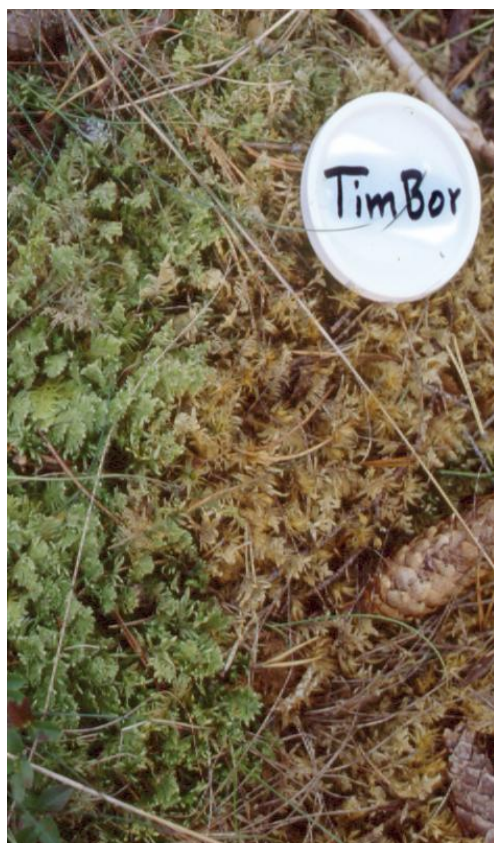


En studie av akuta skador på vanliga skogsmarksväxter orsakade av medel för bekämpning av rotröta

Anders Westlund och Hans-Örjan Nohrstedt



Omslag: Både TimBor- och Urea-lösning skadade markvegetationen
Foto: Anders Westlund

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien *Arbetsrapport* dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Referat	3
Inledning	4
Bekämpning av rotröta.....	4
Beskrivning av preparaten.....	4
Syfte och frågeställningar.....	5
Material och metoder	5
Försökslokalen.....	5
Försökets utformning.....	6
Behandling av försöket	7
Fältanalyser.....	8
Statistisk analys	8
Resultat.....	9
Nederbörd och temperatur	9
Analys av skador.....	10
Avdelning 1, mossor.....	10
Avdelning 2, mossor med bevattning	10
Avdelning 3, gräs och örter	11
Avdelning 4, linnéa och blåbär	12
Diskussion.....	13
Betydelse av spridningsmetod	13
Vädret	14
Hot mot floran?	14
Praktiska konsekvenser	15
Slutsatser	15
Referenser	16

Referat

Vid gallring av granbestånd under sommarhalvåret behandlas stubbarna för att hindra spridning av rotröta. Detta sker i en ökande omfattning och förekommer i dag på en areal om ca 20 000 ha per år. Vid stubbehandlingen hamnar en relativt stor andel av preparatet vid sidan om stubbarna och kan där ha olika typer av sidoeffekter (miljöeffekter).

Studien som redovisas här behandlar effekter på markvegetationen i skogsmark av stubbehandlingsmedlen borat (TimBor), urea och pergamentsvamp (Rotstop). Följande frågeställningar togs upp:

1. Ger något av preparaten skador på markfloran?
2. Är det i så fall skillnad mellan preparatens skadlighet?
3. Är olika växtarter olika känsliga?
4. Hur väderberoende är uppkomsten av eventuella skador?

För att svara på dessa frågor utfördes ett försök i en 80-årig barrskog i Uppland. Försöket delades in i fyra avdelningar. I två av dessa studerades effekter på bottenskiktet och i två effekter på fältskiktet. Vegetationen var av blåbärsristyp i tre av avdelningarna och av högörrtyp i den fjärde. I en av bottenskiktsavdelningarna bevattnades provrutorna med 5 mm dagen efter behandlingen för att studera betydelsen av regn respektive torka. Täckningsgrader för samtliga arter skattades före behandlingen, som utfördes den 10 juli. Analys av skador gjordes efter 4, 22 och 67 dygn.

Tydliga skador uppkom av borat och urea på samtliga arter i alla avdelningar. Nära 100 % av all växtlighet vissnade i båda dessa försöksled och någon skillnad i skadlighet dem emellan observerades inte. Inga skador uppkom av pergamentsvamp. Temperatur och nederbörd mättes i försöket under hela försöksperioden. Vid behandlingstillfället var temperaturen ca 17 °C. Det första regnet kom åtta dygn efter behandlingen.

Resultaten tyder på att borat och urea ej bör användas vid sommargallring av bestånd med utvecklad markvegetation intill träden om akuta skador vill undvikas. Om gallring måste göras under sommartid är pergamentsvamp ett klart bättre alternativ vad gäller den aspekt som här studerats. Finns det andra tungt vägande skäl för att välja borat eller urea, bör åtgärder vidtas för att starkt begränsa spillet.

Inledning

Bekämpning av rotröta

För att hindra spridning av rotröta i granskog har man sedan flera år behandlat stubbarna med olika preparat vid gallring under sommarhalvåret. Rötangreppen i de kvarvarande träden kan minska med mellan 80 och 100 % jämfört med i ett obehandlat bestånd (Brandtberg m.fl. 1996; Thor & Stenlid, 1997). De vanligaste preparaten är TimBor (borat), urea (35 % lösning), och Rotstop (pergamentsvamp). Varje år sker bekämpning av rotröta på ungefär 20 000 ha i Sverige, mestadels i Götaland och Svealand (Thor m.fl. 1997b). Svampen som orsakar rotröta, *Heterobasidion annosum*, sprids effektivt till stubbar när temperaturen överstiger 5 °C (Brandtberg m.fl. 1996). Därför är användningen mindre i Norrland där en större del av gallringarna kan göras vid en temperatur som inte är kritisk.

Behandlingen ger ett visst spill runt själva stubben. Mängden varierar, men enligt en undersökning av Thor (1993) hamnar ungefär 50 % utanför stubben. Vi ville med den här studien undersöka hur spillet påverkar markvegetationen. En rapport av Thor m.fl. (1997b) antyder att stubbehandling med urea torde kunna ge skador på växter, bl.a. till följd av ammoniakbildning. Även TimBor antas kunna ge skador på grund av att borhalten i jorden blir alldeles för hög för växter direkt efter behandling.

Beskrivning av preparaten

Beskrivningarna nedan bygger på en litteratursammanställning gjord av Thor m.fl. (1997b), där inte annat anges.

TimBor är ett vitt vattenlösligt pulver. Den aktiva beståndsdel är dinatrium oktaborat tetrahydrat (DOT) - $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Borpreparat (bl.a. DOT) har länge använts för att skydda träprodukter inomhus mot nedbrytar-svampar och träätande insekter. Stubbehandling med 5 % lösning har i flera svenska undersökningar visat sig ha 80–100 % skyddseffekt mot rotröta i granskog.

Mängden bor som sprids genom stubbehandling vid en gallring är ca 1 kg/ha, vilket är 25–50 gånger större än den årliga våtdepositionen i Götaland. Räknat per skogsgeneration och tre gallringar är tillskottet tre gånger så stort som våtdepositionen. Den lokala dosen runt stubben, omvandlad till hektar, är så mycket som 60–200 kg B/ha. Barrträd börjar, enligt resultat från gödslingsförsök, att visa skadesymptom redan vid en dos på 4–5 kg/ha.

Bor är ett nödvändigt näringsämne för växter, men behövs bara i små mängder. Karaktäristiskt för mikronäringsämnen är att skillnaden mellan halterna för brist och förgiftning är ganska liten. Överskott av bor orsakar skador på bladvävnader (kloroser och nekroser), och i extrema fall kan bladen falla av.

Urea har länge använts som gödselmedel inom jord- och skogsbruk. Det har i löst form även utnyttjats till rotrötebekämpning i flera decennier. Hur medlet fungerar mot rotröta är inte helt känt. Svenska undersökningar har visat en begränsning av angreppen med ungefär 90 %. De flesta användare behandlar med en färdigblandad, 35-procentig urealösning.

Vid stubbehandling tillförs ca 12 kg N/ha vid varje gallringstillfälle, vilket är ungefär lika mycket som det årliga nedfallet från atmosfären i Götaland. Omvandlat till hektar blir dosen lokalt vid stubben mellan 1 000 och 3 000 kg N. Vid en sådan dos förväntas kraftig ammoniakbildning, nitrifikation och markförsurning. Stubbehandling med urea förväntas ge akuta skador på växtligheten kring stubben. Mossor och lavar är särskilt känsliga för denna typ av skador då de saknar den kutikula som skyddar kärlväxternas blad. Långsiktiga förändringar kan också ske till följd av att den ökade kvävetillgången förändrar konkurrensförhållandena mellan växtarter.

Rotstop är ett pulver med vegetativa sporer från svampen *Phlebiopsis gigante* (pergamentsvamp). Den tillhör basidiesvamparna och lever på död ved. Pergamentsvampen är mycket vanlig i naturen. Vid stubbehandling koloniserar pergamentsvampen snabbt den färska stubben och förhindrar att rotrötan (*Heterobasidion annosum*) får tillträde. Effekter på florans stubbehandling med Rotstop har inte undersökts. Det är inte troligt att denna vedlevande svamp skulle påverka markvegetationen i skogen.

Syfte och frågeställningar

Undersökningens syfte var att studera effekter på markfloran av de olika stubbebehandlingsmedlen. Vi har inte funnit att någon liknande studie har gjorts. Thor m.fl. (1997b) har gjort en förundersökning kring stubbehandlingens möjliga miljöeffekter, och den här undersökningen kan ses som en pilotstudie när det gäller effekter på florans.

Frågeställningar som behandlas är:

1. Ger något av preparaten skador på markfloran?
2. Är det i så fall skillnad mellan preparatens skadlighet?
3. Är olika växtarter olika känsliga?
4. Hur väderberoende är uppkomsten av eventuella skador?

Material och metoder

Försökslokalen

Försöket lades ut i ett ca 80-årigt granbestånd med inslag av tall och löv, beläget ca 25 km öster om Uppsala. Beståndet gallrades senast 1992, d.v.s. fem år före denna studie. Virkesförrådet var 319 m³sk/ha (1997). Beståndet var ganska heterogent med avseende på trädens ålder, trädslagsblandning och markvegetationens sammansättning. Ståndortsindex var G 26. Markvegetationen var mestadels av blåbärsristyp, men i de lägre partierna förekom

högrttyp. Både fältskiktet och bottenskiktet var välutvecklat i hela beståndet. Jordlagret utgjordes av morän som här och var i svackor täcktes med ett finkornigare sediment. Höjden över havet var ca 50 meter.

Månadsmedelnederbörden vid närmaste mätstation, Ultuna utanför Uppsala, var under perioden 1961–1990 för juli, augusti och september, 69, 68 respektive 59 mm (Alexandersson m.fl. 1991). Detta gör att en normal nederbördsmängd för området under försöksperiodens 71 dygn är ca 150 mm.

Medeltemperaturen vid Ultuna under perioden 1961–1990 var för juli 16,3, augusti 15,1 och september 10,8 °C (Alexandersson m.fl. 1991). Ett genomsnitt för dessa tre månader blir 14,1 °C.

Försökets utformning

Fältarbetet utfördes under sommaren 1997. Försöket delades in i fyra avdelningar. Två avdelningar användes för studier av effekter på bottenskiktsarter och två för studier av fältskiktsarter. Avdelning 1 och 2 valdes så lika som möjligt med avseende på deras täckning och artsammansättning i bottenskiktet. De kan anses representera en vanlig svensk blåbärsgranskog av frisk typ. En av fältskiktsavdelningarna bestod mest av olika gräs och örter (avd. 3), den andra av blåbär och linnéa (avd. 4).

I vardera avdelning 1 och 2 lades först 30 preliminära provrutor ut (0,25 m²) med så lika artsammansättning som var möjligt, subjektivt bedömt. Samtliga ytors bottenskikt analyserades därefter genom att täckningsgraderna för samtliga arter skattades. Inom varje avdelning valdes därefter de tjugo mest lika ytorna ut att ingå i försöket.

Med hänsyn tagen till arternas täckningsgrader användes följande urvalskriterier:

1. Samtliga arter som avsågs bli studerade måste vara representerade i alla rutor.
2. Täckningsgraden av en art fick inte avvika med mer än två standardavvikelser från artens medeltäckningsgrad inom avdelningen.
3. En nedre gräns sattes för varje arts täckningsgrad.

Denna process ledde fram till att fyra arter ur bottenskiktet utsågs att ingå i studien. *Pleurozium schreberi* (väggmossa), *Hylocomium splendens* (husmossa), *Dicranum polysetum* (vågig kvastmossa) och *Ptilium crista-castrensis* (kammossa).

I avdelning 3 valdes på samma sätt fyra fältskiktsarter att ingå i studien: *Deschampsia flexuosa* (kruståtel), *Potentilla erecta* (blodrot), *Anemone nemorosa* (vitsippa) och *Viola riviniana* (skogsviol). Av från början 17 rutor återstod 12 efter urvalet. I avdelning 4 där rutorna innehöll *Linnaea borealis* (linnéa) och *Vaccinium myrtillus* (blåbär) gjordes inget senare urval än det som gjordes i fält vid utläggningen av de totalt 16 rutorna.

De utvalda rutorna delades in i block med fyra rutor i varje, en ruta för varje försöksled. Blockindelningen gjordes genom att täckningsgraderna för de två vanligaste arterna plottades inom respektive avdelning mot varandra i ett koordinatsystem. Rutorna grupperades efter hur nära varandra de hamnade. Arternas genomsnittliga täckningsgrader samt min- och maxvärden för använda provytor redovisas i tabell 1. I avdelning 1 och 2 bestod alltså försöket av fem upprepningar, i avdelning 3 av tre och i avdelning 4 av fyra upprepningar. Försöksleden slumpades till rutorna inom blocken.

Växtarterna namngavs enligt Hallingbäck & Söderström (1987) för mossor och enligt Krok & Almquist (1984) för kärlväxter.

Tabell 1.
De studerade växternas täckningsgrader (%) inom avdelningar och block, redovisade som medeltal (min-max).

Arter	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Block 5
<u>Avd 1</u>					
<i>Pleurozium schreberi</i>	52 (50–56)	36 (32–40)	29 (25–30)	14 (10–20)	15 (10–20)
<i>Hylocomium splendens</i>	14 (6–20)	24 (20–30)	22 (6–30)	48 (35–60)	25 (8–30)
<i>Dicranum polysetum</i>	19 (8–25)	19 (8–28)	24 (12–40)	10 (2–25)	16 (4–30)
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	5 (3–6)	15 (8–20)	21 (18–25)	19 (10–30)	40 (30–50)
<u>Avd 2</u>					
<i>Pleurozium schreberi</i>	66 (60–74)	54 (48–59)	32 (25–40)	30 (20–42)	24 (18–30)
<i>Hylocomium splendens</i>	6 (3–10)	17 (10–25)	23 (15–40)	19 (4–25)	19 (12–28)
<i>Dicranum polysetum</i>	10 (2–16)	11 (3–29)	14 (4–25)	12 (4–23)	4 (2–10)
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	12 (9–16)	9 (4–14)	9 (5–15)	26 (22–30)	39 (36–40)
<u>Avd 3</u>					
<i>Deschampsia flexuosa</i>	11 (8–13)	6 (5–7)	2 (1–3)		
<i>Potentilla erecta</i>	7 (3–9)	6 (2–8)	7 (4–11)		
<i>Anemone nemorosa</i>	3 (0,5–7)	3 (1–4)	3 (1–6)		
<i>Viola riviniana</i>	1 (0,5–2)	2 (1–2)	1 (0,5–3)		
<u>Avd 4</u>					
<i>Linnaea borealis</i>	11 (9–14)	10 (6–13)	6 (3–9)	18 (14–26)	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	29 (25–37)	19 (18–20)	15 (13–17)	13 (7–17)	

Behandling av försöket

Behandlingen av de olika försöksleden gjordes den 10 juli, inom ett par timmar mitt på dagen. Vädret var mulet och torrt. För varje provruta om 0,25 m² behandlades en kvadratisk parcell på 2 m², vilket innebar en 0,45 m bred behandlad kapp kring provrutan. Doserna som parcellerna behandlades med var de praktiskt relevanta (tabell 2). De motsvarar ungefär mitten av det intervall som angavs av Thor m.fl. (1997). På varje 2 m² yta spreds 3 liter lösning, vilket motsvarar 1,5 mm. En av bottenskiavsavdelningarna (avd. 2) bevattnades med 10 liter kranvatten per parcell dagen efter behandlingen. Det motsvarade 5 mm regn. All spridning gjordes för hand med hjälp av vattenkannor med 50 cm bred ramp.

Tabell 2.
De olika försöksledens dos.

Försöksled	Dos aktiv substans per m ²	Lösning till 2 m ²
1. Kontroll		3 L kranvatten
2. TimBor	50 g	100 g pulver i 3 L kranvatten (3,3 %)
3. Urea	0,5 kg	3 L brukslösning (35 %)
4. Rotstop	1 g	2 g sporer i 3 L kranvatten (0,66 g sporer/L)

Fältanalyser

Vegetationen i de centralt placerade 0,25 m² rutorna analyserades dagarna före behandlingen. En ram användes som hjälpmedel och täckningsgrader för samtliga arter skattades till närmaste hela procent.

Fyra dagar efter behandlingen gjordes ånyo en analys av vegetationen, den här gången som en skadebeskrivning. Fyra skadeklasser användes: frisk; 1–50 % visset; 51–99 % visset; 100 % visset. Vid analysen bedömdes hur stor andel av den ursprungliga täckningen som utgjordes av individer med de olika skadeklasserna. Vid de statistiska beräkningarna användes även en konstruerad totalskadeklass där 1–50 % approximerades till 25 %, och 51–99 % till 75 %, för att kunna beräkna hur stor andel av den totala täckningen som var visset. Ytterligare två skadeinventeringar gjordes, 22 respektive 67 dagar efter behandlingen. Vid den sista analysen av skadorna mättes även den totala andelen gröna växter i respektive växtskikt som procent horisontell täckning.

Nederbörden i försöket mättes under hela försökets gång, från 9 juli – 19 september 1997. Två regnmätare placerades i varje avdelning så att de ungefärligen representerade den genomsnittliga krontäckningen i avdelningen. Regnmätarna utgjordes av en tratt vars övre öppning hade diametern 15,3 cm och satt 20 cm ovan markytan. Tratten ledde ner till en 2 L flaska placerad i en i markytan nergrävd hink. De totalt åtta regnmätarna kontrollerades varje dag under de åtta första dygnen efter behandlingen. Därefter tömdes de var sjunde dag.

En datalogger (Tinytag), centralt placerad i försöksområdet, mätte temperaturen under hela försöksperioden. Mätning gjordes varje timme från 10 juli – 19 september, 10 cm över markytan. Under behandlingen den 10 juli mättes temperaturen dessutom med en vanlig max-min termometer.

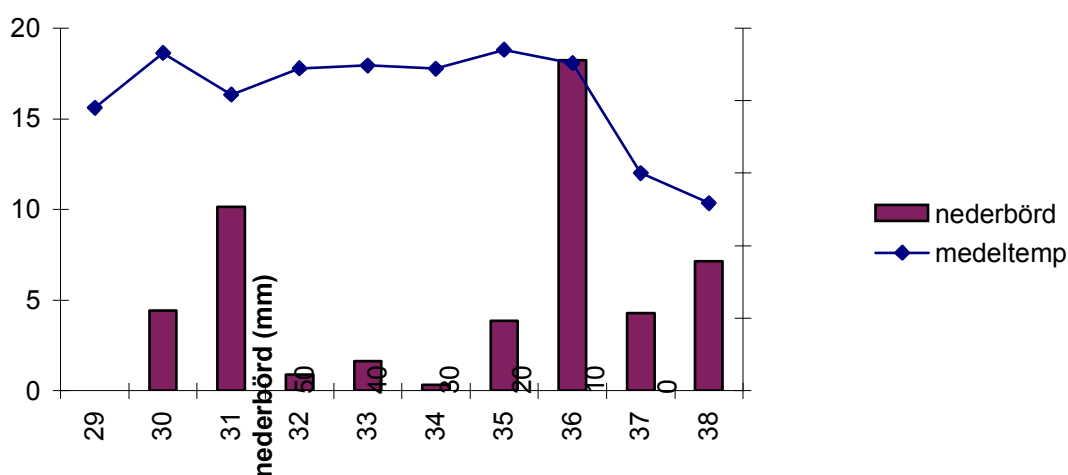
Statistisk analys

Resultaten analyserades avdelningsvis med en ANOVA, med block och försöksled som oberoende klassvariabler. Tukey's Studentized Range (HSD) Test användes för att påvisa eventuella skillnader mellan försöksleden. Beräkningarna gjordes i programmet "SAS for Windows version 6.12".

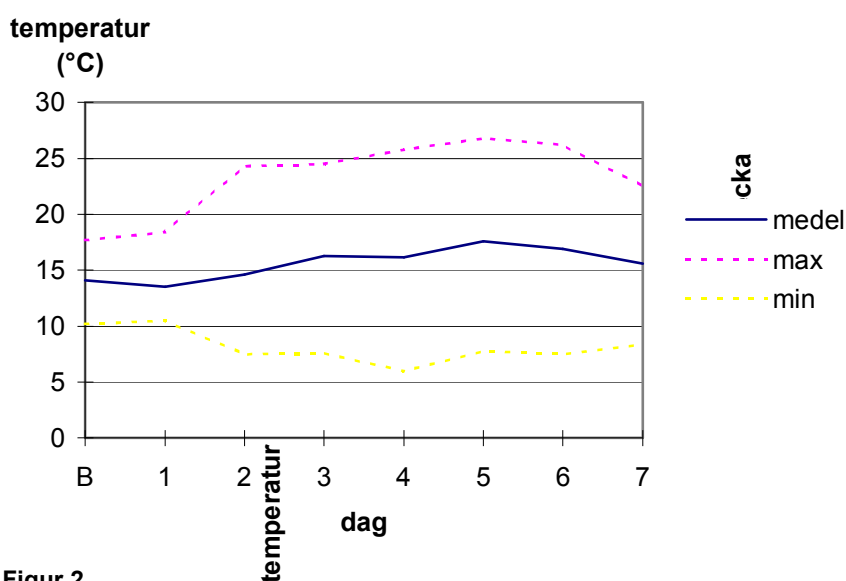
Resultat

Nederbörd och temperatur

Under behandlingsdagen och de första åtta dagarna var det uppehåll. Därefter förekom regn varje vecka (figur 1). Totalt uppmättes 127 mm regn under försöksperioden (10 veckor) räknat på alla åtta regnmätarna. De två mätare som stod mest öppet placerade gav 156 respektive 144 mm. Temperaturen var enligt dataloggern 17,3 °C vid behandlingstillfället (medeltal kl. 10–13). Max-min termometern visade under samma tid mellan 17,5 och 18,5 °C. Medeltemperaturen den första veckan var 15,6 °C. Maximitemperaturen den första veckan var 26,8 °C (dag 5) och minimitemperaturen 6,0 °C (dag 4) (figur 2). Medeltemperaturen för hela studieperioden var 16,3 °C (figur 1). Den högsta temperaturen under perioden var 30,1 °C (21 augusti). Den lägsta temperaturen var 0,9 °C (19 september).



Figur 1. Veckovis nederbörd och medeltemperatur under hela försöksperioden.

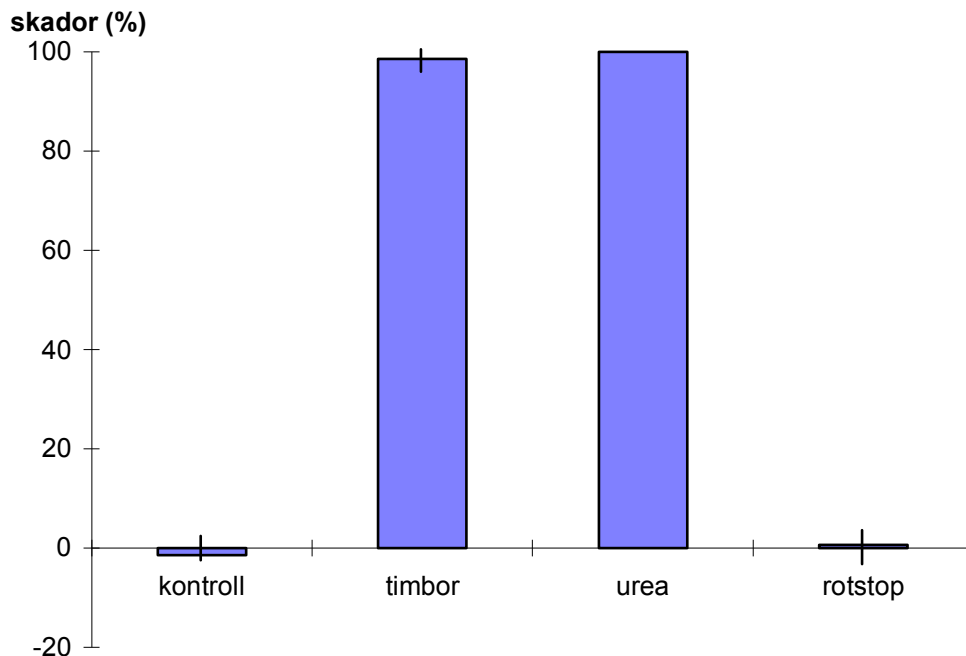


Figur 2. Dygnsmedeltemperatur samt min- och maxtemperaturer från behandlingsdagen (B) till dag 7 efter behandling.

Analys av skador

Avdelning 1, mossor

Bottenskiktets täckningsgrad i avdelning 1 var i medeltal 94 % före behandlingen. De fyra vanligaste arterna utgjorde 98 % av bottenskiktet. Tydliga skador uppträdde i försöksleden med TimBor och urea. Redan vid det första skadeanalystillfället, efter fyra dygn, uppmättes där stora vissningsskador på samtliga arter i bottenskiktet. Vid det andra tillfället var skadorna ännu större och vid det tredje, efter 67 dygn, var i det närmaste 100 % av det totala bottenskiktet skadat i både TimBor- och urea-ytorna (behandlingseffekt, $p < 0,0001$) (figur 3). Effekten var lika tydlig på de enskilda arterna av både TimBor och urea, *Pleurozium schreberi* ($p < 0,0001$); *Hylocomium splendens* ($p < 0,0001$); *Dicranum polysetum* ($p < 0,0001$); *Ptilium crista-castrensis* ($p < 0,0001$). Det var ingen tydlig skillnad mellan arternas känslighet för TimBor och urea i de doser vi använde. Inga skador observerades i försöksleden kontroll och Rotstop.



Figur 3. Skador på bottenskiktet i de fyra försöksleden i avdelning 1, 67 dygn efter behandlingstillfället. Staplarna avser medelvärde ### std.avv. för fem provrutor.

Avdelning 2, mossor med bevattning

I avdelning 2, som var en upprepning av avdelning 1 med tillägget att alla parceller bevattades med 5 mm kranvatten dagen efter behandlingen, hade bottenskiktet en genomsnittlig täckning på 93 % före behandlingen och de fyra studerade arterna utgjorde här 93 % av det totala bottenskiktet.

Vissningsskadorna var lika stora här som i avdelning 1. Sett till det totala bottenskiktet var vid det tredje inventeringstillfället 100 % av mosstäckets visset i urea ($p < 0,0001$) och 99 % i TimBor ($p < 0,0001$). Effekten på de

enskilda arterna var lika tydlig av både TimBor och urea, *Pleurozium schreberi* ($p < 0,0001$); *Hylocomium splendens* ($p < 0,0001$); *Dicranum polysetum* ($p < 0,0001$); *Ptilium crista-castrensis* ($p < 0,0001$).

Behandlingseffekten skilde sig inte mellan TimBor och urea men de avvek klart från kontroll och Rotstop, vilkas effekt heller inte skilde sig från varandra. Ingen tydlig skillnad mellan arternas känslighet för de här studerade doserna av TimBor och urea observerades.

Skadeeffekten av TimBor och urea påverkades således inte tydligt av att parcellerna bevattnades med 5 mm vatten efter ett dygn. Möjligen kom skadorna lite snabbare i de bevattnade urea-ytorna jämfört med de obevattnade.

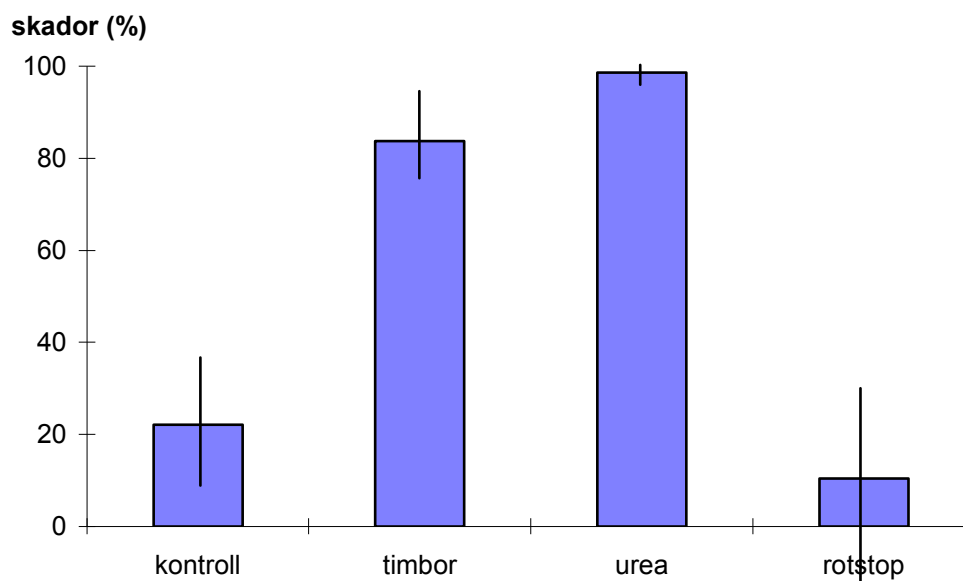
Avdelning 3, gräs och örter

Totalt fanns 41 arter av kärlväxter i fältskiktet inom rutorna i avdelning 3. Det var dock bara fyra arter som fanns i alla parceller. Dessa fyra arter utgjorde 20 % av den totala täckningen hos fältskiktet som i genomsnitt täckte 63 % av markytan.

Tydliga vissningsskador uppträdde i försöksleden med TimBor och urea ($p < 0,001$). Det totala fältskiktet uppvisade 67 dygn efter behandlingen skador på 83 % för TimBor och 99 % för urea (figur 4). Det var dock ingen signifikant skillnad i effekt mellan de båda medlen. Rotstop och kontroll uppvisade inga skador förutom en viss naturlig vissning. De var tydligt skilda från TimBor och urea, men lika sinsemellan.

Anemone nemorosa skiljde sig från de övriga tre studerade arterna på det sättet att den var helt visnen i alla försöksled vid det tredje och sista inventeringstillfället. Redan vid den första skadeinventeringen, efter fyra dagar, uppvisade dock *A. nemorosa* tydliga skador av TimBor och urea, 83 respektive 96 % ($p < 0,0001$) (tabell 3).

Övriga arter reagerade på ett liknande sätt och effekten blev tydligare för varje inventeringstillfälle (tabell 3). *Deschampsia flexuosa* visade ingen tydlig behandlingseffekt efter 4 dygn, men efter 67 dygn var skadorna tydliga i försöksleden med TimBor och urea ($p < 0,0001$). Effekten skilde sig mellan TimBor och urea. Urea gav störst skador. Kontroll och Rotstop kunde inte skiljas åt sinsemellan men de var tydligt skilda från de andra två försöksleden. *Potentilla erecta* och *Viola riviniana* visade tydligt en skadlig effekt av TimBor och urea ($p < 0,0001$). Här skilde sig medlen inte åt, utan båda gav skador på 100 %. Rotstop och kontroll gav inga tydliga skador.



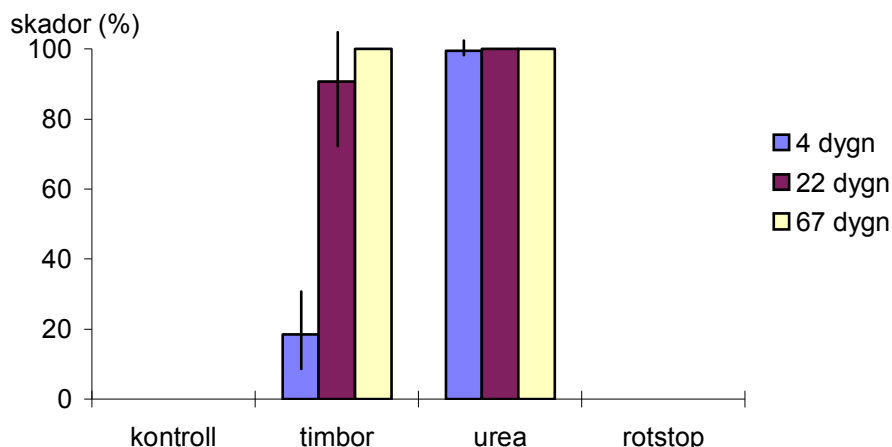
Figur 4.
Skador på fältskiktet i avdelning 3, 67 dygn efter behandlingstillfället. Staplarna avser Medelvärde ### std.avv. för tre provrutor.

Tabell 3.
Skador (%) hos olika arter i fältskiktet (avd. 3) efter 67 dygn, för *A. nemorosa* dock efter 4 dygn. Medeltal av tre provrutor.

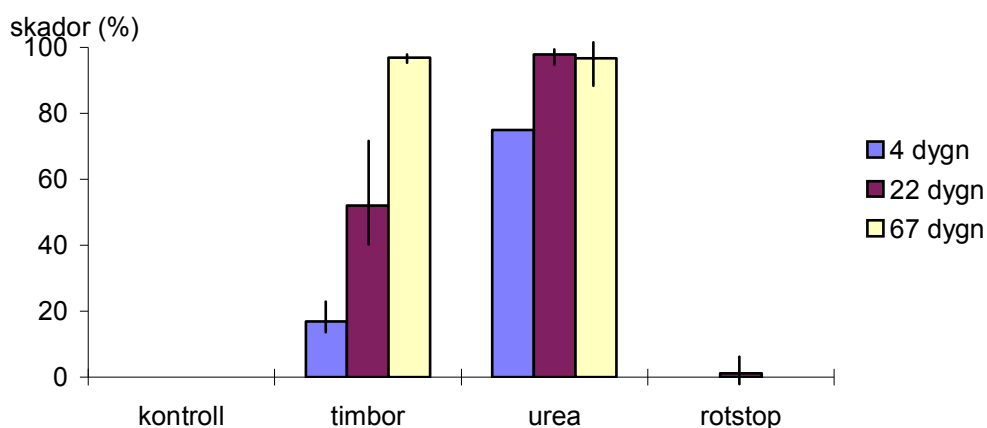
Art	Kontroll	TimBor	Urea	Rotstop
<i>Deschampsia flexuosa</i>	2	65	100	3
<i>Potentilla erecta</i>	0	100	100	0
<i>Anemone nemorosa</i>	0	83	96	0
<i>Viola riviniana</i>	11	100	100	0

Avdelning 4, linnéa och blåbär

Linnaea borealis täckte i genomsnitt 11 % och *Vaccinium myrtillus* 19 % av markytan i rutorna, innan behandlingen gjordes. Både *L. borealis* och *V. myrtillus* uppvisade stora skador av TimBor och urea ($p < 0,0001$) (figur 5 och 6). Ingen tydlig skillnad i effekt mellan de båda preparaten observerades. På *V. myrtillus* hade TimBor något långsammare effekt, men efter 67 dygn var skadorna där jämbördiga med urea. *L. borealis* var helt vissen i alla parceller med TimBor och urea. *V. myrtillus* klarade behandlingarna något bättre, men även den var helt vissen i flera rutor. Rotstop gav inga synliga skador.



Figur 5.
Skador på *Linnaea borealis* efter 4, 22 och 67 dygn. Staplarna avser medelvärde ### std.avv. för fyra provrutor.



Figur 6.
Skador på *Vaccinium myrtillus* efter 4, 22 och 67 dygn. Staplarna avser medelvärde ### std.avv. för fyra provrutor.

Diskussion

Betydelse av spridningsmetod

När behandlingsmedlet sprids genom svärdet i avverkningsaggregatet, kommer den del av svärdet som är utanför stubben, att sprida medel med samma täckning utanför stubben som på den. Det är den dosen vi strävat att efterlikna. En viss ytterligare spridning sker säkert också med sågspånssprut lite längre ifrån stubben. När dysa (separat spridningsmunstycke) används ser spillrets spridning lite annorlunda ut. Vätskan sprutas upp till ett par meter ut från stubben som längst och en dosgradient uppstår från stubbens absoluta närhet till ytterkanten av spridningsområdet. I detta fall torde skadebilden på eventuell vegetation variera.

Vädret

Vädret vid behandlingen kan troligen påverka skadornas omfattning. Temperatur, solexponering, fuktighet m.m. är faktorer som sannolikt inverkar. I den här studien prövades bevattning för att simulera regn dagen efter behandlingen. Tanken var att regnet kanske skulle skölja bort en del av kemikalierna och därigenom lindra skadorna, men någon sådan effekt gick inte att se. Snarare kom skadorna snabbare på urea-ytorna efter bevattningen. Kanske en följd av att en högre fuktighet gynnat ammoniakbildning. Skadorna som uppstår när TimBor och urea används påverkas således inte nämnvärt av om det regnar eller inte efter behandling. Inom avdelningarna fanns en variation i hur skuggade rutorna var. Skadorna var lika stora även på de rutor som låg mest skyddade. Sorexponering tycks alltså inte heller inverka avgörande på skadebilden.

Vädret under försöksperioden måste anses ganska normalt för denna del av året. Den uppmätta nederbörden i de två mätare som stod mest öppet överensstämde i det närmaste exakt med normalvärdet. Nederbörden var inte koncentrerad till någon del av perioden utan ganska jämnt spridd, förutom första veckan som helt saknade nederbörd, vilket var bra för att testa om bevattningen i avdelning 2 gav någon effekt. Temperaturen var relativt normal under de två till tre första veckorna efter behandling. Medeltemperaturen under den första veckan efter behandlingen var 0,7 grader lägre än normalt under juli. Sett till hela försöksperioden var dock medeltemperaturen avsevärt högre än normalt (2,2 °C). Detta berodde på en ovanligt varm augusti. Väderförhållandena var alltså inte sådana att de kan anses som extrema under försöksperiodens första del. Under behandlingsdagen och dagen därpå var dessutom vädret mulet. Skadornas omfattning kan således inte skyllas på att vädret varit extremt.

Hot mot floran?

Stubbehandling med TimBor och urea kan slå ut granstubben som nisch för växter. Granstubbar i gallring har inget högt värde som substrat eller livsmiljö för rödlistade växtarter, men det finns några sådana arter som kan finnas där. Det är tänkbart att det finns andra arter som är beroende av denna nisch för sin långsiktiga överlevnad. Det är gott om granstubbar i våra skogar, men om en stor del av dem slås ut som livsmiljö för växter kan det vara allvarligt.

Efter en slutavverkning kan den skyddade miljön tätt intill stubbarna eventuellt vara viktig för vissa arters överlevnad innan skogen ånyo sluter sig. Stubbarnas betydelse därvidlag har inte studerats systematiskt. Två arter som antytts vara beroende av stubbmiljön är *Linnaea borealis* (Olsson & Staaf, 1995) och *Galium odoratum* (Ingelög, 1984).

Det är sannolikt endast en liten yta som skadas kring varje stubbe vid behandlingen, men sett till hur många stubbar som behandlas per hektar vid gallring, så kan ändå arealen av skadad markvegetation bli märkbar. Eftersom ungefär hälften av den använda mängden preparat hamnar vid sidan om stubbarna sprids ca 45 liter/ha på marken vid varje gallring. Många väl slutna

gallringsbestånd saknar i det närmaste markvegetation. Granplanteringar på gamla åkrar är exempel på bestånd där markvegetationen ofta är obefintlig. I dessa miljöer skadar bekämpning av rotröta inte några växter. Den kraftiga reaktionen hos växterna på TimBor och urea, kan dock väcka misstankar om att även många andra organismer kan skadas.

Totalt gallras ca 75 000 ha varje år i Sverige (Thor m.fl. 1997b). Det är ju inte otänkbart att en stor del av denna areal stubbehandlas i framtiden, även om skogsbolagen i dag inte tror att behandlingen kommer att öka nämnvärt. Om arealen ökar blir det ännu viktigare att man använder ofarliga medel. Bekämpning av rotröta borde vara intressant även vid slutavverkningar i framtiden, när man ser att behandlingen är effektiv och att allt fler entreprenörer har den utrustning som behövs.

Praktiska konsekvenser

Rotstop gav inte några negativa effekter på vegetationen i den här studien. Därför framstår Rotstop som det självklara alternativet till TimBor och urea. Enligt en undersökning av Thor & Stenlid (1997) är alla tre preparaten lika effektiva mot rötan. Hanteringen av Rotstop är lite besvärligare eftersom det består av levande svampsporer som inte tål att lagras mer än ett dygn sedan de blandats med vatten. Sporererna är även känsliga för värme, men enligt Thor m.fl. (1997a) är inte detta något stort problem vid praktiskt bruk.

Hur väl utvecklad markvegetationen är i bestånden påverkar vilket preparat som bör väljas. På lokaler som har en utvecklad markvegetation intill träden bör man undvika användning av TimBor och urea. Enligt förslagen till FSC-kriterier för certifiering av skogsbruk får ej bekämpningsmedel av klass 1 eller 2 användas. Därmed blir TimBor diskvalificerat för användning. Med hänsyn till effekten på växter finns det lika stor anledning att utesluta urea.

Lyckas man utveckla fällaggregat som bara träffar själva stubbytan med preparat så är hotet mot floran troligen helt undanröjt, men kvar är eventuella hot mot t.ex. vedlevande insekter i stubbarna.

Slutsatser

- Stubbehandling med TimBor och urea bör undvikas i bestånd med utvecklad markvegetation intill träden på grund av risken för allvarliga skador på skogsmarksväxterna.
- Vill man fortsätta att använda borat eller urealösning i denna typ av bestånd bör spillet begränsas genom utveckling av bättre spridningsutrustning.
- Rotstop (*Phlebiopsis gigantea*) är ett för växter ofarligt alternativ.
- Betydelsen av granstubbar som nisch bör undersökas grundligare.

Referenser

- Alexandersson, H., Karlström, C. & Larsson-McCann, S. 1991. Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961–90. Referensnormaler. SMHI, Meteorologi nr. 81, 88 s. Norrköping.
- Brandtberg, P.-O., Johansson, M. & Seeger, P. 1996. Effects of season and urea treatment on infection of stumps of *Picea abies* by *Heterobasidion annosum* in stands on former arable land. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11(3), 261–268.
- Hallingbäck, T. & Söderström, L. 1987. Sveriges mossor och deras svenska namn. En kommenterad checklista. *Svensk Botanisk Tidskrift* 81, 357–388.
- Ingelög, T. 1984. Floravård i skogsbruket. Del 1 – Allmän del. 153 s. Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Krok, O.B.N. & Almquist, S. 1984. Svensk flora. Fanerogamer och ormbunksväxter. 26 uppl, 570 s. Almqvist & Wiksell, Uppsala.
- Olsson, B. & Staaf, H. 1995. Influence of harvesting intensity of logging residues on ground vegetation in coniferous forests. *Journal of Applied Ecology* 32, 640–654.
- Thor, M. 1993. Svärd för ureaspridning – Studie av ureaförbrukning, spill och biologiskt behandlingsresultat. SkogForsk, Stencil 1993-06-12, 39 s. Uppsala.
- Thor, M., Bendz-Hellgren, M. & Stenlid, J. 1997a. Sensitivity of root rot antagonist *Phlebiopsis gigantea* spores to high temperature or pressure. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12. Under tryckning.
- Thor, M., Nohrstedt, H.-Ö. & Weslien, J. 1997b. Possible environmental effects of stump treatment with borate, *Phlebiopsis gigantea* and urea – a literature study. SkogForsk, Report No. 1, 60 s. Uppsala.
- Thor, M. & Stenlid, J. 1997. *Heterobasidion annosum* infection of *Picea abies* following manual or mechanized stump treatment. I: Thor, M. 1997. Stump treatment against *Heterobasidion annosum* – Techniques and Biological Effect in Practical Forestry. SLU. Inst. f. skoglig mykologi och patologi. Uppsala. Licentiatavhandling, uppsats 1.

