

## Askåterföring till skogsmark - tillväxtrevision av fältförsök

Ulf Sikström och Staffan Jacobson



# **Askåterföring till skogsmark – tillväxtrevision av fältförsök**

Ulf Sikström och Staffan Jacobson

Q6-624

VÄRMEFORSK Service AB  
101 53 STOCKHOLM · Tel 08-677 25 80  
Januari 2007  
ISSN 1653-1248



## BAKGRUND

Biobränslen, bl.a. i form av hyggesrester (GROT; grenar och toppar), utgör redan nu en viktig del av den svenska energiförsörjningen. Ett ökat uttag av biomassa innebär också ett ökat uttag av näringsämnen från skogen jämfört med ett uttag av endast stamved. För att kompensera för det ökade näringsuttaget är Skogsstyrelsens rekommendation att vedaska bör återföras till skogsmarken efter GROT-uttag (Skogsstyrelsen 2001a). Ett av de skogliga sektorsmålen anger att på sikt ska den areal som erhåller aska vara minst lika stor som den där GROT skördas.

Huvudsyftet med att återföra aska till skoglig fastmark anses vara att motverka en långsiktig utarmning av markens näringsförråd (exv. Skogsstyrelsen 2001b) och inte att i första hand åstadkomma en ökning av skogstillväxten på kort sikt. Tillförsel av aska till såväl fast- som torvmark, kan dock påverka skogsproduktionen. Tillgängliga resultat antyder att det på kort sikt finns en tendens till ökad tillväxt (0–10 %) på bördiga fastmarker och minskad tillväxt (0–10 %) på intermediära och svaga fastmarker, efter tillförsel av såväl lös som stabiliserad aska (Jacobson 2003). Den mest sannolika förklaringen till båda dessa tillväxtförändringar är förändrad tillgång på växttillgängligt kväve (Persson et al., 1991). En minskad tillväxt kan dock motverkas genom tillförsel av kväve (Jacobson 2001).

Kvoten mellan kol och kväve (C/N) i humusen har föreslagits som ett mått för att bedöma om en pH-höjning i marken kommer att medföra en ökad eller minskad nettomineralisering av kväve. Enligt en grov tumregel, baserad på erfarenheter från skogskalkningsförsök, sker en ökad nettomineralisering efter kalkning om C/N i humusen är lägre än 30 (Persson 1988, Persson & Wirén 1996). En ökad skogsproduktion kan således troligen förväntas på fastmarker med C/N < 30 (de bördiga fastmarkerna) och tvärtom på fastmarkerna med C/N > 30 (de svaga fastmarkerna).

I början av 1990-talet anlade Skogforsk ett försök i SV Sverige där bl.a. ett försöksled med aska ingick. Försöket ligger i granskog på relativt bördig skogsmark. Vid en tillväxtrevision fem år efter behandling var tillväxten i medeltal 10 % högre i askledet, dock ej statistiskt signifikant ( $p_{\text{behandling}} = 0,49$ ) (Jacobson 2003). I detta PM redovisas resultaten efter tio år.

## SYFTE

Syftet med denna studie var att beräkna tillväxteffekten 10 år efter behandling i ett fältförsök i granskog på relativt bördig skogsmark i SV Sverige. Behandlingarna var tillförsel av aska, kalk, årlig kvävetillförsel samt några kombinationer av dessa.

## MATERIAL OCH METOD

Försöket 244 Åled är beläget ca 1 mil NO Halmstad. År 1991 etablerades det i 64-årig granskog på relativt bördig skogsmark (ståndortsindex = G32; bonitet =  $12 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ). Vid anläggningen fanns  $800 \text{ träd ha}^{-1}$  och beståndsvolymen var  $450 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1}$ . Marktypen är en sandig-moig morän med ett humustäcke på ca 6 cm. Markens pH var lågt, 3,8 i humusen och 3,9 – 4,1 i övre delen av mineraljorden (0 – 10 cm), och dess C/N i humusen var 25. Försöket finns beskrivet av Sikström (2002) och Jacobson (2003).

Försöksdesignen var ett randomiserat blockförsök med tre block (upprepningar) och åtta försöksled (Tabell 1). Provytornas storlek var  $30 \times 30 \text{ m}^2$ . Behandlingarna gjordes våren 1992, i de flesta fall som engångsgivor. Undantaget var försöksledet med den låga N-givan, där N tillfördes årligen under den 10-åriga studieperioden. Ett av försöksleden var tillförsel av aska ( $4,2 \text{ ton ha}^{-1}$ ). Askan var en pelleterad aska, som vid pelleteringen blandades med vatten och kompost. Kompostinblandningen medförde att askprodukten innehöll en del kväve [ca  $4 \text{ mg (g vikt)}^{-1}$ ]. Kalken tillfördes i givorna  $3 \text{ ton ha}^{-1}$  ("Kalk") och  $6 \text{ ton ha}^{-1}$  ("2Kalk") (Tabell 1).

**Tabell 1.**  
**Försöksled i försök 244 Åled. Givor angivna i  $\text{kg ha}^{-1}$ .**

Ämne	Försöksled							
	Kon-troll (1)	Kalk <sup>a+</sup> PK <sup>b</sup> (2)	Kalk <sup>a</sup> (3)	N <sup>c</sup> (4)	Kalk <sup>a+</sup> PKN <sup>b,c</sup> (5)	2Kalk <sup>a+</sup> 2P2K <sup>b</sup> (6)	2Kalk <sup>a</sup> (7)	Aska <sup>d</sup> (8)
Ca	-	1135	1100	-	1135	2270	2200	1126
P	-	25	-	-	25	50	-	51
K	-	79	-	-	79	158	-	128
Mg	-	192	184	-	192	384	268	72
N	-	-	-	$10 \times 2 \times 10$	$10 \times 2 \times 10$	-	-	-
Cu	-	1,2	-	-	1,2	2,3	-	-
S	-	23	-	-	23	46	-	-
Cl	-	73	-	-	73	146	-	-

<sup>a</sup> Kalken var en blandning av lika delar kalksten ( $\text{CaCO}_3$ ) och dolomit [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ].

<sup>b</sup> P och K tillfördes som "PKCu 7-21"; P i form av superfosfat och K som kaliumklorid.

<sup>c</sup> Tillförsel av ammoniumnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) vid två tillfällen per år ( $2 \times 10 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ) under 10 år.

<sup>d</sup> Pelleterad aska,  $3 \text{ ton ha}^{-1}$  (se även löptexten ovan). Askan innehöll följande koncentrationer (från Jacobson 2003);

[mg (g t.s.)<sup>-1</sup>]: N 4, Ca 270, Mg 17, K 31, P 12, Al 17, S 3, Si 83;

[ $\mu\text{g (g t.s.)}^{-1}$ ]: Pb 125, Cd 2, Cu 300, Cr 40, Zn 535, B 232.

Tio år efter behandlingen gjordes en tillväxtrevision, varvid samtliga träd på provytorna (en nettoyta med 10 m radie) korsklavades och höjdmättes. Träden borrades också och borrhöjden årsringmättes t.o.m. fem år före behandling. Trädens stamvolum beräknades med hjälp av empiriska funktioner (Näslund 1947).

Fem vegetationsperioder efter starten av behandlingarna (hösten 1996) gallrades försöket. Vid gallringen uppmättes gallringsuttaget. Tillväxten på de utgallrade träden ingår i här redovisade tillväxtdata.

Eventuella behandlingseffekter utvärderades med statistisk analys (variansanalys / kovariansanalys). Beräkningsprogrammet SAS/STAT, procedur GLM nyttjades (SAS Institute Inc. 1999). De responsvariabler som testades var grundyte- och volymtillväxten under den 10-åriga effektperioden. Block och försöksled ingick som oberoende variabler i den statistiska modellen. För att korrigera för eventuella skillnader mellan olika ytor innan behandling testades ett flertal variabler som kovariat. Dessa variabler var: 5-års grundyte- resp. volymtillväxt innan behandling, stående grundyta och volym samt stamantal vid behandling, liksom storleken på gallringsuttaget efter fem år. I de fall en signifikant ( $p < 0,05$ ) effekt av försöksled kunde påvisas i den statistiska modellen testades också eventuella skillnader mellan enskilda försöksled med Tukey's test för multipla jämförelser. Dessutom testades några kontraster där olika försöksled med liknande behandlingar slogs ihop. I dessa fall nyttjades LSD-test ("The least significant difference method") för parvis jämförelse. Detta test är ett mindre konservativt test jämfört med Tukey's test och kräver mindre skillnader för att erhålla en signifikant effekt.

## RESULTAT

För volymtillväxten kunde inga statistiskt signifikanta ( $p < 0,05$ ) effekter av behandlingarna ( $p_{\text{försöksled}} = 0,19$ ) påvisas (Tabell 2). Däremot var grundytetillväxten för försöksledet med "Kalk + PKN" skiljt från kontrollen ( $p = 0,047$ ) (Tabell 2).

Eftersom den statistiska analysen av grundytetillväxten visade på en effekt av behandling ( $p_{\text{försöksled}} = 0,032$ ) (Tabell 2) testades några kontraster där olika försöksled med liknande behandlingar slogs ihop. Tillförsel av Kalk + PK (Försöksled 2 och 6) gav en signifikant ( $p = 0,032$ ) tillväxtökning jämfört med obehandlad kontroll (Tabell 3). En liknande effekt erhöles när de båda försöksleden med Kalk + PK gemensamt med askledet testades mot kontrollen, liksom när all försöksled som fått kalk, kalk + PK eller aska jämfördes med kontrollen. Tillförsel av ren kalk (Försöksled 3 och 7) gav en tendens ( $p = 0,12$ ) till ökad tillväxt (Tabell 3). Det fanns även en tendens ( $p = 0,062$ ) till högre grundytetillväxt i försöksleden med Kalk + PK jämfört med de rena kalkleden (Tabell 3).

Beträffande varaktigheten av de olika behandlingarna låg tillväxten i försöksledet med "N" på en liknande nivå som kontrollen i slutet av perioden (figur 1 och 2). Under de sista åren var den årliga tillväxten i medeltal mellan ca 10 % och ca 40 % högre än kontrollen i de övriga försöksleden.

**Tabell 2.**

Tillväxt i de olika försöksleden under 10 år efter behandling i försök 244 Åled. Data avser tillväxten i medeltal  $\pm$  medelfel ( $n = 3$ ). Värden inom parentes anger relativa tal i förhållande till den obehandlade kontrollen. Värden som anges med olika bokstäver är statistiskt signifikant ( $p < 0,05$ ) skiljda enligt Tukey's test för multipla jämförelser.

Försöksled							
Kontroll	Kalk+PK	Kalk	N	Kalk+PKN	2Kalk+2P2K	2Kalk	Aska
(0)	(CaPK)	(Ca)	(N)	(CaPKN)	(2Ca2P2K)	(2Ca)	(Aska)
<b>Grundytetillväxt (<math>m^2 ha^{-1} \text{år}^{-1}</math>)<sup>a</sup></b>							
0,68 $\pm$ 0,044	0,86 $\pm$ 0,044	0,75 $\pm$ 0,047	0,71 $\pm$ 0,047	0,91 $\pm$ 0,046	0,87 $\pm$ 0,044	0,81 $\pm$ 0,044	0,82 $\pm$ 0,047
(100)	(126)	(110)	(104)	(134)	(128)	(119)	(121)
a	a	a	a	b	a	a	a
<b>Volymtillväxt (<math>m^3 sk ha^{-1} \text{år}^{-1}</math>)<sup>b</sup></b>							
11,4 $\pm$ 0,86	14,4 $\pm$ 0,87	12,8 $\pm$ 0,91	12,3 $\pm$ 0,91	14,9 $\pm$ 0,89	13,8 $\pm$ 0,87	13,6 $\pm$ 0,85	13,2 $\pm$ 0,91
(100)	(126)	(112)	(108)	(131)	(121)	(119)	(116)
a	a	a	a	a	a	a	a

<sup>a</sup> p-värden från den statistiska analysen:  $p_{\text{modell}} = 0,0009$ ;  $p_{\text{block}} = 0,24$ ;  $p_{\text{försöksled}} = 0,032$ ;  $p_{\text{grundytetillväxt före}} = 0,0053$ .

<sup>b</sup> p-värden från den statistiska analysen:  $p_{\text{modell}} = 0,0018$ ;  $p_{\text{block}} = 0,48$ ;  $p_{\text{försöksled}} = 0,19$ ;  $p_{\text{volymtillväxt före}} = 0,0016$ .

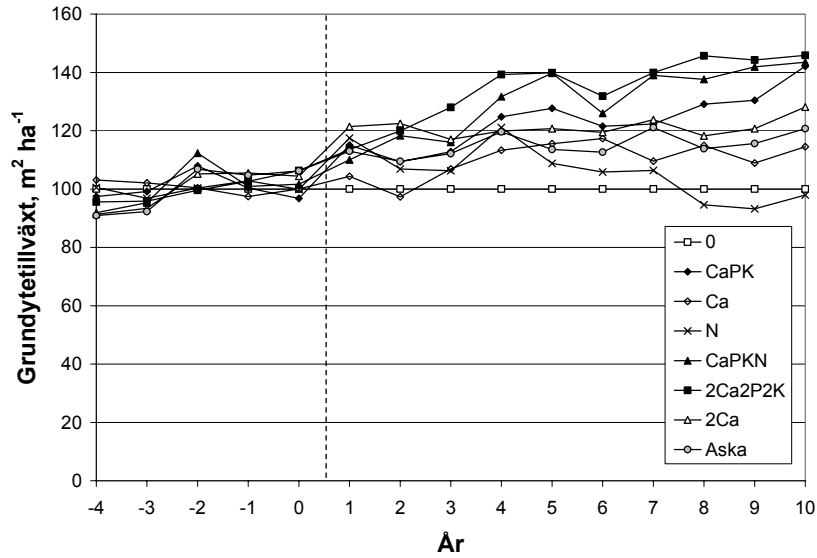
**Tabell 3.**

Kontraster för några kombinationer av olika försöksled (F-led) avseende grundytetillväxten i försök 244 Åled. Data avser skillnader i årlig tillväxt under 10 år efter behandling i medeltal  $\pm$  medelfel. De p-värden som anges avser LSD-test för parvis jämförelse. För beskrivning av försöksleden se tabell 1.

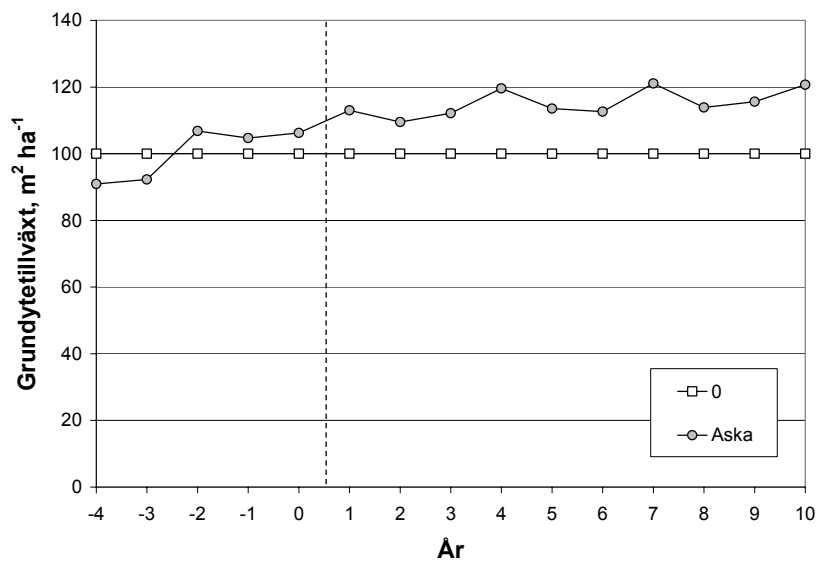
Kontrast	Skattad skillnad i grundytetillväxt ( $m^2 ha^{-1} \text{år}^{-1}$ )	p-värde
Kalk mot Kontroll (F-led 3 + 7 mot F-led 1)	0,093 $\pm$ 0,056	0,12
Kalk+PK mot Kontroll (F-led 2 + 6 mot F-led 1)	0,18 $\pm$ 0,055	0,032
Kalk+PK mot Kalk (F-led 2 + 6 mot F-led 3 + 7)	0,090 $\pm$ 0,044	0,062
Kalk+PK och Aska mot Kontroll (F-led 2 + 6 + 8 mot F-led 1)	0,17 $\pm$ 0,051	0,032
Kalk, Kalk+PK och Aska mot Kontroll (F-led 2 + 3 + 6 + 7 + 8 mot F-led 1)	0,14 $\pm$ 0,049	0,032

<sup>a</sup> p-värden från den statistiska analysen:  $p_{\text{modell}} = 0,0009$ ;  $p_{\text{block}} = 0,24$ ;  $p_{\text{försöksled}} = 0,032$ ;  $p_{\text{grundytetillväxt före}} = 0,0053$ .

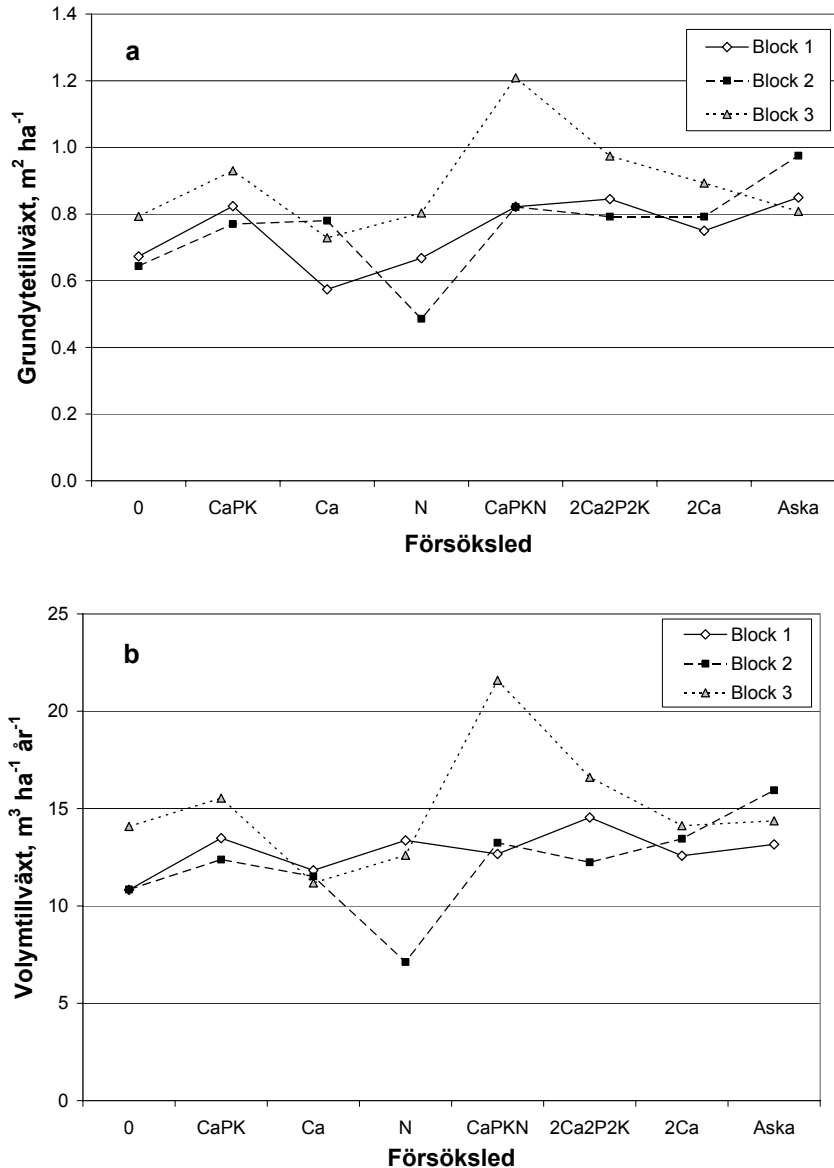




**Figur 1.**  
 Relativ grundytetillväxt för de olika försöksleden i förhållande till kontrollen (100) i försök 244 Åled. Data avser tillväxten fem år före och 10 år efter behandling. Den streckade linjen anger tidpunkten för behandling. Förklaringar till beteckningarna av försöksleden finns i tabell 2.



**Figur 2.**  
 Relativ grundytetillväxt för askledet i förhållande till kontrollen (100) i försök 244 Åled. Data avser tillväxten fem år före och 10 år efter behandling. Den streckade linjen anger tidpunkten för behandling. Förklaringar till beteckningarna av försöksleden finns i tabell 2.



**Figur 2.** Uppmått tillväxt, (a) grundyte- och (b) volymtillväxt, på de enskilda provytorna i försök 244 Åled. Data avser årlig tillväxt i medeltal under 10 år efter behandling. Förklaringar till beteckningarna av försöksleden finns i tabell 2.

## DISKUSSION

Det är troligt att den påvisade effekten på grundytetillväxten av ”Kalk + PKN” var överskattad, eftersom den uppmätta tillväxten på den yta i block 3 som fått denna behandling kraftigt avvek från ytorna med samma behandling i de två övriga blocken (figur 2). Av samma figur framgår att tillväxten på den yta som behandlats med ”N” i block 2 markant avvek från övriga block, vilket tyder på en underskattning av effekten av den behandlingen. Med beaktande av dessa troliga över- och underskattningar var tillväxten i medeltal i storleksordningen 15 – 25 % högre i samtliga behandlingar jämfört med kontrollen. Med tanke på resonemanget ovan samt avsaknaden av en statistiskt påvisbar effekt på

volymtillväxten går det inte att dra några säkra slutsatser om tillväxteffekter av de olika tillförda medlen under den observerade 10-års perioden.

Försök 244 Åled ingick i en försöksserie med två andra försök (246 Brekille och 247 Össjö). Även dessa två ytterligare försök var etablerade i granskog på relativt bördig mark. De sex första försöksleden i tabell 1 ingick i samtliga försök, d.v.s. ej ”2Kalk” och ”Aska”. En tidigare sambearbetning av försöken visade på en statistiskt signifikant ( $p < 0,05$ ) ökning av volymtillväxten på 15 % av enbart kalktillförsel (”Kalk”) (Sikström 2006). De behandlingar som inkluderade både kalk och PK-gödsel växte 20 – 25 % bättre än kontrollen. I det här redovisade försöket fanns en tendens till högre grundytetillväxt när PK-gödsel kombinerades med kalk jämfört med ren kalktillförsel (Tabell 3). Någon mereffekt av PK-tillförseln kunde dock inte påvisas statistiskt för hela försöksserien (Sikström 2006). Detta trots att mängden lätt extraherbart P i marken var högre fyra år efter behandling i de försöksled som fått PK-gödsel, speciellt i försöksledet med den högre PK-givan (Nohrstedt 2002).

Utifrån den redovisade tendensen till PK-effekt i det här försöket går det inte att dra någon slutsats om hur en ren PK-tillförsel kan påverka tillväxten i denna och liknande skogs- och ståndortstyper. De få tidigare erfarenheterna har inte kunnat påvisa några påtagliga effekter (Nilsson och Wiklund 1992, Nohrstedt et al. 1993).

Tidigare erfarenheter har visat att effekten av kalkning på tillväxten hos barrträd varierar (se Sikström 2001a) och att effekten har ett samband med markens bördighet uttryckt som bonitet eller C/N i humuslagret (Sikström 2001b). På lågproduktiva marker (hög C/N) minskar vanligtvis tillväxten något, den är opåverkad på medelproduktiva marker, medan tillväxten ökar något på högproduktiva (låg C/N) marker. Liknande effekter på tillväxten efter asktillförsel på mineraljordar har redovisats av Jacobson (2003). I det här redovisade försöket gav tillförsel av kalk och aska liknande tillväxt (tabell 2, figur 2 och 3).

En markprovtagning fyra år efter behandling i samma försöksserie visade att de största markförändringarna hade skett i de försöksled där kalk hade tillförts (Nohrstedt 2002). I O-horisonten hade pH ökat med 0,6 – 1 pH-enhet, den potentiella nettomineraliseringen av N var 50 % högre och den potentiella nitrifikationen hade ökat mångfalt. Detta indikerar att kalkningen bidragit till att öka omsättningen av N och därigenom troligen utbudet av växttillgängligt N. Det är en möjlig förklaring till ökad tillväxt på bördiga marker (låg C/N) i enlighet med Persson och Wirén (1996).

I en studie av mark- och markvattenkemin i askledet i 244 Åled drog författarna slutsatsen att kväveomsättningen hade påverkats av askningen (Högbom et al. 2001). pH var ca 0,2 enheter högre i humuslagret på askade ytor än på kontrollen. Det fanns även en tendens till att produktionen och mängden av oorganiskt kväve hade ökat på de askade ytorna. Vidare var det tydligt förhöjda halter av nitrat i markvattnet på 50 cm djup. Studien genomfördes 7 – 8 år efter behandlingen (Högbom et al. 2001).

Tyvärr går det inte att få fram ytterligare information om varaktigheten av behandlingarna, eftersom försöket blev kraftigt skadat av stormen ”Gudrun” vintern 2005. Försöket är nu nedlagt.

En viktig erfarenhet av studien är att det krävs väl anlagda försök för att med hög precision kunna detektera och kvantifiera tillväxteffekter av den här typen av behandlingar. Ett sätt är att öka antalet upprepningar i framtida försök. Det finns få försök som belyser eventuella effekter på tillväxten efter asktillförsel. Därför är det också viktigt att etablera fler sådana för att klargöra effekterna, exv. på olika marktyper, speciellt om åtgärden ska tillämpas i stor skala i Sverige.

## SLUTSATSER

Resultaten från försöket visade att på de provytor som fått enbart aska, enbart kalk eller kombinationen av kalk och PK-gödsel var tillväxten i medeltal ca 15 – 25 % högre än på de obehandlade kontrollytorna under 10 år efter tillförseln. Ingen effekt var dock statistiskt säkerställd avseende volymtillväxten.

## REFERENSER

- 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. 20 p. Uppsala. ISSN 1103-6648.
- Jacobson, S. 2001. Fertilization to increase and sustain tree growth in coniferous stands in Sweden. Doctoral thesis. *Silvestria* 217, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 34 pp.
- 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(4): 437–450.
- Nilsson, L.-O. & Wiklund, K. 1992. Influence of nutrient and water stress on Norway spruce production in south Sweden – the role of air pollutants. *Plant and Soil* 147, 251–265.
- Nohrstedt, H.-Ö., Sikström, U. & Ring, E. 1993. Experiments with vitality fertilisation in Norway spruce stands in southern Sweden. The Forestry Research Institute of Sweden, Report No. 2. Uppsala. 38 pp. ISSN 1103-6648.
- Nohrstedt, H.-Ö. 2002. Effects of liming and fertilization (N, PK) on chemistry and N turnover in acidic forest soils in SW Sweden. *Water, Air, Soil Pollut* 139: 343–354.
- Näslund, M. 1947. Functions and tables for computing the cubic volume of standing trees – Pine, spruce and birch in southern Sweden, and in the whole of Sweden. *Reports of the Forest Research Institute of Sweden* 36: 1–81. (In Swedish with English summary.)
- Persson, T. 1988. Effects of acidification and liming on soil biology. I: Andersson, F. & Persson, T. (red.). *Liming as a measure to improve soil and tree condition in areas affected by air pollution*. National Swedish Environmental Protection Board, Report 518: 53–71.
- Persson, T., Wirén, A. & Andersson, S. 1991. Effects of liming on carbon and nitrogen mineralization in coniferous forests. *Wat. Air Soil Pollut.* 54: 351–364.
- Persson, T. & Wirén, A. 1996. Effekter av skogsmarkskalkning på kväveomsättningen. I: Staaf, H., Persson, T. & Bertills, U. (red.) *Skogsmarkskalkning*. Naturvårdsverket, Rapport 4559. s. 70–91.

- SAS Institute Inc. 1999. SAS/STAT™, Guide for personal computers, version 8, edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 3884 pp.
- Sikström, U. 2001a. Effects of pre-harvest soil acidification, liming and N fertilization on the survival, growth and needle element concentrations of *Picea abies* L. Karst seedlings. *Plant Soil* 231: 255–266.
- Sikström, U. 2001b. Growth and nutrition of coniferous forests on acidic mineral soils – status and effects of liming and fertilization. Ph.D. Thesis, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 182. SLU Service/Repro, Uppsala. 54 pp. plus five appendices. ISBN 91-576-6066-2.
- Sikström, U. 2002. Effects of liming and fertilization (N, PK) on stem-growth, crown transparency, and needle element concentrations of *Picea abies* stands in Southwestern Sweden. *Can. J. For. Res.* 32: 1717–1727.
- Sikström, U. 2006. Stem growth of *Picea abies* in south western Sweden in the ten years following liming and addition of PK and N. *Water, Air, Soil Poll.: Focus.* (accepted)
- Skogsstyrelsen, 2001a. Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling. Skogsstyrelsen, Meddelande 2-2001. 16 s.
- Skogsstyrelsen, 2001b. Åtgärder mot markförsurning och för ett uthålligt brukande av skogsmarken. Skogsstyrelsen, Meddelande 4-2001. 37 s. plus bilagor. Jönköping.