

# RAPPORT

5 • 2008

## Långtidseffekter av kalkning på skogsmarkens kol- och kväveförråd



Lars Högbom, Tryggve Persson, Ulf Sikström, Olle Rosenberg

© Skogsstyrelsen februari 2008

**Författare**

*Lars Högbom, SkogForsk Uppsala  
Tryggve Persson, SLU Inst för Ekologi Uppsala  
Ulf Sikström, SkogForsk Uppsala  
Olle Rosenberg, SkogForsk Uppsala*

**Fotograf**

© Sten Nordlund

**Papper**

Colotech+

**Tryck**

SJV, Jönköping

**Upplaga**

120 ex

ISSN 1100-0295

BEST NR 1792

Skogsstyrelsens förlag  
551 83 Jönköping

# Innehåll

<b>Förord</b>	<b>1</b>
<b>Summary</b>	<b>2</b>
<b>Bakgrund</b>	<b>4</b>
Syfte och hypoteser	5
<b>Material och metoder</b>	<b>6</b>
Försöken	6
Markprovtagning och provbearbetning	7
Kol- och kväveförråd samt kolmineralisering	8
Statistisk analys	9
<b>Resultat</b>	<b>10</b>
Kväveförråd	10
Kolförråd	10
Markrespiration	13
Öringe	13
Haslöv	14
<b>Diskussion</b>	<b>17</b>
<b>Tack!</b>	<b>19</b>
<b>Referenser</b>	<b>20</b>

# Förord

Skogsstyrelsen har bedrivit försöksverksamhet kring åtgärder mot markförsurning under drygt 15 år. Mot bakgrund av vunna insikter och erfarenheter presenterades år 2001 ett åtgärdsprogram ”Åtgärder mot markförsurning och för ett uthålligt brukande av skogsmarken” (Skogsstyrelsen meddelande nr. 4, 2001). Åtgärdsprogrammet inriktade sig på åtgärder mot försurning orsakad av luftföroreningar, kompensation för det näringsuttag som sker vid skörd av skogsbiomassa, främst grot-uttag, samt anpassade skogsbruksåtgärder för uthålligt brukande av skogsmarken. Genomförandet av åtgärdsprogrammet föreslogs omfatta en förberedelsefas på tre år och en påföljande åtgärdsfas på omkring tio år. Förberedelsefasen gick i åtgärdsprogrammet ut på att utreda och besvara de kvarstående frågeställningar som hade identifierats. Även en relativt omfattande praktisk verksamhet ingick i syfte att utveckla verktyg för det praktiska genomförandet.

Hösten 2004 beslutade regeringen att Naturvårdsverket fick avsätta högst 10 miljoner kronor till motverkande av skogsmarksförsurning i enlighet med förberedelsefasen i Skogsstyrelsens åtgärdsprogram. Skogsstyrelsen arbetade, i samråd med Naturvårdsverket, fram en projektplan för perioden 2005 till 2007. I denna projektplan ingick ett antal studier, bland annat den som presenteras i denna rapport. Syftet med studien var att belysa långtidseffekter av kalkning på kol- och kväveförråd i skogsmark samt kolmineralisering i marken.

Rapporten ingår i Skogsstyrelsens rapportserie där författarna står för innehåll och slutsatser. Rapporten har granskats av Ingvar Nilsson, Institutionen för markvetenskap, SLU.

Jönköping 2008



---

Karin Hjerpe  
Projektledare

## Summary

In this paper we report results of soil carbon (C) and nitrogen (N) determination at nine long-term experiments with lime ( $\text{CaCO}_3$  or  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) amendment. In addition, soil  $\text{CO}_2$  evolution rates (heterotrophic respiration) were determined at two sites. The experiments represent a variation in geographical location, forest production, lime dose and time since liming. All experiments have a randomized block design with 2-4 blocks in each experiment. The lime dose varied between 2 and 8.75 metric tonnes  $\text{ha}^{-1}$ , and the time period after liming varied between 14 and 37 years. In total, 17 different lime treatments were studied. Samples were taken from four soil layers, namely, litter layer, humus layer, 0-10 cm and 10-20 cm mineral soil layers. Samples ( $n=9$ ) from the same plot were pooled for each soil layer. Litter and humus layers were sampled by a 10x10-cm steel frame, while samples of the mineral soil were taken by soil augers with areas of either 15.9  $\text{cm}^2$  or 6.2  $\text{cm}^2$ . After sieving and drying (105°C, 24h), C and N concentrations were determined on a Carlo-Erba Analyzer, and C and N contents in the soil were calculated. At two of the experimental sites, soil samples were incubated for 27 or 28 days at 15°C, and the rate of evolved  $\text{CO}_2$  was determined each week. The amount of  $\text{CO}_2$  evolved was calculated by empirically derived functions to give field respiration rates.

We hypothesized that liming would decrease the total amounts of C and N at sites with low C/N ratios (fertile sites) in comparison with non-limed plots, but that there would be no increase or decrease at sites with high C/N ratios (poor sites). We also hypothesized that a high lime dose would increase heterotrophic soil respiration more than a low one, thus resulting in a greater loss of C and a more rapid reduction in total amounts of C and N than at a low lime dose.

No statistically significant effect of liming on N pools could be detected. The difference in N storage between limed and control plots was generally only  $\pm 0.02 \text{ kg N m}^{-2}$ , which was equivalent to  $\pm 0-9 \%$  of the N amount present in the control plots. At two of the experimental sites in southern Sweden, the mean values of the N pools decreased by 0.04 to 0.07  $\text{kg N m}^{-2}$ , corresponding to a (non-significant) decrease by 8-15 % of the N pools in the control plots.

In the northern experiments with a C to N ratio in the soil of  $>30$  the difference between limed and control plots was generally variably low ( $\pm 10 \%$ ). For the South-Swedish experimental sites (except one) the C storage was, on average, lower (6-19 %) in the limed plots than in the control plots for all treatments except one. However, no statistically significant effect of liming could be detected.

The results are to some extent in line with part of our first hypothesis, i.e. at sites with a wide C to N ratio no apparent effect of liming on C and N storage could be found. The second part of our first hypothesis that the amount of C and N should decrease at sites with a narrow C to N ratio could not be verified.

The second hypothesis is supported by the results from one of the sites, where the C content in the soil increased by time in the control plots and on plots with a low lime dose but not in the high-lime plots. Further, the respiration rate was higher in

the limed plots (in particular in the highest lime dose) than in the control plots. This strongly indicates that liming has a long-term (more than 20 years) stimulating effect on soil respiration, which explains why limed plots have lower C pools than unlimed plots.

In conclusion, the results of this study support (or at least do not contradict) previously published conclusions on the effect of liming on carbon and nitrogen storage in the soil. It is also very likely that the effect of liming is depending on the soil properties. At N-poor soils (wide C to N ratio), the effect of liming seems to be small. At N-rich soils (narrow C to N ratio) the effect of liming is both larger and more long-lasting. The study shows that the effect of liming on the C balance in the soil needs to be taken into account when total ecosystem effects of liming are evaluated.

## Bakgrund

Nedfallet av försurande ämnen (svavel- och kväveföreningar) har förorsakat en försurning av skogsmark (t ex Tamm & Hallbäcken, 1988) och ytvatten (Odén, 1968) främst i sydvästra Sverige. Fastmarkskalkning har föreslagits som en åtgärd att motverka markförsurning och tillföra baskatjoner (Huettl & Zoetl, 1993; Johansson *et al.*, 1999), påskynda skogsmarkens återhämtning (Skogsstyrelsen, 2001) samt förbättra kvaliteten på avrinnande vatten (Skogsstyrelsen, 2001).

Effekter av fastmarkskalkning finns beskrivna i detalj i exempelvis Staaf *et al.* (1996), Johansson *et al.* (1999) och Nohrstedt (2001). Kalkning ger bland annat ett ökat pH och en ökad basmättnadsgrad i marken, särskilt i humuslagret (Derome *et al.*, 1986; Johnson *et al.*, 1995) samt en minskning av aluminiumkoncentrationen i markvattnet (Derome *et al.*, 1986, Keersmaecker *et al.*, 2000).

Förutom de ovan beskrivna eftersträvade effekterna påverkar kalkning omsättningen av kol och kväve i marken (Matzner & Meiwes, 1990; Arnold *et al.*, 1994; Huber *et al.*, 2006). Efter kalkning kan omsättningen av kväve öka (Persson *et al.*, 1989; Arnold *et al.*, 1994, Huber *et al.*, 2006), vara oförändrad (De Boer *et al.*, 1993; Persson *et al.*, 1989) eller minska (De Boer *et al.*, 1993). Kalkning kan också leda till en ökad utlakning av organiska kol-, kväve- och svavelföreningar (Nilsson *et al.*, 2001).

Tillförsel av pH-höjande medel har i en rad försök visat sig starkt påverka kolomsättningen i marken (Persson *et al.*, 1995; Corre *et al.*, 2003). Exempelvis stimuleras bakterietillväxten av ett ökat pH i markens organiska material (Weber *et al.*, 1985; Persson *et al.*, 1989; Bååth & Arnebrant, 1994). Förhöjda halter av löst organisk kol (DOC) i marklösningen har konstaterats efter kalkning (Kreutzer, 1995; Nilsson *et al.*, 1996), vilket bland annat tyder på en ökad löslighet av det organiska materialet. Den ökade lösligheten kan dock delvis motverkas av att kalciumjoner stabiliserar humusmaterialet (Nilsson *et al.*, 1996).

I organiskt material med en C/N-kvot större än ca 30 leder kalkning till en temporärt ökad CO<sub>2</sub>-avgång i laborieförsök (Persson *et al.*, 1990/91). Efter denna tillfälliga uppgång minskar CO<sub>2</sub>-avgången till kontrollnivån eller till en ännu lägre nivå. Den senare effekten orsakas troligen av att kväve blir än mer begränsande för mikroorganismerna än före kalktillförseln.

På marker med en låg C/N-kvot (< 24–28) blir effekten annorlunda, nämligen en förhöjd CO<sub>2</sub>-avgång under en lång tid (Persson *et al.*, 1990/91; Kreutzer, 1995). En trolig orsak är att kol blir begränsande för mikroorganismerna, vilket leder till att mer kväve än vad mikroorganismerna behöver frigörs per enhet kol (jmf. Ågren *et al.*, 2001). En följd av detta är att mängden växttillgängligt kväve ökar på marker med låg C/N-kvot, medan mängden minskar efter kalkning på marker med hög C/N-kvot. Detta stöds av resultat som visar att trädttillväxten tenderar att öka på marker med låg kvot och att minska på marker med hög C/N-kvot efter kalkning och askning (Sikström, 2001; Jacobson, 2001; Jacobson, 2003). Det finns många studier som indikerar att en C/N-kvot i humuslagret mellan 25-30 kan utgöra ett tröskelvärde i en rad sammanhang när det gäller markeffekter, t ex förhöjd risk för nitratläckage (jmf. Gundersen *et al.*, 2006).

I en pågående studie visar Rosenberg *et al.* (in prep.) på en tydligt förhöjd potentiell totalemission av CO<sub>2</sub> från marken efter tillförsel av vedaska till en kväverik skog i Halland med låg C/N-kvot i marken. Tillförsel av aska från samma askparti till ett mer kvävebegränsat skogsekosystem i norra Sverige visade inte på någon förhöjning. Däremot var den specifika kolmineraliseringen (dvs. avgivet kol per enhet kol i marken) högre i det nordliga försöket än i det sydliga (Rosenberg *et al.*, in prep.).

Kolackumuleringen i skogsmark är en balans mellan tillförsel av kol genom rot- och fallförna å ena sidan och bortförsl av kol genom respiration och utlakning av löst organiskt kol å den andra. I denna studie har vi mätt nettoresultatet av alla påverkande processer. Marken är av stor betydelse för skogsekosystemets förmåga att lagra kol. Av det totala kollagret i nordliga skogsekosystem svarar marken för så mycket som 85 % (Lal, 2005), och markens betydelse som kollager ökar generellt med ökande latitud (Lal, 2005). Därför är det av stort intresse att undersöka hur skogsmarkskalkning påverkar markens kolförråd.

## Syfte och hypoteser

Skogsstyrelsen har under de senaste åren genomfört projektet Mark och Vatten i Balans (MOVIB). Ett av syftet med MOVIB var att ta fram ett beslutsunderlag för en eventuell storskalig markkalkning omfattande cirka 200 000 ha i södra Sverige. Inom ramen för MOVIB har vi genomfört en studie där vi belyst (i) långtidseffekter av kalkning på skogsmarkens kol- och kväveförråd och (ii) kolmineralisering i marken.

Vi har testat följande två hypoteser om långtidseffekter av kalkning i skogsmark genom att jämföra obehandlade kontrolltytor med ytor som påverkats av kalkning under 14-36 år:

1. Den totala mängden kol och kväve minskar i marker med låg C/N-kvot medan mängderna är oförändrade i marker med hög C/N-kvot.
2. Det finns ett dos-effekt-samband för förändringar i marken efter kalkning. En hög kalkgiva ökar respirationen mer och minskar de totala kol- och kväveförråden mer än en låg kalkgiva, och effekten är mer utpräglad vid låg än vid hög C/N-kvot.



# Material och metoder

## Försöken

Studien har genomförts i nio kalkningsförsök i Sverige etablerade av SLU och Skogforsk under åren 1971-1993 (Tabell 1). Det nordligaste försöket ligger i Västerbotten och det sydligaste i Skåne. Sex av försöken ligger i granskog och de resterande tre försöken i tallskog. Fyra av granskogsförsöken är etablerade på bördig mark i sydvästra Götaland, ett försök på en något mindre produktiv mark i Uppland och ytterligare ett försök på en lågproduktiv mark i Härjedalen. Samtliga försök i tallskog finns på medelproduktiv mark i Norrland. Försöken representerar således olika trädslag och ståndortsförhållanden bland annat avseende geografiskt läge, klimat, markens bördighet och C/N-kvoten i marken (Tabell 1).

Samtliga försök är randomiserade blockförsök med mellan två och fyra block (upprepningar). E68 Öringe var skadat av stormen i januari 2005, varför endast två av de ursprungliga fyra blocken kunde provtas. Försöket E67 Fäxboda med fyra upprepningar avverkades partiellt 1996, och bara två ostörda block återstod vid provtagningen 2007. En av kontrolllytorna har sedan försöksstarten haft ett högre kolförråd än de andra kontrollytorna och därför etablerades en ny "kontroll-lyta" i samband med provtagningen. En kontrolllyta i 244 Åled har förstörts genom stormfällning. Även där etablerades en ny "kontrolllyta" i samband med provtagningen. På båda lokalerna gjordes detta genom provtagning i nära anslutning till de sedan tidigare anlagda provytorna i försöket. Provtagningen gjordes på en subjektivt vald plats som enligt en okulär bedömning såg ut att ha liknande bestånds- och ståndortsegenskaper som den obehandlade marken i respektive försök.

Alla försök utom två hade behandlingar med ren kalksten eller dolomit (Tabell 1). De två undantagen (244 Åled och 247 Össjö) hade en blandning av de båda kalkslagen. I 247 Össjö finns även ett försöksled med fosfor och kalium tillsammans med kalk. I de flesta försöken testades minst två olika kalkdoser. De tillförda mängderna varierade mellan 2 ton ha<sup>-1</sup> och 8,75 ton ha<sup>-1</sup> (Tabell 1). Effektperioden, dvs. tiden från behandlingen till den aktuella markprovtagningen varierade mellan 14 och 36 år. All provtagning gjordes under perioden mars-juli 2007. I de halländska försöken E69 Hasslöv och E68 Öringe gjordes även kolmineraliseringsstudier.

**Tabell 1. Översikt av försöken. Se även Nohrstedt *et al.* (1999) och Staaf *et al.* (1996) för ytterligare information.**

Försök	Landskap	Startår (effekt- period)	Trädslag	SI*	C/N**	Kalkgiva (ton ha <sup>-1</sup> ) och kalksort	Upp- rep- ningar
E57 Norrliden	Västerbotten	1971 (37 år)	Tall	T16- T18	42	Kontroll 0	3
						Kalksten 5	3
E72 Lofsdalen	Härjedalen	1986 (21 år)	Gran	G12	-	Kontroll 0	3
						Dolomit 2,5	3
						Dolomit 5	3
223 Vallsta	Hälsingland	1990 (17 år)	Tall	T23	35	Kontroll 0	2
						Dolomit 2,5	2
						Dolomit 5,0	2
E73 Jädraås	Gästrikland	1986 (21 år)	Tall	T20	34	Kontroll 0	2***
						Dolomit 2,0	2
						Dolomit 6,0	2
E67 Fäxboda	Uppland	1980 (27 år)	Gran	G28	27	Kontroll 0	2
						Dolomit 2,0	2
244 Åled	Halland	1992 (15 år)	Gran	G33	25	Kontroll 0	3
						Kalksten-Dolomit 3,0	3
						Kalksten-Dolomit 6,0	3
E69 Hasslöv	Halland	1984 (23 år)	Gran	G34	27	Kontroll 0	4
						Kalksten 1,75	4
						Dolomit 1,55	4
						Dolomit 3,45	4
						Dolomit 8,75	4
E68 Öringe****	Halland	1984 (23 år)	Gran	G32	28	Kontroll 0	2
						Kalksten 2,0	2
						Kalksten 3,83	2
						Dolomit 3,35	2
247 Össjö****	Skåne	1993 (14 år)	Gran	G35	24	Kontroll 0	2
						Kalksten-Dolomit+PK 3,0	2
						Kalksten-Dolomit 3,0	1

\* Ståndortsindex, trädens övre höjd (m) vid en ålder av 100 år (Hägglund 1973, 1974).

\*\* C/N-kvot i humus på kontrolltytor vid försöksutläggning.

\*\*\* Antal block provtagna i denna studie.

\*\*\*\* Flera parceller i Öringe och Össjö uteslutna på grund av stormskador.

## Markprovtagning och provbearbetning

Markprover togs från fyra markskikt, förnaskikt (L), fermentations- plus humusämnesskikt (FH) och två mineraljordsskikt (0-10 cm och 10-20 cm). Inom varje provyta togs nio delprover, som slogs samman skiktvis. Delproverna i de övre markskikten (L och FH) togs med hjälp av en kvadratisk stålram (area 100 cm<sup>2</sup>), medan underliggande mineraljordsskikt provtogs med jordborrar (area 15,9 cm<sup>2</sup> eller 6,2 cm<sup>2</sup>) (Tabell 2). Proverna lades i plastpåsar och förvarades så kallt som möjligt under provtagningen i fält. Provtagningsmetodiken och utrustningen varierade något mellan försöken (Tabell 2) beroende på skillnader i främst stenighet och vilka analyser som var planerade för respektive försök.

**Tabell 2. Aktuell utrustning för markprovtagning i försöken.**

Försök	Organiskt skikt		Mineraljord	
	L Stålam	FH Stålam	0-10 cm Stålam eller borrh	10-20 cm Borrh eller borrh
E69 Hasslöv	10x10 cm	10x10 cm	10x10 cm	1*45 mm diam
E68 Öringe	10x10 cm	10x10 cm	10x10 cm	1*45 mm diam
244 Åled	10x10 cm	10x10 cm	2*28 mm diam	2*28 mm diam
247 Össjö	10x10 cm	10x10 cm	1*45 mm diam	1*45 mm diam
E67 Fäxboda	10x10 cm	10x10 cm	1*45 mm diam	1*45 mm diam
E73 Jädraås	10x10 cm	10x10 cm	10x10 cm	1*45 mm diam
E72 Lofsdalen	10x10 cm	10x10 cm	1*45 mm diam	1*45 mm diam
223 Vallsta	10x10 cm	10x10 cm	1*45 mm diam	1*45 mm diam
E57 Norrliden	10x10 cm	10x10 cm	1*45 mm diam	1*45 mm diam

Efter ankomsten till laboratoriet förvarades proverna vid +4°C före preparering och analyser för att hindra en snabb nedbrytning. Stenar, bark, gröna växtdelar och grenar större än 1 cm i diameter sorterades ut från L-skiktet och kastades. Prover från övriga skikt sållades genom 5 mm såll, varvid rötter, kottar och stenar kastades. Alla prover vägdes före och efter sortering/sällning och färskvikterna noterades.

Vi har försökt minimera metodproblemen avseende avgränsning mellan olika skikt och andra systematiska felkällor genom kalibrering i fält med de personer som utfört fältprovtagningarna. I de försök där provtagningen gjordes av två personer stod en och samma person för provtagningen av alla provytor inom ett block.

### Kol- och kväveförråd samt kolmineralisering

För samtliga prover beräknades torrsubstansen efter torkning vid 105°C under 24 timmar. Därefter bestämdes den totala C- och N-halten med hjälp av en Carlo-Erba Analyser NA 1500. I Hasslöv bestämdes dessutom markskiktets pH i en färskjord/vattensuspension (1:1 i volym) med glaselektrod och referenselektrod efter skakning i 2 timmar och sedimentation i 22 timmar.

Delprover från Öringe och Hasslöv inkuberades i 27 respektive 28 dygn i en mörk klimatkammare vid 15°C i plastkärl med arean 50 cm<sup>2</sup> och volymen 466 cm<sup>3</sup> med syfte att bestämma mineraliseringshastigheten av kol. Burkarnas lock hade ett 5 mm hål för att ett gasutbyte skulle vara möjligt under inkubationen. Jordprover innehållande 6 g TS (torrsubstans) färsk förna, 16 g TS humus och 100 g TS mineraljord inkuberades i burkarna. Vattenhalten justerades med tillsats av destillerat vatten till optimal fuktighet, ca. 60 % av den vattenhållande förmågan (WHC).

För att bestämma C-mineraliseringen mättes mängden avgiven CO<sub>2</sub> från proverna med en gaskromatograf (Hewlett Packard 5890A) med IR-detektor. Före varje gasprovtagning luftades proverna i 10 minuter innan gastäta lock sattes på. Gasprover togs därefter ut efter 10 och 130 min med en spruta och injicerades i gaskromatografen. Mätningar gjordes en gång i veckan.

För att skatta den årliga C-mineraliseringen i fält multiplicerades de på laboratoriet uppmätta mineraliseringshastigheterna (per g C och dygn vid 15°C och 60 % vattenhållande förmåga) med mängden kol per markskikt och antalet dagar per år. För både Öringe och Hasslöv användes en korrektionsfaktor på 0,349 för att anpassa de potentiella hastigheterna vid 15°C till fältförhållanden. Korrektionen bygger på dagligen uppmätta marktemperaturer och markvattenpotentialer (medelvärde för fem år) från det närbelägna Skogabyförsöket (Persson *et al.*, 2000).

### **Statistisk analys**

Data på förråden av kol och kväve, dels för hela den undersökta profilen och dels för humuslagret, analyserades försöksvis med en tvåvägs variansanalys med hjälp av statistikprogrammet SAS (procedur GLM). I den statistiska modellen ingick block och behandling som fixa faktorer. Om en behandlingseffekt kunde påvisas ( $p < 0,05$ ) testades eventuella skillnader mellan behandlingarna med Tukey's test för multipla jämförelser. Också i detta fall betraktades en skillnad som statistiskt säkerställd om  $p < 0,05$ . Likaså för statistisk analys av kolmineraliseringen användes en tvåvägs variansanalys med efterföljande Tukey's test för multipla jämförelser.

# Resultat

## Kväveförråd

Inte i något av de undersökta försöken hittades några statistiskt signifikanta behandlingseffekter av kalktillförseln beträffande kvävemängden i marken ner till 20 cm djup i mineraljorden (Tabell 3). I de flesta fallen var skillnaderna i medeltal mellan kalk- och kontrolltytor i storleksordningen  $\pm 0,02 \text{ kg N m}^{-2}$  motsvarande  $\pm 0-9 \%$  av kontrollens förråd. I de sydliga försöken E69 Hasslöv och E68 Öringe var medelvärdet av förändringen efter kalkning större,  $-(0,04-0,07) \text{ kg N m}^{-2}$ , vilket motsvarade  $-(8-15) \%$ .

Eftersom kalk tillförts genom ytspridning kunde det vara möjligt att eventuella förändringar skulle vara lättare att detektera i de ytliga organogena markskikten. Men några förändringar av kvävemängden i humusskiktet (L- och FH-skikten) var inte statistiskt påvisbar (Tabell 3). I de flesta försöken var mängderna på de kalkade ytorna oförändrade eller lägre i medeltal ( $0-0,6 \text{ kg N m}^{-2}$ ). Det motvarade som mest  $-29 \%$  i den högsta givan med dolomit i Hasslöv. I två försök (E57 Norrliden och 244 Åled) var mängderna högre i medeltal på kalkytorna.

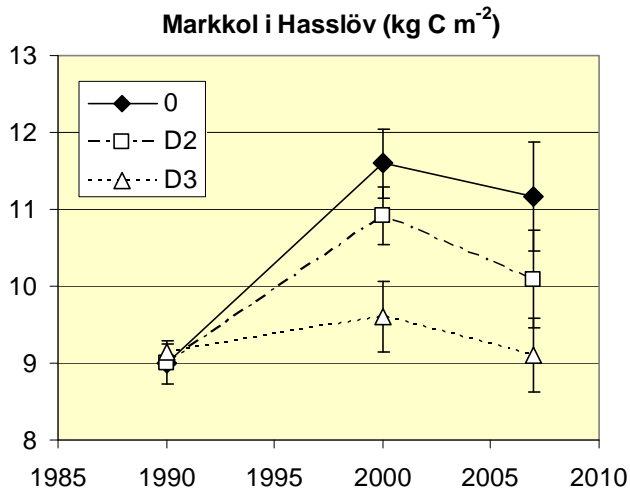
## Kolförråd

I de nordliga försöken med C/N-kvoter  $>30$  var skillnaderna mellan kalkade ytor och kontroller i de flesta fall  $\pm 10 \%$  i medeltal (Tabell 4). Det gällde både mängderna i humusskiktet (L + FH-skikt) och totalt ner till 20 cm i mineraljorden. Det fanns exempel på både högre (t ex Jädraås, 6 ton dolomit,  $+0,41 \text{ kg C m}^{-2}$ ) och lägre kolmängder (t ex Vallsta, 2,5 ton dolomit,  $-0,42 \text{ kg C m}^{-2}$ ) än i kontrollen. Försöken Fäxboda och Åled uppvisade liknande mönster som de nordliga försöken. I de sydliga försöken (E69 Hasslöv, E68 Öringe och 247 Össjö) var kolförrådet ner till 20 cm i mineraljorden lägre ( $6-19 \%$ ) i medeltal för alla behandlingar utom en. De relativa minskningarna i humusskiktet var ännu större,  $12-34 \%$ . Inte några av dessa redovisade förändringar i kolförråd var dock statistiskt signifikant åtskilda.

Kolförrådet i marken ned till 20 cm djup i Hasslöv skattades till mellan  $9,1$  och  $11,2 \text{ kg C m}^{-2}$  (Tabell 4) med det största kolförrådet i kontrolltytor och det lägsta i D3-tytor ( $8,75 \text{ ton dolomit ha}^{-1}$ ). I genomsnitt var kolförrådet  $0,7, 1,1, 1,1$  och  $2,1 \text{ kg C m}^{-2}$  lägre i respektive Ca- ( $1,75 \text{ ton kalksten ha}^{-1}$ ), D1- ( $1,55 \text{ ton dolomit ha}^{-1}$ ), D2- ( $3,45 \text{ ton dolomit ha}^{-1}$ ) och D3- ( $8,75 \text{ ton dolomit ha}^{-1}$ ) behandlingarna än i kontrolltytor. Dessa skillnader i kolförråd var dock inte statistiskt säkerställda ( $p>0,05$ ). I en tidigare undersökning av kolförrådet i Hasslöv (T Persson, pers. komm.) var kolmängderna ca  $9 \text{ kg C m}^{-2}$  i samtliga behandlingar år 1990 (Figur 1). Tio år senare hade kolförrådet ökat betydligt i kontroll och D2-behandlingarna, medan kolförrådet i D3-tytor endast var marginellt högre. Under de 17 år som gått sedan 1990 hade kontrolltytor i genomsnitt ökat med  $0,13 \text{ kg C m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ , D2-tytor ökat med  $0,06 \text{ kg C m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ , medan kolförrådet i D3-tytor var oförändrat.

**Tabell 3. Totalmängder (medelvärde±1 SE) av kväve ner till 20 cm i mineraljorden (humus + 0-20 cm) och i L- och FH-skikten (humus) och den relativa skillnaden mellan medelvärden i de undersökta försöken.**

Försök	Kalkgiva (ton ha <sup>-1</sup> ) och kalksort	n	Kvävemängd (kg N m <sup>-2</sup> ) i humusskikt+ 0-20 cm	Relativa tal, kontroll= 100 (%)	Kvävemängd (kg N m <sup>-2</sup> ) i humusskikt	Relativa tal, kontroll= 100 (%)
E57 Norrliden	Kontroll 0	3	0,12±0,01		0,03±0,00	
	Kalksten 5	3	0,12±0,00	100	0,04±0,00	133
E72 Lofsdalen	Kontroll 0	3	0,15±0,01		0,06±0,00	
	Dolomit 2,5	3	0,15±0,01	100	0,06±0,01	100
	Dolomit 5	3	0,14±0,01	93	0,05±0,00	83
223 Vallsta	Kontroll 0	2	0,22±0,02		0,08±0,01	
	Dolomit 2,5	2	0,21±0,00	95	0,07±0,01	87
	Dolomit 5,0	2	0,20±0,03	91	0,07±0,00	87
E73 Jädraås	Kontroll 0	2	0,09±0,00		0,04±0,00	
	Dolomit 2,0	2	0,09±0,01	100	0,04±0,01	100
	Dolomit 6,0	2	0,09±0,00	100	0,04±0,01	100
E67 Fäxboda	Kontroll 0	2	0,22±0,00		0,09±0,00	
	Dolomit 2,0	2	0,23±0,01	105	0,09±0,00	100
244 Åled	Kontroll 0	3	0,51±0,01		0,16±0,01	
	Kalksten-Dolomit 3,0	3	0,51±0,03	100	0,17±0,02	106
	Kalksten-Dolomit 6,0	3	0,50±0,02	98	0,19±0,02	119
E69 Hasslöv	Kontroll 0	4	0,54±0,03		0,17±0,01	
	Kalksten 1,75	4	0,48±0,01	89	0,15±0,00	88
	Dolomit 1,55	4	0,50±0,02	92	0,15±0,02	88
	Dolomit 3,45	4	0,49±0,04	91	0,14±0,01	82
	Dolomit 8,75	4	0,47±0,03	87	0,12±0,02	71
E68 Öringe	Kontroll 0	2	0,46±0,10		0,22±0,10	
	Kalksten 2,0	2	0,40±0,00	87	0,16±0,01	73
	Kalksten 3,83	2	0,39±0,01	85	0,19±0,02	86
247 Össjö	Kontroll 0	2	0,41±0,01		0,11±0,01	
	Kalksten-Dolomit+PK 3,0	2	0,43±0,01	105	0,10±0,01	91
	Kalksten-Dolomit 3,0	1	0,41	100	0,09	82



Figur 1. Markkolförrådets förändring (medelvärde $\pm$ 1 SE) i förna+humusskikt och 0-20 cm mineraljordsskikt över tiden i olika behandlingar i Hasslöv. Förklaringar: 0 = obehandlad kontroll; D2 = 3,45 ton dolomitkalk ha<sup>-1</sup>; D3 = 8,75 ton dolomitkalk ha<sup>-1</sup>. Data från T Persson (opubl.) och denna studie.

Kolförrådet ner till 20 cm i mineraljorden i Öringe skattades till mellan 9,6 och 11,2 kg C m<sup>-2</sup> (Tabell 4). I genomsnitt var kolmängden 1,1 respektive 1,5 kg C m<sup>-2</sup> lägre i de båda kalkleden än i kontrollytorna. Men osäkerheten i dessa skattningar är stora på grund av att en av kontrollytorna i detta försök uppvisade en stor mängd kol i marken, troligen beroende på avvikande fuktighetsförhållanden. Det avspeglade sig i ett stort medelfel för medeltalskattningen för kontrollytorna (Tabell 4), något som försvårar jämförelsen med kalkbehandlingarna.

I Össjö skattades kolförrådet ner till 20 cm i mineraljorden på de kalkade ytorna till 0,13 kg C m<sup>-2</sup> lägre än på kontrollytorna (beräkningen är baserad på sammanslagning av de tre kalkade ytorna).

**Tabell 4. Totalmängder (medelvärde $\pm$ 1 SE) av kol i L- och FH-skikten (humus) och ner till 20 cm i mineraljorden (humus + 0-20 cm) och den relativa skillnaden mellan medelvärden i de undersökta försöken.**

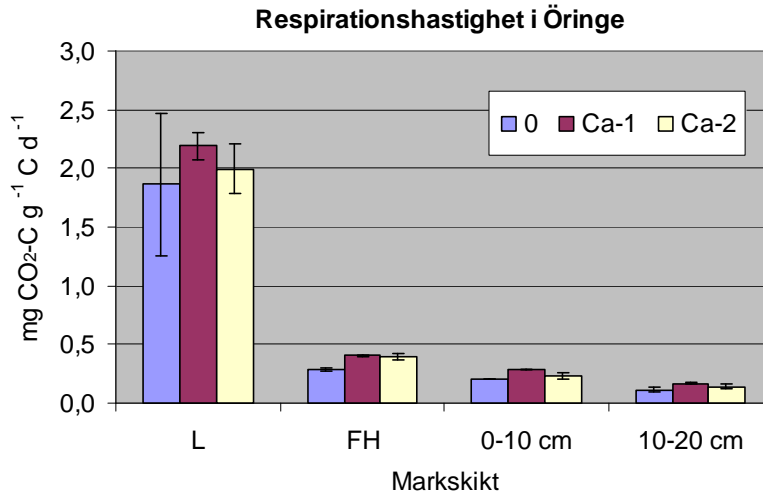
Försök	Kalkgiva (ton ha <sup>-1</sup> ) och kalksort	n	Kolmängd (kg C m <sup>-2</sup> ) humusskikt + 0-20cm	Relativa tal, Kontroll= 100 (%)	Kolmängd (kg C m <sup>-2</sup> ) humusskikt	Relativa tal, Kontroll = 100 (%)
E57 Norrliden	Kontroll 0	3	3,67 $\pm$ 0,23		1,41 $\pm$ 0,12	
	Kalksten 5	3	3,59 $\pm$ 0,11	98	1,50 $\pm$ 0,12	106
E72 Lofsdalen	Kontroll 0	3	5,07 $\pm$ 0,35		2,51 $\pm$ 0,15	
	Dolomit 2,5	3	4,85 $\pm$ 0,12	96	2,29 $\pm$ 0,09	91
	Dolomit 5	3	4,57 $\pm$ 0,34	90	2,27 $\pm$ 0,23	90
223 Vallsta	Kontroll 0	2	6,29 $\pm$ 0,12		2,67 $\pm$ 0,01	
	Dolomit 2,5	2	5,87 $\pm$ 0,13	93	2,16 $\pm$ 0,01	81
	Dolomit 5,0	2	6,11 $\pm$ 0,72	97	2,98 $\pm$ 0,52	112
E73 Jädraås	Kontroll 0	2	4,25 $\pm$ 0,11		1,69 $\pm$ 0,10	
	Dolomit 2,0	2	4,50 $\pm$ 0,42	106	1,80 $\pm$ 0,39	107
	Dolomit 6,0	2	4,66 $\pm$ 0,32	110	1,70 $\pm$ 0,15	101
E67Fäxboda	Kontroll 0	2	6,03 $\pm$ 0,01		2,69 $\pm$ 0,13	
	Dolomit 2,0	2	6,06 $\pm$ 0,42	100	2,53 $\pm$ 0,21	94
244 Åled	Kontroll 0	3	12,21 $\pm$ 0,21		4,25 $\pm$ 0,11	
	Kalksten-Dolomit 3,0	3	11,98 $\pm$ 0,72	98	4,25 $\pm$ 0,47	100
	Kalksten-Dolomit 6,0	3	12,08 $\pm$ 0,80	99	4,78 $\pm$ 0,53	112
E69 Hasslöv	Kontroll 0	4	11,17 $\pm$ 0,71		4,21 $\pm$ 0,32	
	Kalksten 1,75	4	10,46 $\pm$ 0,41	94	3,69 $\pm$ 0,14	88
	Dolomit 1,55	4	10,10 $\pm$ 0,68	90	3,55 $\pm$ 0,49	84
	Dolomit 3,45	4	10,09 $\pm$ 0,63	90	3,29 $\pm$ 0,34	78
	Dolomit 8,75	4	9,10 $\pm$ 0,48	81	2,77 $\pm$ 0,44	66
E68 Öringe	Kontroll 0	2	11,15 $\pm$ 2,93		5,73 $\pm$ 2,56	
	Kalksten 2,0	2	10,01 $\pm$ 0,32	90	4,24 $\pm$ 0,28	74
	Kalksten 3,83	2	9,63 $\pm$ 0,69	86	4,68 $\pm$ 0,59	82
247 Össjö	Kontroll 0	2	9,29 $\pm$ 0,25		2,52 $\pm$ 0,06	
	Kalksten-Dolomit+PK 3,0	2	9,45 $\pm$ 0,58	102	2,34 $\pm$ 0,01	93
	Kalksten-Dolomit 3,0	1	8,52	92	2,08	83

## Markrespiration

### Öringe

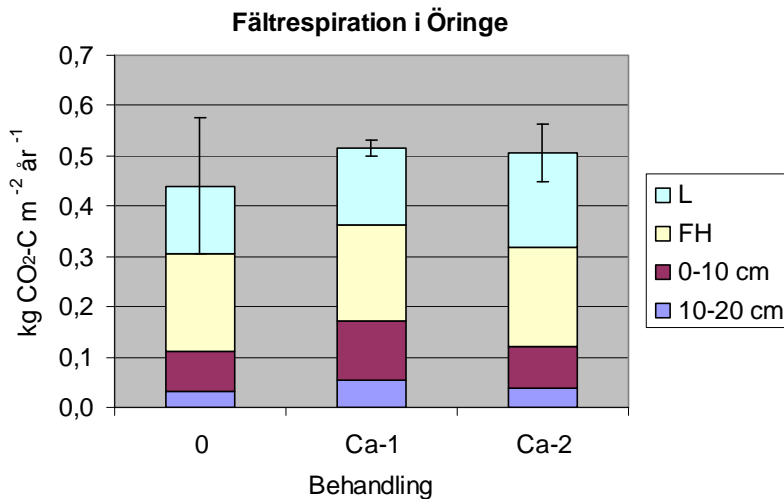
Den genomsnittliga respirationshastigheten (mg C per g C och dygn) minskade generellt med ökande markdjup (Figur 2). Med undantag för L-skiktet, var hastigheterna högre i kalkbehandlingarna Ca-1 och Ca-2 (2,0 ton respektive 3,83 ton kalksten ha<sup>-1</sup>) än i kontrollen. I både FH- och mineraljordsskikten var hastigheten 30-40 % högre i behandlingarna Ca-1 och Ca-2 än i kontrolllytorna. Osäkerheten i skattningarna var även här, på samma sätt som för totalförrådet av kol (se ovan), särskilt stor för kontrolllytorna.





Figur 2. Respirationshastigheter (medelvärde  $\pm$  1 SE) i olika behandlingar och markskikt i prover från Öringe ( $n = 2$ ) mätta vid 15°C och 60 % WHC. Förklaringar: 0 = obehandlad kontroll; Ca-1 = 2 ton  $\text{CaCO}_3 \text{ ha}^{-1}$ ; Ca-2 = 3,83 ton  $\text{CaCO}_3 \text{ ha}^{-1}$ ; L = förnaskikt; FH = humusskikt; 0-10 cm = 0-10 cm ner i mineraljorden; 10-20 cm = 10-20 cm ner i mineraljorden.

Den årliga C-mineraliseringen i fält korrigerad för marktemperatur och markfuktighet skattades till nära 0,50 kg C  $\text{m}^{-2}$  (Figur 3). Merparten av det mineraliserade kolet kom från de organiska skikten, som bidrog med 60-70 % av den uppmätta markprofilens totala respiration. Ingen statistiskt säkerställd behandlingseffekt kunde konstateras.

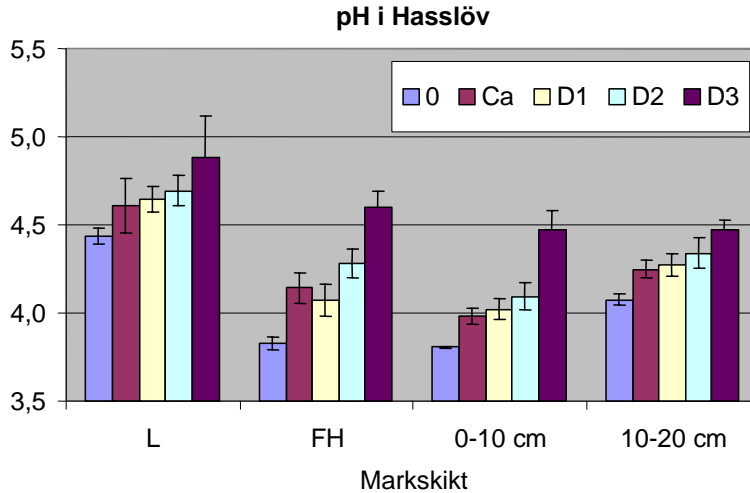


Figur 3. Beräknad årsrespiration (medelvärde  $\pm$  1 SE) i Öringe ( $n = 2$ ) i olika behandlingar och markskikt. Förklaringar, se figur 2.

### Hasslöv

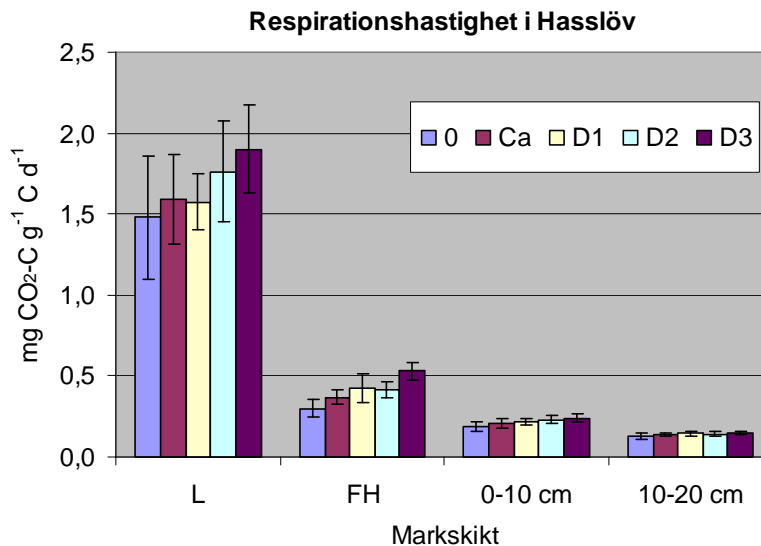
Bestämningarna av pH i Hasslöv visade på ett positivt samband mellan kalkgiva och pH-värde (Figur 4). I D3, den högsta kalkgivan (8,75 ton dolomitkalk  $\text{ha}^{-1}$ ), ökade pH-värdet med 0,4 enheter från 4,1 (okalkat) till 4,5 på 10-20 cm markdjup

på 23 år (tiden från försöksstarten). Motsvarande höjning i D1 (1,55 ton dolomitkalk ha<sup>-1</sup>) och D2 (3,45 ton dolomitkalk ha<sup>-1</sup>) var 0,2 och 0,3 enheter.



Figur 4. pH (medelvärde  $\pm$  1 SE) i olika behandlingar och markskikt i Hasslöv (n = 4). Förklaringar: Ca=1,75 ton CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>; D1=1,55; D2=3,45; D3=8,75 ton dolomitkalk ha<sup>-1</sup>; L = förnaskikt; FH = humusskikt; 0-10 cm = 0-10 cm ner i mineraljorden; 10-20 cm = 10-20 cm ner i mineraljorden.

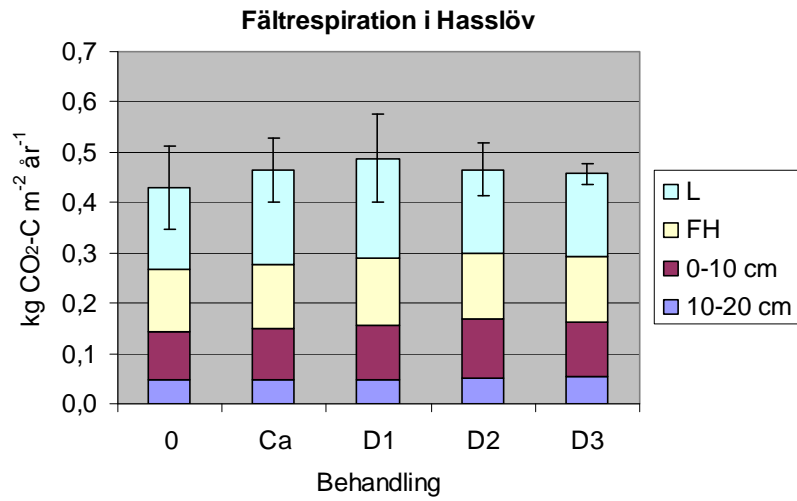
I likhet med Öringe minskade respirationshastigheten med ökande markdjup (Figur 5). I FH-skiktet, där behandlingseffekten var tydligast ökade respirationshastigheten i genomsnitt med ökande kalkgiva från 22 till 77 % högre värde än i kontrollytorna. Endast den högsta kalkgivan (D3) hade dock en statistiskt säkerställd (p<0,05) förhöjning av respirationshastigheten.



Figur 5. Respirationshastigheter (medelvärde  $\pm$  1 SE) i olika behandlingar och markskikt i prover från Hasslöv (n = 4) mätta vid 15°C och 60 % WHC. Förklaringar, se figur 4.

Kolmineraliseringen i Hasslöv under fältförhållanden beräknad per ytenhet och år och med korrigering för marktemperatur och markfuktighet skattades till mellan 0,43 och 0,49 kg C m<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup> (Figur 6). Ingen statistiskt säkerställd behandlingseffekt kunde konstateras. Resultatet tyder på att en förhöjd respirationshastighet per

g C i kalkytorna (Figur 5) i kombination med ett minskande kolförråd (Tabell 3) efter 23 år har lett till en nästan lika stor fältrespiration i alla behandlingar.



Figur 6. Beräknad årsrespiration (medelvärde  $\pm$  1 SE) i fält i Hasslöv ( $n = 4$ ) i olika behandlingar och markskikt. Förklaringar, se figur 4.

## Diskussion

Inte i något försök kunde vi hitta några statistiskt signifikanta effekter av kalkbehandlingarna på vare sig kol- eller kväveförrådet i marken. Detta kan bero på att kalkningen inte påverkat marken, att effekten av kalkning redan hade avklingat eller att variationen mellan provvyterna var för stor för att någon skillnad skulle kunna uppmätas.

Resultaten ligger dock i linje med en del av vår första hypotes, dvs. att det i marker med hög C/N-kvot inte sker någon påtaglig förändring av kol- och kväveförråden efter kalkning. Resultaten är också i enlighet med de resultat som finns publicerade (t ex Persson *et al.* 1990/91). Liknande resultat finns också rapporterade från två försök med aska där C/N-kvoten i humusen var 32 respektive 36. Tillförseln av 3, 6 och 9 ton krossad vedaska ha<sup>-1</sup> hade efter fem år inte påverkat vare sig kol- eller kvävemängder i marken (Jacobson *et al.*, 2004).

Den andra delen av hypotes 1, dvs. att mängden kol- och kväve minskar i marker med låg C/N-kvot, kunde inte definitivt verifieras. I vissa av de mest bördiga försöken med låg C/N-kvot fanns det dock indikationer på att kol- och kväveförråden minskat, men skillnaderna var inte statistiskt signifikanta.

Hypotes 2, att det finns ett dos-effekt-samband för förändringar i kol- och kväveförråd i marken efter kalkning och att effekten är mer utpräglad vid låg än vid hög C/N-kvot, stöds av resultaten i Hasslöv. Där ökade markens kolförråd med tiden i kontrolltytor och ytor med måttlig kalkgiva men inte i ytor med hög kalkgiva (Figur 1). Hypotesen stöds också av att de kalkade ytorna i Hasslöv, särskilt den högsta givan, hade högre respirationshastighet än kontrollytorna. För att få lite begrepp om storheterna motsvarar en årlig skillnad på 0,05 kg C m<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup> räknat på den totala kalkningseffekten under 23 år i D2-alternativet (3,45 ton dolomitkalk ha<sup>-1</sup>) (Tabell 4) kolmängden i ca 2,8 m<sup>3</sup> ved ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Kalkylen baseras på 50 % kolhalt och en veddensitet på 340 kg m<sup>3</sup>.

Försöken Fäxboda och Åled uppvisade liknande mönster i markförändringar som de mer nordliga försöken trots att de hade lägre C/N-kvot och var betydligt bördigare än försöken i Norrland. I Fäxboda har endast en låg kalkgiva prövats (2 ton ha<sup>-1</sup>), vilken kanske var för liten för att påverka marken. Däremot i Åled hade man kunnat förväntat en viss effekt på kolmängderna, åtminstone av den högre kalkgivan (6 ton ha<sup>-1</sup>) (Tabell 3). Effektperioden i Åled har visserligen varit kortare än i Hasslöv (Tabell 1), men baserat på tidigare resultat från Hasslöv (Figur 1) borde kalkningen ha förväntats påverka kolförrådet. Skillnader i beståndsålder, i tillväxt och/eller kalkens inverkan på humusmaterialet kan vara några tänkbara orsaker. En osäkerhet i skattningarna från Åled är att kalkytorna har varit utsatt för kraftig bökning av marken av vildsvin. En ökad omrörning borde dock kunna stimulera CO<sub>2</sub>-avgången (Malik & Hu, 1997).

Baserat på våra data, samt de undersökningar som redan är publicerade, finns det skäl att anta att kalkning i första hand påverkar kolupplagringen i kväverika marker (jmf. Nilsson *et al.*, 1996). Dessa marker är också de som varit utsatta för den kraftigaste påverkan av försurande svavel- och kvävedeposition och således hypotetiskt skulle kunna vara aktuella för kalkning. En minskad kollagringen på

dessa marker är en av många faktorer som bör beaktas när kalkningens önskade och oönskade effekter vägs samman.

Sammanfattningsvis stödjer denna studie (eller motbevisar i varje fall inte) tidigare slutsatser om effekter av kalkning på markens kol- och kväveinnehåll. Det är troligt att kalkning påverkar marken på olika sätt beroende på dess egenskaper. På kvävefattiga marker (hög C/N-kvot) verkar effekten av kalkning vara liten, medan den kan vara både kraftig och långvarig på marker med låg C/N-kvot.

# Tack!

Vi vill tacka Skogsstyrelsen som ställt medel till förfogande för denna studie. Vi riktar ett speciellt tack till Hagos Lundström (Skogforsk), Sten Nordlund (Skogforsk) och Tomas Grönqvist (Inst. f. Ekologi, SLU) för uthålliga insatser i fält och på laboratoriet.

## Referenser

- Arnold G, Van Beusichem ML, Van Diest A (1994) Nitrogen mineralization and  $H^+$  transfer in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest stand affected by liming. *Plant Soil* 161:209-218
- Bååth E, Arnebrant K (1994) Growth rate and response of bacterial communities to pH in limed and ash treated forest soils. *Soil Biol Biochem* 26:995-1001
- Corre MD, Beese FO, Brumme R (2003) Soil nitrogen cycle in high nitrogen deposition forest: Changes under nitrogen saturation and liming. *Ecol App* 13:287-298
- De Boer W, Hundscheid MPJ, Schotman JMt, Troelstra SR, Laanbroeck HJ (1993) *In situ* net N transformations in pine, fir, and oak stands of different ages on acid sandy soil, 3 years after liming. *Biol Fert Soils* 15:120-126
- Derome J, Kukkola M, Mälkönen E (1986) Forest liming on mineral soils, results from Finnish experiments. Naturvårdsverket Rapport 3084, Naturvårdsverket Solna 107 pp
- Gundersen P, Schmidt IK, Raulund-Rasmussen K (2006) Leaching of nitrate from temperate forests – effects of air pollution and forest management. *Environ Rev* 14:1-57
- Holmen H, Nilsson Å, Popović B, Wiklander G (1976) The optimum nutrition experiment Norrliden. A brief description of an experiment in a young stand of Scots Pine (*Pinus silvestris* L.). Skogshögskolan, Institutionen för växt-ekologi och marklära, Rapporter och uppsatser Nr 26, 34 pp
- Huber C, Baier R, Göttlein A, Wendelin W (2006) Changes in soil, seepage water and needle chemistry between 1984 and 2004 after liming an N saturated Norway spruce stand at the Höglwald, Germany. *For Ecol Manage* 233:11-20
- Huettl RF, Zoetl HW (1993) Liming as a mitigating tool in Germany's declining forests – reviewing results from former and recent trials. *For Ecol Manage* 61:325-338
- Hägglund, B (1973) Om övre höjdens utveckling för gran i södra Sverige. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion, rapporter och uppsatser Nr 24, 49 pp
- Hägglund, B (1974) Övre höjdens utveckling i tallbestånd. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion, rapporter och uppsatser Nr 31, 54 pp
- Jacobson S (2001) Fertilization to increase and sustain tree growth in coniferous stands in Sweden. PhD-thesis, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 182. 34 sid. + fyra bilagor.
- Jacobson S (2003) Addition of stabilized wood ash to Swedish coniferous stands on mineral soils – effects on stem growth and needle nutrient concentrations. *Silva Fennica* 37:437-450

- Jacobson S, Högbom L, Ring E, Nohrstedt H-Ö (2004) Effects of wood-ash dose and formulation on soil chemistry at two coniferous forest site. *Water Air Soil Pollut* 158:113-125
- Johansson M-B, Nilsson T, Olsson M (1999) Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering. Skogsstyrelsen Rapport 1, 1999. Skogsstyrelsen, Jönköping, 168 pp
- Johnson DW, Swank WT, Vose JM (1995) Effects of liming on soil and stream waters in a deciduous forest: comparison of field results and simulations. *J Environ Qual* 24:1105-1117
- Keersmaeker JN, Meddelein D, De Schrijver A, Lust N (2000) Soil water chemistry and revegetation of a limed clearcut in a nitrogen saturated forest. *Water Air Soil Pollut* 122:49-62
- Kreutzer K (1995) Effects of forest liming on soil processes. *Plant Soil* 168/169:447-470
- Lal R (2006) Forest soil and carbon sequestration. *For Ecol Manage* 220:242-258
- Malik AU, Hu D (1997) Soil respiration following site preparation treatments in boreal mixed wood forest. *For Ecol Manage* 97:265-275
- Matzner E, Meiwes KJ (1990) Effects of liming and fertilization on soil solution chemistry in North German forest ecosystems. *Water Air Soil Pollut* 54:377-390
- Nilsson SI, Anderson 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.). *For Ecol Manage* 164:55-736
- Nilsson SI, Persson T, Wirén, A, Andersson S (1996) Effekter av skogsmarkskalkning på markens organiska substans. I: H Staaf, T Persson, U Bertills (red.) Skogsmarkskalkning – Resultat och slutsatser från Naturvårdsverkets försöksverksamhet. Rapport 4559, Naturvårdsverkets förlag, Stockholm. ISBN91-620-4559-8
- Nohrstedt H-Ö (2001) Response of coniferous forest ecosystems on mineral soils to nutrient additions: a review of Swedish experiences. *Scand J For Res* 16:555-573
- Nohrstedt H-Ö, Persson T, Staaf H, von Sydow F (1999) Behov av långsiktiga försök i skogsmark. SLU, Skogsvetenskapliga fakulteten, Rapport 18. 80 pp
- Odén S (1968) The acidification of air and precipitation and its consequences in the natural environment *Ecol Comm Bull* No 1
- Persson T, Karlsson PS, Seyferth U, Sjöberg RM, Rudebeck A (2000) Carbon mineralization in European forest soils. I. E-D Schulze (red.) Carbon and nitrogen cycling in European forest ecosystems. *Ecological Studies* 142:257-275
- Persson T, Lundkvist H, Wirén A, Hyvönen R, Wessén B (1989) Effects of acidification and liming on carbon and nitrogen mineralization and soil organisms in mor humus. *Water Air Soil Pollut* 45:77-96



- 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 Soil Pollut* 85:901-906
- Persson T, Wirén A, Andersson S (1990/91) Effects of liming on carbon and nitrogen mineralization in coniferous forests. *Water Air Soil Pollut* 54:351-364
- Rosenberg O, Persson T, Högbom L, Jacobson S (in prep) Effects of wood-ash applications on potential carbon and nitrogen mineralisation in forest soils with contrasting C to N-ratios – a microcosm study.
- Skogsstyrelsen (2001) Åtgärder mot markförsurningen och för ett uthålligt brukande av skogsmarken. Skogsstyrelsen Meddelande 4-2001, Jönköping. 64 pp
- Sikström U (2001) Growth and nutrition of coniferous forest on acid mineral soil – status and effect of liming. PhD-thesis, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 182, 53 sid. + fem bilagor
- Staa H, Persson T, Bertills U (1996) Skogsmarkskalkning – resultat från Naturvårdsverkets försöksverksamhet. Naturvårdsverket Rapport 4559, Naturvårdsverket Stockholm, 290 pp
- Tamm C-O, Hallbäcken L (1988) Changes in soil acidity from the 1920-ies to the 1980-ies in two forest areas with different acid deposition. *Ambio* 17:56-61
- Weber A, Karsisto M, Leppänen R, Sundman V, Skujins J (1985) Microbial activities in a histosol: Effects of wood ash and NPK fertilizers. *Soil Biol Biochem* 17:291-296
- Ågren G, Bosatta E, Magill AH (2001) Combining theory and experiment to understand effects of inorganic nitrogen on litter decomposition. *Oecologia* 128:94-98

## Av Skogsstyrelsen publicerade Rapporter:

- 1988:1 Mallar för ståndortsbonitering; Lathund för 18 län i södra Sverige
- 1988:2 Grusanalys i fält
- 1990:1 Teknik vid skogsmarkskalkning
- 1991:1 Tätortsnära skogsbruk
- 1991:2 ÖSI; utvärdering av effekter mm
- 1991:3 Utboträffar; utvärdering
- 1991:4 Skogsskador i Sverige 1990
- 1991:5 Contortarapporten
- 1991:6 Participation in the design of a system to assess Environmental Consideration in forestry a Case study of the GREENERY project
- 1992:1 Allmän Skogs- och Miljöinventering, ÖSI och NISP
- 1992:2 Skogsskador i Sverige 1991
- 1992:3 Aktiva Natur- och Kulturvårdande åtgärder i skogsbruket
- 1992:4 Utvärdering av studiekampanjen Rikare Skog
- 1993:1 Skoglig geologi
- 1993:2 Organisationens Dolda Resurs
- 1993:3 Skogsskador i Sverige 1992
- 1993:5 Nyckelbiotoper i skogarna vid våra sydligaste fjäll
- 1993:6 Skogsmarkskalkning – *Resultat från en fyraårig försöksperiod samt förslag till åtgärdsprogram*
- 1993:7 Betespräglad äldre bondeskog – *från naturvårdssynpunkt*
- 1993:8 Seminarier om Naturhänsyn i gallring i januari 1993
- 1993:9 Förbättrad sysselsättningsstatistik i skogsbruket – *arbetsgruppens slutrapport*
- 1994:1 EG/EU och EES-avtalet ur skoglig synvinkel
- 1994:2 Hur upplever "grönt utbildade kvinnor" sin arbetssituation inom skogsvårdsorganisationen?
- 1994:3 Renewable Forests - Myth or Reality?
- 1994:4 Bjursåsprojektet - *underlag för landskapsekologisk planering i samband med skogsinventering*
- 1994:5 Historiska kartor - *underlag för natur- och kulturmiljövård i skogen*
- 1994:6 Skogsskador i Sverige 1993
- 1994:7 Skogsskador i Sverige – *nuläge och förslag till åtgärder*
- 1994:8 Häckfågelinventering i en åkerholme åren 1989-1993
- 1995:1 Planering av skogsbrukets hänsyn till vatten i ett avrinningsområde i Gävleborg
- 1995:2 SUMPSKOG – ekologi och skötsel
- 1995:3 Skogsbruk vid vatten
- 1995:4 Skogsskador i Sverige 1994
- 1995:5 Långsam alkaliserings av skogsmark
- 1995:6 Vad kan vi lära av KMV-kampanjen?
- 1995:7 GROTT-uttaget. Pilotundersökning angående uttaget av trädrester på skogsmark
- 1996:1 Women in Forestry – What is their situation?
- 1996:2 Skogens kvinnor – Hur är läget?
- 1996:3 Landmollusker i jämtländska nyckelbiotoper
- 1996:4 Förslag till metod för bestämning av prestationstal m.m. vid självverksamhet i småskaligt skogsbruk.
- 1997:1 Sjövatten som indikator på markförsurning
- 1997:2 Naturvårdsutbildning (20 poäng) Hur gick det?
- 1997:3 IR-95 – Flygbildsbaserad inventering av skogsskador i sydvästra Sverige 1995
- 1997:5 Miljeu96 Rådgivning. Rapport från utvärdering av miljeurådgivningen
- 1997:6 Effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring – *en litteraturstudie*
- 1997:7 Målgruppsanalys
- 1997:8 Effekter av tungmetallnedfall på skogslevande landsnäckor (*with English Summary: The impact on forest land snails by atmospheric deposition of heavy metals*)
- 1997:9 GIS-metodik för kartläggning av markförsurning – *En pilotstudie i Jönköpings län*
- 1998:1 Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation
- 1998:2 Studier över skogsbruksåtgärdernas inverkan på snäckfaunans diversitet (*with English summary: Studies on the impact by forestry on the mollusc fauna in commercially used forests in Central Sweden*)
- 1998:3 Dalaskog - Pilotprojekt i landskapsanalys
- 1998:4 Användning av satellitdata – *hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov*
- 1998:5 Baskatjoner och aciditet i svensk skogsmark - tillstånd och förändringar
- 1998:6 Övervakning av biologisk mångfald i det brukade skogslandskapet. *With a summary in English: Monitoring of biodiversity in managed forests.*
- 1998:7 Marksvampar i kalkbarrskogar och skogsbeten i Gotländska nyckelbiotoper
- 1998:8 Omgivande skog och skogsbrukets betydelse för fiskfaunan i små skogsbäckar
- 1999:1 Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering
- 1999:2 Internationella konventioner och andra instrument som behandlar internationella skogsfrågor
- 1999:3 Målklassificering i "Gröna skogsbruksplaner" - betydelsen för produktion och ekonomi
- 1999:4 Scenarier och Analyser i SKA 99 - Förutsättningar

- 2000:1 Samordnade åtgärder mot försurning av mark och vatten - Underlagsdokument till Nationell plan för kalkning av sjöar och vattendrag
- 2000:2 Skogliga Konsekvens-Analyser 1999 - Skogens möjligheter på 2000-talet
- 2000:3 Ministerkonferens om skydd av Europas skogar - Resolutioner och deklarationer
- 2000:4 Skogsbruket i den lokala ekonomin
- 2000:5 Aska från biobränsle
- 2000:6 Skogsskadeinventering av bok och ek i Sydsverige 1999
- 2001:1 Landmolluskfaunans ekologi i sump- och myrskogar i mellersta Norrland, med jämförelser beträffande förhållandena i södra Sverige
- 2001:2 Arealförluster från skogliga avrinningsområden i Västra Götaland
- 2001:3 The proposals for action submitted by the Intergovernmental Panel on Forests (IPF) and the Intergovernmental Forum on Forests (IFF) - in the Swedish context
- 2001:4 Resultat från Skogsstyrelsens ekenkät 2000
- 2001:5 Effekter av kalkning i utströmningsområden *med kalkkross 0 - 3 mm*
- 2001:6 Biobränslen i Söderhamn
- 2001:7 Entreprenörer i skogsbruket 1993-1998
- 2001:8A Skogspolitisk historia
- 2001:8B Skogspolitiken idag - en beskrivning av den politik och övriga faktorer som påverkar skogen och skogsbruket
- 2001:8C Gröna planer
- 2001:8D Föryngring av skog
- 2001:8E Fornlämningar och kulturmiljöer i skogsmark
- 2001:8G Framtidens skog
- 2001:8H De skogliga aktörerna och skogspolitiken
- 2001:8I Skogsbilvägar
- 2001:8J Skogen sociala värden
- 2001:8K Arbetsmarknadspolitiska åtgärder i skogen
- 2001:8L Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet
- 2001:8M Skogsbruk och rennäring
- 2001:8O Skador på skog
- 2001:9 Projekterfarenheter av landskapsanalys i lokal samverkan – (LIFE 96 ENV S 367) Uthålligt skogsbruk byggt på landskapsanalys i lokal samverkan
- 2001:11A Strategier för åtgärder mot markförsurning
- 2001:11B Markförsurningsprocesser
- 2001:11C Effekter på biologisk mångfald av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11D Urvalskriterier för bedömning av markförsurning
- 2001:11E Effekter på kvävedynamiken av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11F Effekter på skogsproduktion av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11G Effekter på tungmetallers och cesiums rörlighet av markförsurning och motåtgärder
- 2001:12 Forest Condition of Beech and Oak in southern Sweden 1999
- 2002:1 Ekskador i Europa
- 2002:2 Gröna Huset, slutrapport
- 2002:3 Project experiences of landscape analysis with local participation – (LIFE 96 ENV S 367) Local participation in sustainable forest management based on landscape analysis
- 2002:4 Landskapsekologisk planering i Söderhamns kommun
- 2002:5 Miljöriktig vedeldning - Ett informationsprojekt i Söderhamn
- 2002:6 White backed woodpecker landscapes and new nature reserves
- 2002:7 ÄBIN Satellit
- 2002:8 Demonstration of Methods to monitor Sustainable Forestry, Final report Sweden
- 2002:9 Inventering av frötäktssbestånd av stjärkek, bergesk och rödek under 2001 - Ekdöd, skötsel och naturvård
- 2002:10 A comparison between National Forest Programmes of some EU-member states
- 2002:11 Satellitbildsbaserade skattningar av skogliga variabler
- 2002:12 Skog & Miljö - Miljöbeskrivning av skogsmarken i Söderhamns kommun
- 2003:1 Övervakning av biologisk mångfald i skogen - En jämförelse av två metoder
- 2003:2 Fågelfaunan i olika skogsmiljöer - en studie på beståndsnivå
- 2003:3 Effektivare samråd mellan rennäring och skogsbruk -förbättrad dialog via ett utvecklat samrådsförfarande
- 2003:4 Projekt Nissadalen - En integrerad strategi för kalkning och askspridning i hela avrinningsområden
- 2003:5 Projekt Renbruksplan 2000-2002 Slutrapport, - ett planeringsverktyg för samebyarna
- 2003:6 Att mäta skogens biologiska mångfald - möjligheter och hinder för att följa upp skogspolitiken miljösmål i Sverige
- 2003:7 Vilka botaniska naturvärden finns vid torplämningar i norra Uppland?
- 2003:8 Kalkgranskogar i Sverige och Norge – förslag till växtsociologisk klassificering
- 2003:9 Skogsägare på distans - Utvärdering av SVO:s riktade insatser för utbör
- 2003:10 The EU enlargement in 2004: analysis of the forestry situation and perspectives in relation to the present EU and Sweden
- 2004:1 Effektoppföljning skogsmarkskalkning tillväxt och trädvitalitet, 1990-2002
- 2004:2 Skogliga konsekvensanalyser 2003 - SKA 03
- 2004:3 Natur- och kulturinventeringen i Kronobergs län 1996 - 2001

- 2004:4 Naturlig föryngring av tall
- 2004:5 How Sweden meets the IPF requirements on nfp
- 2004:6 Synthesis of the model forest concept and its application to Vilhelmina model forest and Barents model forest network
- 2004:7 Vedlevande arters krav på substrat - sammanställning och analys av 3.600 arter
- 2004:8 EU-utvidgningen och skogsindustrin - En analys av skogsindustrins betydelse för de nya medlemsländernas ekonomier
- 2004:9 Nytt nummer se 2005:1
- 2004:10 Om virkesförrådets utveckling och dess påverkan på skogsbrukets lönsamhet under perioden 1980-2002
- 2004:11 Naturskydd och skogligt genbevarande
- 2004:12 När vi skogspolitiken mångfaldsmål på artnivå? - Åtgärdsförslag för uppföljning och metodutveckling
- 2005:1 Access to the forests for disabled people
- 2005:2 Tillgång till naturen för människor med funktionshinder
- 2005:3 Besökarstudier i naturområden - en handbok
- 2005:4 Visitor studies in natureareas - a manual
- 2005:5 Skogshistoria år från år 1177-2005
- 2005:6 Vägar till ett effektivare samarbete i den privata tätortsnära skogen
- 2005:7 Planering för rekreation - Grön skogsbruksplan i privatägd tätortsnära skog
- 2005:8a-8c Report from Proceedings of ForestSAT 2005 in Borås May 31 - June 3
- 2005:9 Sammanställning av stormskador på skog i Sverige under de senaste 210 åren
- 2005:10 Frivilliga avsättningar - en del i Miljö kvalitetsmålet Levande skogar
- 2005:11 Skogliga sektorsmål - förutsättningar och bakgrundsmaterial
- 2005:12 Målbilder för det skogliga sektorsmålet - hur går det med bevarandet av biologisk mångfald?
- 2005:13 Ekonomiska konsekvenser av de skogliga sektorsmålen
- 2005:14 Tio skogsägares erfarenheter av stormen
- 2005:15 Uppföljning av skador på fornlämningar och övriga kulturlämningar i skog
- 2005:16 Mykorrhizasvampar i örtrika granskogar - en metodstudie för att hitta värdefulla miljöer
- 2005:17 Forskningsseminarium skogsbruk - rennärning 11-12 augusti 2004
- 2005:18 Klassning av renbete med hjälp av ståndortsboniteringens vegetationstypsindelning
- 2005:19 Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort
- 2006:1 Kalkning och askspridning på skogsmark - redovisning av arealer som ingått i Skogsstyrelsens försöksverksamhet 1989-2003
- 2006:2 Satellitbildsanalys av skogsbilvägar över våtmarker
- 2006:3 Myllrande Våtmarker - Förslag till nationell uppföljning av delmålet om byggande av skogsbilvägar över värdefulla våtmarker
- 2006:4 Granbarkborren - en scenarioanalys för 2006-2009
- 2006:5 Överensstämmer anmält och verkligt GROT-uttag?
- 2006:6 Klimathotet och skogens biologiska mångfald
- 2006:7 Arenor för hållbart brukande av landskapets alla värden - begreppet Model Forest som ett exempel
- 2006:8 Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun
- 2006:9 Stormskadad skog - föryngring, skador och skötsel
- 2006:10 Miljökonsekvenser för vattenkvalitet, Underlagsrapport inom projektet Stormanalys
- 2006:11 Miljökonsekvenser för biologisk mångfald - Underlagsrapport inom projekt Stormanalys
- 2006:12 Ekonomiska och sociala konsekvenser av stormen Gudrun **ännu inte klar**
- 2006:13 Hur drabbades enskilda skogsägare av stormen Gudrun - Resultat av en enkätundersökning
- 2006:14 Riskhantering i skogsbruket
- 2006:15 Granbarkborrens utnyttjande av vindfällan under första sommaren efter stormen Gudrun - (The spruce bark beetle in wind-felled trees in the first summer following the storm Gudrun)
- 2006:16 Skogliga sektorsmål i ett internationellt sammanhang
- 2006:17 Skogen och ekosystemansatsen i Sverige
- 2006:18 Strategi för hantering av skogliga naturvärden i Norrtälje kommun ("Norrtäljeprojektet")
- 2006:19 Kantzonens ekologiska roll i skogliga vattendrag - en litteraturöversikt
- 2006:20 Ägoslag i skogen - Förslag till indelning, begrepp och definitioner för skogsrelaterade ägoslag
- 2006:21 Regional produktionsanalys - Konsekvenser av olika miljöambitioner i länen Dalarna och Gävleborg
- 2006:22 Regional skoglig Produktionsanalys - Konsekvenser av olika skötselregimer
- 2006:23 Biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004
- 2006:24 Trädbränslestatistik i Sverige - en förstudie
- 2006:25 Tillväxtstudie på Skogsstyrelsens obsytor
- 2006:26 Regional produktionsanalys - Uppskattning av tillgängligt trädbränsle i Dalarnas och Gävleborgs län
- 2006:27 Referenshägn som ett verktyg i vilt- och skogsförvaltning
- 2007:1 Utvärdering av ÄBIN
- 2007:2 Trädslagets betydelse för markens syra-basstatus - resultat från Ståndortskarteringen
- 2007:3 Älg- och rådjursstammarnas kostnader och värden
- 2007:4 Virkesbalanser för år 2004
- 2007:5 Life Forests for water - summary from the final seminar in Lycksele 22-24 August 2006
- 2007:6 Renskadorna i plant- och ungskog - en litteraturöversikt och analys av en taxeringsmetod
- 2007:7 Övervakning och klassificering av skogsvattendrag i enlighet med EU:s ramdirektiv för vatten - exempel från Emån och Öreälven

- 2007:8 Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar
- 2007:9 Uppföljning av skador på fornlämningar i skogsmark
- 2007:10 Utgör kvävegödning av skog en risk för Östersjön? Slutsatser från ett seminarium anordnat av Baltic Sea 2020 i samarbete med Skogsstyrelsen
- 2008:1 Arenas for Sustainable Use of All Values in the Landscape - the Model Forest concept as an example
- 2008:2 Samhällsekonomisk konsekvensanalys av skogsmarks- och ytvattenkalkning
- 2008:3 Mercury Loading from forest to surface waters: The effects of forest harvest and liming
- 2008:4 The impact of liming on ectomycorrhizal fungal communities in coniferous forests in Southern Sweden
- 2008:5 Långtidseffekter av kalkning på skogsmarkens kol- och kväveförråd

## Av Skogsstyrelsen publicerade Meddelanden:

- 1991:2 Vägplan -90
- 1991:3 Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet  
– Efterfrågade tjänster på en öppen marknad
- 1991:4 Naturvårdshänsyn – Tagen hänsyn vid slutavverkning 1989–1991
- 1991:5 Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag
- 1992:1 Svanahuvudsvägen
- 1992:2 Transportformer i väglöst land
- 1992:3 Utvärdering av samråden 1989-1990 /skogsbruk – rennäring
- 1993:2 Virkesbalanser 1992
- 1993:3 Uppföljning av 1991 års lövträdsplantering på åker
- 1993:4 Återväxttaxeringarna 1990-1992
- 1994:1 Plantinventering 89
- 1995:2 Gallringsundersökning 92
- 1995:3 Kontrolltaxering av nyckelbiotoper
- 1996:1 Skogsstyrelsens anslag för tillämpad skogsproduktionsforskning
- 1997:1 Naturskydd och naturhänsyn i skogen
- 1997:2 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1996
- 1998:1 Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitiken
- 1998:2 Skogliga aktörer och den nya skogspolitiken
- 1998:3 Föryngringsavverkning och skogsbilvägar
- 1998:4 Miljöhänsyn vid föryngringsavverkning - Delresultat från Polytax
- 1998:5 Beståndsanläggning
- 1998:6 Naturskydd och miljöarbete
- 1998:7 Röjningsundersökning 1997
- 1998:8 Gallringsundersökning 1997
- 1998:9 Skadebilden beträffande fasta fornlämningar och övriga kulturmiljövärden
- 1998:10 Produktionskonsekvenser av den nya skogspolitiken
- 1998:11 SMILE - Uppföljning av sumpskogsskötsel
- 1998:12 Sköter vi ädellövskogen? - Ett projekt inom SMILE
- 1998:13 Riksdagens skogspolitiska intentioner. Om mål som uppdrag till en myndighet
- 1998:14 Swedish forest policy in an international perspective. (Utfört av FAO)
- 1998:15 Produktion eller miljö. (En mediaundersökning utförd av Göteborgs universitet)
- 1998:16 De trädbevuxna impedimentens betydelse som livsmiljöer för skogslevande växt- och djurarter
- 1998:17 Verksamhet inom Skogsvårdsorganisationen som kan utnyttjas i den nationella miljöövervakningen
- 1998:18 Auswertung der schwedischen Forstpolitik 1997
- 1998:19 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1998
- 1999:1 Nyckelbiotopsinventeringen 1993-1998. Slutrapport
- 1999:2 Nyckelbiotopsinventering inom större skogsbolag. En jämförelse mellan SVOs och bolagens inventeringsmetodik
- 1999:3 Sveriges sumpskogar. Resultat av sumpskogsinventeringen 1990-1998
- 2001:1 Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2000
- 2001:2 Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling
- 2001:3 Kontrollinventering av nyckelbiotoper år 2000
- 2001:4 Åtgärder mot markförsurning och för ett uthålligt brukande av skogsmarken
- 2001:5 Miljöövervakning av Biologisk mångfald i Nyckelbiotoper
- 2001:6 Utvärdering av samråden 1998 Skogsbruk - rennäring
- 2002:1 Skogsvårdsorganisationens utvärdering av skogspolitikens effekter - SUS 2001
- 2002:2 Skog för naturvårdsändamål – uppföljning av områdesskydd, frivilliga avsättningar, samt miljöhänsyn vid föryngringsavverkning
- 2002:3 Recommendations for the extraction of forest fuel and compensation fertilising
- 2002:4 Action plan to counteract soil acidification and to promote sustainable use of forestland
- 2002:5 Blir er av
- 2002:6 Skogsmarksgödsling - effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljön
- 2003:1 Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2002
- 2003:2 Konsekvenser av ett förbud mot permetrinbehandling av skogsplanter
- 2004:1 Kontinuitetsskogar - en förstudie
- 2004:2 Landskapsekologiska kärnområden - LEKO, Redovisning av ett projekt 1999-2003
- 2004:3 Skogens sociala värden
- 2004:4 Inventering av nyckelbiotoper - Resultat 2003
- 2006:1 Stormen 2005 - en skoglig analys
- 2007:1 Övervakning av insektsangrepp - Slutrapport från Skogsstyrelsens regeringsuppdrag
- 2007:2 Kvävegödsling av skogsmark
- 2007:3 Skogsstyrelsens inventering av nyckelbiotoper - Resultat till och med 2006
- 2008:1 Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk

### **Beställning av Rapporter och Meddelanden**

Skogsstyrelsen,  
Förlaget  
551 83 JÖNKÖPING  
Telefon: 036 – 35 93 40  
vx 036 – 35 93 00  
fax 036 – 19 06 22  
e-post: [forlaget@skogsstyrelsen.se](mailto:forlaget@skogsstyrelsen.se)  
[www.skogsstyrelsen.se](http://www.skogsstyrelsen.se)

I Skogsstyrelsens författningssamling (SKSFS) publiceras myndighetens föreskrifter och allmänna råd. Föreskrifterna är av tvingande natur. De allmänna råden är generella rekommendationer som anger hur någon kan eller bör handla i visst hänseende.

I Skogsstyrelsens Meddelande-serie publiceras redogörelser, utredningar m.m. av officiell karaktär. Innehållet överensstämmer med myndighetens policy.

I Skogsstyrelsens Rapport-serie publiceras redogörelser och utredningar m.m. för vars innehåll författaren/författarna själva ansvarar.

Skogsstyrelsen publicerar dessutom fortlöpande: Foldrar, broschyrer, böcker m.m. inom skilda skogliga ämnesområden.

Skogsstyrelsen är också utgivare av tidningen Skogseko.

Kalkning av skogsmark kan påverka omsättningen av kol och kväve i marken. I denna rapport presenteras en studie som genomfördes i syfte att undersöka de långsiktiga effekterna av skogsmarkskalkning genom att jämföra obehandlade kontrolltytor med tytor som påverkats av kalkning under 14-36 år. Markprover samlades in från de olika ytorna och förrådet av kol och kväve analyserades. Vidare studerades kolmineraliseringen.