorden på försöksyta D som medför att volymvikten i detta lager är låg på denna yta och som bidrar till ett lågt medelvärde för försöksledet AS9.

Utgående från volymvikten och humuslagrets tjocklek kan humuslagrets vikt per ytenhet beräknas. Humuslagret inom de ytor som behandlats med askpellets hade i medeltal en vikt på 42.8 ton/ha, medan vikten för kontrollytornas (nr 1, 4, 7 och 8) humuslager var i medeltal 38.6 ton/ha. Humuslagret på de askbehandlade ytorna var således drygt 4 ton tyngre per hektar än kontrollytorna. Denna viktskillnad skulle till stor del kunna förklaras av tillförseln av askpellets (3 ton/ha), men huvudorsaken till skillnaden är troligtvis den naturliga variation som finns i både humuslagrets tjocklek och volymvikt.

Även inom försöksleden med olika givor av granulerad barkaska+röt slam kan denna beräkning göras. Den lägsta vikten per ytenhet för humuslagret återfinns även här i kontrollledet (medel: 30.4 ton/ha), men den högsta vikten per ytenhet hittas här i försöksledet där 3.3 ton aska+röt slam tillfördes per hektar (medel: 35.5 ton/ha) och ej i det led (AS9) där 10 ton aska+röt slam spreds per hektar (medelvikt för humuslagret: 34.6 ton/ha). Att totalvikten för humuslagret per hektar inte var högre i försöksledet (AS9) är förvånande då den tillförda mängden aska+röt slam utgjorde cirka en tredjedel av humuslagrets vikt före behandling. Att inte viktökningen var högre i detta led kan tyda på att a) större delen av granulerna är upplösta och att mineralämnena i askan lakats ut från humuslagret, b) behandlingen har medfört att några ton/ha av det organiska materialet i humuslagret har mineraliserats, varvid kol har transporterats bort från humuslagret, dels i form av koldioxidavgång till luften och dels i form av löst organiskt kol (DOC) till mineraljorden. Den sista förklaringen verkar mindre trolig, då kolhalten i humuslagret är högre i AS9-ledet än i försöksleden AS3 och C.

I denna undersökning har förändringen av markvegetationens artförekomst och abundans studerats ett respektive fem år efter behandlingen. Någon märkbar effekt kunde ej observeras, vilket även rapporterades från en liknande undersökning med granulerad aska i Hälsingland (Nilsson m.fl., 2002). Om pH-ökningen efter asktillförseln blir hög kan det gynna arter som kräver högre pH-värden och vice versa missgynna arter som vill ha lägre pH-värden. Ett högre mark-pH kan också öka mineraliseringen av organiskt bundet kväve och på så sätt öka tillgången till kväve. Detta kan gynna kväveälskande arter som exempelvis brännässla, hallon, mjölkört och kruståtel. Hallbäcken & Zhang (1998) och Arvidsson m.fl. (2002) rapporterade om tendenser till ökad täckning av kruståtel (*Deschampsia flexuosa*) efter skogsmarkskalkning respektive tillförsel av härdad vedaska. Höga givor med lös aska har också resulterat i en ökad förekomst av kruståtel (Gyllin & Kruse, 1996). Gyllin & Kruse (1996) anger också att tillförsel av lös aska ökat förekomsten av vårfryle (*Luzula pilosa*). I en studie där 3 ton härdad krossaska tillförts per hektar till sex olika granbestånd, 7-9 år gamla, i olika delar av Sverige kunde man dock inte se någon förändring av vårfryleförekomsten på de askbehandlade ytorna

(Arvidsson m.fl., 2002). På de försöksytorna, i Gimåforsförsöket, som behandlats med pelleterad barkaska var tendensen istället att täckningen av vårfryle minskat. De förändringar, i fält- och bottenskikt, som Gyllin & Kruse (1996) rapporterade om efter tillförsel av 1-7 ton granulerad eller lös aska per hektar, var genomgående små. En av dessa små förändringar var att skogsstjärna (*Trientalis europaea*) ökat i förekomst efter asktillförsel. Vestin (1999) anger att i ett askförsök (i Malungsfluggen ca 20 km SO försöksområdet i Gimåfors) observerades, fem år efter tillförsel av 3 ton härdad krossaska per hektar, också en ökad täckningsgrad av skogsstjärna. I Gimåforsförsöket fanns gott om skogsstjärna på alla ytor och med den undersökningsmetodik som använts kan vi inte uttala oss om förekomsten av skogsstjärna ökat ännu mer på de ytor som behandlats med askpellets eller granuler av barkaska+rötslam.

Kellner & Weibull (1998), Geprägs (2000) och Jacobson & Gustafsson (2001) har visat att lös aska eller dåligt härdad krossaska kan orsaka kortsiktiga skador på främst mossor. Kellner & Weibull (1998) rapporterade dock att tre år efter behandlingen fanns inga synliga skador kvar på mossorna och Arvidsson m.fl. (2002) kunde heller inte observera några skador på mossor fem år efter behandling med 3 ton härdad vedaska per hektar på sex olika lokaler i Sverige. Jacobson & Gustafsson (2001) fann heller inga synliga skador på mossorna fem år efter behandling med 3-6 ton krossaska/ha, eller 3 ton pelleterad aska/ha. En hög giva med krossaska (9 ton/ha) medförde dock en signifikant mindre täckning av mossor, även fem år efter behandling. Granulering eller pelletering medför vanligtvis att askan blir mindre reaktiv och orsakar färre skador på vegetationen. På försöksytorna i Gimåfors gjordes inga ingående studier av om behandlingarna medfört skador på mossor eller lavar. I samband med markprovtagningen, sex år efter behandlingen, kunde vi dock inte se några skador på mossorna där markproven togs. Med tanke på dessa observationer och att de tillförda askorna var pelleterade eller granulerade, samt att det hade gått sex år sedan behandlingen är det högst troligt att det då inte fanns några omfattande skador på mossorna i Gimåforsförsöket.

Effekter av askåterföring på stamtillväxten har i Sverige vanligtvis undersökts i rena gran- eller tallbestånd (Jacobson, 2003). Barrblandskog är dock en skogstyp som är vanlig i Sverige, speciellt i Mellansverige. Studier i barrblandbestånd försvåras dock av att det är svårt att lägga ut försöksytorna om man vill ha samma trädslagsblandning och grundyta i alla ytorna. De olika trädslagen kan också påverkas på olika sätt av en behandling. I denna studie kunde vi inte se någon effekt av de olika behandlingarna på stamtillväxten. Tillförsel av 3 ton granulerad vedaska till ett tallbestånd i Hälsingland medförde heller inga signifikanta effekter på stamtillväxten (Nilsson m.fl., 2002). Enligt Sikström & Jacobson (2002) medför askåterföring till mark med medelgod bördighet vanligtvis inga tillväxteffekter, men på bördig mark kan man erhålla en svag tillväxtökning (upp till 10 %) och på marker med låg bördighet kan tillväxten minska med upp till 20 procent. Marken i Gimåfors-försöket kan betraktas ha medelgod bördighet. Det är dock lite förvånande att tillväxten inte ökat mer på de ytor som behandlades med 10 ton granulerad barkaska+rötslam per hektar. Dessa granuler innehöll 0.9 % kväve, vilket betyder att de ytor som erhöll 10 ton/ha av dessa granuler erhöll ca 90 kg kväve per hektar. En normal kvävegödning på skogsmark med 150 kg kväve per hektar brukar medföra en tillväxtökning på 10-20 m³sk per hektar. Att någon tillväxteffekt inte kunde observeras sex år efter tillförsel av 10 ton granulerad barkaska+rötslam per hektar kan bl.a. bero på att a) huvuddelen av kvävet i granulerna var organiskt bundet och därmed ej direkt tillgängligt för träden, b) det ammonium som fanns i rötslammet eller som bildats vid mineralisering av organiskt kväve i rötslammet har avgått som ammoniak på grund av högt pH-värde i barkaskan, c) kvävedosen var för låg för att ge effekt, d) för få upprepningar av varje försöksled för att detektera en tillväxtökning, e) den höga dosen aska eventuellt gav

toxiska effekter på bl.a. markorganismer och trädrötter. De tre första förklaringarna verkar vara de mest troliga.

Slutsatser

Slutsatser som kan dras från resultaten i denna undersökning är:

Tillförsel av 3 ton pelleterad barkaska per hektar medförde inga tydliga effekter på markkemi, markvegetation eller stamtillväxt fem till sex år efter behandlingen. Det fanns dock en tendens till att pH-värdet i humuslagret var förhöjt. Denna askprodukt synes, ur dessa synpunkter, vara lämplig vid askåterföring.

De granuler med barkaska+rötslam som också användes i detta fältförsök hade löst upp sig snabbare än askpelletsen. Effekterna av dessa granuler på markkemin var också mer påtaglig. Tillförseln av 3.3 respektive 10 ton per hektar av dessa granuler medförde en signifikant ökning av pH-värdet i humuslagret och de övre 5 cm av mineraljorden. Det fanns även en klar tendens till att den elektriska ledningsförmågan ökat i de övre marklagren till följd av behandlingen. I övrigt var de undersökta effekterna försumbara. Trots att de ytor som tillfördes den högsta givan med granuler av barkaska+rötslam erhöll ca 90 kg kväve per hektar kunde inte någon effekt på stamtillväxten noteras. Granulerna av barkaska+rötslam gav således större effekter på markkemin än askpelletsen. Men någon positiv effekt på stamtillväxten, som kanske förväntades av kvävet från rötslammet, kunde ej noteras. Då tillsatsen av rötslam till barkaskan inte gav någon märkbar positiv effekt i detta försök kan nyttan av en sådan askprodukt i askåterföringssammanhang diskuteras. Fler undersökningar behöver dock göras med liknande ask+slamprodukter och på andra skogsmarkstyper innan en mer generell ståndpunkt kan ges i denna fråga.

Referenser

- Alexandersson, H., Karlström, C., Larsson-McCann, S. 1991. Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90. Referensnormaler. SMHI Meteorologi Nr 81. 87 sid.
- Andersen, T-H. 1998. The influence of acid irrigation and liming on the soil microbial biomass in a Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stand. *Plant and Soil* 199: 117-122.
- Andersson, S., Valeur, I., Nilsson, I. 1994. Influence of lime on soil respiration, leaching of DOC, and C/S relationships in the mor humus of a haplic podsol. *Environment International* 20: 81-88.
- Andersson, S., Nilsson, S.I., Valeur, I. 1999. Influence of dolomitic lime on DOC and DON leaching in a forest soil. *Biogeochemistry* 47: 297-317.
- Anon. 1989. SAS/STAT[®] Users Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 1, Cary, NC:SAS Institute Inc. 943 pp.
- Anon. 1990. SAS[®] Procedures Guide, Version 6, Third Edition, Cary, NC:SAS Institute Inc. 705 pp.
- Arvanitis, L., Hamza, K., Greger, M. 1995. Inventering av kärlväxtarter, mossor och lavar inom Projekt Askåterföring. Florans sammansättning före spridning av restprodukter samt förslag till randomisering av försöket. Botaniska institutionen, Stockholms universitet. 15 sid. + bilagor.
- Arvanitis, L., Hamza, K. 1998. Florans sammansättning i ett askbehandlat område, Trönö (Mellanskog) ett år efter spridning av aska. Askåterföring Mellanskog – Trönö, Arbetsrapport 1998:1. 5 sid.
- Arvidsson, H., Lundkvist, H. 2003. Effects of crushed wood ash on soil chemistry in young Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management* 176: 121-132.
- Arvidsson, H., Vestin, T., Lundkvist, H. 2002. Effects of crushed wood ash application on ground vegetation in young Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management* 161: 75-87.
- Bjurström, H., Ilskog, E., Berg, M. 2003. Askor från bibränslen och blandbränslen – mängder och kvalitet. Energimyndigheten, ER 10:2003. 73 sid.
- Bramryd, T., Fransman, B. 1995. Silvicultural use of wood ashes - effects on the nutrient and heavy metal balance in a pine (*Pinus sylvestris* L.) forest soil. *Water, Air and Soil Pollution* 85: 1039-1044.
- Büttner, G., Gering, C., Nell, U., Rumpf, S., Wilpert, K. 1998. Einsatz von Holzasche in Wäldern. *Forst und Holz* 53(3): 72-76.
- Bååth, E., Arnebrant, K. 1994. Growth rate and response of bacterial communities to pH in limed and ash treated forest soils. *Soil Biology & Biochemistry* 26: 995-1001.
- Clarholm, M. 1994. Granulated wood ash and a 'N-free' fertilizer to a forest soil - effects on P availability. *Forest Ecology and Management* 66: 127-136.
- Egnell, G., Nohrstedt, H.-Ö., Weslien, J., Westling, O., Örlander, G. 1998. Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation. Skogsstyrelsen Rapport 1/1998. 170 sid.
- Eriksson, H.M. 1998. Short-term effects of granulated wood ash on forest soil chemistry in SW and NE Sweden. *Scand. J. For Res. Suppl. 2*: 43-55.
- Eriksson, J. 1992. Karakterisering av vedaska. Vattenfall, FUD-Rapport U(B) 1992/48. 38 sid.
- Eriksson, J. 1996. Härdade vedaskors upplösning i skogjord. NUTEK R 1996:50. 54 sid.

- Feldkirchner, D.C., Wang, C., Gower, S.T., Kruger, E.L., Ferris, J. 2003. Effects of nutrient and paper mill biosolids amendments on the growth and nutrient status of hardwood forests. *Forest Ecology and Management* 177: 95-116.
- Fritze, H., Smolander, A., Levula, T., Kitunen, V., Mälkönen, E. 1994. Wood-ash fertilization and fire treatments in a Scots pine forest stand: Effects on the organic layer, microbial biomass, and microbial activity. *Biology and Fertility of Soils* 17: 57-63.
- Fritze, H., Kapanen, A., Vanhala, P. 1995. Cadmium contamination of wood ash and fire-treated coniferous humus: effect on soil respiration. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 54: 775-782.
- Geprägs, M. 2000. Försök 259 Nora: effekter på markvegetationen vid askåterföring. Skogsmästarskolan, SLU, Skinnskatteberg. Examensarbete, Skogsingenjörsprogrammet, 2000:5. 30 sid.
- Gering, C., Heil, B., Lamersdorf, N.P. 2000. Wood ash application in a Norway spruce forest at Solling, Central Germany. *Proceedings of International Conference on Forest Ecosystem Restoration, Vienna*, pp: 322-324.
- Gyllin, M., Kruuse, A. 1996. Effekter på floran efter tillförsel av ved- och blandaska. NUTEK R 1996:36. 23 sid. + bilaga.
- Haimi, J., Fritze, H., Moilanen, P. 2000. Responses of soil decomposer animals to wood-ash fertilisation and burning in a coniferous forest stand. *Forest Ecology and Management* 129: 53-61.
- Hallbäck, L., Zhang, L.-Q. 1998. Effects of experimental acidification, nitrogen addition and liming on ground vegetation in a mature stand of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in SE Sweden. *Forest Ecology and Management* 108: 201-213.
- van Hees, P.A.W., Jones, D.L., Godbold, D.L. 2003a. Biodegradation of low molecular weight organic acids in a limed forest soil. *Water, Air, and Soil Pollution, Focus* 3: 121-144.
- van Hees, P.A.W., Nyberg, L., Holmström, S.J.M., Lundström, U.S. 2003b. Pools and fluxes of cations, anions and DOC in two forest soils treated with lime and ash. *Water, Air, and Soil Pollution, Focus* 3: 145-165.
- Högbom, L., Nohrstedt, H.-Ö., Nordlund, S. 2001. Effects of wood-ash addition on soil-solution chemistry and soil N dynamics at a *Picea abies* (L.) Karst. site in southwest Sweden. *SkogForsk Report No. 4, 2001*. 20 p.
- Jacobson, S. 1997. Återföring av aska till skogsmark – kortsiktiga effekter på floran efter spridning av en krossaska. *SkogForsk Arbets-rapport nr 377*. 8 sid.
- Jacobson, S. 2003. Addition of stabilized wood ashes to Swedish coniferous stands on mineral soils – effects on stem growth and needle nutrient concentrations. *Silva Fennica* 37: 437-450.
- Jacobson, S., Gustafsson, L. 2001. Effects on ground vegetation of the application of wood ash to a Swedish Scots pine stand. *Basic and Applied Ecology* 2: 233-241.
- Kahl, J.S., Fernandez, I.J., Rustad, L.E., Peckenham, J. 1996. Threshold application rates of wood ash to an acidic forest soil. *Journal of Environmental Quality* 25: 220-227.
- Kellner, O., Weibull, O. 1998. Effects of wood ash on bryophytes and lichens in a Swedish pine forest. *Scandinavian Journal of Forest Research, Supplement No. 2*: 76-85.
- Khanna, P.K., Raison, R.J., Falkiner, R.A. 1994. Chemical properties of ash derived from Eucalyptus litter and its effects on forest soils. *Forest Ecology and Management* 66: 107-125.
- Kreutzer, K. 1995. Effects of forest liming on soil processes. *Plant and Soil* 168-169: 447-470.
- Levula, T., Saarsalmi, A., Rantavaara, A. 2000. Effects of ash fertilization and prescribed burning on macronutrient, heavy metal, sulphur and ¹³⁷Cs concentrations in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea*). *Forest Ecology and Management* 126: 269-279.

- Ludwig, B., Rumpf, S., Mindrup, M., Meiwes, K.-J., Khanna, P.K. 2002. Effects of lime and wood ash on soil-solution chemistry, soil chemistry and nutritional status of a pine stand in northern Germany. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 225-237.
- Martikainen, P.J. 1984. Nitrification in two coniferous forest soils after different fertilization treatments. *Soil Biology & Biochemistry* 16: 577-582.
- Martikainen, P.J., Ohtonen, R., Silvola, J., Vuorinen, A. 1994. The effects of fertilization on forest soil microbiology. Effect of fertilization on forest ecosystem. Biological research reports from the University of Jyväskylä 38: 40-79.
- Muse, J.K., Mitchell, C.C. 1995. Paper mill boiler ash and lime by-products as soil liming materials. *Agronomy Journal* 87: 432-438.
- Nilsson, C., Steenari, B.-M. 1996. Karaktärisering och behandling av träaska. NUTEK R 1996:15. 43 sid.
- Nilsson, S.I., Persson, T., Wirén, A., Andersson, S. 1996. Effekter av skogsmarkskalkning på markens organiska substans. I: Staaf, H., Persson, T., Bertils, U. (Red.): Skogsmarkskalkning. Resultat och slutsatser från Naturvårdsverkets försöksverksamhet. Naturvårdsverket, Rapport 4559: 59-69.
- Nilsson, S.I., Andersson, S., Valeur, I., Persson, T., Bergholm, J., Wirén, A. 2001. Influence of dolomite lime on leaching and storage of C, N and S in a Spodosol under Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). *Forest Ecology and Management* 146: 55-73.
- Nilsson, T., Eriksson, H.M. 1997. Vedaska och kalk - effekter på kväve mineralisering och nitrifikation i en skogsjord. NUTEK R 1997:75. 70 sid.
- Nilsson, T., Nilsson, Å., Larsson, K. 2002. Effekter på markkemi, markvegetation och skogsproduktion fem år efter askåterföring till ett tallbestånd i Hälsingland. Institutionen för skoglig marklära, SLU, Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära, Nr 85. 42 sid.
- Nordin, A. 1995. Askmedel och kalk - tidiga effekter på elektrisk konduktivitet och pH i en skogsjord och deras korrelationer med skaktest. Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära, nr 69. 33 sid. Inst. för skoglig marklära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Näslund, M. 1940. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i norra Sverige. Meddelande från Statens skogsförsöksanstalt 32(4).
- Nõmmik, H. 1979. Vilken roll kan kalken spela i framtidens skogsbruk? Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift, Supplement 13: 31-37.
- Olsson, M. 1996. Långsiktiga näringsbalanser vid uttag av skogsbränsle. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 135(13): 37-44.
- Perkiömäki, J., Fritze, H. 2002. Short and long-term effects of wood ash on the boreal forest humus microbial community. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 1343-1353.
- Persson, T. 1994. Effects of liming on soil organisms and soil biological processes. *Aktuellt fra Skogforsk* 14-94: 13-16.
- Persson, T., Wirén, A., Andersson, S. 1990. Effects of liming on carbon and nitrogen mineralization in coniferous forests. *Water, Air, and Soil Pollution* 54: 351-364.
- Persson, T., Rudebeck, A., Wirén, A. 1995. Pools and fluxes of carbon and nitrogen in 40-year-old forest liming experiments in southern Sweden. *Water, Air and Soil Pollution* 85: 901-906.
- Ring, E., Lövgren, L., Nohrstedt, H.-Ö., Jansson, G. 1999. Ash fertilization in a clearcut and in a Scots pine stand in Central Sweden – Effects on soil-water and soil chemistry coupled to laboratory leachings of six ash products. SkogForsk Report No.2, 1999. 51 pp.

- Rosén, K., Eriksson, H., Clarholm, M., Lundkvist, H., Rudebeck, A. 1993. Granulerad vedaska till skog på fastmark - ekologiska effekter. NUTEK R 1993:26. 60 sid.
- Saarsalmi, A., Mälkönen, E., Piirainen, S. 2001. Effects of wood ash fertilization on forest soil chemical properties. *Silva Fennica* 35(3): 355-368.
- Samuelsson, H. 2001. Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling. Skogsstyrelsen Meddelande 2-2001. 16 sid.
- Sikström, U., Jacobson, S. 2002. Trädens tillväxt – fortfarande en fråga om kväve! SkogForsk Resultat Nr 2, 2002. 4 sid.
- Smolander, A., Kurka, A., Kitunen, V., Mälkönen, E. 1994. Microbial biomass C and N, and respiratory activity in soil of repeatedly limed and N- and P-fertilized Norway spruce stands. *Soil Biology & Biochemistry* 26: 957-962.
- Someshwar, A.V. 1996. Wood and combination wood-fired boiler ash characterization. *Journal of Environmental Quality* 25: 962-972.
- Staples, T.E., Van Rees, K.C.J. 2001. Wood/sludge ash effects on white spruce seedling growth. *Canadian Journal of Soil Science* 81: 85-92.
- Steenari, B.-M., Lindqvist, O. 1996. Biobränsle-askors innehåll och härdningsegenskaper. NUTEK R 1996:28. 34 sid.
- Vance, E.D. 1996. Land application of wood-fired and combination boiler ashes: an overview. *Journal of Environmental Quality* 25: 937-944.
- Vestin, T. 1999. Effekter på fältskikts- och bottenvegetation efter återföring av härdad krossad vedaska. Avdelningen för markekologi, Institutionen för ekologi och miljövärd, SLU. Examensarbeten och enskilda arbeten 1999:1. 20 sid. + bilagor.
- Viebeck, C.-G. 2001. Effects of liming and wood ash application on root biomass, root distribution and soil chemistry in a Norway spruce stand in southwest Sweden. SLU, Inst. för ekologi och miljövärd, Examensarbeten och enskilda arbeten 2001:1. 28 sid.
- Wallman, U., Greger, M. 2002. Inventering av kärlväxter inom projekt askåterföring – Uppföljning samt utvärdering av påverkan på florans sammansättning fem år efter spridning av restprodukter. Botaniska institutionen, Stockholms universitet. 22 sid.
- Weber, A., Karsisto, M., Leppänen, R., Sundman, V., Skujins, J. 1985. Microbial activities in a histosol: Effects of wood ash and NPK fertilizer. *Soil Biology & Biochemistry* 17: 291-296.
- Zimmerman, S., Frey, B. 2002. Soil respiration and microbial properties in an acid forest soil: effects of wood ash. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 1727-1737.

Bilaga 1a. Förekomsten av olika arter inom försöksytorna 1-8 i Gimåfors, Medelpad. Försöksytorna 1, 4, 7 och 8 är kontrollytor, medan ytorna 2, 3, 5 och 6 är behandlade med 3 ton pelletterad barkaska ha⁻¹ i juni 1996. Inventering utförd 1995, 1997 och 2001. 0 = arten saknas på ytan, 1 = arten förekommer på ytan. Data från Arvanitis m.fl. (1995), Arvanitis & Hamza (1998) och Wallman & Greger (2002).

| Art | Svenskt namn | Förekomst av art 1995/ 1997/ 2001 på | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|--------------|-------|
| | | Respektive provyta | | | | | | | | Kontr.- ytor | Askbeh. ytor | Alla ytor | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | | |
| <i>Agrostis capillaris</i> | rödven | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/0/1 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/0/1 | 1/0/1 |
| <i>Alnus incana</i> | gråal | 1/1/1 | 1/1/1 | 0/0/0 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 3/3/3 | 7/7/7 |
| <i>Athyrium filix-femina</i> | majbräken | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/1 | 0/0/0 | 1/1/1 | 0/0/0 | 1/1/1 | 1/1/1 |
| <i>Betula pendula</i> | vårtbjörk | 1/0/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/3/4 | 4/4/4 | 8/7/8 |
| <i>Betula pubescens</i> | glasbjörk | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 |
| <i>Calamagrostis arundinacea</i> | piprör | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/1 | 0/0/0 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 2/2/2 | 3/3/3 | 5/5/5 |
| <i>Calamagrostis purpurea</i> | brunnrör | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/0 |
| <i>Carex caryophylla</i> | vårstarr | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 1/0/1 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/1/0 | 1/1/1 | 1/2/1 |
| <i>Cirsium palustris</i> | kärrtistel | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/0 |
| <i>Convallaria majalis</i> | liljekonvalj | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/1/0 |
| <i>Deschampsia cespitosa</i> | tuvtåtel | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/1 | 1/1/1 | 0/1/0 | 1/2/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 2/3/2 |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | kruståtel | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Dryopteris expansa</i> | nordbräken | 1/1/1 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/1 | 0/1/1 | 1/1/1 | 0/0/1 | 2/2/3 | 1/2/2 | 3/4/5 | |
| <i>Epilobium angustifolium</i> | mjölke | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Fragaria vesca</i> | smultron | 0/0/1 | 0/0/0 | 1/1/1 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/1/1 | 1/1/1 | 0/1/1 | 1/2/3 | 1/3/2 | 2/5/5 | |
| <i>Geranium sylvaticum</i> | midsommarblomster | 1/1/1 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/1 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 1/1/1 | 3/3/3 | 0/0/0 | 3/3/3 | |
| <i>Goodyera repens</i> | knärot | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/1 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/1 | 0/0/1 | |
| <i>Gymnocarpium dryopteris</i> | ekbräken | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Hieracium vulgatifolia</i> | hagfibblor | 0/0/0 | 1/1/1 | 0/0/0 | 1/0/0 | 0/0/0 | 0/1/1 | 1/1/1 | 0/0/0 | 2/1/1 | 1/2/2 | 3/3/3 | |
| <i>Juniperus communis</i> | en | 0/0/0 | 1/1/0 | 0/0/0 | 1/0/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/0/0 | 2/2/0 | 3/2/0 | |
| <i>Linnaea borealis</i> | linnea | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Listeria cordata</i> | spindelblomster | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | |
| <i>Luzula pilosa</i> | vårfryle | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 0/1/1 | 0/1/1 | 2/4/4 | 4/4/3 | 6/8/7 | |
| <i>Lycopodium annotinum</i> | revlummer | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/0 | 0/1/1 | 1/1/1 | 3/4/4 | 4/4/3 | 7/8/7 | |
| <i>Maianthemum bifolium</i> | ekorrbar | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Melampyrum pratensis</i> | ängskovall | 0/0/0 | 1/1/1 | 0/1/1 | 0/0/1 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/1 | 1/2/2 | 1/2/3 | |
| <i>Melampyrum sylvaticum</i> | skogskovall | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 0/1/1 | 3/4/4 | 4/4/4 | 7/8/8 | |
| <i>Melica nutans</i> | bergslok | 1/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/0/0 | 0/1/0 | 1/1/0 | |
| <i>Moneses uniflora</i> | ögonpyrola | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/2/0 | 0/2/0 | 0/4/0 | |
| <i>Orthilia secunda</i> | björkpyrola | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/1 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/1/0 | 0/1/0 | 0/1/1 | 0/2/1 | 1/3/1 | 1/5/2 | |
| <i>Oxalis acetosella</i> | harsyra | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Picea abies</i> | gran | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Pinus sylvestris</i> | Tall | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 0/0/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 3/3/4 | 7/7/8 | |
| <i>Populus tremula</i> | Asp | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 1/1/0 | |
| <i>Potentilla erecta</i> | blodrot | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/1/1 | 1/1/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 0/1/1 | 1/2/1 | |
| <i>Pteridium aquilinum</i> | örnbräken | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/0/0 | 0/0/0 | 1/0/0 | 0/0/0 | 1/0/0 | |
| <i>Pyrola media</i> | klockpyrola | 0/0/1 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 0/0/0 | 1/1/1 | 0/0/0 | 1/1/1 | |
| <i>Ranunculus acris</i> | smörblomma | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | |
| <i>Rubus arcticus</i> | åkerbär | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/1/0 | |
| <i>Rubus idaeus</i> | Hallon | 1/1/1 | 1/0/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 0/0/1 | 0/0/0 | 0/1/1 | 1/1/1 | 3/4/4 | 2/1/3 | 5/5/7 | |
| <i>Rubus saxatilis</i> | stenbär | 1/1/1 | 0/1/0 | 0/1/0 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 2/4/2 | 6/8/6 | |
| <i>Salix caprea</i> | sälg | 1/0/1 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/0 | 3/2/2 | 1/2/2 | 4/4/4 | |
| <i>Solidago virgaurea</i> | gullris | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | rön | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Trientalis europea</i> | skogsstjärna | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Vaccinium myrtillus</i> | blåbär | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Vaccinium vitis-idaea</i> | lingon | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/4/4 | 4/4/4 | 8/8/8 | |
| <i>Veronica officinalis</i> | ärenpris | 0/1/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/1/1 | 0/0/0 | 0/2/1 | 0/0/0 | 0/2/1 | |
| <i>Viola palustris</i> | kärrviol | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | 0/0/0 | 1/1/0 | |
| <i>Viola riviniana</i> | skogsviol | 1/1/1 | 0/0/0 | 1/1/0 | 1/0/0 | 1/1/0 | 1/1/1 | 1/1/1 | 1/1/1 | 4/3/3 | 3/3/1 | 7/6/4 | |
| Antal arter/yta 1995: | | 26 | 23 | 24 | 24 | 24 | 25 | 33 | 23 | 26.5 | 24.0 | 25.2 | |
| Antal arter/yta 1997: | | 25 | 24 | 27 | 22 | 26 | 31 | 40 | 30 | 29.2 | 27.0 | 28.1 | |
| Antal arter/yta 2001: | | 27 | 22 | 23 | 23 | 24 | 29 | 30 | 27 | 26.8 | 24.5 | 25.6 | |
| Totala antalet arter: | | | | | | | | | | 38/43/34 | 34/36/34 | 43/47/38 | |

Bilaga 1b. Förekomsten av olika arter inom försöksytorna A-F i Gimåfors, Medelpad. Försöksytorna B och C är kontrolltytor, ytorna A och E är behandlade med 3.3 ton granulerad barkaska+rötslam ha⁻¹ (AS3) och ytorna D och F är behandlade med 10 ton ha⁻¹ (AS9) av samma produkt. Behandlingarna utförda i juli 1996. Inventering utförd i juli 1997 och augusti 2001. 0 = arten saknas på ytan, 1 = arten förekommer på ytan. Data från Arvanitis & Hamza (1998) och Wallman & Greger (2002).

| Art | Svenskt namn | Förekomst av art 1997/ 2001 på | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|-------|-------|--------------|
| | | Respektive provyta | | | | | | Kontr.- ytor | AS3 | AS9 | Alla ytor |
| | | A | B | C | D | E | F | | | | |
| <i>Agrostis capillaris</i> | rödven | 0/1 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/1 | 0/2 |
| <i>Alnus incana</i> | gråal | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 0/1 | 2/2 | 2/2 | 1/2 | 5/6 |
| <i>Betula pendula</i> | vårbjörk | 0/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 1/2 | 2/2 | 5/6 |
| <i>Betula pubescens</i> | glasbjörk | 1/1 | 1/1 | 1/0 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/1 | 2/2 | 2/2 | 6/5 |
| <i>Calamagrostis arundinacea</i> | piprör | 1/1 | 1/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 2/0 | 1/1 | 0/0 | 3/1 |
| <i>Carex caryophylllea</i> | vårstarr | 0/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/0 | 0/1 |
| <i>Convallaria majalis</i> | liljekonvalj | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 |
| <i>Deschampsia cespitosa</i> | tuvtätel | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | krustätel | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 2/2 | 2/2 | 6/6 |
| <i>Dryopteris expansa</i> | nordbräken | 1/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/1 | 0/0 | 1/1 |
| <i>Epilobium angustifolium</i> | mjölke | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 0/1 | 1/1 | 2/2 | 1/2 | 2/2 | 5/6 |
| <i>Geranium sylvaticum</i> | midsommar- blomster | 0/1 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/0 | 1/1 | 0/0 | 0/1 | 1/2 | 1/3 |
| <i>Goodyera repens</i> | knärot | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/0 | 0/1 |
| <i>Gymnocarpium dryopteris</i> | ekbräken | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 0/1 | 1/1 | 2/2 | 1/2 | 2/2 | 5/6 |
| <i>Hieracium vulgatiformia</i> | hagfibblor | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | 1/0 | 2/0 |
| <i>Juniperus communis</i> | en | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | 1/0 | 0/0 | 2/0 |
| <i>Linnea borealis</i> | linnea | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 2/2 | 2/2 | 6/6 |
| <i>Luzula pilosa</i> | vårfryle | 0/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 0/1 | 1/1 | 2/2 | 0/2 | 2/2 | 4/6 |
| <i>Lycopodium annotinum</i> | revlummer | 1/1 | 0/1 | 1/0 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 2/2 | 5/5 |
| <i>Maianthemum bifolium</i> | ekorrbrä | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 2/2 | 2/2 | 2/2 |
| <i>Melampyrum pratensis</i> | ängskovall | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/1 | 1/0 | 1/0 | 0/1 | 1/0 | 1/1 | 2/2 |
| <i>Melampyrum sylvaticum</i> | skogskovall | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 2/2 | 2/2 | 6/6 |
| <i>Melica nutans</i> | bergslok | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 1/0 |
| <i>Orthilia secunda</i> | björkpyrola | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | 1/0 | 0/0 | 2/0 | 3/0 |
| <i>Oxalis acetosella</i> | harsyra | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 2/2 | 2/2 | 6/6 |
| <i>Picea abies</i> | gran | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 2/2 | 2/2 | 6/6 |
| <i>Pinus sylvestris</i> | tall | 0/1 | 0/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/2 | 1/2 | 2/2 | 4/6 |
| <i>Populus tremula</i> | asp | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 |
| <i>Potentilla erecta</i> | blodrot | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 |
| <i>Pyrola chloranta</i> | grönpyrola | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | 1/0 | 0/0 | 2/0 |
| <i>Pyrola media</i> | klockpyrola | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 1/0 |
| <i>Pyrola rotundifolia</i> | vitpyrola | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 1/0 |
| <i>Rubus idaeus</i> | hallon | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | 2/2 | 1/1 | 2/0 | 5/3 |
| <i>Rubus saxatilis</i> | stenbrä | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 0/0 | 0/0 | 2/2 | 1/1 | 1/1 | 4/4 |
| <i>Salix caprea</i> | sälg | 1/0 | 1/1 | 1/1 | 0/0 | 1/1 | 0/0 | 2/2 | 2/1 | 0/0 | 4/3 |
| <i>Solidago virgaurea</i> | gullris | 1/1 | 1/1 | 1/0 | 1/1 | 0/1 | 1/1 | 2/1 | 1/2 | 2/2 | 5/5 |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | rönn | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 2/2 | 2/2 | 6/6 |
| <i>Trientalis europea</i> | skogsstjärna | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 0/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 2/2 | 1/2 | 5/6 |
| <i>Vaccinium myrtillus</i> | blåbär | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 2/2 | 2/2 | 6/6 |
| <i>Vaccinium vitis-idaea</i> | lingon | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 2/2 | 2/2 | 2/2 | 6/6 |
| <i>Viola palustris</i> | kärrviol | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 |
| <i>Viola riviniana</i> | skogsviol | 0/1 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 1/0 | 0/1 | 1/0 | 2/1 |
| Antal arter/yta 1997: | | 25 | 24 | 26 | 23 | 19 | 25 | 25.0 | 22.0 | 24.0 | 23.7 |
| Antal arter/yta 2001: | | 27 | 22 | 20 | 23 | 21 | 20 | 21.0 | 24.0 | 21.5 | 22.2 |
| Totala antalet arter: | | | | | | | | 29/23 | 30/29 | 29/23 | 39/30 |

Bilaga 2a. Arternas abundans inom försöksytorna 1-8 i Gimåfors, Medelpad. Försöksytorna 1, 4, 7 och 8 är kontrollytor, medan ytorna 2, 3, 5 och 6 är behandlade med 3 ton pelleterad barkaska ha⁻¹ i juni 1996. Abundansinventering utförd 1995 och 2001. 0 = arten saknas på ytan, 1 = arten förekommer i färre än 10 exemplar, 10 = arten förekommer i fler än 10 exemplar. På raden längst ner anges summan för försöksytan. Detta värde kan utgöra en grund för ett slags diversitetsindex. Data från Arvanitis m.fl. (1995) och Wallman & Greger (2002).

| Art | Svenskt namn | Abundans av art 1995 / 2001 på | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|----------------|------|
| | | Respektive provyta | | | | | | | | Kontr.- ytor | Askbeh. ytor | Alla ytor | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | | |
| <i>Agrostis capillaris</i> | rödven | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 10/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 10/1 | 10/1 |
| <i>Alnus incana</i> | gråal | 10/1 | 10/10 | 0/0 | 10/10 | 10/1 | 10/1 | 10/10 | 10/10 | 40/33 | 30/12 | 70/45 | |
| <i>Athyrium filix-femina</i> | majbräken | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/1 | 0/0 | 1/1 | 0/0 | 1/1 | |
| <i>Betula pendula</i> | vårtbjörk | 1/10 | 1/1 | 1/10 | 1/10 | 10/1 | 1/1 | 10/1 | 10/1 | 22/40 | 13/13 | 35/53 | |
| <i>Betula pubescens</i> | glasbjörk | 10/10 | 10/1 | 10/10 | 10/10 | 10/1 | 10/10 | 10/1 | 10/10 | 40/31 | 40/22 | 80/53 | |
| <i>Calamagrostis arundinacea</i> | piprör | 0/0 | 0/0 | 1/10 | 0/0 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 20/20 | 21/30 | 41/50 | |
| <i>Calamagrostis purpurea</i> | brunnrör | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 10/0 | 0/0 | 10/0 | 0/0 | 10/0 | |
| <i>Carex caryophylla</i> | vårstarr | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 10/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 10/0 | 10/0 | |
| <i>Cirsium palustris</i> | kärrtistel | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | |
| <i>Deschampsia cespitosa</i> | tuvtätel | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 10/1 | 10/1 | 0/0 | 10/1 | 10/1 | 20/2 | |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | krustätel | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 40/40 | 40/40 | 80/80 | |
| <i>Dryopteris expansa</i> | nordbräken | 1/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/1 | 0/1 | 1/1 | 0/1 | 2/3 | 1 / 2 | 3/5 | |
| <i>Epilobium angustifolium</i> | mjölke | 10/1 | 10/1 | 10/10 | 10/10 | 10/1 | 10/1 | 1/1 | 10/10 | 31/22 | 40/13 | 71/35 | |
| <i>Fragaria vesca</i> | smultron | 0/1 | 0/0 | 1/1 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 10/1 | 0/1 | 10/3 | 1 / 2 | 11/5 | |
| <i>Geranium sylvaticum</i> | midsommar- blomster | 10/10 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 1/1 | 12/12 | 0/0 | 12/12 | |
| <i>Goodyera repens</i> | knärot | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/1 | |
| <i>Gymnocarpium dryopteris</i> | ekbräken | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 40/40 | 40/40 | 80/80 | |
| <i>Hieracium silvaticiformia</i> | skogsfibblor | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/1 | |
| <i>Hieracium vulgatiformia</i> | hagfibblor | 0/0 | 1/1 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/1 | 1/1 | 0/0 | 2/1 | 1 / 2 | 3/3 | |
| <i>Juniperus communis</i> | en | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 2/0 | 3/0 | |
| <i>Linnaea borealis</i> | linnea | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 40/40 | 40/40 | 80/80 | |
| <i>Luzula pilosa</i> | vårfryle | 1/1 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/0 | 10/1 | 0/1 | 0/1 | 11/13 | 40/21 | 51/34 | |
| <i>Lycopodium annotinum</i> | revlumner | 10/10 | 10/1 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/0 | 0/1 | 10/1 | 30/22 | 40/21 | 70/43 | |
| <i>Maianthemum bifolium</i> | ekorrbar | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/1 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 40/31 | 40/40 | 80/71 | |
| <i>Melampyrum pratensis</i> | ängskovall | 0/0 | 10/10 | 0/1 | 0/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 10/11 | 10/12 | |
| <i>Melampyrum sylvaticum</i> | skogskovall | 10/10 | 10/10 | 10/1 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/1 | 0/10 | 30/31 | 40/31 | 70/62 | |
| <i>Melica nutans</i> | bergslök | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 1/0 | |
| <i>Orthilia secunda</i> | björkpyrola | 0/0 | 0/0 | 10/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/10 | 0/10 | 10/1 | 10/11 | |
| <i>Oxalis acetosella</i> | harsyra | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 40/40 | 40/40 | 80/80 | |
| <i>Picea abies</i> | gran | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 40/40 | 40/40 | 80/80 | |
| <i>Pinus sylvestris</i> | Tall | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 0/10 | 10/10 | 10/10 | 40/40 | 30/40 | 70/80 | |
| <i>Populus tremula</i> | Asp | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 1/0 | |
| <i>Potentilla erecta</i> | blodrot | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 10/0 | 0/0 | 10/0 | 0/1 | 10/1 | |
| <i>Pteridium aquilinum</i> | örnbräken | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 10/0 | 0/0 | 10/0 | 0/0 | 10/0 | |
| <i>Pyrola media</i> | klockpyrola | 0/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 10/0 | 0/0 | 10/1 | 0/0 | 10/1 | |
| <i>Rubus idaeus</i> | Hallon | 10/1 | 10/1 | 10/10 | 10/1 | 0/1 | 0/0 | 0/10 | 10/1 | 30/13 | 20/12 | 50/25 | |
| <i>Rubus saxatilis</i> | stenbär | 10/10 | 0/0 | 0/0 | 10/1 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/1 | 40/22 | 20/20 | 60/42 | |
| <i>Salix caprea</i> | sälg | 10/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 1/1 | 10/1 | 1/0 | 21/2 | 1 / 2 | 22/4 | |
| <i>Solidago virgaurea</i> | gullris | 10/1 | 10/1 | 10/1 | 10/1 | 10/10 | 1/1 | 10/1 | 10/10 | 40/13 | 31/13 | 71/26 | |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | rönn | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 40/40 | 40/40 | 80/80 | |
| <i>Trientalis europea</i> | skogsstjärna | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 40/40 | 40/40 | 80/80 | |
| <i>Vaccinium myrtillus</i> | blåbär | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 40/40 | 40/40 | 80/80 | |
| <i>Vaccinium vitis-idaea</i> | lingon | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 10/10 | 40/40 | 40/40 | 80/80 | |
| <i>Veronica officinalis</i> | ärenpris | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/0 | 0/1 | 0/0 | 0/1 | |
| <i>Viola palustris</i> | kärrviol | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 10/0 | 0/0 | 10/0 | 0/0 | 10/0 | |
| <i>Viola riviniana</i> | skogsviol | 10/1 | 0/0 | 10/0 | 1/0 | 1/0 | 10/1 | 10/1 | 10/1 | 31/3 | 21/1 | 52/4 | |
| Summa 1995/ 2001: | | 215 / 180 | 203 / 157 | 204 / 185 | 204 / 176 | 222 / 168 | 214 / 165 | 276 / 165 | 212 / 189 | 916 / 730 | 843 / 674 | 1759 / 1404 | |

Bilaga 2b. Arternas abundans inom försöksytorna A-F i Gimåfors, Medelpad, i augusti 2001. Försöksytorna B och C är kontrollytor, ytorna A och E är behandlade med 3.3 ton granulerad barkaska+röt slam ha⁻¹ (AS3) och ytorna D och F är behandlade med 10 ton ha⁻¹ (AS9) av samma produkt. Behandlingarna utförda i juli 1996. 0 = arten saknas på ytan, 1 = arten förekommer i färre än 10 exemplar, 10 = arten förekommer i fler än 10 exemplar. På raden längst ner anges summan för försöksytan. Detta värde kan utgöra en grund för ett slags diversitetsindex. Data från Wallman & Greger (2002).

| Art | Svenskt namn | Abundans av art 2001 på | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|-------|-------|-----------|
| | | Respektive provyta | | | | | | Kontr.- ytor | AS300 | AS900 | Alla ytor |
| | | A | B | C | D | E | F | | | | |
| <i>Agrostis capillaris</i> | Rödven | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| <i>Alnus incana</i> | gråal | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 | 11 | 2 | 24 |
| <i>Betula pendula</i> | vårtbjörk | 10 | 1 | 10 | 10 | 1 | 1 | 11 | 11 | 11 | 33 |
| <i>Betula pubescens</i> | glasbjörk | 10 | 1 | 0 | 1 | 10 | 1 | 1 | 20 | 2 | 23 |
| <i>Calamagrostis arundinacea</i> | piprör | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Carex caryophyllaea</i> | vårstarr | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | krustätel | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 60 |
| <i>Dryopteris expansa</i> | nordbräken | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Epilobium angustifolium</i> | mjölke | 1 | 10 | 1 | 10 | 1 | 1 | 11 | 2 | 11 | 24 |
| <i>Geranium sylvaticum</i> | midsommarblomster | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 10 | 0 | 1 | 11 | 12 |
| <i>Goodyera repens</i> | knärot | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Gymnocarpium dryopteris</i> | ekbräken | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 60 |
| <i>Hieracium silvaticiformia</i> | skogsfibblor | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| <i>Linnea borealis</i> | linnea | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 60 |
| <i>Luzula pilosa</i> | vårfryle | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 11 | 20 | 51 |
| <i>Lycopodium annotinum</i> | revlummer | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 5 |
| <i>Maianthemum bifolium</i> | ekorrbar | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 60 |
| <i>Melampyrum pratensis</i> | ängskovall | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| <i>Melampyrum sylvaticum</i> | skogskovall | 10 | 10 | 1 | 10 | 10 | 10 | 11 | 20 | 20 | 51 |
| <i>Oxalis acetosella</i> | harsyra | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 60 |
| <i>Picea abies</i> | gran | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 60 |
| <i>Pinus sylvestris</i> | tall | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 60 |
| <i>Rubus idaeus</i> | hallon | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 20 | 10 | 0 | 30 |
| <i>Rubus saxatilis</i> | stenbär | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| <i>Salix caprea</i> | sälg | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 |
| <i>Solidago virgaurea</i> | gullris | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 10 | 1 | 2 | 11 | 14 |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | rönn | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 11 | 20 | 51 |
| <i>Trientalis europea</i> | skogsstjärna | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 60 |
| <i>Vaccinium myrtillus</i> | blåbär | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 60 |
| <i>Vaccinium vitis-idaea</i> | lingon | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 60 |
| <i>Viola riviniana</i> | skogsviol | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | index | 163 | 166 | 146 | 158 | 147 | 156 | 312 | 310 | 314 | 936 |

The present series comprises contribution from Dept. of Forest Site Research, S-901 83 Umeå, Sweden, Dept. of Forest Soils, S-750 07 Uppsala, Sweden.

Distribution: see back cover.

1998

76. Alriksson, Agnetha och Holmgren, Peter (Red.) Skogsbruket och marken. Ståndortsanpassad skötsel, markvård och vattenvård hos några skogsbrukande företag. Seminariearbeten utförda av Skogsvetarkurs 96/00 på kursen Ståndortslära 10 p, ht 1997.
77. Berg, Björn and Johansson, Maj-Britt. *Maximum limits for plant litter decomposition. Data from forest systems.*
78. Svensson, Johan; Hånell, Björn & Magnusson, Tord. Naturlig beskogning av utbrutna torvmarker genom insådd från omgivande skog. *Tree and shrub colonization of abandoned peat winning fields by seeding from adjacent forests.*
79. Olsson, Mats (Red.) Markdagen 1998. Forskningsnytt om mark.

1999

80. Berg, B. et al. 1999. *Needle Litterfall in a North European Spruce Forest Transect.*
81. Almberg, Å. Elementhalter i gran- och tallved – variation med boniteten och längs trädstammen. *Element concentrations in stemwood of Norway spruce and Scots pine – variation with site quality and along the tree stem.* Examensarbete

2001

82. Eriksson, H.M. et al. Kolbindning och kvävebalanser i SKA 99.
83. Mendoza Vega, Jorge. *Influence of soil type and land use/land cover on soil organic carbon amounts in Southeast Mexico.* Licentiatavhandling.

2002

84. Wiklander, G. (Red.) Markdagen 2002. Forskningsnytt om mark.
85. Nilsson, T., Nilsson, Å., Larsson, K. Effekter på markkemi, markvegetation och skogsproduktion fem år efter askåterföring till ett tallbestånd i Hälsingland. *Effects on soil chemistry, field vegetation and forest production five years after ash recycling to a pine stand in Hälsingland (central Sweden).*

2003

86. Troedsson, T. Olof Tamm 1891-1973. En kortfattad biografi.

2004

87. Berggren, D., Bergkvist, B., Johansson, M-B., Langvall, O., Majdi, H., Melkerud, P-A., Nilsson, Å., Weslien, P. and Olsson, M. *A description of LUSTRA's common field sites.*

Each report in the series SLU-Rapporter from the Faculty of Forestry, Swedish University of Agricultural Sciences, has been authorized by the head of department after consultation with a referee. The aim of the series is to report original research, unpublished elsewhere, by the various departments situated at Uppsala and Umeå.

Distribution

**Inst. för Skoglig Marklära
Sveriges lantbruksuniversitet
Box 7001
S-750 07 Uppsala**