



Kandidatarbete
i skogsvetenskap
Fakulteten för skogsvetenskap

2015:21

Skogabyprojektet

- En analys av skogliga tillväxtdata 1987-2001

The Skogaby project

- An analysis of forest growth data for the years 1987-2001

Helene Larsson

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,
Handledare: Ulf Johansson, SLU, Institutionen för Skoglig fältforskning
Examinator: Tommy Mörling, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel

Program: Jägmästarprogrammet
Kurs:EX0592 Nivå:G2E

Umeå 2015



Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Helene Larsson
Titel, Sv	Skogabyprojektet – En analys av skogliga tillväxtdata 1987-2001
Titel, Eng	<i>The Skogaby project – An analysis of forest growth data for the years 1987-2001</i>
Nyckelord	torka, försurning, näringstillförsel, bevattning, gran, skogsekologi
Keywords	<i>drought, acidification, fertilisation, irrigation, Norway spruce, forest ecology</i>
Handledare/Supervisor	Ulf Johansson, SLU, Institutionen för Skoglig fältforskning
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2015

SAMMANFATTNING

En rad olika faktorer påverkar skogens tillväxt. I denna studie undersöktes hur försurning, samt vatten- och näringstillgång påverkar tillväxten. Materialet kommer från Skogabyförsökets mätningar för åren 1987-2002 under vilka mätningar skett 1987, 1993 samt vintern 2001-2002. Skogabyförsöket är indelat i sju olika behandlingar samt kontroll upprepat i fyra block. Behandlingarna var asktillförsel, vitaliseringsgödsling, bevattning, näringsbevattning, försurning, två torkbehandlingar samt kontrollen. Det fanns således behandlingar som ökade närings- och/eller vattentillgången och sådana som minskade dessa. Materialet var skogliga tillväxtvariabler så som diameter, höjd, grundyta och volym. Studien har koncentrerat sig på att analysera höjd- och grundytetillväxt vilket har skett genom variansanalys och genom att studera grafer av data.

Resultat visar att behandlingarna påverkade de skogliga tillväxtvariablerna jämfört med kontrollen och med varandra. Som väntat påverkade ökad vatten- och näringstillgång tillväxten positivt förutom på de parceller som tillförts aska där resultatet inte var helt tydligt. Torkbehandlingarna påverkade skogen negativt medan effekten av försurningsbehandlingen verkade ta längre tid på sig för att träda i kraft. Där påverkades tillväxten positivt jämfört med kontrollen under den första mätperioden, och negativt under den andra.

Nyckelord: torra, försurning, näringstillförsel, bevattning, gran, skogsekologi

ABSTRACT

Several factors influence forest growth. This study examines how acidification, water and nutrient availability affects growth. The material is provided by the Skogaby Project's data gathered 1987-2002. During this period data was gathered in 1987, 1993 and the winter of 2001-2002. The Skogaby Project is divided into seven different treatments as well as a control treatment, these were replicated four times as the experiment is a block design. The treatments were as follows: ashes, fertilisation, irrigation, irrigation & fertilisation, acidification, two different drought treatments and lastly the control. Thus there were treatments that increased, and treatments that decreases water and/or nutrient availability. The material was forest growth data like diameter, height, basal area and volume. The study concentrated on analysing height and basal area using ANOVA and graphs.

The results show that the treatments did influence forest growth compared to the control treatment and to each other. As expected increased water and nutrient availability stimulated forest growth. The drought treatments had a negative effect on forest growth whereas the acidification took time to take effect. There forest growth was positively affected during the first period but decreased during the second period.

Keywords: drought, acidification, fertilisation, irrigation, Norway spruce, forest ecology

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning.....	2
Abstract.....	3
Innehållsförteckning.....	4
Inledning.....	5
Bakgrund.....	5
Lokal.....	5
Skogabyförsökets upplägg.....	7
Forskning.....	10
Syfte.....	10
Material och Metod.....	11
Material.....	11
Metod.....	11
Resultat.....	13
Diskussion.....	18
Diskussion av resultat.....	18
Allmänt.....	18
Aska – A.....	18
Vitaliseringsgödsling – V.....	18
Bevattning – IR.....	19
Näringsbevattning – IF.....	19
Förurning – NS.....	19
Torka – D1 och D2.....	20
Slutsats.....	20
Referenser.....	21

INLEDNING

Bakgrund

Skogabyförsöket är ett långsiktigt fältexperiment i granskog (Jansson 1990). Det startades efter 1980-talets larmrapporter om så kallad ”skogsöd” från kontinenten och med tanke på det dåvarande stora kväve- och svavelnedfallet i vissa delar av Götaland. Syftet med försöket var att undersöka hur försurning av kväve och svavel samt hur närings- och vattentillgång påverkar granskogens tillväxt och hälsa. (Nilsson & Persson 2001)

Skogens tillväxt och hälsa beror på en rad olika faktorer, bland andra energi, vatten och näring. Växter tar upp vatten och mineralnäringsämnen från marken och använder dessa i olika processer för att bygga upp biomassa. (Magnusson 2009) I boreal skog är växttillgängligt kväve på de flesta ståndorter det mest tillväxtbegränsande näringsämnet, men ifall kväve fanns överflöd skulle något annat näringsämne kunna bli begränsande (Albrektson m fl. 2012). Brist på vatten och näring kan sänka er trädens vitalitet och hämma deras tillväxt (Barklund m fl. 2009). Även luftföroreningar, främst kväve- och svavelnedfall, kan påverka träden negativt (Barklund m fl. 2009). Luftföroreningar kan i förlängningen göra träd känsligare för andra stressande faktorer (Nilsson & Wiklund 1992).

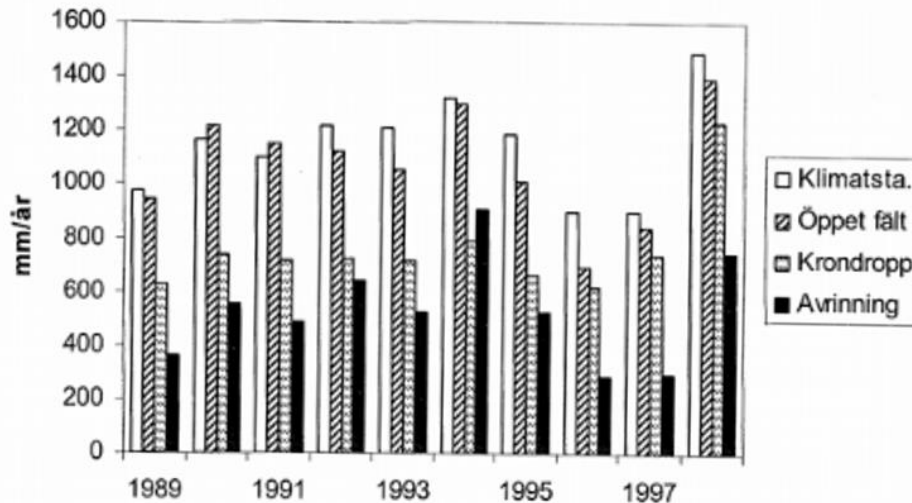
Skogabyförsökets behandlingar manipulerade trädens tillgång på vatten och näring på olika sätt (Jansson 1990). På så vis kunde dessa faktorer påverkan på träden studeras separat och tillsammans.

Lokal



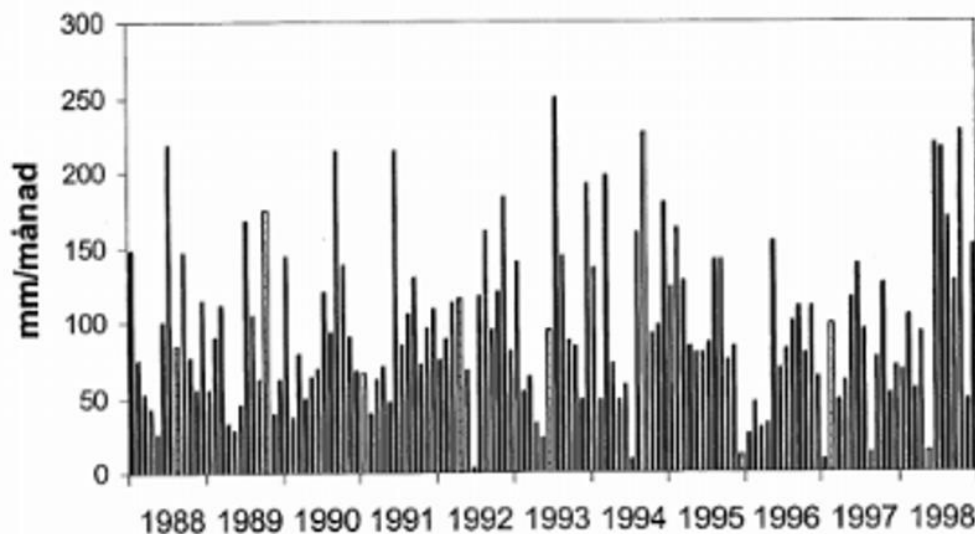
Försöket ligger i Halland, 16 km från kusten (Nilsson & Persson 2001), ca 30 km sydost om Halmstad och 3 km nordost om Skogaby (Figur 1) (Jansson 1990). Försöksytorna ligger mellan 95 och 115 meter över havet. Västkusten är nederbördsrik och närheten till havet ger ett mildt, maritimt klimat. För 10-årsperioden 1989-1998 var årsmedeltemperaturen 7,5° C och årsmedelnederbörden 1145 mm (Figur 2). Vegetationsperioden är på ca 200 dygn och sträcker sig från april till november. Området har en tendens till försommartorka (Figur 3). (Nilsson & Persson 2001)

Figur 1. Översiktskarta. Försöket ligger ca 30 km sydost om Halmstad. (Lantmäteriet)
Figure 1. Map. The experiment is situated about 30 km south-east of Halmstad (Lantmäteriet)



Figur 2. Årlig nederbördsmängd för Skogaby, mätt på klimatstationen med SMHI-kanna, på öppet fält med nederbördstrattar och i krondropp på kontrollytorna med samma sorts nederbördstrattar samt beräknad avrinning från 50 cm markdjup (Nilsson & Persson 2001)

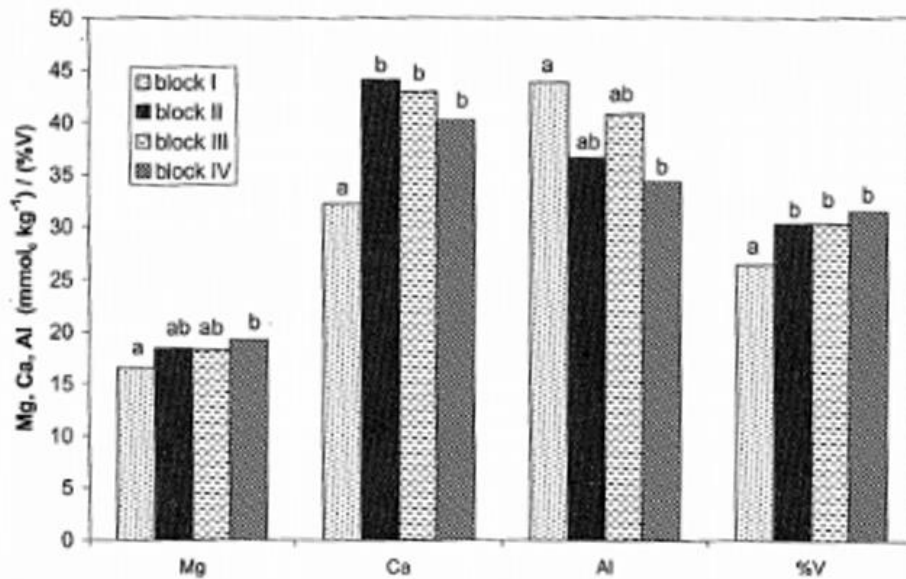
Figure 2. Yearly precipitation for Skogaby, measured with a SMHI rain gauge at the weather station, with another type of rain gauge in the open field and in the forest. Runoff calculated at 50 cm soil depth (Nilsson & Persson 2001)



Figur 3. Nederbörden indelad månadsvis för perioden 1988-1998 i Skogaby. Värdena är korrigerade och är 6,5% högre än på öppet fält (Nilsson & Persson 2001)

Figure 3. Monthly precipitation for the years 1988-1998 at the Skogaby experiment. The numbers have been altered and are 6,5% higher than in for the open field (Nilsson & Persson 2001)

Försöket ligger inom det västsvenska gnejsområdet. Bergarten gnejs är ett svårvittrat och surt modermaterial som är fattigt på baskatjoner (Figur 4). Jordarten är sandig morän och jordmånen är podsol. (Nilsson & Persson 2001) Marken var vid försökets början relativt sur med ett pH på 3,9 i humuslagret, och ett pH på ca 4,5 längre ned i marken. Inget fältskikt fanns i beståndet. (Nilsson & Wiklund 1992)



Figur 4. Mängd Mg, Ca och Al samt basmättnadsgrad (%V) i humusskiktet i de fyra försöksblocken i Skogaby vid försökets start (Nilsson & Persson 2001)

Figure 4. Amount of Mg, Ca and Al as well as the saturation of alkaline cations (%V) in the topsoil in the four block at Skogaby at the start of the experiment (Nilsson & Persson 2001)

Beståndet liknar stora delar av Halland i att det länge var ljunghedsmark (Nilsson & Persson 2001). Under perioden 1915-1920 planterades tall (*Pinus sylvestris* (L.)) som avverkades 1965-1967 på grund av svampangrepp. Åren 1965-1966 planterades området istället med 3-4-åriga granplantor (*Picea abies* (L.) Karst) från Polen. Så vitt man vet hade inga skogliga ingrepp annat än en hjälpplantering med tysk gran 1968 skett innan försökets början. Då försöksträdslaget är gran röjdes lövträd bort vid försökets början. Beståndet gallrades vintern 1993/94. (Nilsson & Persson 2001)

Skogabyförsökets upplägg

Skogabyförsöket påbörjades 1987, då platsen granskades och försöksytor valdes. Under nästkommande års tillväxtsång inleddes behandlingarna. (Jansson 1990)

Försöket är upprepat i fyra block (Block I-IV) och består av sju behandlingar samt kontroll (Tabell 1, Tabell 2, Figur 5). Blockförsök tar hänsyn till naturlig variation samt tillför upprepning till försöket och stärker således efterkommande statistiska tester. Försökdesignen syftade till att synliggöra skillnader mellan behandlingarna inom varje enskilt block samt att inbegripa den naturliga variation som fanns mellan blocken. I det här arbetet analyseras endast de sju upprepade behandlingarna och kontrollytorna.

De olika behandlingarna syftade till att utsätta skogen för varierande grad av stress med avseende på vatten och näring (Figur 6). Behandlingarna utfördes på parceller med en yta om ca 2000 m². Hela parcellerna utsattes för behandling. Behandlingarna är som följer: förurning, torka, torka 2, vitaliseringsgödsling, aska, bevattning och näringsbevattning (Tabell 1 och 2). Utöver dessa gjordes även två behandlingar som inte upprepades. Dessa var förurning & sommartorka (NSD) samt vitaliseringsgödsling & sommartorka (VD). (Nilsson & Persson 2001)

Samtliga parceller låg på frisk mark, men det förkom vissa skillnader i vattentillgång beroende av en varierad topografi. Parcell nummer 1-4, 8 samt 13-14 är torra; parcell nummer 6-7, 9, 19, 25 samt 29 är våta. Övriga parceller är normalfuktiga. (Nilsson & Persson 2001)

Tabell 1. Försöksled ingående i Skogabyförsöket (Nilsson & Persson 2001)

Table 1. The different treatments of the Skogaby project (Nilsson & Persson 2001)

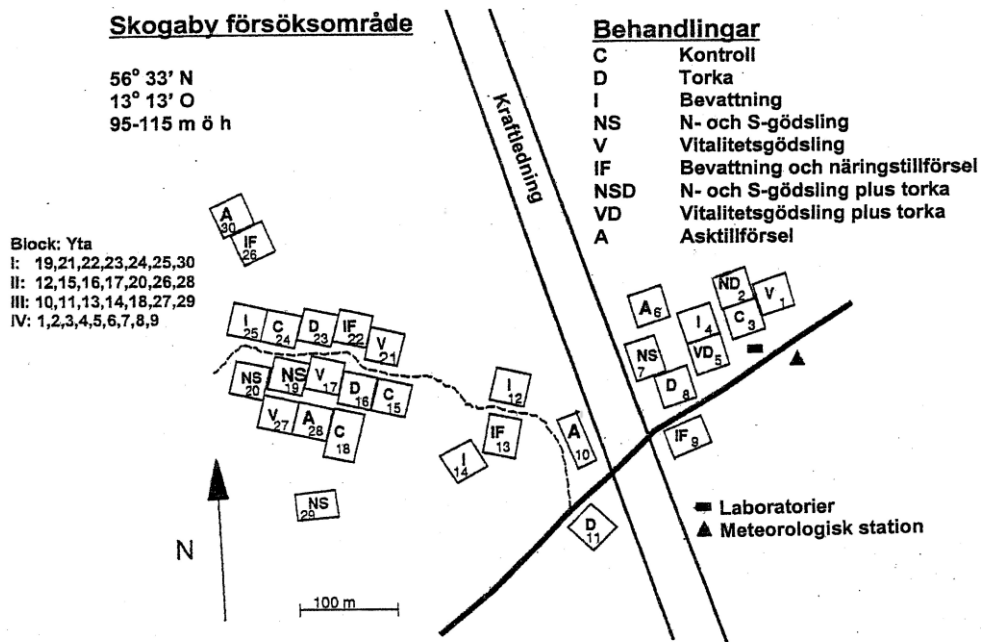
Försöksled	Symbol	Behandling
Kontroll	C	Ingen
”Försurning”	NS	100 kg N och 114 kg S ha ⁻¹ , årligen fr.o.m. 1988
”Försurning”+torcka	NSD	Samma som NS, men med tak på halva ytan 1992-1997 (NSD) och utan tak på halva ytan (NS)
Torka	D1	Ena halvan av torckytan täckt med tak 1988-1989
Torka	D2	Andra halvan av torckytan täckt med tak 1990-1996
Vitaliseringsgödsling	V	1000 kg ha ⁻¹ SkogVital fördelat 1988 och 1989 samt 1143 kg ha ⁻¹ 1995
Vitaliseringsgödsling+ Torka	VD	Samma som V, men med tak på halva ytan 1992-1997 (VD) och utan tak på halva ytan (V)
Aska	A	3200 kg ha ⁻¹ granulerad vedaska 1989
Bevattning	I	Bevattning med sjövattnen fr.o.m. 1988 under maj-augusti
Näringsbevattning	IF	Samma som I men med komplett näringstillförsel

Tabell 2. Näringsämnen tillfört de olika behandlingarna, i kg/ha (Nilsson & Persson 2001)

Table 2. The nutrients added to the different treatments, kg/ha (Nilsson & Persson 2001)

Behandling	Giva (kg ha ⁻¹)					Tillförsel
	N	P	K	Ca	Mg	
NS och NSD	100	0	0	0	0	114 Årligen 1988–2001
V och VD	0	48	43	218	46	75 1988/1989
V och VD	0	48	87	152	94	57 1995
V och VD	0	48	146	504	117	94 2002
A	0	25	129	448	47	4 1989
I (sjövattnen)	1,4 ¹	-	1,0	4,4	2,8	4,6 Årligen 1988–2001
IF (exkl. sjövattnen)	100	17	48	4,2	6	9 Årligen 1988–1993
IF ”	60	10	29	10	4	5 Årligen 1994–1996
IF ”	0	0	0	10	0	0 1997
IF ”	30	6,1	10	5	0	6,2 Årligen 1998–1999
IF ”	25	5,1	8,3	5	1,2	6,8 Årligen 2000–2001

¹ 1,2 kg N_{org} och 0,2 kg N_{oorg} ha⁻¹, - = ej analyserat.



Figur 5. Karta över Skogabyförsöket som anger behandling samt blocktillhörighet (Jansson 1990)

Figure 5. Map of the Skogaby project detailing the different treatments and blocks (Jansson 1990)

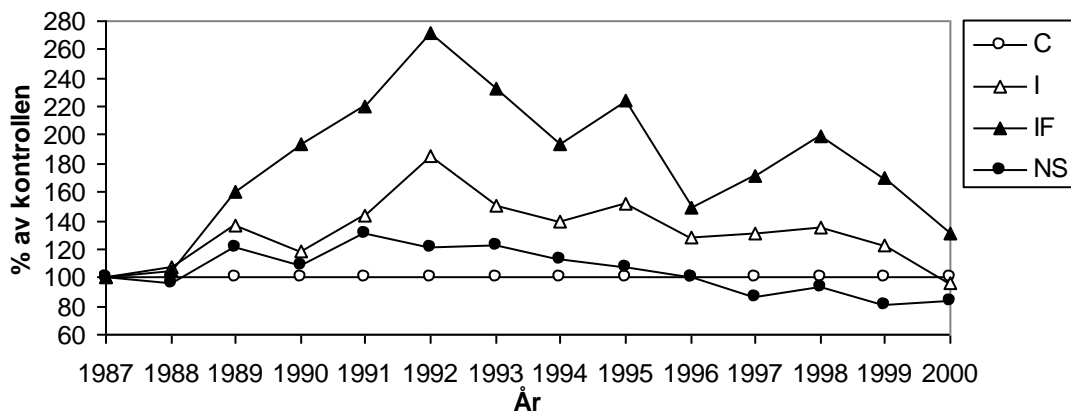
		Näringsstress	
		högre	lägre
Vattenstress	högre	NSD D	VD
	lägre	NS C	V, A
		I	IF

Figur 6. Principskiss för de olika behandlingarnas syfte att utsätta träden för olika stressnivå (Jansson 1990)

Figure 6. Sketch of how the treatments were meant to have different stressing effect on the forest (Jansson 1990)

Forskning

Tidigare studier från Skogabyförsöket indikerar att förändring i vatten- och näringstillgång påverkar granens tillväxt. En studie av grundytetillväxten 1987-2000 visar att den är signifikant lägre än kontrollen (C) i de två torkbehandlingarna (D1 och D2) samt att grundytetillväxten i de bevattnade parcellerna (I) är konstant och signifikant högre, något som är än mer utpräglat i IF (Figur 7). De mest intressanta resultaten är de från NS-behandlingen som simulerar försurning. Där är tillväxten högre än kontrollen (C) fram till och med 1996 varefter den är lägre. För vitaliseringsgödslingen (V) framträder inget tydligt mönster. (Nilsson & Persson 2001)



Figur 7. Grundytetillväxt i procent under perioden 1988-2000 för tre av behandlingarna (I, IF och NS) jämfört med kontrollen (C) som är lika med 100% (Nilsson & Persson 2001)

Figure 7. Basal area growth in percent for the years 1988-2000 for three of the treatments (I, IF and NS) as compared to the control treatment (C) which represents 100% (Nilsson & Persson 2001)

Syfte

Syftet med kandidatarbetet är att analysera skogliga tillväxtdata från Skogabyförsöket under perioden från projektets start 1987 till 2001. Syftet är att jämföra hur försurning samt tillgång på vatten och näring påverkar granens tillväxt. Baserat på tidigare presenterad forskning är min hypotes att ökad närings- och vattentillgång har en positiv inverkan på tillväxten jämfört med kontrollen, medan torra och försurning har en negativ inverkan jämfört med kontrollen.

MATERIAL OCH METODER

Material

Studien använde skogliga data hämtat från Skogabyprojektets mätningar för perioden 1987-2002. Under den perioden genomfördes tre mätningar innan stormen Gudrun den 8 januari 2005 fällde delar av beståndet så att mätserien stördes (Alavi m fl. 2010). Data som används i analysen var data för kvarvarande bestånd, totalproduktion samt årlig löpande tillväxt.

De tre mätningar skedde 1987, 1993 samt vintern 2001-2002. Mätningarna genomfördes enligt standardrutiner för skogliga fältförsök av samma typ som Skogabyprojektet (Anon 2003, Karlsson m fl. 2012).

Med skogliga data menas i detta sammanhang medeldiameter, medelhöjd, stamantal, grundyta och volym. Medeldiameter är det aritmetiska medelvärdet av trädets diameter mätt i centimeter i brösthöjd (1,3 m ovan mark). Diametern har under försöket mätts två gånger per mätt träd, vinkelrätt mot varandra. Denna metod tar hänsyn till trädets form. Medelhöjd är det aritmetiska medelvärdet av trädets höjd i meter från markytan till trädets topp. Stamantal är antalet stammar per hektar. Grundyta är trädets area i brösthöjd, mer specifikt här är det grundyta per hektar uttryckt i m^2 som menas. Volymen är volym för stammen ovan mark per hektar uttryckt i m^3 . (Nilsson & Persson 2001)

Mätdata från försöket erhöles i form av ett Word-dokument samt ett Excel-dokument. Vidare erhöles dokument som beskrev hur data kodats, det vill säga information om vilket ID-nummer de olika parcellerna tilldelats.

Textkällor i form av artiklar och rapporter från Skogabyprojektet används även för att förstå och förklara projektets mål, bakgrund och för arbetet relevanta resultat. Även delar ur Skogsskötselserien har använts för att styrka vissa skogliga fakta.

Metod

Metoden som användes för att jämföra hur försurning samt tillgång på vatten och näring påverkar granens tillväxt var en statistisk analys samt analys av grafer över olika skogliga variabler. Textstudier genomfördes även för att förstå och förklara projektets bakgrund och syfte. Den statistiska analysen i fråga var variansanalys, en-vägs och två-vägs ANOVA, på data från de fyra olika blocken

I arbetet analyseras endas de sju upprepade behandlingarna samt kontrollen. De två behandlingar som saknar upprepning, VD och NSD, behandlades inte. Då blocken har fått romerska numeraler I-IV kallas behandlingen bevattning, tidigare förkortad till I, för IR i resten av arbetet.

Vidare räknades värden för de två perioderna mellan mättillfällena, 1987-1993 och 1993-2001 samt hela perioden, 1987-2001, fram för att användas i analyserna. Även olika medelvärden, dels över perioderna, dels mellan blocken räknades fram.

Excelfilen med mätdata exporterades till programmet Minitab som användes för att göra de statistiska analyserna. Dataanalysen genomfördes i tre steg:

1. Visuell analys
2. Statistisk analys
3. Utvärdering

Den visuella analysen genomfördes genom att göra grafer både i Excel och Minitab och studera dessa för att bilda sig en uppfattning om data och möjliga slutsatser. Statistiska analyser genomfördes för att undersöka ifall behandlingarna haft någon inverkan på de skogliga tillväxtvariablerna.

En-vägs ANOVA med en signifikansnivå på 95% genomfördes med behandling (C, N, IF osv.) som faktor och en skoglig variabel som beroende variabel. En-vägs ANOVA testar nollhypotesen att alla medelvärden är lika, vilken man utgår från är sann. Ifall P-värdet är mindre än 0,05 vid den aktuella signifikansnivån förkastar man nollhypotesen. För att identifiera vilka medelvärden som skiljde sig åt genomfördes även Tukey-test tillsammans med en-vägs ANOVA.

Två-vägs ANOVA med en signifikansnivå på 95% användes för att analysera ifall de två faktorerna block (I-IV) och behandling (C, NS, IF osv.) haft inverkan på skogens tillväxt. Två-vägs-ANOVA undersöker hur två oberoende variabler, här bocktillhörighet och behandling, påverkar en beroende variabel, här en skoglig variabel ex. grundyta. Två-vägs ANOVA undersöker inte bara hur de oberoende variablerna påverkar den oberoende utan även ifall det förekommer någon interaktion mellan dem.

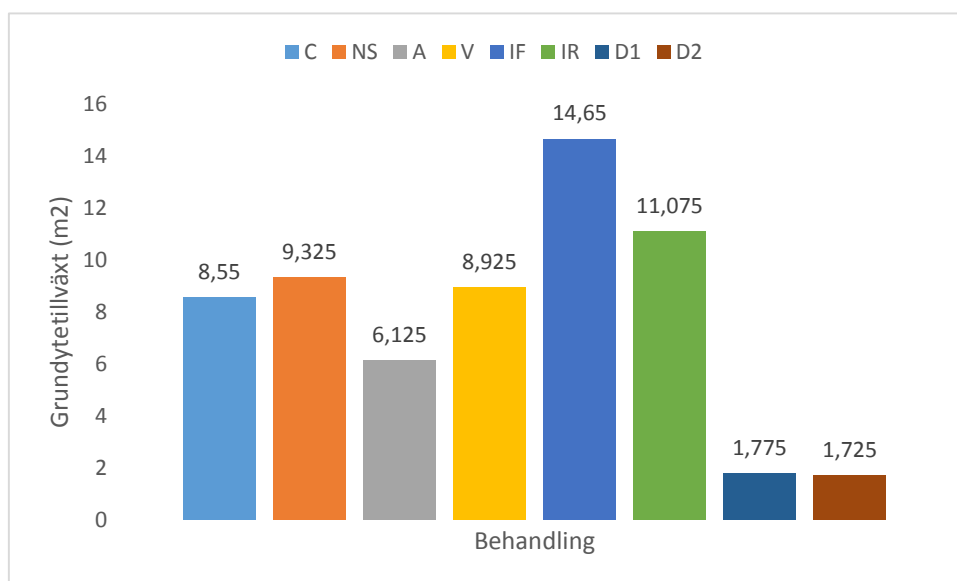
I ett två-vägs ANOVA test utgår man från tre nollhypoteser. Dessa är att:

1. den första faktorns medelvärden är lika
2. den andra faktorns medelvärden är lika
3. det förekommer ingen interaktion mellan de två faktorerna

Även i detta test gäller att ifall P-värdet är mindre än 0,05 vid signifikansnivån på 95% förkastar man nollhypotesen för faktorn i fråga.

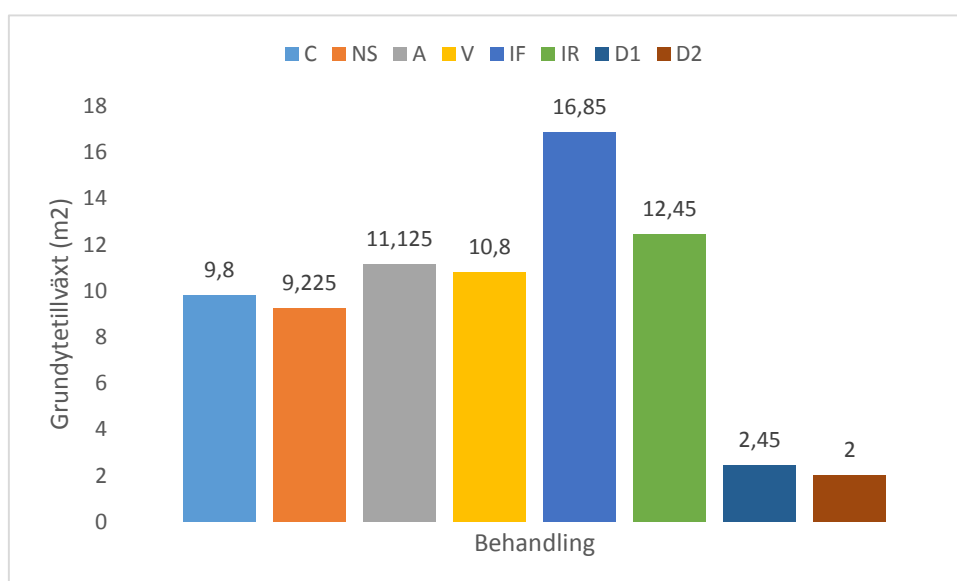
RESULTAT

Behandlingarna påverkade trädens tillväxt under perioderna 1987-1993, 1993-2001 och 1987-2001 (Figur 8-10) Kontroll (C) hade ungefär samma grundytetillväxt som aska (A), försurning (NS) och vitaliseringsgödsling (V). Högst grundytetillväxt visade näringsbevattningen (IF), följt av bevattningen (IR). De två torkbehandlingarna, torka 1988-1989 (D1) och torka 1990-1996 (D2), hade lägst tillväxt. Torkleden D1 och D2 hade lika tillväxt perioden 1987-1993 (Figur 8), medan D2 var lägre än D1 den andra perioden 1993-2001 (Figur 9). NS hade en något högre tillväxt än C för den första perioden (Figur 8 och 9), men en lägre för den andra perioden, medan det är tvärtom för A som har en lägre tillväxt än C den första perioden och en högre för den andra perioden.



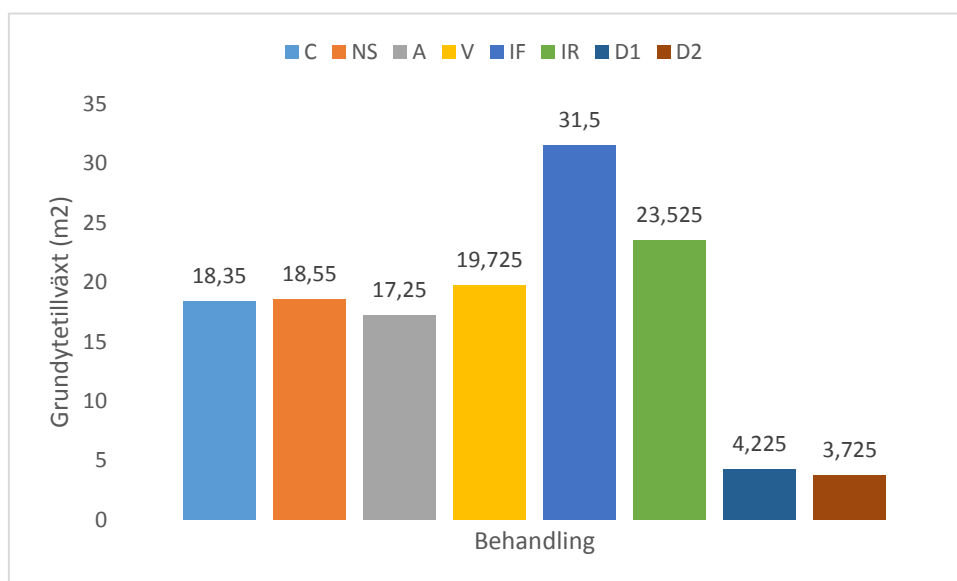
Figur 8. Sammanlagd grundytetillväxt för perioden 1987-1993.

Figure 8. Total basal area growth for the years 1987-1993.



Figur 9. Sammanlagd grundytetillväxt för perioden 1993-2001.

Figure 9. Total basal area growth for the years 1993-2001.



Figur 10. Sammanlagd grundytetillväxt för perioden 1987-2001.

Figure 10. Total basal area growth for the years 1987-2001

Resultat av en-vägs ANOVA säger att faktorn behandling har påverkat den totala grundytetillväxten för hela perioden 1987-2001 (Tabell 3). Vid 95% signifikansnivå gör P-värde 0,000 att nollhypotesen, alla medelvärden är lika, förkastas. En parvis jämförelse av medelvärdena för de åtta behandlingarna för total grundytetillväxt för perioden 1987-2001 (Tabell 4) visar att de kan delas in i fyra olika grupper. Testet delar in i grupper baserat på hur lika medelvärdena är. IF och IR är i var sin egen grupp (Grupp A och B), de två torkbehandlingarna (D1, D2) hamnar i samma grupp D och resterande behandlingar V, NS, C och A bildar en egen grupp.

Tabell 3. En-vägs ANOVA med faktorn behandling och den beroende variabeln total grundytetillväxt 1987-2001

Table 3. One-way ANOVA with treatment as factor analysing basal area growth for the years 1987-2001

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F-värde	P-värde
Behandling	7	2415,50	345,071	160,62	0,000
Error	24	51,56	2,148		
Total	31	2467,06			

Tabell 4. Tukey-test med 95% konfidensintervall, parvis jämförelse av de åtta behandlingarna med den beroende variabeln total grundytetillväxt 1987-2001

Table 4. Tukey test at 95% significance level, pairwise comparison of the eight treatments with total basal area growth 1987-2001 as the dependent variable

Behandling	N	Medelvärde	Gruppering
IF	4	31,500	A
IR	4	23,525	B
V	4	19,725	C
NS	4	18,550	C
C	4	18,350	C
A	4	17,25	C
D1	4	4,225	D
D2	4	3,725	D

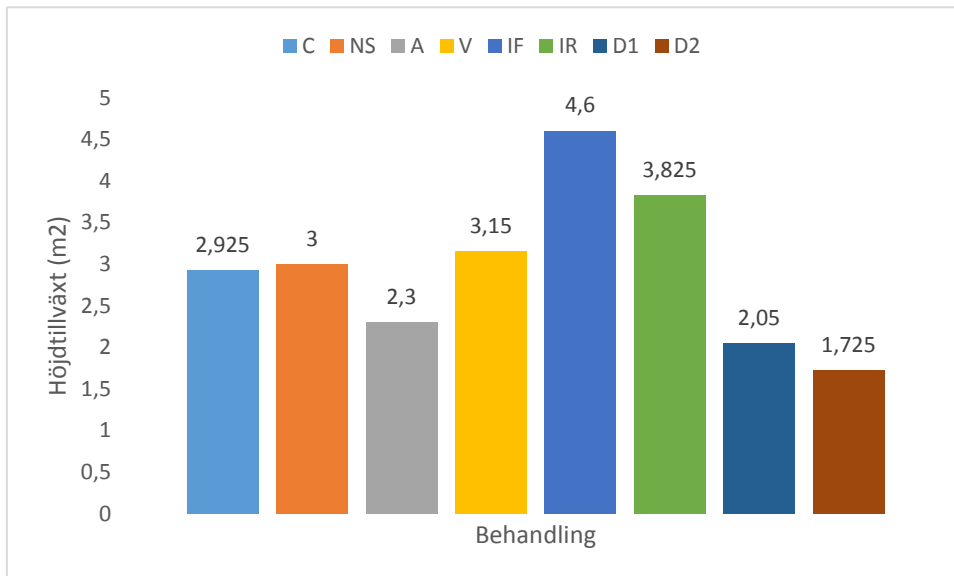
Två-vägs-ANOVA med behandling och blocktillhörighet som faktorer visar att behandling påverkar grundytetillväxt tillskillnad från block och interaktionen mellan block och behandling (Tabell 5). P-värde för behandling är 0,003, vilket är mindre än 0,05. Vid signifikansnivån 95 % innebär detta att nollhypotesen för den faktorn förkastas. Behandling påverkar således löpande grundytetillväxt. P-värdena för block och för beh*block, det vill säga interaktionen mellan block och behandling, är dock 0,972 och 1,000 respektive. Dessa värde är båda markant högre än 0,05 vilket innebär att dessa nollhypoteser kvarstår. Det vill säga blocktillhörighet påverkar inte löpande grundytetillväxt signifikant och det finns inte heller någon interaktion mellan block och behandling.

Tabell 5. Två-vägs ANOVA med faktorerna behandling och block samt den beroende variabeln löpande grundytetillväxt.

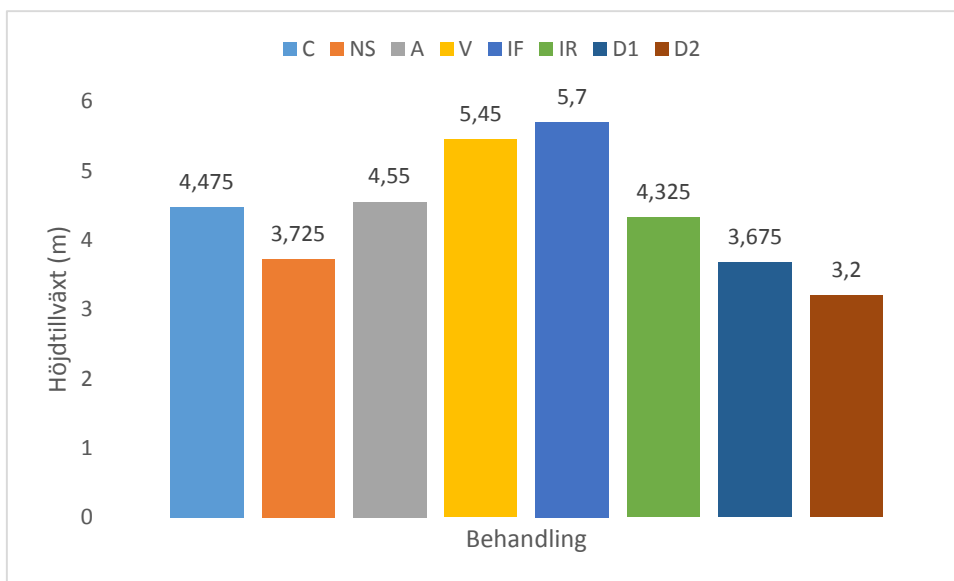
Table 5. Two-way ANOVA with treatment and block as the factors ad basal area growth as the dependent variable

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F-värde	P-värde
Behandling	7	17,0835	2,44050	3,57	0,003
Block	3	0,1584	0,05279	0,08	0,972
Beh*Block	21	0,2302	0,01096	0,02	1,000
Error	64	43,7812	0,68408		
Total	95	61,2533			

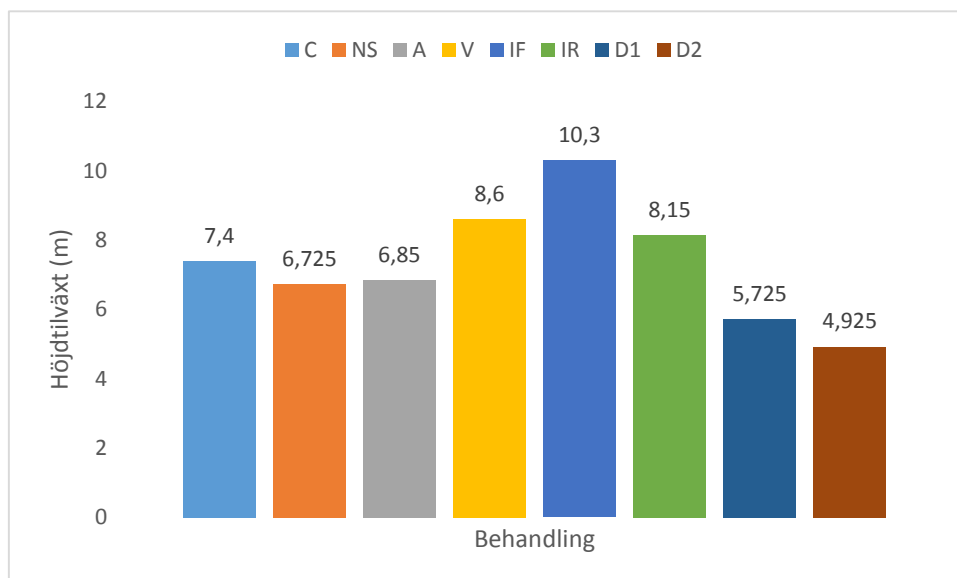
Det finns ett genomgående mönster i höjdtillväxten för de tre perioderna där kontrollen ligger ungefär i mitten (Figur 11-13). Torkbehandlingarna, torka 1988-1989 (D1) och torka 1990-1996 (D2), har överlägset lägst tillväxt. Jämför man D1 och D2 ser man att de är ganska lika period ett (Figur 11), medan D2 är ytterligare lägre än D1 den andra perioden (Figur 12). Den andra perioden är D1 och D2 även mindre jämfört med övriga behandlingar. Jämför man perioderna ser man även att NS har ett aningen högre värde än C för den första perioden, men ett lägre för den andra perioden, medan det är tvärtom för A som har en lägre tillväxt än C den första perioden och en högre för den andra perioden (Figur 11 och 12).



Figur 11. Sammanlagd höjdtillväxt för perioden 1987-1993.
Figure 11. Tree height increase for the years 1987-1993.



Figur 12. Sammanlagd höjdtillväxt för perioden 1993-2001.
Figure 12. Tree height increase for the years 1993-2001.



Figur 13. Sammanlagd höjdtillväxt för perioden 1987-2001

Figure 11. Tree height increase for the years 1987-2001.

Resultat av en-vägs ANOVA visar att behandling har påverkat den totala höjdtillväxten för hela perioden 1987-2001 (Tabell 6). Nollhypotesen, alla medelvärden är lika, förkastas då P-värdet är 0,000. En parvis jämförelse av medelvärdena för de åtta behandlingarna för total höjdtillväxt för perioden 1987-2001 (Tabell 7) visar att de kan delas in i sex olika grupper. Gruppindelningen är dock inte helt tydlig då flera av behandlingarna tillhör två grupper. IF, V och D2 är de enda behandlingarna som är i var sin egen grupp (Grupp A, B och F respektive).

Tabell 6. En-vägs ANOVA med faktorn behandling och den beroende variabeln total höjdtillväxt 1987-2001

Table 6. One-way ANOVA with treatment as factor analysing tree height increase for the years 1987-2001

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F-värde	P-värde
Behandling	7	80,270	11,4671	44,80	0,000
Error	24	6,143	0,2559		
Total	31	86,412			

Tabell 7. Tukey-test med 95% konfidensintervall, parvis jämförelse av de åtta behandlingarna med den beroende variabeln total höjdtillväxt 1987-2001

Table 4. Tukey test at 95% significance level, pairwise comparison of the eight treatments with total basal area growth 1987-2001 as the dependent variable

Behandling	N	Medelvärde	Gruppering
IF	4	10,3000	A
V	4	8,600	B
IR	4	8,150	B C
C	4	7,400	C D
A	4	6,850	D E
NS	4	6,7250	D E
D1	4	5,725	E F
D2	4	4,925	F

DISKUSSION

Diskussion av resultat

Min hypotes var att ökad närings- och vattentillgång skulle ha en positiv inverkan på tillväxten jämfört med kontrollen, medan torka och försurning skulle ha en negativ inverkan jämfört med kontrollen. Efter dataanalys har denna hypotes visat sig stämma.

Först och främst finns det skillnader i tillväxt mellan behandlingarna. Enligt de variansanalyser jag gjort är det sannolikt att behandling faktiskt påverkar tillväxt. Skillnader beror således inte på naturlig variation mellan parcellerna. Det verkar inte som om blocktillhörighet påverkar tillväxten, eller som att block och behandling interagerar på något sätt. Detta sagt framträder vissa mönster i skillnaderna.

Allmänt

Ett sådant mönster är att amplituden är betydligt mindre vad gäller höjdtillväxt jämfört med grundytetillväxt. Träd växer på höjden i konkurrens om solljus, i de flesta fall kommer de att sträcka sig uppåt. Här avspeglar sig inte de olika behandlingarna lika starkt som vad gäller grundytetillväxt. Inte ens skogen på torkytorna D1 och D2 ligger så markant efter. Resultatet av Tukey-testet illustrerar detta vidare (Tabell 7). Samma test utfört på grundytetillväxten (Tabell 4) delar in behandlingarna i tydligare grupper än för höjdtillväxten där flertalet behandlingar tillhör två grupper. Detta innebär att deras medelvärden inte är signifikant olika.

Behandlingarna har påverkat grundytan mer, grundytan som är en funktion av diametern. Träd med tillgång på näring och vatten växer i omfång, så gör de på V-, IR- och IF-ytorna, medan de anda halkar efter.

Aska – A

Enligt min hypotes borde bestånden där aska tillförts uppvisa högre tillväxt än kontrollen. I det här fallet stämmer detta dock inte helt. Vad gäller grundytetillväxt är de asktillförda parcellernas en aning lägre än kontrollens för hela perioden 1987-2001. Tittar man istället på de två olika perioderna är grundytetillväxten lägre än kontrollen den första perioden men ökar den och blir lite högre än kontrollens. Samma mönster går igen vad gäller höjdtillväxt. Då tillväxten ökar jämfört med kontrollen både vad gäller grundyta och höjd för den anda perioden kan man undra ifall effekten av asktillförsel är något som tar längre tid på sig att slå igenom. Men med tanke på att askgivan endast skedde en gång, 1989, verkar det svårförklarligt att det dröjer så länge innan den tar effekt. Tillväxtökningen den andra perioden skulle således kunna vara att skogen återgår till normaltillståndet, dvs. att den första periodens minskade tillväxt varit effekten av asktillförseln. En orsak skulle kunna vara att näringsinnehållet i askan (Tabell 2) inte bara påverkar markemin, utan även stimulerar mikroorganismssamhället till att öka näringsomsättningen, vilket i sin tur påverkar träden. I sådana fall bör det röra sig om antingen en omedelbar negativ effekt eller en minst fyra år försenad positiv effekt.

Vitaliseringsgödsling – V

Enligt min hypotes borde även bestånden som vitaliseringsgödsling uppvisa högre tillväxt än kontrollen. Här stämmer min hypotes, även om resultatet enligt Tukey-testet inte är signifikant (Tabell 4). Mer i detalj är grundytetillväxten aningen högre än kontrollens för båda

perioderna, men skillnaden är inte stor. Vad gäller höjdtillväxten är även den högre än kontrollens för båda perioderna, men med en större marginal.

Vidare visar de vitaliseringsgödslade ytorna högre tillväxt rakt över jämfört med de asktillförda. Båda är en form av näringstillförsel som saknar kväve helt och borde ge liknande utslag. Tittar man på näringsgivorna (Tabell 2) och jämför med barrträds behov av makronäringsämnen enligt Magnusson (2009) borde askgivan vara mer effektiv. Detta då kaliuminnehållet i askan stämmer bättre överens med barrträds behov av kalium i proportion mot fosfor som näst kväve är de viktigaste näringsämnena (Magnusson 2009).

Vitaliseringsgödslingen sker dock vid två tillfällen, ett under första perioden och ett under andra jämfört med askan som bara tillförs en gång 1989. Detta innebär att V totalt sett får mer näring tillförd än A. Vidare kan man anta att tillförseln av SkogVital positivt påverkar mikroorganismerna som i längden, genom nedbrytning, styr trädens näringstillgång.

Bevattning – IR

Enligt min hypotes borde bestånden som bevattnades ha högre tillväxt än kontrollen. Även här stämmer min hypotes. Uppdelat i perioder är grundytetillväxten högre än kontrollen för dem båda. Vad gäller höjdtillväxten minskar den dock och är lite mindre än kontrollen i den andra perioden. För höjdtillväxten är skillnaden över lag mellan de bevattnade ytorna och kontrollytorna inte lika stor som för grundytetillväxten. Över lag är dock bevattningseffekten oerhört positiv och detta trots att försöksområdet ligger i Halland som redan är väldigt nederbördsrikt. Området är dock utsatt för försommartorka, dvs. torka under den del av tillväxtperioden då trädens vattenbehov är som störst samtidigt som tillväxten är hög (Albrektson m fl. 2012, Alavi, 1996). Bevattningsbehandlingen har främst tillfört vatten under försommaren, en säker vattentillgång som låter träden fortsätta växa utan torkstress, vilket antagligen är det som syns i resultaten.

Näringsbevattning – IF

Enligt min hypotes borde även bestånden som näringsbevattnats ha högre tillväxt än kontrollen, vilket stämmer med resultaten. Näringsbevattning är en av de behandlingar som gett störst utslag på tillväxten jämfört med kontrollen. Både grundyte- och höjdtillväxten är högre än kontrollens och högre än den vanliga bevattningens för båda perioderna. Detta stämmer överens med resultat av Nilsson och Wiklunds forskning (Nilsson & Persson 2001). Här tillsätts skogen både vatten och näring inklusive kväve, och begränsas således inte av någon av dessa faktorer.

Försurning – NS

Enligt min hypotes borde försurningsbehandlingen resulterat i en lägre tillväxt än kontrollens, vilket inte stämmer helt och hållet. Uppdelat i de två perioderna är höjdtillväxten lägre än kontrollens för båda, återigen i enighet med min hypotes. Vad gäller grundytetillväxt är de försurnade parcellernas högre än kontrollytornas den första perioden, men aningen lägre för den andra perioden. Detta stämmer dock väl överens med resultat av tidigare forskning (Nilsson & Persson 2001). Vidare är kväve försurnande, men det har också en stor positiv effekt på tillväxt då det är så begränsande i vår boreala skog (Albrektson m fl. 2012). Rimligen borde det vara så att skogen inte var kvävemättad under den första perioden utan drog nytta av det extra kvävet, eller i alla fall inte tog någon skada av det.

Under den andra perioden uppenbarar sig den förutsagda tillväxtminskningen som antagligen är knuten till försurning. NS-behandlingen tillsätter inte endas kväve, utan även stora mängde svavel som båda gradvis försurar marken. Då pH-värdet sjunker påverkar detta markemin

negativt. Tillgången på makronäringsämnen minskar, mikroorganismssamhället tar skada och halten av skadliga aluminiumjoner ökar. Försurning leder även till näringsutlakning allteftersom kationer som binder till markpartiklar drivs ut av det sjunkande pH-värdet. Allt detta påverkar träden negativt. (Brady & Weil, 2008)

Resultatet, en tillväxtökning följt av en minskning, borde således kunna delas upp i två anledningar. Först en omedelbar tillväxtökning som svar på ökad kvävetillgång. Sedan en tillväxtminskning till följd av försurningen. Det verkar alltså som att effekten av försurningen är kumulativ och tar ett tag att ge sig till känna.

Torka – D1 och D2

I överensstämmelse med min hypotes uppvisar de två torkbehandlingarna lägre tillväxt än kontrollytans. Grundytetillväxt är avsevärt lägre än kontrollens för båda perioderna. I första perioden är D1 och D2 nära nog lika, men för andra perioden är D2 lägre än D1. Allt detta gäller även för höjdtillväxten, men här är skillnaden mellan de torkutsatta ytorna och kontrollen inte lika stor. Rörande skillnaden mellan D1 och D2 i period två är detta väntat då D1 utsattes för torka 1988-1989, medan D2 1990-1996. Torkbehandlingen påverkas även av nederbörden. Åren 1996 och 1997 verkar ha varit torra (Figur 2 och 3), vilket bör ha förstärkt torkeffekten för D2. Även D1-ytorna tar dock lång tid på sig att återhämta sig. Det verkar således som torka har en stark, långvarig effekt.

Slutsatser

- Ökad tillgång på näring och vatten ger ökad tillväxt, minskad tillgång på vatten och näring ger minskad tillväxt.
- Resultaten antyder att försurning av kväve och svavel initialt höjer tillväxten men på sikt påverkar skogens tillväxt negativt.
- Bevattning har positiv effekt även i nederbördsrika delar av landet. I förlängningen tycks även kortvarig torkstress påverka skogen negativt.
- Det tar lång tid för skogen att hämta sig efter hög torkstress.

REFERENSER

Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012) Skogsskötselserien – Skogsskötselns grunder och samband. 2:a upplagan. Skogsstyrelsen, Jönköping. 88 s.

Alavi G. (1996) Radial stem growth of *Picea abies* in relation to spatial variation in soil moisture conditions, *Scandinavian Journal of Forest Research*, Vol. 11: 209-219

Alavi G, Bergholm J & Olsson B. (2010) Kväveutlakning efter skörd av intensivodlad gran, Slutrapport till Energimyndigheten, projekt 35254-1

Anon. (2003) Fältdatabehandlingsinstruktioner för skogsfakultetens beståndsbehandlingsförsök, Sveriges Lantbruksuniversitet

Brady, N. & Weil, R. (2008) *The nature and properties of soils*, 14:e upplagan, s. 359-399 & 542-591, Pearson Education, Upper Saddle River

Jansson P -E (ed.). (1990) *The Skogaby Project. Air Pollution, Tree vitality, Forest Damage and Production. Project description.*, Swedish University of Agricultural Science, Dept. of Soil Sciences., Vol. 90:2, 88 s

Karlsson, K., Mossberg, M. & Ulvcrona, T. (2012) Fältdatasystem för skogliga fältförsök, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå

Lantmäteriet. Översiktskarta. [Online] Tillgänglig: <http://maps.slu.se/get> [2015-04-23]

Magnusson, T. (2009) Skogsskötselserien – Mark och vatten. 2:a upplagan, s. 5-33 & 91-92. Skogsstyrelsen, Jönköping.

Nilsson, L-O & Persson, T. (eds.) 2001 Skogabyförsöket – effekter av kväve- och svaveltillförsel till ett skogsekosystem. SNV rapport 5173.

Nilsson L -O, Persson T, Ågren G, Bergholm J, Johansson U, Berggren D & Majdi H. (2001) Effekter av långvarig kväve- och svaveltillförsel till skogsekosystemet i Skogaby - sammanfattande slutsatser., Swedish Environmental Protection Agency., Vol. 5173: 185-195

Barklund, P., Bergquist, J., Berglund, M., Bernhold, A., Blennow, K., Hanson, L., Hansson, P., Lindelow, Å., Långström, B., Nordlander, G., Petersson, M., Rönnberg, J., Stenlid, J., Valinger, E., Wallertz, K., Witzell, J., Witzell, J. & Åhman, I. (2009) Skogsskötselserien – Skador på skog, s. 151-161. 1:a upplagan. Skogsstyrelsen, Jönköping.