

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 574 2004



Ökad produktion i familjeskogsbruket – ANALYS AV TILLVÄXTHÖJANDE OCH SKADEFÖREBYGGANDE ÅTGÄRDER

Ola Rosvall, Roger Bergström, Staffan Jacobson, Folke Pettersson,
Kaj Rosén, Magnus Thor & Jan-Olov Weslien

UTREDNING PÅ UPPDRAG AV:

LRF skogsägarna

Ämnesord: Avverkningsberäkning, föryngring, miljöeffekter, rotröta, röjning, skogsgödsling, skogsträdsförädling, snytbaggeskador, älgskador och värdeberäkning.

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 tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. 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:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Förord.....	2
Inledning.....	3
1. Ökad produktion genom intensifierad föryngring, förädling och gödsling	4
Sammanfattning	4
Inledning	4
Regionala avverkningsberäkningar med HUGIN-systemet	5
Produktionspotentialen i Sveriges skogar	6
Bra föryngring	6
Förädlade plantor.....	11
Gödsling.....	17
Sammanlagd ökad virkesproduktion – analys och slutsatser.....	21
2. Røjning – produktionsmässiga, skötselmässiga och ekonomiska effekter	27
Sammanfattning	27
Inledning	27
Produktions- och skötselmässiga effekter.....	27
Ekonomiska effekter	33
3. Minskade produktionsförluster genom åtgärder mot skadegörare.....	41
Inledning	41
3.1 Skador av insekter särskilt snytbagge.....	43
Inledning	43
Skogstyrelsens utredning	43
3.2 Viltskador.....	45
Sammanfattning	45
Bakgrund.....	46
Skador i plantskog	47
Skador i ungskog.....	50
3.3 Rotröteskador.....	57
Sammanfattning	57
Inledning	57
Modellering av rötfrekvens och spridningsdynamik	59
Potential: Vad tjänar vi på detta?.....	61
4. Mark, vatten och uthållig produktion	67
Inledning	67
Bonitet – ett ifrågasatt begrepp?.....	67
Effekter av produktionshöjande åtgärder i skogsbruket – inom omloppstiden.....	68
Långsiktiga effekter av skogsbruk och antropogent betingat nedfall.....	70
5. Landsomfattande produktionsmöjligheter och miljöeffekter.....	75
Effekt av produktionshöjande och skadeförebyggande åtgärder	75
Effekter på natur och miljö.....	78
Referenser.....	79
Bilagor	85
Regionala avverkningsberäkningar med HUGIN-systemet.....	85
Föryngringsmetoder och föryngringsresultat – nulägesbeskrivning för privatskogsbruket.....	87
Markrelaterade processer.....	93

Förord

LRF Skogsägarna gav Skogforsk i uppdrag att utreda hur mycket skogsägarna skulle kunna öka tillväxt och avverkning i sina skogar. Utredningen skall redovisa möjliga ökningspotentialer som underlag för fortsatta resonemang inom skogsägarrörelsen om vad som är praktiskt realiserbart. Kunskapen behövs vid de skogspolitiska samtal som nu inleds.

Utredningen skulle omfatta tre områden:

- Ökad produktion genom föryngring, förädling, röjning och gödsling.
- Minskade produktionsförluster genom åtgärder för friskare skogar – skogsskydd, t.ex. minskade skador av snytbagge, älg och rotröta.
- Långsiktiga effekter på mark, vatten och uthållig produktionsförmåga av föreslagna åtgärder i sig och av de förändringar de ger på skogen samt av förändringar i den atmosfäriska miljön.

Huvudresultaten presenterades vid ett seminarium hos LRF Skogsägarna den 21 maj 2004. Här följer den skriftliga rapporten.

Skogforsk 15 juni 2004

Inledning

Sveriges industriförbrukning av virke börjar nu ligga i nivå med den långsiktigt uthålliga avverkningen och virkesbehovet förväntas öka ytterligare medan avverkningsmöjligheterna befaras minska. Denna förändrade situation har lett till debatt om den svenska skogspolitiken, om effekterna av ökade avsättningar till naturvård och om behovet av intensifierad skogsvård.

Med riksskogstaxeringens definition äger privata markägare halva landets skogsmark, 11,5 milj. ha, står för ca 60 % av den årliga avverkningen, 50 milj. m³sk samt föryngringsavverkar ca 100 000 ha per år.

Det är inte bara genom tillväxtfrämjande åtgärder som den totala skogsproduktionen kan ökas, utan också genom att begränsa tillväxtförluster till följd av skador och avgång. Det är gagnvirket som har värde och dess andel av totalproduktionen och fördelning på sortiment beror på hur tillväxten fördelas mellan trädslag och mellan enskilda stammar i ett bestånd. Sortimentfördelningen regleras genom att föryngra, röja och gallra på olika sätt.

I den här utredningen studeras möjligheterna att öka tillväxten inom privatskogen genom att:

1. Förbättra föryngringarna, plantera förädlade plantor och skogsgödsla.
2. Öka produktionen av gagnvirke samt värdeproduktionen med röjning.
3. Minska produktions- och kvalitetsförlusterna till följd av snytbagge, vilt och rotröta.
4. Vidare analyseras eventuella effekter på mark, vatten och uthållig produktionsförmåga både av undersökta åtgärder och av förändringar i den atmosfäriska miljön.

Analyserna, som utfördes av flera författare, är anpassade till de förutsättningar som gäller för de olika åtgärderna, vilket framgår av respektive avsnitt. En strävan var att dels studera effekter i det enskilda beståndet där en åtgärd får fullt genomslag och där privatekonomin kan belysas och dels i landet som helhet där åtgärdens effekt på virkesbalans och totalekonomi för privatskogsbruket kan åskådliggöras. Rapporten bygger i huvudsak på sammanställningar och analys av befintlig kunskap.

I ett avslutande avsnitt sammanställdes landsomfattande överslagsberäkningar för antagna ”möjliga” aktivitetsnivåer hos privata skogsägare och med virkesvärden utifrån en traditionell syn på virkessortiment, intäkter och kostnader. Sammanställningen avser den totala volym- och värdeökning som skulle kunna uppnås inom privatskogsbruket för var och en av de analyserade åtgärderna under givna antaganden om aktivitetsnivå.

1. Ökad produktion genom intensifierad föryngring, förädling och gödsling

Ola Rosvall och Staffan Jacobson

SAMMANFATTNING

Vi har undersökt verkningskraften hos viktiga produktionshöjande metoder samt deras totala effekt på avverkningsmöjligheterna för privata skogsägare. Beräkningarna gjordes delvis med HUGIN-systemet för Jönköpings- och Västernorrlands län och skalades sedan upp på landsnivå. Som utgångsläge valdes SKA 03 (90-talets skogsbruk). Mer markberedning och plantering för att nå ”godkända” föryngringar samt bättre återväxtåtgärder och kortare kalmarkstid över lag skulle kunna öka avverkningsarna om 50 år och framåt med upp till 10 %. Plantering av förädlade plantor från nya, allt bättre fröplantager kan öka avverkningsarna med ytterligare ca 10 %. Att bättre provenienser och förädlad material har använts i ökad omfattning de senaste 40 åren och visar sig genom att avverkningsmöjligheter kan öka med 3–4 % de närmaste 50 åren förutsatt att tillämpningen varit lika stor hos privata markägare som hos alla markägare. Både på kort och lång sikt kan ökad skogsgödsling höja avverkningsarna ytterligare med ca 2 % beroende på intensitet och landsända. Det finns även andra möjligheter att öka tillväxten på lång sikt utöver här summerade 22 % men de kräver ännu större insatser. Med ett antagande att hälften av de här studerade arbetsintensiva åtgärderna, intensiv föryngring och gödsling vidtas och 80 % av planterade plantor är förädlade skulle avverkningspotentialen kunna öka med 14 % eller 7 milj. m³sk per år i privatskogen. Det totala värdet av ökningen är 1 725 milj. kr per år.

INLEDNING

Det finns många åtgärder för att öka produktionen:

- Nya träslag
- Förädlade plantor
- Förbättrad skogsskötsel:
 - intensiv föryngring
 - intensiv röjning
 - typ av skogsskötselsystem
- Dikning, dikesrensning, skyddsdikning
- Gödsling
- Beskoga åkermark och annan mark
- Effektivare naturvård

Vi har i detta avsnitt studerat möjligheterna att öka virkesproduktionen hos privata markägare genom intensifierad föryngring, användning av förädlade plantor och skogsgödsling. De tre metoderna presenteras först var och en för sig vad gäller sina produktionshöjande och ekonomiska möjligheter dels på beståndsnivå, dels för privatskogsbruket som helhet. Potentialen att öka produktionen i hela privatskogsbruket av intensifierad föryngring och växtförädling studerades i två typlän med hjälp av HUGIN-systemet, medan gödslingspotentialen beräknades på annat sätt. Slutligen adderades produktionspotentialerna och realiserbarheten diskuterades. Arbetet byg-

ger vidare på den analys av hela skogsbruket som bl.a. presenterades på Skogforsks utvecklingskonferens 2004 (Rosvall m.fl., 2004a och b)

REGIONALA AVVERKNINGSBERÄKNINGAR MED HUGIN-SYSTEMET

Grundscenario och alternativa skogskötselscenarier

Den nyligen genomförda SKA 03 (Skogsstyrelsen, 2003) är en uppdatering av grundscenariot ”90-talets skogsbruk” i SKA 99 med aktuell statistik om skogstillståndet och med utvidgade avsättningar för att nå naturvårdsmålen i ”Levande skogar”. Med utgångspunkt från grundscenariot (SKA 03) har vi valt att studera följande scenarier för södra och norra Sverige representerade av Jönköpings (F) och Västernorrlands (Y) län. Förutsättningar och metodik redovisas närmare i bilaga 1.

0:0. SKA 03. Grundscenario med 1990-talets skogskötsel och prognostiserad naturvårdsintensitet hämtat från SKA 03.

0:1. SKA 03-Referens. SKA 03 med 90-talets föryngringsintensitet utan användning av förädling, contortatall och gödning.

1:0. Föryngring Godkänd. Föryngring för att klara skogsvårdslagens krav (föryngring+ enligt SKA 99).

1:1. Föryngring Intensiv. Åtgärder för att höja ungskogskvaliteten i alla föryngringar

2. Förädling. All plantering sker med förädlade plantor från successivt allt bättre fröplantager.

Ökad tillväxt i skogen kan antingen användas för att bygga upp virkesförråden eller omsättas i ökad avverkning. På lång sikt kan dock ökad tillväxt ses som ökad avverkningspotential. För att renodla effekten av de studerade åtgärderna används tillväxtökningarna och den redovisas som ökad avverkning vid den tidpunkt tillväxtökningen inträffar. Vi kommer i fortsättningen att använda begreppen tillväxtökning synonymt med ökad avverkningspotential och ökad avverkning.

SKA 03 och Referensscenariot

För att kunna renodla de produktionshöjande effekterna skapades ett referensscenario, SKA 03-Referens, utan den förädlingseffekt, plantering med contortatall och gödning som simuleras i SKA 03 (tabell 3). Alla procentuella effekter som presenteras är beräknade i relation till avverkningsnivån i Referensscenariot för att bli summerbara. För privata skogsägare är den uthålliga avverkningsnivån i Referensscenariot emellertid ungefär den samma som i SKA 03.

Under perioden 2000–2002 avverkades brutto i Sverige ca 49 000 m³sk per år i privata skogen och 31 000 hos övriga eller totalt 79 000, vilket är i nivå med nuvarande uthålligt maximala nivå, 81 milj. m³sk. Enligt SKA 03 kan avverkningspotentialen öka till 89 milj. m³sk per år i medeltal under kommande 100-årsperiod. På privatmarken skulle det innebära drygt 50 milj. m³sk år.

Medeltalet av F och Y län är för många skogliga mått representativt för Sverige. Därför har vi på enklaste sätt direkt skalat upp resultaten därifrån till landsnivå.

PRODUKTIONSPOTENTIALEN I SVERIGES SKOGAR

Idealboniteten i Sverige är 5,3 m³sk/ha, år. Det skulle ge en total tillväxt om 120 milj. m³sk per år, vilket är en ökning med ca 20 % jämfört med nuvarande 99 milj. m³sk per år (4,4 m³sk/ha, år) eller ca 10 % mer än den väntade framtida tillväxten om 110 milj. m³sk per år enligt SKA 03.

Sedan 1920-talet har tillväxten i landets skogar ökat med 70 %. Samma ökningstakt gäller för uppskattningen av produktionspotentialen, boniteten. Den har ökat från 3,0 till 5,3 m³sk/ha, år. På det sätt boniteten uppskattas kan man dessutom förmoda att den är underskattad. Och vi kommer med all säkerhet att även i framtiden få anledning att höja den nuvarande bonitetssiffran (se senare avsnitt).

Siffersammanställningen visar att det finns en stor outnyttjad produktionspotential som skulle kunna utnyttjas med förbättrad traditionell skogskötsel.

BRA FÖRYNGRING

Föryngringarnas tillstånd hos privata markägare

Skogsstyrelsens fältinventeringar beskriver för samma objekt både föryngringsmetod och föryngringsresultat för olika markägarkategorier. En utförlig sammanställning finns i bilaga 2. Enligt senaste statistiken från Polytax 2000–2002 för föryngringar gjorda i 1992–94 i norra och 1994–96 i södra Sverige var andelen plantering, naturlig föryngring, och ingen åtgärd 54 %, 41 % och 5 % hos privata markägare (tabell 1). Markberedning utfördes på 76 och 58 % av arealen som planterades och självföryngrades. Andelen godkända föryngringar var 83, 63 och 23 % för respektive plantering, naturlig föryngring och ingen åtgärd, vilket i genomsnitt är 72 %. En viss förbättring till i genomsnitt 75 % godkända föryngringar hos privata markägare redovisades av Skogsstyrelsen i juni 2004 för föryngringar gjorda 1993–95 i norr och 1995–1997 i söder.

Antalet huvudplantor var något högre vid plantering, 2 300, än självföryngring, 2 100, men betydligt färre utan åtgärd, 1 200. Godkända föryngringar hade i genomsnitt 2 500 huvudplantor per ha och underkända 1 400. Andelen nollytor var 4 % i planteringar, 7 % i självföryngringar och 25 % för objekt utan åtgärd. Det fanns i genomsnitt knappt 300 huvudplantor av björk bland de i genomsnitt 2 200 huvudstammarna per ha. Björkens andel av huvudplantorna har ökat från 3 till 12 % under en 10-årsperiod. Utan lövhuvudstammar skulle antalet godkända föryngringar vara ca 10 % lägre. Senare statistik är osäker men visar på en ökad aktivitet i slutet av 1990-talet följt av en minskning under de senaste åren (bilaga 2).

Tabell 1.

Föryngringsmetod och föryngringsresultat hos privata markägare enligt Polytax R5/7 inventering 2000–2002 för föryngringar utförda 1992–94 i N och 1994–96 i S.

	Plantering	Naturlig föryngring	Ingen åtgärd	Alla metoder
	%	%	%	%
Åtgärdens omfattning	54	41	5	
Andel markberedning	76	58	0	66
Andel godkända föryngringar	83	63	23	72
Andel nollytor	4	7	25	6
Antal huvudplantor/ha	2 300 st	2 100 st	1 200 st	2 200 st

Sammanfattningsvis enligt SUS 2001 är följande orsaker viktiga för att föryngringarna inte når skogsvårdslagens krav:

- Ingen föryngringsåtgärd utförs.
- Stor andel naturlig föryngring då den ger sämre resultat (metoden används på olämplig mark och med för få fröträd).
- Liten markberedd areal särskilt vid naturlig föryngring men också för plantering.
- Minskad hjälpplantering?
- Skador av älg.

Per objekt räknat medför ingen åtgärd störst produktionsbortfall. ”Sofflocksmetoden” uppskattas ge 50 % av normal produktion. Ej godkänd självföryngring utgör en stor andel av föryngringarna. De ger sänkt produktion genom förlorad tid, lågt stamantal och stor luckighet. Den långsiktiga effekten av mer huvudstammar av löv kan inte säkert bestämmas. Vårtbjörk sänker produktionsnivån till 85 % och glasbjörk till 65 %. Kombinationen av färre barrplantor och större luckighet antyder också risk för långsiktig produktionsminskning och behov av intensivare skötsel. Det generellt låga stammantalet har förmodligen också negativ effekt på den långsiktiga produktionen liksom ökad andel gran på tallmark. Skador minskar inte bara produktionen utan också framtida virkesvärden.

Föryngringens ekonomi

Ekonomer har från tid till annan undersökt lönsamheten av intensifierad föryngring. Ofta är åtgärderna lönsamma men de långa investeringstiderna gör att räntabiliteten blir låg, bara några enstaka procent. Skogforsk har nyligen kommit till samma resultat men också visat att med en förädlingseffekt om 15–20 % ökad tillväxt så blir föryngring med plantering lika lönsam som naturlig föryngring och maskinell sådd med oförädlat frö (Glöde m.fl., 2003).

Ekonomin vid skogsföryngring är alltför komplicerad för att fördjupas inom detta projekt. Den ökade virkeskvalitet som fås genom intensivare föryngring i form av ökad trängsel och fler träd att välja mellan för att få skadefria huvudstammar efter röjning och gallring är ett exempel på svårkalkylerade värden.

HUGIN-simulering – Bra föryngring

Scenario: Föryngring Godkänd

I SKA 99 gjordes ett försök att tillämpa en nivå på föryngringsarbetet som ligger i nivå med det skogspolitiska målet, d.v.s. på minst 1980-talets nivå (”Föryngring+”). I scenariot simuleras lägre andel areal utan föryngringsåtgärder, färre misslyckade föryngringar, samt att all hjälpplantering sker framgångsrikt och i tid. Det är det scenariot vi använt här. För landet som helhet innebär det att andelen plantering ökas från 60 % i SKA 03 till 80 % och att markberedningsarealen ökas med 40 %. Tillämpat på småskogsbruket i F och Y län ökar planteringsandelen från 55 till 76 % respektive från 54 till 81 % och markberedd areal ökar från 42 till 71 % respektive 46 till 81 % (tabell 2). Motsvarande siffror för samtliga markägare framgår av tabell 2. Kalmarkstiden var oförändrad 2–3 år i F län men sänktes från 3–4 till 2–3 år i Y län. Plantantalet var oförändrat.

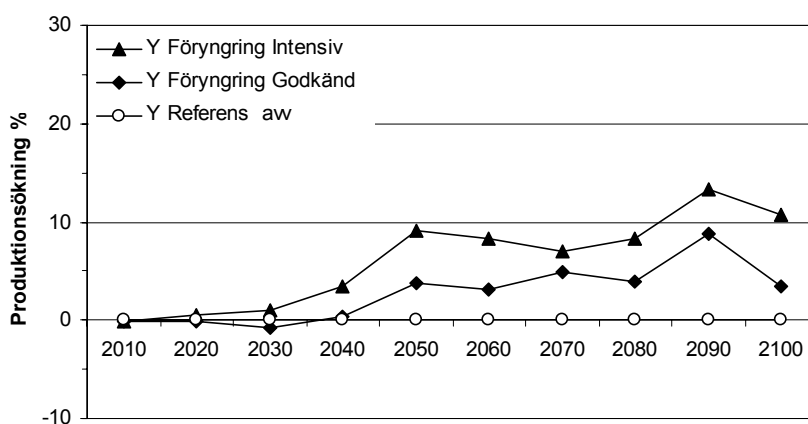
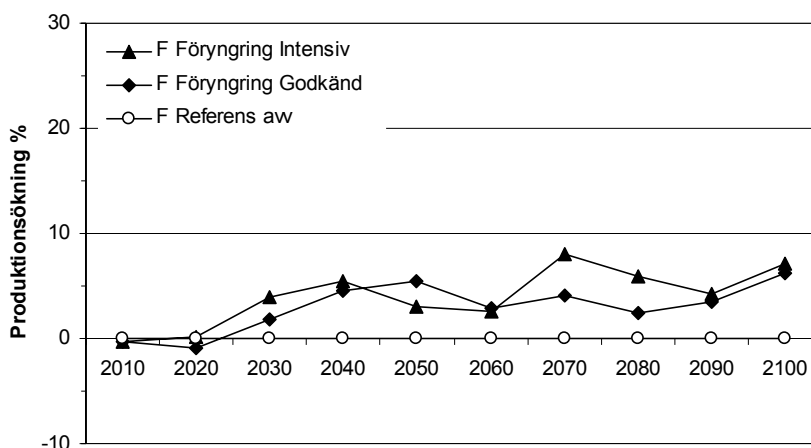
Tabell 2.

Andel av förnyngsarealen som markbereds och planteras i olika scenarier hos privata markägare (Priv) och hos samtliga skogsägare (Samtl).

	Markberedning, %				Plantering, %			
	F län		Y län		F län		Y län	
	Priv.	Samtl.	Priv.	Samtl.	Priv.	Samtl.	Priv.	Samtl.
SKA 03 Referens	42	47	46	70	55	58	54	63
Förnygring Godkänd och Förnygring Intensiv	71	73	81	88	76	76	81	85

Scenario: Förnygring Intensiv

I scenariot Förnygring Intensiv har vi haft samma areella omfattning av förnyngs-metoderna som i scenariot Förnygring Godkänd men höjt ”ungskogskvaliteten” på all areal där det fanns utrymme för förbättring såväl vid självförnygring som vid plantering. I simuleringen har det gjorts genom att välja ungskogsytor ur databasen med 2 klasser (av totalt 16) högre ungskogskvalitet (Elfving, 1982). Måttet på ungskogskvalitet beräknas utifrån utvalda huvudstammars antal (slutenhet), trädslagsfördelning, höjdsdiktning och skadegrad. Ungskogskvalitet anges i % där 100 % motsvarar ett jämnt barrbestånd utan skador med minst 1 600 huvudstammar per ha. I praktiken kan ungskogskvaliteten höjas på flera olika sätt, genom mer omsorgsfullt förnyngsarbete, något högre plantantal, lövröjning, minskade skador etc.



Figur 1.

Årlig ökning av den uthålliga avverkningen genom förnygring för att nå nivån Förnygring Godkänd respektive Förnygring Intensiv i F och Y län från 2005–2105.

Resultat – Bra föryngring

Med intensifierad föryngring tar det ca 30–40 år i F och 40–50 år i Y län innan tillväxten påtagligt ökar. Genom att vidta åtgärder för att nå lagens miniminivå för ”godkänd föryngring” kan avverkningarna i F län öka med 4 % eller 118 000 m³sk under den andra halvan av 100-årsperioden (tabell 3). En ytterligare intensifiering över hela föryngringsarealen har måttlig effekt och avverkningsnivån kan öka med 6 % eller 174 000 m³sk. Med godkänd föryngring som mål i Y län kan avverkningarna öka med 5 % eller 131 000 m³sk. I Y län fördubblas avverkningsmöjligheterna genom ett ytterligare intensifierad föryngringsarbete till 10 % eller 259 000 m³sk under andra halvan av 100-årsperioden

Tabell 3.

Ökning av årlig avverkning (alla avverkningsformer) hos privata markägare genom åtgärderna: Intensifierad föryngring, Förädlade plantor. Avverkningskvantiteterna (1 000 m³sk) är beräknade som differenser mellan olika scenarier. Procenttalen är beräknade i relation till referensscenariot SKA 03-referens.

	Period					
	2–5		6–10		1–10	
	1000 m ³ sk	%	1000 m ³ sk	%	1000 m ³ sk	%
F län						
F SKA 03-Referens	3 212		3 114		3 145	
F SKA 03	12	0	9	0	20	0
F Föryngring Godkänd	85	3	118	4	92	3
F Föryngring Intensiv	98	3	174	6	125	4
F Förädling	204	6	344	11	260	8
Y län						
Y SKA 03-Referens	2 829		2 727		2 751	
Y SKA 03	22	1	38	1	27	1
Y Föryngring Godkänd	24	1	131	5	75	3
Y Föryngring Intensiv	99	4	259	10	169	6
Y Förädling	159	6	209	8	172	6

Diskussion och slutsatser – Bra föryngring

Enbart genom att sträva mot skogsvårdslagens krav skulle avverkningarna på lång sikt kunna öka med ca 4–5 % hos privata markägare. Utrymmet för ytterligare förbättringar varierar mellan länen. Granplantering som är den dominerande föryngringsmetoden i södra Sverige är en mycket robust metod jämfört med självföryngring och plantering med tall. Det är förmodligen det som gör att marginaleffekten av ytterligare intensifiering blir mindre i södra än i norra Sverige där produktionen kan öka med 10 % genom ytterligare intensifiering.

Bättre föryngringar med nya metoder

Simuleringen av skogens etablering och utveckling i HUGIN görs med funktioner som utifrån ståndortsegenskaper och vidtagna föryngringsåtgärder kvantifierar ungskogskvaliteten och ungskogens tillväxt. Funktionerna baseras på 1950- och 1960-talets föryngringsåtgärder och resultat. Prognoser över nu anlagda skogars framtida utveckling blir osäker eftersom dagens slutavverkningsbestånd och därmed föryngringsytornas egenskaper samt markberedningsmetoder, planttyper etc. skiljer sig från dåtidens.

En sammanställning av höjdtillväxt i planteringar där moderna markberedningsmetoder och planttyper använts pekar på en avsevärt snabbare höjdtveckling än i HUGIN-systemets ungskogsfunktioner (Hallsby och Örländer, 2004; Björn Elfving, Göran Hallsby, Per Persson pers. medd. samt Skogforsks fältförsök). Omsatt i tidsvinst rör det sig om från ett par år till 10 år kortare tid för skogen att nå 7–8 m höjd. Tidsvinsten är större för gran än för tall och större i norra än i södra Sverige. För varje års kortare omloppstid ökar produktionen med en mängd motsvarande den väntade medeltillväxten. För omloppstiderna 100 och 50 år innebär varje års tidsvinst genom snabbare tillväxt 1 respektive 2 % ökad virkesproduktion på lång sikt. Förbättrade planteringsmetoder sedan 1950- och 1960-talet skulle alltså ytterligare kunna öka produktionen med i storleksordningen ca 5 % där de tillämpas. Det krävs en fördjupad analys för att uppskatta hur stor den totala effekten av förbättrade metoder kan bli inom privatskogsbruket men den bör kunna vara i storleksordningen några procent (tabell 4).

Kortare kalmarkstid har stor effekt

För varje år som kalmarkstiden förkortas vid plantering ökar produktionen med den förväntade medeltillväxten (boniteten) på samma sätt som vid tidsvinsten av att ungskogen växer snabbare med bättre etableringsmetoder. Om kalmarkstiden halveras kan tillväxten öka med 2,5 % och maximalt med 3,5 %.

Genom att plantera snabbt efter kalavverkning hinner plantorna dessutom att etablera sig innan markvegetationen får fäste och konkurrensen minimeras. Det gynnar överlevnad och tillväxt. Utnyttjandet av miljöfördelen och tidsvinsten ger plantorna försprång mot den lövvegetation som successivt etableras. Barrplantorna konkurrerar bättre, vilket både ytterligare gynnar deras tillväxt och minskar röjningsinsatsen. Det ena positiva ger det andra.

Dessa förhållanden gör att tillväxtökningen vid plantering jämfört med naturlig förnyring blir större än vad simuleringarna anger. Generellt gynnar moderna förnyringmetoder även skogens slutenhet (ungskogskvalitén) och därmed även trädens potential att producera skadefritt kvalitetsvirke.

Löv eller barr?

En obeaktad tillväxtpotential finns i att ytterligare minska andelen lövskog som endast reducerats med 4 % från 28 till 24 % i och med det mest intensiva förnyringsscenarioet i både F och Y län.

Sammantagen effekt av intensiv förnyring

Med antagande om att F och Y län är representativa för Sverige samt möjliga och rimliga nivåer för tillämpning av de diskuterade metoderna (tabell 4) skulle avverkningarna i hela Sverige kunna öka med ca 10 % hos privata markägare. Med en genomsnittlig framtida avverkning om 50 miljoner m³sk i privatskogen skulle avverkningarna på lång sikt kunna öka med 5 miljoner m³sk genom intensivare förnyingsarbete. Vid ett rotnetto om 250 kr/m³sk blir totalvärdet 1 250 milj. kr per år. Från detta skall dras ca 20 kr per kubikmeter för markberedning, plantor och plantering. Då har vi bortsett från att alternativen också kostar pengar.

Tabell 4.
Ökad avverkningspotential på lång sikt (50–100 år) genom förbättrad förnygring hos privata markägare i Sverige.

Förnygringsmetod	Ökad avverknings- möjlighet %	Rimlig nivå %
Förnygring Godkänd (HUGIN-resultat)	4	4
Förnygring Intensiv (HUGIN-resultat)	2–5	3
Förkortad växttid (Plantering med moderna metoder samt kortare kalmarkstid)	5	2
Mer barr mindre löv (Gissning)	2	1
Sammanlagt	13–16	10

FÖRÄDLADE PLANTOR

Svensk skogsträdsförädling är en industri som hela tiden utvecklar allt bättre träd. Framstegen sker en gång per förädlingscykel som tar 20 år. En cykel omfattar fältprövning, urval och tillskapande av en ny generation träd med de bästa träden i den gamla generationen som föräldrar. Målen med förädlingen är att förbättra: odlingssäkerhet, arealproduktion och virkeskvalitet i de nya plantmaterialen med bevarad genetisk diversitet och variation. Detta sker genom att sammanväga en rad mätbara trädegenskaper i ekonomiska termer.

- **Hög odlingssäkerhet**
Klimatanpassade och anpassningsbara träd
Motståndskraft mot frost, 0, etc.
- **Hög arealavkastning**
Virkesproduktion över omloppstiden, ton/ha
- **Hög kvalitet**
Rakare stammar, finare kvist, mindre skador, högre densitet

Det finns inga starka motsättningar inbyggda i målen. Odlingssäkerhet är i hög grad förenligt med hög produktion och hög virkeskvalitet. Önskar man smala årsringar får bestånden hållas tätare. När vi fortsättningsvis talar om ökad produktion **är det därför underförstått att odlingssäkerhet och kvalitet samtidigt förbättrats.** Man kan likna förädlingseffekten vid en ökning av boniteten. Det ger också en anvisning om hur förädlade skogar skall skötas.

De förädlingsvinster vi använder i beräkningarna avser den arealproduktion över en omloppstid som kan uppnås i genomsnitt för alla nya bestånd inom en fröplantages användningsområde.

Historisk proveniens- och plantageanvändning

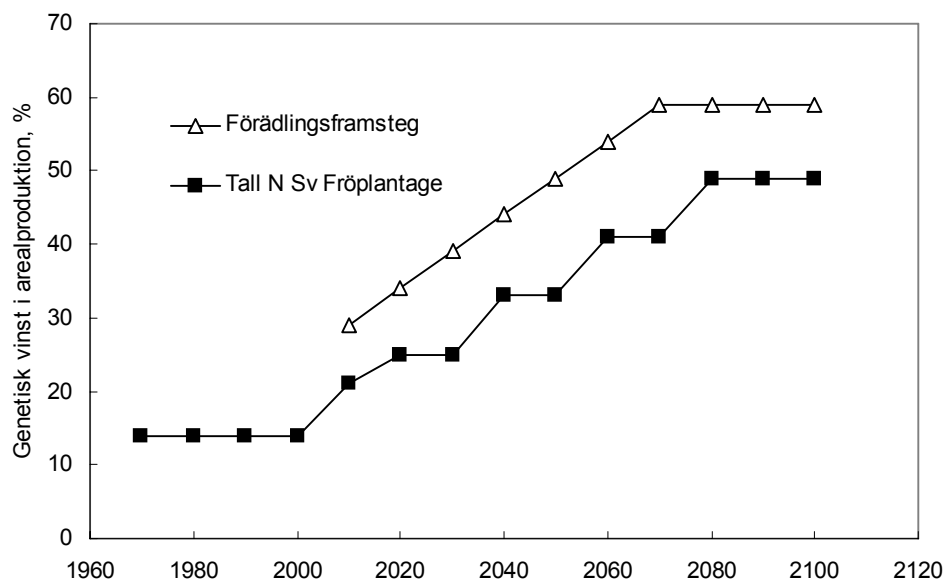
Ett förfinat proveniensval har tillämpats i successivt ökad omfattning från slutet av 1960-talet, vilket ökat produktionen på dessa arealer med mellan 0 % och 15 % beroende på träslag och landsända. Själva plusträdsurvalet i skogen till den första omgången fröplantager från 1950-talet (EttO) som använts fram till i dag ger ca 10 % högre virkesproduktion. Fröplantagerna kombinerar denna plusträdseffekt med en provenienseffekt men effekterna är inte helt adderbara och reduceras av bakgrundspollinering så att den realiserade vinsten i de första fröplantagerna varierar mellan 9 och 14 %.

För dem som planterade förädlad material när det kom ut på marknaden på 1970-talet tas de första vinsterna nu hem i form av tidigarelagda gallringar. Ännu snabbare effekt av plantageplanter nås genom ökad överlevnad vid sydförflyttning av tall i Norrlands inland. Där kan man numera plantera t.ex. 2 300 träd mot tidigare 3 600 för att få 1 800 producerande träd per ha.

Större vinster med nya fröplantager

Förädlingsvinsten i långsiktig arealproduktion ökar med ca 10 % per 20-årig förädlingscykel jämfört med oförädlad lokalt material (figur 2). Med fröplantager tar det 15 till 20 år från det att förädlingsframstegen uppkommer till planter i skogen och vinsten reduceras av bakgrundspollen. Underlaget för de genetiska vinstprognoserna som redovisas i det följande är hämtat från Rosvall m.fl. (2001).

I figur 1 stiger förädlingsvinsten i arealproduktion rätlinjigt de närmaste 60–70 åren för att avbrytas när de passerat 50 % förädlings effekt. Det är nämligen osäkert vilken virkesproduktion som kan uppnås genom att enbart öka trädens effektivitet, vilket är målet med förädlingen. Prognosen är att förädlade träd kan producera mellan 50 % och 100 % mer än oförädlade utan att resurser tillförs beståndet (vatten och växtnäring). Den slutsatsen kan man dra av de äldre försöken, av contortatallens högre produktion på samma mark och av utländsk förädlings erfarenhet. Den årliga vinstökningen i det svenska förädlingsprogrammet är 0,5 %, vilket är samma utvecklingstakt som i annan växt- och husdjursförädling, där förädlingsvinsten haft ett linjärt förlopp under många, många generationer.

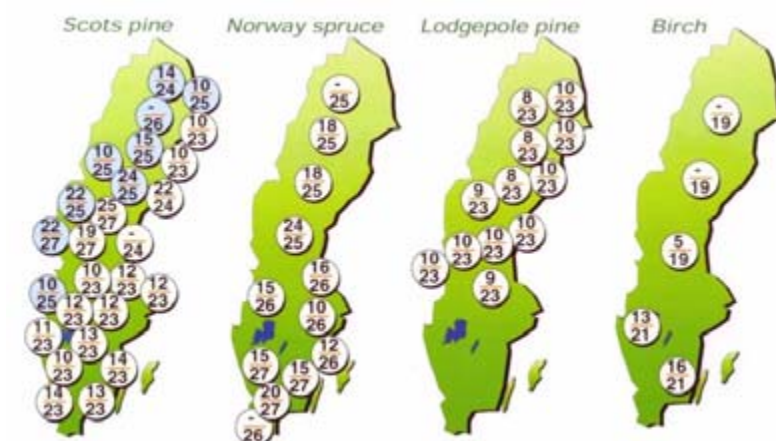


Figur 2. Förädlingsvinst i arealproduktion exemplifierad för tall i norra Sverige realiserade genom planter från fröplantager av lämplig proveniens jämfört med nivån i förädlingsprogrammet. (Vinster utan reduktion för inväxning av oförädlade träd då det simuleras direkt i HUGIN).

Den stegvisa utveckling av de genetiska vinsterna från fröplantager i figur 2 beror på att fröplantager avlöser varandra ca vart 20:e år. Fröskördarna i EttO-plantagerna ersätts nu successivt med frö från en andra omgång fröplantager (TvåO) där trädens förädlingsnivå varierar mellan ca 10 % (som i EttO) och ca

25 %. Samtidigt pågår arbetet med att plantera den tredje omgångens fröplantager (TreO) som skall svara för fröproduktionen från år 2020). Förädlingsnivån i de första TreO-plantagerna är ca 25 % och når ca 35 % för dem som startar efter år 2010. För dessa nämnda förädlingsnivåer tillkommer provenienseffekter i intervallet 0–7 % och från båda vinsttyperna skall dras effekter av bakgrundspollinerings för att få de realiserade plantagefrövinster i figur 1 (40 % bakgrundspollen ger reduktionsfaktorn 0,8).

Det stora antalet plantagezoner, fröplantager och plusträd säkrar den genetiska mångfalden (figur 3).



Figur 3. Nuvarande genetisk vinst i virkesproduktion för planerade TreO-plantager (under strecket) jämfört med befintliga TvåO-plantager (över strecket). För tallplantager i Norrlands inland tillkommer en vinst i överlevnadsförmåga (grå cirklar).

Lönsamhet med förädlade plantor

Det bästa tillgängliga förädlade skogsodlingsmaterialet producerar 15–20 % bättre än oförädlad material. Ur produktionssynvinkel kan det jämföras med en uppgradering av ståndortsindex från t.ex. G30 till G33.

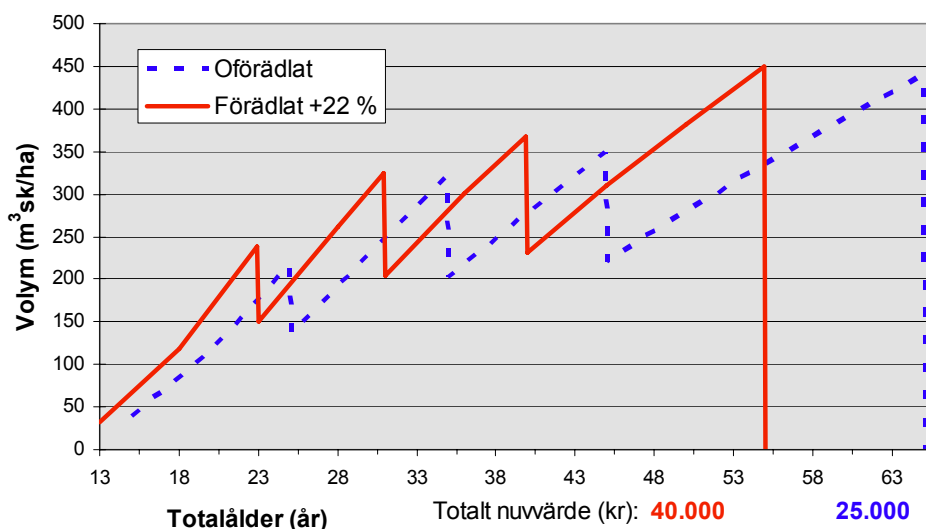
Figur 4 visar produktion och ekonomi för förädlad och oförädlad gran i södra Sverige. Tillväxtökningen tas framför allt ut genom tidigare gallringar och kortare omloppstid. Nettot från första gallringen i ett bestånd med högförädlade träd blir nästan 30 % högre och kommer 2 år tidigare. Skillnaden i totalekonomi är slående. Markvärdet höjs med ca 60 % vid en ökning av medeltillväxten med 22 % och 10 år tidigare slutavverkning (tabell 5).

I kalkylexemplet ovan kostar förnygring med förädlade plantorna inte mer än med oförädlade. De omedelbara positiva effekterna av ökad härdighet, frostresistens etc. och snabbare planttillväxt minskar skaderisken, ökar överlevnaden och konkurrensförmågan. Planteringarna och röjningarna kan därmed göras till lägre kostnad även om plantorna kostar lite mer.

Tabell 5.

Produktion och ekonomi i oförädlad gran (ortens proveniens) och förädlad (bästa tillgängliga) på samma mark. Markvärde är nuvärdet av upprepade generationer skog med samma material vid 3 % kalkylränta.

Åtgärd	Ålder Oförädl./förädl. (år)	Oförädlad			Förädlad +22 %		
		Uttag (m ³ fub)	Netto- intäkt (kr)	Nuvärde (kr)	Uttag (m ³ fub)	Netto- intäkt (kr)	Nuvärde (kr)
Plantering	0		-12 000	-12 000		-12 000	-12 000
Röjning	15/14		-5 000	-3 209		-5 000	-3 306
1:a gallring	25/23	80	4 400	2 101	88	5 632	2 854
2:a gallring	35/31	119	16 898	6 005	121	17 303	6 921
3:e gallring	45/40	130	28 470	7 529	137	30 140	9 240
Slutavverkning	65/55	439	143 114	20 954	449	146 373	28 802
Summa		768	175 882	21 380	795	182 449	32 511
Medeltal/år		11,8	2 706		14,5	3 317	
Markvärde				25 047			40 474



Figur 4.

Jämförelse mellan oförädlad gran (ortens proveniens) och förädlad (bästa tillgängliga). Etableringskostnad och röjning 15 000 kr/ha. Markvärdet (nuvärdet av kostnader och intäkter från upprepade omloppstider) är beräknat med 3 % kalkylränta.

Investeringen i nya TreO-plantager motsvarar 1–2 öre per förädlad planta eller 3–4 öre om plantageinvesteringen räntebelastas (Rosvall & Eriksson, 2002). Det betyder 25–100 kr extra per ha. Det kostar 0,65 kr att producera en extra framtida kubikmeter vid 15–20 % realiserad förädlingsvinst! Ställs kostnader mot intäkter ger fröplantager 6–7 % förräntning. Det är lönsamt att anlägga nya fröplantager, även i det fall materialet används för skogssådd. Lönsamheten bibehålls även om man inkluderar kostnaden för hela förädlingsindustrin i all framtid.

HUGIN-simulering – Förädlade plantor

Scenario: Förädling

Vi har simulerat den framtida produktionsökningen av den historiska användningen av plantor av lämplig proveniens och från fröplantager med ledning av

vinster i texten ovan samt den areal som beskogsats med förbättrade sorter från 1965 till 2005. Vi har antagit att privata skogsägare använt dessa sorter i samma utsträckning som andra skogsägare. Från år 2005 kommer alla planterade plantor från successivt allt bättre fröplantager exemplifierat för tall i N Sverige i figur 2.

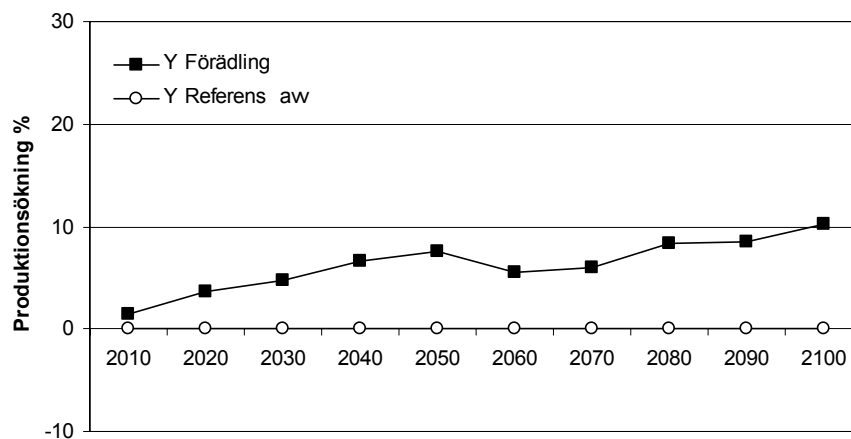
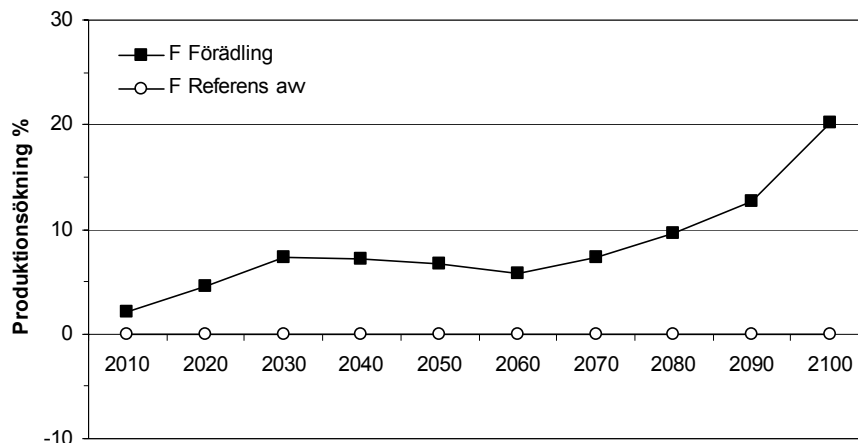
Förädlingseffekterna har reducerats för pollinering med oförädlat pollen i fröplantagerna, för inslag av naturligt föryngring (inväxning) i kulturskogen. Den produktionsförlusten beror på intensiteten i föryngringsarbetet. I HUGIN simuleras förlusten till följd av inväxning av samma trädslag med en reduktionsfaktor 0,75 – 0,95 beroende på stamantal i intervallet <1 500–>3 000. I de nutida ungskogarna är inslaget dessutom stort av oförädlade lövträd, vilket ytterligare reducerar förädlingseffekterna i beräkningarna.

Resultat – Förädlade plantor

Eftersom vi tagit med åtgärder från 1965–2005 är effekterna av förädling synliga i redan i period 1 (figur 5). Men på samma sätt som vid intensifierad föryngring tar det ca 40 år innan arealen nyplanterad förädlad skog blir så stor och bestånden så virkesrika att tillväxten påtagligt ökar.

För period 2–5 ökar avverkningarna med 6 % i både F och Y län, vilket ger 204 000 respektive 159 000 m³sk ökad avverkning.

Under den andra 50-årsperioden kan avverkningen öka med 11 % (344 000 m³sk) i F län och 8 % (209 000 m³sk) i Y län (tabell 3). Under de sista årtionena ökar användningen av förädlade plantor avverkningen med ytterligare några procent och vid den tidpunkten är en mycket stor tillväxtpotential inbyggd i de planterade skogarna som då har en betydligt högre förädlingsnivå än dagens. Förädlade träd från fröplantager med en realiserad förädlingsnivå om ca 30 % är då i 50-årsåldern.



Figur 5. Årlig ökning av den uthålliga avverkningen genom att använda förädlade plantor i F och Y län från 2005–2105.

Diskussion och slutsatser – Förädlade plantor

Simuleringen visar att avverkningarna successivt kommer att kunna öka med upp mot 10 % genom användning av förädlade plantor. Med en genomsnittlig avverkning hos privata markägare om 50 miljoner m³sk skulle avverkningarna på lång sikt då kunna öka med ca 5 miljoner m³sk per år. Det totala mervärdet är 1 250 milj. kr per år vid ett rotnetto om 250 kr/m³sk. Den extra kostnaden för plantagefrö skall dras av men eftersom den är under 1 kr per extra kubikmeter faller kostnaden inom felmarginalen för beräkningen.

Även om förädlingsvinsterna i kommande fröplantager är avsevärt högre kommer avverkningsmöjligheter det här århundradet främst att påverkas av ”låg-förädlade” fröplantager från den första och andra plantageomgången. Den tredje omgången fröplantager (TreO) som nu byggs och kommer att föra in mer högförädlad material på bred front får effekt först under de allra sista årtiondena.

Det finns emellertid stora möjligheter till ökad effektivitet i utnyttjandet av förädlingsframstegen. Vid en planteringsandel av ca 75 %, en inväxning av oförädlade träd med 20 % och en lövandel om 20 % kommer endast ca 50 % av träden i framtidsskogen att utgöras av planterade förädlade träd. Och eftersom 40 % av dem har en oförädlad pappa genom bakgrundspollineringen i fröplantagerna blir den realiserade förädlingsvinsten ca 40 % av den potentiella. I röjning och gallring gynnas förädlade träd så att en tumregel kan vara att halva effekten utnyttjas. Om fröplantagerna kunde ersättas med vegetativ förökning skulle inte bara bakgrundspollineringen elimineras utan förädlingsframstegen komma 15–20 år tidigare.

Intensifierad skogsförnyring har alltså stor betydelse för hur mycket förädlad material som kommer ut i produktionsskogen. De ca 10 % som scenarierna visar på för andra halvan av århundradet skulle alltså kunna fördubblas med intensivare skogsskötsel.

GÖDSLING

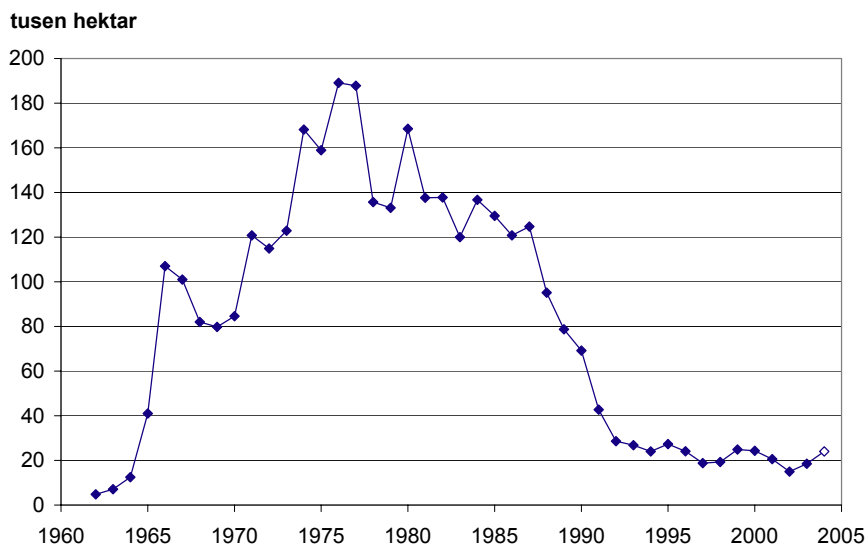
Skogsgödsling med kväve är den enda skogsskötselåtgärden som på kort sikt ökar avverkningsmöjligheterna. Andra tillväxthöjande åtgärder, som plantering av förädlade plantor eller snabbväxande trädslag, ger positiva effekter först på lite längre sikt.

Förutom vår korta tillväxtsäsong är produktionen i våra skogar nästan utan undantag begränsad av tillgången på växtnäring, och i första hand kväve (N). Vid en gödsling får träden ett tillskott av kväve i samma former som det kväve som frigörs när dött organiskt material bryts ner i det naturliga kretsloppet. I vårt kalla klimat går den naturliga nedbrytningen långsamt, varför ett tillskott av gödselkväve ger liknande effekt som ett varmare klimat, med snabbare nedbrytning av organiskt material. När man tillför kväve bygger träden upp sin barrmassa – både fler och större barr. Den större fotosyntesapparaten gör att solenergin kan utnyttjas bättre, vilket resulterar i ökad vedbildning. Tillväxt-effekten av kvävegödsling med standardgivan 150 kg kväve per hektar blir i genomsnitt 13–18 m³sk per hektar.

Från mitten av 1960-talet och fram till slutet av 1980-talet var kvävegödsling på skogliga fastmarker en ekonomiskt betydelsefull åtgärd inom storskogsbruket. I slutet av 1970-talet var den årliga gödslingsarealen som störst med knappt 200 000 hektar (figur 6). Därefter har arealen stadigt sjunkit till dagens nivå på ca 20 000 hektar. Totalt har kvävegödsling på skogsmark hittills givit en mer-tillväxt på 40–50 milj. m³sk till ett bruttovärde på åtminstone 15 miljarder kr, vilket grovt skattat möjliggjort exportinkomster på 30–50 miljarder kr i dagens penningvärde (Skogsstyrelsen, 2002).

Skälen till att den årliga gödslingsarealen minskat är flera. En viktig faktor är nedfallet av kväve via luftföroreningar, vilket skapat en oro för en storskalig ”kvävemättnad” och därtill kopplad kväveutlakning samt att gödslingen skulle bidra till denna utveckling. Dessa larmsignaler kan också ha skapat en osäkerhet hos beslutsfattare om gödslingens tillväxthöjande effekt. Andra skäl till den minskade omfattningen är att ökade kunskaperna om gödslingens produktions- och miljöeffekter har lett till att gödslingsomdreven ökat från fem till tio år eller mer. Vidare har kraven vid urvalet av lämpliga gödslingsbestånd under

senare tid skärpts betydligt och avgränsningen av gödslingsobjekten har gjorts mer detaljerat. Utförda konsekvensanalyser (Westling & Nohrstedt, 1995; Högbom & Jacobson, 2002) visar dock att gödningen skulle kunna öka i omfattning utan att äventyra uppsatta miljömål.



Figur 6.
Skogsgödsland areal under perioden 1962–2003 i hela landet.

Ekonomiska kalkylsituationer för gödning

En skogsgödning är en investering. Det finns olika sätt att utvärdera lönsamheten i en gödslingsinvestering och vilken metod man skall använda beror på kalkylsituationen (jämför Jacobson & Pettersson, 2003).

För privatskogsbruket gäller att man måste räntebelasta gödslingsinvesteringen. Detta leder till att gödning i första hand är aktuellt i bestånd som är planerade att slutavverkas 8–10 år framåt i tiden. Förräntningen på en gödslingsinvestering i sådana bestånd ligger normalt inom intervallet 10–20 % per år, vilket i skogliga sammanhang är svårslaget.

Större skogsföretag kan hantera gödningen utan att behöva räntebelasta gödslingskostnaden. Mer omfattande gödslingsprogram, med start i medelålders bestånd och omgödslingar, blir därmed ekonomiskt intressant. Den extra tillväxt som ett års gödning kan förväntas ge räknas in i företagets virkesbalanser och tas ut samma år i helt andra bestånd. Ett alternativt sätt att tillgodogöra sig gödslingsvinsten är att bedriva ett skogsbruk med förkortade omloppstider. Räknat utan ränta ligger produktionskostnaden att framställa en kubikmeter virke genom gödning normalt inom intervallet 100–150 kr, vilket kan ställas mot köpkostnaden.

Volym- och dimensions- och värdeeffekt

En kvävegödsling ger inte bara en ökad virkesvolym. Träden blir ju också grövre, vilket medför att värdet per kubikmeter ökar på hela det stående virkesförrådet. Dimensionseffekten består av följande komponenter:

1. Timmerutbytet – grövre träd ger ökat timmerutbyte per m³sk.
2. Timmerpris – grövre timmer betingar normalt ett högre pris.
3. Avverkningskostnader – grövre träd är billigare att avverka per m³sk.

En gödsling leder ju till ökad tillväxt av den yttersta kvistfria delen av stammen. I bestånd som är på väg att växa in i timmerdimension eller specialsortiment kan värdeökningen p.g.a. ökad diameter vara mycket stor. Av gödslingsintäkten i äldre bestånd brukar normalt 60–70 % utgöras av volymeffekten och 30–40 % av dimensionseffekten.

Beräkning av gödslingseffekter i privatskogsbruket

Tillgängliga skogsmarksarealer för privata markägare och dess fördelning på län och landsdelar utgår från Riksskogstaxeringens underlag för perioden 1997–2001 (se tabell 6).

Beräkningarna syftade till att få fram tillväxtpotentialen i privatskogsbruket av att gödsla ”gödslingsvärda” bestånd en gång i slutet av omloppstiden. För att få fram arealen gödslingsvärda bestånd måste den totala skogsmarksarealen reduceras i flera steg. I ett första steg reducerades arealen med hänsyn till uppgifter om ståndortsindex, d.v.s. att för bördiga och allt för magra skogar sorterades bort. De på detta sätt framtagna arealerna benämndes ”gödslingsbara” arealer. Ett bra gödslingsbestånd skall dock uppfylla samtliga av de sju så kallade baskraven (Pettersson, 1994), vilket bl.a. ställer krav på slutenhet, kvalitet och andelen barrträd i beståndet. Vidare reduceras arealerna av ojämn åldersfördelning, inläsningseffekter (bestånden får ej avverkas under effektperioden) samt av det faktum att det i de flesta bestånd finns mindre partier som ej bör gödslas, både av ekonomiska skäl och miljö-naturvårdsskäl. För att erhålla de ”gödslingsvärda” arealerna antogs det rimligt att halvera de ”gödslingsbara” arealerna (se tabell 6). Den årligt gödslingsbara arealen erhöles genom att dividera med genomsnittlig omloppstid för respektive region. För regionen Götaland exkluderades all privat skogsmarksareal från Skånes, Blekinges, Hallands och f.d. Göteborgs- och Bohus län, p.g.a. högt kvävenedfall.

Tillväxteffekten av en kvävegödsling antogs bli 14–17 m³sk per hektar, beroende på läge i landet.

Kostnaden i dag för en standardgödsling (150 kg N/ha) ligger i intervallet 2 000–2 500 kr/ha. Kostnaderna utgörs av gödselmedel (60–65 % inkl. gödselskatt), spridning (30 %) och transporter (5–10 %). I de ekonomiska kalkylerna har här antagits en genomsnittlig kostnad om 2 200 kr per hektar.

Resultat – Gödsling

Effekter på skogsproduktion och avverkning

En engångsgödsling av all gödslingsvärd produktiv skogsmark för ägarkategori ”Privata” ger för hela landet, enligt ovan antagna förutsättningar, en ökad årlig tillväxt om 630 000 m³sk (se tabell 6), vilket motsvarar 1,4 % av avverkningen i privatskogen och 1 % av den totala årliga tillväxten (referens SKA 03).

Det är i detta sammanhang viktigt att poängtera att denna framgödslade tillväxtökning direkt kan omsättas i lika stor avverkningsökning. Vidare, då dessa gödslingar huvudsakligen antas bli utförda i äldre bestånd, ligger en stor del av dessa framgödslade kubikmetrar i form av timmer och kan därför antas ett högre genomsnittligt ekonomiskt värde (se nästa avsnitt).

Tabell 6.

Sammanställning av tillgängliga arealer, beräkningsförutsättningar samt tillväxtutfall vid gödsling av all gödslingsvärd (bedömd) areal, en gång per omloppstid, för ägarkategori Privata skogsägare.

	Norra Norrland	Södra Norrland	Svealand	Götaland *	Hela landet
Produktiv skogsmark (ha)	2 506 000	2 457 000	2 714 000	2 894 000	10 571 000
Olämplig bonitet (% av tot.areal)	31 %	12 %	10 %	25 %	20 %
Gödslingsbar areal (ha)	1 729 000	2 162 000	2 443 000	2 170 000	8 504 000
Gödslingsvärd areal (50 % av ovan)	865 000	1 081 000	1 221 000	1 085 000	4 252 000
Årligt gödslad areal (ha)	7 200	9 800	12 200	12 100	41 300
Årligt gödslad areal (% av prod. areal)	0,29 %	0,40 %	0,45 %	0,42 %	0,39 %
Tillväxteffekt av en gödsling (m ³ sk ha ⁻¹)	17	16	15	14	15
Ökad tillväxt (m ³ sk år ⁻¹)	122 000	157 000	183 000	169 000	632 000

* Exklusive Skåne, Blekinge, Halland och f.d. Göteborg- och Bohus län.

Gödslingens lönsamhet

För att få ett generellt mått på gödslingens lönsamhet gjordes en ekonomisk kalkyl i ett typbestånd (se tabell 7). Enligt denna kalkyl skulle en gödslingsinvestering ge en årlig förräntning om 15 % samt öka värdet på skogen med ca 7 500 kr per hektar. Om vi skalar upp dessa siffror och antar att privatskogsbruket årligen gödslar 20 000 ha (ca hälften av vad som är gödslingsvärt), så skulle värdet i skogen öka med 150 miljoner kr.

Tabell 7.

Ekonomisk kalkyl – typbestånd. Förutsättningar: T24, Södra Norrland, 250 m³sk ha per ha, medeldiameter 22 cm, 90 år. Rotvärde 300 kr m³sk⁻¹. Värdeökning per cm-ökning av medeldiameter = 20 kr m³sk⁻¹. Gödslad med 150 kg N ha⁻¹. Beståndet slutavverkas 9 år efter gödning (reviderad från Pettersson, 1996)

A. Intäkter			
1. Mer virke	16 m ³ sk à 300 kr	4 800 kr	(64 %)
2. Grövre virke			
0,5 cm diam.-ökning	0,5 x 20 kr x 266 m ³ sk	2 660 kr	(36 %)
(alla m ³ sk)			
Summa		7 460 kr	
B. Kostnad			
Gödslingskostnad		2 200 kr	
C. Vinst			
	0 % ränta	5 260 kr	
	2 % ränta	4 040 kr	
	Årlig förräntning i 9 år	15 %	

Diskussion – Gödning

Föreliggande metod är ett enkelt och robust sätt att skala upp potentialen för skogsgödning över större områden. Önskar man ändra på förutsättningar och antaganden är det också enkelt att justera beräkningarna. Vill man exempelvis ändra i gödningens ambitioner så kommer dessa justeringar att generera proportionellt sett lika stora förändringar i tillväxtutfallet.

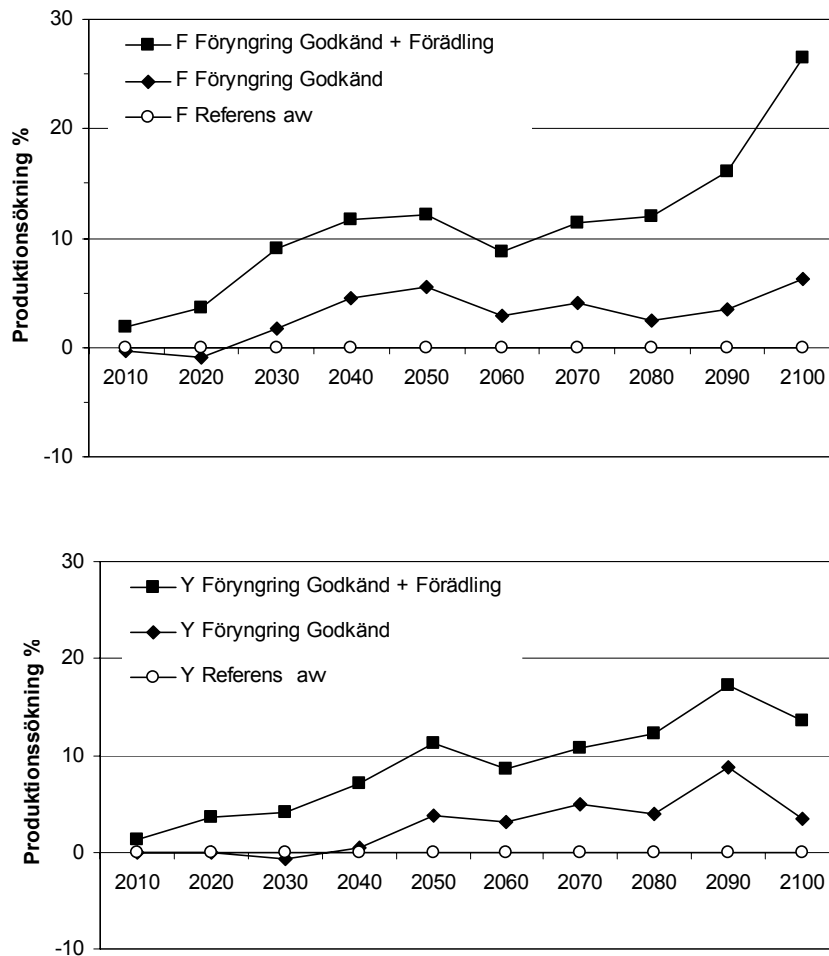
SAMMANLAGD ÖKAD VIRKESPRODUKTION – ANALYS OCH SLUTSATSER

Det är alltså stora avverkningskvantiteter som var och en av de produktionshöjande metoderna kan tillföra både på kort och på lång sikt. Viktiga frågor är:

- I vad mån kan metoderna kombineras?
- Hur säkra är beräkningarna?
- Vad blir naturvårdskonsekvenserna?
- Hur mycket kan tänkas bli förverkligat i praktiken för landet som helhet?

Sammanlagd produktionsökning

Produktionsscenarierna med föryngring och förädling är utformade så att den ena effekten läggs till den andra och effekterna är därmed adderbara (tabell 3, figur 7). Vi kalkylerar med att medeltalet för F och Y län är giltiga för Sverige. Till detta kan sedan även gödningseffekten adderas. Med ledning av beräkningarna tycks det inte vara möjligt att öka avverkningspotentialen genom gödning med hela 2 % med en engångsgödning. För att nå dit krävs att en del bestånd gödglas mer än en gång.



Figur 7. Årlig sammanlagd ökning av den uthålliga avverkningen genom föryngring för att uppnå lagens krav samt genom att använda förädlade plantor i F och Y län från 2005–2105 .

Med en maximal gödslingseffekt om ca 2 %, är den sammanlagda avverkningsökningen under hela 100-årsperioden av ”Godkänd Föryngring”, förädlade plantor (inklusive historisk plantering), och gödsling 12 % (tabell 8). Den ökar från 10 % period 2–5 till 16 % period 6–10. Vid Föryngring Intensiv med en målsättning som är högre än lagens krav ökar avverkningspotentialen ytterligare till 20 % (tabell 8). Om vi dessutom anammar resonemanget om möjligheterna till ytterligare förbättrade föryngring i tabell 4 ökar avverkningspotentialen till 22 % Den här redovisade ökningspotentialen i privatskogen är större än hos övriga ägare.

Tabell 8.

Sammanlagd framtida ökning av årlig avverkningspotential hos privata markägare när bra föryngring, förädling och gödsling kombineras. Medeltal för F och Y län för olika 10-årsperioder från tabell 3.

	Period		
	2-5 %	6-10 %	1-10 %
Föryngring Godkänd	2	4	3
Föryngring Intensiv	3	8	5
Förädling	6	10	7
Gödsling	2	2	2
Föryngring Godkänd + Förädling + Gödsling	10	17	12
Föryngring Intensiv + Förädling + Gödsling	11	20	14

Beräkningarnas säkerhet

Då det gäller de beräknade avverkningsökningarna vill vi understryka att de här redovisade resultaten inte är prognoser utan endast beräkningar utifrån givna förenklade förutsättningar. Det hade också varit önskvärt att studera ytterligare några län.

Liknande studier som denna har gjorts från tid till annan. Förädlingseffekter specialstuderades med HUGIN-systemet på 1980-talet av Hägglund (1983) och av Lindgren & Persson (1984). Resultaten är i paritet med de som presenterats här. Gödslingseffekter har ställts mot naturvårdsavsättningar och naturhänsyn av Pettersson (Pettersson, 1997) och senast i SKA 99 (Skogsstyrelsen, 2000). Vårt arbete liknar de analyser av produktionshöjande åtgärder som gjorts i SKA 99 men vi har haft ett bättre underlag för att studera förädlingseffekterna. I de skötselintensiva scenarierna i SKA 99 där samma metoder som här kombinerades kunde avverkningarna för landet som helhet på lång sikt ökas med 7–9 %, beroende på omfattningen av naturvårdsambitionerna. Våra resultat pekar på större avverkningspotentialer framför allt beroende på att möjligheten att förbättra föryngringarna är störst i privatskogen och därför att vi inkluderat effekten av förädlade plantor.

Det naturliga valet hade varit att även simulera gödslingseffekterna med HUGIN-systemet. För närvarande finns dock ett fel i systemet, varför vi gjorde den alternativa beräkningen. Med HUGIN-systemet kan man studera olika hushållningsstrategier. Eftersom vi i första hand var ute efter storleksordningar av hur avverkningarna kan öka och inte hur avverkningarna kan förskjutas i tiden är vår metod lika bra. I det komplexa HUGIN-systemet kan det uppkomma situationer då vissa parametrar interagerar på ett oväntat, ologiskt och därför oönskat sätt. Av denna anledning har det ibland visat sig svårt att renodla effekter av enskilda specifika skogliga åtgärder med hjälp av HUGIN-systemet.

Naturvårdseffekter

Är produktionsökningen i sig samt metoderna för att uppnå ökningen förenliga med uppsatta mål för naturvård? Alla produktionsscenarioer inkluderar den naturvårdsambition med avsättningar och generell naturvårdshänsyn som bedöms behövas för att nå målet med Levande skogar 2010. En analys av

Referensscenariot visar att skogstillståndet ändras mycket på 100 år men att de produktionshöjande åtgärderna har obetydliga effekter utöver dessa förändringar. Det gäller exempelvis för såväl arealen äldre skog, andelen lövskog som för virkesförrådet. Aldern vid föryngringsavverkning sänks över tiden och sänkningen är något större i förädlingsscenariot i Y län. Vi har inte analyserat naturvårdsindikatorer såsom gamla grova träd och död ved men eftersom naturvårdsavsättningar och miljöhänsyn är lika i alla scenarier finns inga skäl till att inslaget av dessa komponenter skulle förändras negativt av de studerade metoderna.

Särskilda **miljökonsekvensbeskrivningar** finns för klonskogsbruk (som är en extrem form av användning av förädlad material) (Sonesson m.fl., 2001) och för skogsgödsling (Westling & Nohrstedt, 1995; Högbom & Jacobson, 2002). Man kan dra slutsatsen att användning av förädlade plantor från fröplantager inte har några negativa naturvårdseffekter och att det finns anvisningar för att minimera de möjliga negativa effekterna av skogsgödsling. Den genetiska diversiteten hos träden själva beaktas i förädlings- och fröplantageprogram.

Det finns emellertid frågetecken. Negativa naturvårdseffekter uppkommer på träd- och beståndsnivå i ett intensivt skogsbruk genom att träden generellt är yngre och bestånden tätare. Det blir mindre utrymme för annan vegetation och fauna och mängden gammal ved minskar. Tätare föryngringar med mer barrträd och skogsgödsling ökar tätheten, medan förädlade träd i sig inte innebär tätare skogar men något kortare växttider. Det är dock små förändringar. I våra produktionsscenarioer kombineras också i viss mån flera produktionshöjande metoder på ett sätt som tidigare MKBer inte beaktat. Det finns därför skäl att närmare fundera kring de sammanlagda effekterna av långvarigt intensivt brukande på flora och fauna, på förutsättningarna för rennärning och på människans syn på skogen och hennes möjlighet till upplevelser.

Vi bedömer dock att eventuella effekter på natur och miljö av de här beskrivna scenarierna ändå inte är större än att de bör kunna motverkas med generell naturvårdshänsyn i bestånden i kombination med landskapsplanering där extensivt skötta och avsatta skogsbestånd ingår i landskapet. Det bör således gå att förena naturvård med intensifierad virkesproduktion enligt den svenska modellen.

Realiserbart?

I vad mån kan produktionshöjningarna komma till stånd? Vår bedömning sammanfattas i tabell 9.

Intensiv föryngring

För intensiv föryngring krävs stor aktivitet. Markberedning och plantering kostar 15–25 kr/m³sk och lönsamheten kan diskuteras men förädlingseffekterna förbättrar lönsamheten. Aktivitet drivs på av Skogsvårdslagens krav. Man kan förvänta en kampanj men det finns också krafter för kalhyggesfritt skogsbruk.

Förädlade plantor

Ökad användning av förädlade plantor är lätt att genomföra. De utgör huvudsortiment i plantskolorna. Kostnaden är 50 öre/m³sk, eller några öre extra per planta, vilket ger god lönsamhet. Men genetik är inte helt okontroversiellt. Nuvarande positiva attityd kan bytas mot negativ. Nya effektivare metoder för massförökning än fröplantager kan komma i bruk.

Gödsling

Skogsgödsling kräver stor aktivitet. Det kostar 100–150 kr/m³sk men ger genom den korta investeringstiden hög räntabilitet. Privatskogsbrukets struktur med många små fastigheter med var och en liten lämplig areal begränsar investeringsutrymmet och därmed både mertillväxten i kubikmeter och avkastningen i reda pengar.

Sammantagen avverkningsökning

Görs antagandet att de aktiva åtgärderna ”Intensiv Föryngring mm” och Gödsling utförs till 50 % kan de ge 5 respektive 1 % ökad produktion. Förädlings-effekten är beroende av föryngringseffekten. Dess nivå förutsätter att föryngringarna förbättras med 5 %, vilket de gör i detta antagande men all skog kommer inte att planteras med förädlade plantor och effekten av förädling reduceras därför till 8 %.

Tabell 9.

Möjliga ökade avverkningsmöjligheter i slutet av århundradet och i vad mån de kan realiseras.

Åtgärd	Ökad avverknings-	Realiserbar
	möjlighet	avverkningsökning
	%	%
Förbättrad föryngring (Rimlig nivå från tabell 4)	10	5
Förädlade plantor (Från tabell 8)	10	8
Gödsling (Från tabell 8)	2	1
Sammanlagt	22	14

Med dessa antaganden skulle avverkningarna på lång sikt sammanlagt kunna öka med 14 % eller 7 milj. m³sk per år inom privatskogsbruket. Det sammanlagda värdet när de direkta kostnaderna för respektive åtgärd dragits ifrån blir 1 725 milj. kr/år. För att förstå storleken på effekterna kan nämnas att ett genomsnittligt norrländskt köpsågverk förbrukar i storleksordningen 150 000 m³sk, en riktigt stor såg 700 000 och ett genomsnittligt massabruk 1 500 000 m³sk.

Tackord

Anders Lundström har gjort HUGIN-körningarna. Bo Karlsson har gjort den ekonomiska utredningen om förädlingsekonomin på beståndsnivå. Anders Karlsson gav idén om bonitetsanalysen. Björn Elfving, Göran Hallsby och Per Persson har givit värdefulla upplysningar om moderna föryngringsmetoder och tillväxteffekter. Svante Classon har ställt föryngringsstatistik till förfogande.

2. Røjning – produktionsmässiga, skötselmässiga och ekonomiska effekter

Folke Pettersson

SAMMANFATTNING

Røjning ger möjlighet till:

- Högre, men framför allt grövre och värdefullare gagnvirkesproduktion.
- Värdefullare trädslag och bättre trädkvalitet.
- Mindre avgångar p.g.a. trängsel, vind och snö.
- Frihet att välja gallringsprogram, gallringstidpunkt och gallringsstammar.
- Förutsättningar för att kunna utnyttja tillväxten hos förädlade plantor fullt ut.
- Förutsättningar för att i ett senare beståndsstadium kunna bedriva gödning med god ekonomi.
- Lägre avverkningskostnader per kubikmeter, framför allt i första gallring.
- Högre lönsamhet i skogsbruket i framtiden.

För att få största möjliga ekonomiska nytta är det viktigt att slutrøjning görs senast vid fem meters medelhöjd, samt att røjningen görs med kvalitet (1 800–2 500 stammar per hektar bör ställas kvar, beroende på bonitet och avsättningsläge).

INLEDNING

Inledningsvis redovisas effekter av røjning på beståndsutveckling, framtida skötsel, virkeskvalitet etc. Underlaget är framför allt hämtat från en tidigare rapport (Pettersson, 2001). Den ekonomiska effekterna av røjning på beståndsnivå belyses med några exempel från røjningsförsök och från en simulering. Avslutningsvis görs en grov totaluppskattning av røjningens lönsamhet i privatskogsbruket genom att jämföra två scenarier, ”dagens røjning” och ”optimal røjning”.

Med røjning avses i den här rapporten konventionell ungskogsrøjning. (Røjning i självföryngringar med tall, och där slutrøjning bör göras senast vid 5 meters medelhöjd samt lövrøjning i planteringar med tall eller gran. Dessa lövrøjningar utförs vanligtvis då barrträden är 2–3 m höga).

I dag finns en stor areal med eftersatta, äldre ungskogar som resultat av de starkt nedtonade røjningsinsatserna på 1990-talet. I rapporten behandlas översiktligt valet av åtgärds metod för dessa bestånd (konventionell första gallring med massavedsuttag eller helträdsuttag för energiändamål).

PRODUKTIONS- OCH SKÖTSELMÄSSIGA EFFEKTER

Røjning ger goda möjligheter att styra beståndsutvecklingen samt skapar frihet att välja skötselprogram

Røjning ger ökad diametertillväxt hos kvarvarande träd, ökad virkeskvalitet, mindre värdeförluster p.g.a. lägre naturlig avgång samt högre gagnvirkesproduktion. Genom røjning kan dessutom trädslagsblandningen regleras, så att de med hänsyn till ståndorten och produktionsinriktningen lämpligaste trädslagen

kan lämnas kvar. Man kan således i hög grad genom röjning styra virkesproduktionens sammansättning i framtiden. Alternativet att avstå från röjning ger bestånd med mindre värdefulla träslag och träd med sämre kvalitet. Det träslag som har snabbast ungdomstillväxt och de individer som är förväxande, ofta björk samt grovgreniga tallar och granar, överlever och bildar det framtida beståndet (se t.ex. Pettersson, 1996).

Friheten att välja skötselprogram blir generellt sett mycket större för välröjda bestånd än för oröjda. Detta gäller inte minst för första gallring beträffande tidpunkt, gallringsform och trädval. I ett dåligt röjt eller oskött bestånd blir man som regel från beståndsstabilitetssynpunkt tvingad att ställa kvar de grövsta träden, oavsett deras kvalitet (en hel del av dessa träd är förväxande s.k. vargar, som borde ha avlägsnats i röjning), se Pettersson (2001).

Röjning ger mindre avgångar och motståndskraftigare bestånd mot snö- och vindskador

I oröjda bestånd uppstår större självgallring p.g.a. trängseffekter än i röjda bestånd. Röjning resulterar i att de kvarstående träden redan från ett mycket tidigt stadium kan utbilda större och mer välförgrenade rotsystem, samt större och mer symmetriska kronor, jämfört med den utveckling som blir vid utebliven röjning. Detta ger positiva effekter på beståndsstabiliteten under hela omloppstiden. Utebliven röjning leder således till fler skador och större avgångar p.g.a. snö och vind. Risken för tillväxtnedsettande insektsskador är starkt kopplad till omfattningen av skador och avgångar, och denna risk är därför högre för oröjda bestånd än för röjda (se t.ex. Pettersson, 1996; 2001).

Röjning ger bättre virkeskvalitet

Allmänt

En sammanvägning av trädets alla olika yttre och inre egenskaper avgör virkeskvaliteten. Träddimensionen är också en viktig kvalitetsfaktor, framför allt för tall. Grövre träd ger ett högre gagnvirkesutbyte såväl som ett högre timmerutbyte per skogskubikmeter än klenare träd. För konstruktionstimmer gäller, att grövre stockar tål grövre kvistar bättre än vad klenare stockar gör. Genom ett bra stamval i röjning får man omedelbart en förbättring av beståndskvaliteten. Dessutom kommer en större andel av den framtida volymtillväxten i beståndet att avsättas på träd med bra kvalitet. Röjning förbättrar dessutom dimensionsutvecklingen i hög grad. Enligt flera försöksresultat tycks röjningens påverkan på densiteten hos tall eller gran vara mycket små och icke signifikanta (se t.ex. Pettersson, 2001).

Kvalitetsnedsättande fel

I dagens ungskogar med tall eller gran har ungefär vartannat träd någon form av kvalitetsnedsättande fel (sprötkvist, krök etc.). I älgskadade tallungskogar kan man räkna med att merparten av träden är behäftade med fel. Generellt sett är klenare träd mer utsatta för fel än grövre (Pettersson, 2001; 2003).

Vid röjning är det i första hand i självföryngringar i tall som man har god möjlighet att förbättra andelen barrträd utan fel. I denna beståndstyp handlar det om att röja bort tallar, och genom ett bra stamval erhålls en omedelbar förbättring av beståndskvaliteten. En väl utförd tallröjning skapar goda möjligheter att ytterligare kunna förbättra beståndskvaliteten i kommande gallringar.

Vid gallring i oröjda självföryngringar med tall har man däremot ytterst små möjligheter att välja gallringsträd. Man blir tvingad att bygga det framtida beståndet på de grövre träden, vilka ofta utgörs av förväxande ”vargar”. Utebliven röjning i självföryngringar med tall leder således till avsevärt lägre produktion av virke med bra kvalitet (Pettersson, 2001).

Vid lövröjning i tall- eller granplanteringar erhålls ingen omedelbar förbättring av andelen barrträd utan fel (normalt sett röjer man ju inte bort planterade träd). Det är dock viktigt att utföra bra lövröjning för att skapa förutsättningar för att kunna göra ett bra val av barrträd vid gallring.

I oröjda tallplanteringar med stort björkinslag blir avgången av de planterade tallarna i regel hög fram till första gallringsstadiet, (vilket bl.a. ger omedelbara förluster på nedlagda planteringskostnader), se tabell 1 där ett exempel med tall på hög bonitet redovisas. Vid gallring blir man hänvisad att lämna kvar de tallar som kan bedömas vara utvecklingsbara (vilket oftast handlar om de grova tallar som når upp i björkarnas krontak) samt ställa kvar de björkar som har bäst utvecklade krona. Efter gallring kommer beståndet således att bestå av en mindre volym med tall av dålig kvalitet samt en större volym med björk, även den med dålig kvalitet. Försummad lövröjning i tallplanteringar ger generellt sett mycket negativa effekter på produktionen av kvalitetsvirke, samt även på den totala produktionen av tallvirke.

Tabell 1.

Tallplantering med självföryngrad björk, försök i Kratte Masugn. Tillväxtdata redovisade av Arne Albrektson, SLU, vid skötselseminarier för Mellanskog i Öster Malma våren 1998 samt i antologin Forskning för familjeskogsbruk (LRF Skogsägarna, 1999). Ståndortsindex T 29, plantering 2000 tallar/ha år 1968, lövröjning år 1973.

		RÖJT	ORÖJT
Tillstånd före gallring år 1996:	Stamantal per hektar:		
	tallar (andel)	1 640 (82 %)	1 000 (33 %)
	granar (andel)	120 (6 %)	200 (7 %)
	lövträd (andel)	260 (12%)	1 820 (60 %)
	Totalt	2 020	3 020
	Volym, m ³ sk/ha:		
	tallar (andel)	184 (87 %)	80 (40 %)
	granar (andel)	4 (2 %)	7 (4 %)
	lövträd (andel)	25 (11 %)	111 (56 %)
	Totalt	213	198
Gallringsuttag år 1996:	Uttag, m ³ sk/ha	79	63
	Uttag, m ³ fub/ha	62	46
	Diameter i uttag, Dg, cm	14,9	10
Priser och kostnader i 2004 års nivå:	Virkespris, kr/m ³ fub (för röjning blir det ett visst klenimmeruttag)	270	230
	Avv.kostnad, kr/m ³ fub	160	290
	Röjningskostnad, kr/ha (tidigt utförd lövröjning)	2 000	0
Ökat netto vid första gallring:	Netto vid gallring, kr/ha	6 820	-2 760
	Ökat netto/ha p.g.a. röjning, kr/ha	9 580	
Diskontering till röjnings-tidpunkt, 23 år:	Nuvärde av ökat netto/ha, 2 % ränta	6 075	
	Nuvärde av ökat netto/ha, 3 % ränta	4 854	
	Avgår röjningskostnad, kr/ha	2 000	
Vinst av nedlagda röjnings-kostnader t.o.m. förstagallr.	2 % räntekrav, kr/ha	4 075	
	3 % räntekrav, kr/ha	2 854	

I oröjda granplanteringar med stort björkinslag överlever de flesta granarna som regel. Den negativa påverkan på produktionen av kvalitetsvirke torde därför vara betydligt mindre än i tallalternativen. Tillväxten på granen blir dock starkt hämmad, vilket leder till att en markant förlängning av omloppstiden måste göras för att uppnå samma granproduktion och dimensioner som i det röjda alternativet. Ett stort uttag av björk måste göras långt innan dess att granen blir gallringsmogen.

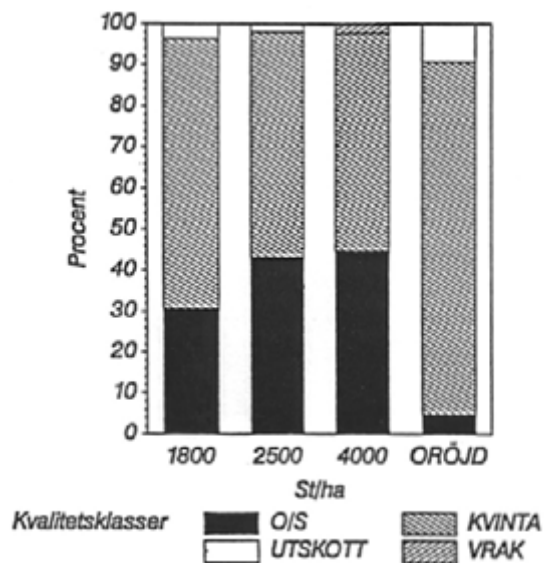
Kvistkvalitet

Kvistgrovleken har mindre betydelse för granen än för tallen vid bedömningen av sågtimmerkvaliteten. Lyckade granplanteringar bedöms kunna ge virke med god sågtimmerkvalitet (se t.ex. Pettersson, 1996). För tall har hög stamtäthet och god jämnhet i den tidiga ungskogsfasen stor positiv påverkan på kvistegen-skaperna och kvisttjockleken (Pettersson, 1996; 2001). Den bästa förutsätt-

ningen för att producera högklassigt tallvirke finns således för lyckade självföryngringar. I sådana ungskogsbestånd bör slutröjning utföras sent, vid 4–5 meters medelhöjd då den blivande rotstocken är kvalitetsdanad. Beträffande planterad tall finns det tydliga indikationer på att virkeskvaliteten inte behöver bli så dålig som man tidigare befarat, under förutsättning att man gör ett bra stamval vid gallring. Även i planterade tallbestånd finns det en hel del träd med tillfredsställande bra kvistegenskaper (Pettersson, 2001).

Exempel på kvalitetsutfall i gallringsuttag vid andra gallring i självföryngrad tall

I ett SLU-försök i tall med ”lagom” sent utförd slutröjning (tabell 2) uttogs vid andra gallring rotstockar från samtliga utgallrade träd men en brösthöjdsdiameter av minst 13 cm till provsågning. Kvaliteten var dålig på stockarna från de oröjda ytorna, men överlag bra på de röjda ytorna, framför allt på röjningsytorna till 2 500 och 4 000 stammar per hektar (figur 1). Observera att ytan med 1 800 stammar saknar upprepning. Efter röjningen noterades att denna yta hade drabbats av skador av tallbarkstinkflyet i sådan omfattning att tillväxten hade påverkats negativt. Tillväxtnedsättningen på ytan måste ha varit stor och långvarig att döma av presenterade data rörande totalproduktionen (tabell 2).



Figur 1. Kvalitetsutfall för rotstockar från andra gallring i SLU-försöket 971 Färila (tall) med olika röjningsbehandlingar. Figuren visar fördelningen av sågat virke på kvalitetsklasser vid den exportsortering som gällde 1990. Längd av kvalitetsklass i procent av total längd per behandling. Från N. Pettersson (1990).

Tabell 2.

Röjnings- och gallringsdata från SLU-försök 971 Färila. Data presenterade i en sammanställning, "Volymproduktion och kvalitetsutveckling efter sen röjning", till exkursion nr 10 vid den Nordiska skogsunionens kongress 1990, författare Nils Pettersson, SLU, Institutionen för skogsproduktion. Försöket anlades 1957 i ett tätt, självföryngrat tallbestånd med medelhöjd 4,5 – 5 meter och ståndortsindex på T 25,7.

	Oröjt	Röjning, 4 000 st/ha	Röjning, 2 500 st/ha	Röjning, 1 800 st/ha
Antal ytor	2	2	2	1
Röjningsår		1957	1957	1960
Stamantal per hektar efter gallring 1975	1 740	1 590	1 350	Ej gallrat 1975
Medeldiameter på utgallrade träd 1989, cm	12,3	13	14,9	13,2
Antal 4 m rotstockar med minst 13 cm i brh	19	18	28	15 (obs 1 yta)
Medeldiameter i topp ub cm på rotstockar	12,2	13,1	13,2	12,1
Rotstockar, i topp ub cm, min, max	10, 20	11, 20	11, 20	10, 17
Medeldiameter, kvarvara- de bestånd efter gallring år 1989, cm	17,1	17,4	19	15,5
Totalproduktion fram t.o.m. 1989, m ³ sk/ha	287	310,5	326	230

Genom att multiplicera det procentuella O/S-utbytet (figur 1) med den totala sågtimmerlängden (= antalet rotstockar, tabell 2) erhöles kvantiteten O/S-virke i gallringsuttaget. Denna kvantitet blev drygt 50 % högre för ytorna med röjning till 2 500 stammar per hektar än för ytorna med 4 000 stammar, eftersom antalet rotstockar var 28 respektive 18. Mängden O/S-virke blev trots de inträffade insektsskadorna större för röjning till 1 800 stammar än för röjning till 4 000 stammar. Det drygt 10-procentigt lägre O/S-utfallet för 1 800 stammar kompensades mer än väl av antalet rotstockar, 15 st från den enda ytan med 1 800 stammar mot 18 st från de två ytorna (d.v.s. 9 st i genomsnitt) med 4 000 stammar.

Det här försöket visar tydligt, att utebliven röjning är negativ för virkeskvaliteten. För detta försök kan man på basis av redovisad medeldiameter efter gallring samt totalproduktion t.o.m. 1989 (tabell 2) göra bedömningen att den högsta timmerproduktionen, och dessutom med de grövsta stockdimensionerna, kommer att erhållas på ytorna med röjning till 2 500 stammar. Principiellt bör man vid slutröjning i självföryngringar i tall ställa kvar ett begränsat antal träd, t.ex. 1 800–2 200 stammar per hektar beroende på bonitet. Det är tillräckligt att ha 800–1 000 utvecklingsbara tallar med god kvalitet efter slut-

röjning för att bedriva skötsel med inriktning på produktion av högkvalitativt tallvirke (Pettersson, 2001). Att lämna kvar ett stort antal stammar som t.ex. 4 000 per hektar leder till att en betydande del av volymtillväxten avsätts på många kvalitetsmässigt sett dåliga träd. Diametertillväxten blir lägre, vilket missgynnar viktiga faktorer som övervallning av kvistar och produktionen av grova träd. En annan viktig aspekt från kvalitetssynpunkt är att man vid första gallring har en mindre frihet beträffande stamvalet i svagt röjda bestånd än i välröjda (Pettersson, 2001).

Röjning är viktigt i ett skogsbruk med produktionshöjande åtgärder

I ett produktionsinriktat skogsbruk med plantering av högförädlade och snabbväxande plantor är det viktigt att utföra röjning av självföryngrade löv- och barrträd. Detta för att kunna nyttiggöra den högre tillväxten hos de förädlade plantorna fullt ut. Genom röjning skapar man också förutsättningar för att kunna bedriva skogsgödsling med bra tillväxteffekter och god ekonomi när bestånden blir äldre.

EKONOMISKA EFFEKTER

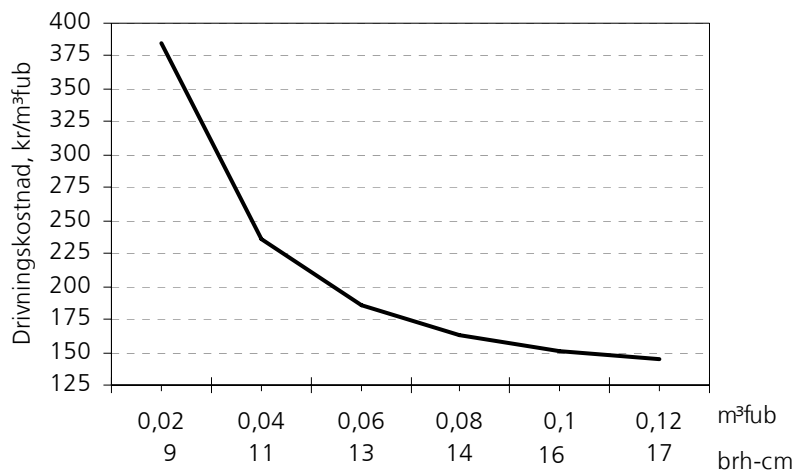
Röjning är en lönsam investering

Röjning betraktas i skattesammanhang som en avdragsgill driftskostnad, men åtgärden är framför allt en viktig investering för ett lönsamt skogsbruk i framtiden. Redan vid första gallringen får man vanligen tillbaka röjningskostnaden (2 000–4 000 kr/ha) med god ränta därtill, se t.ex. resultaten från SLU-försöket i Kratte Masugn (tabell 1). Det betydligt bättre ekonomiska resultatet i välröjda bestånd än i oröjda vid första gallring, beror främst på avsevärt lägre avverkningsskostnader per kubikmeter. Även i välröjda bestånd utgör massavedsträd en mycket stor andel av uttaget. De stora ekonomiska röjningsvinsterna av grövre och värdefullare virke utfaller vid senare gallringar och framför allt vid slutavverkning.

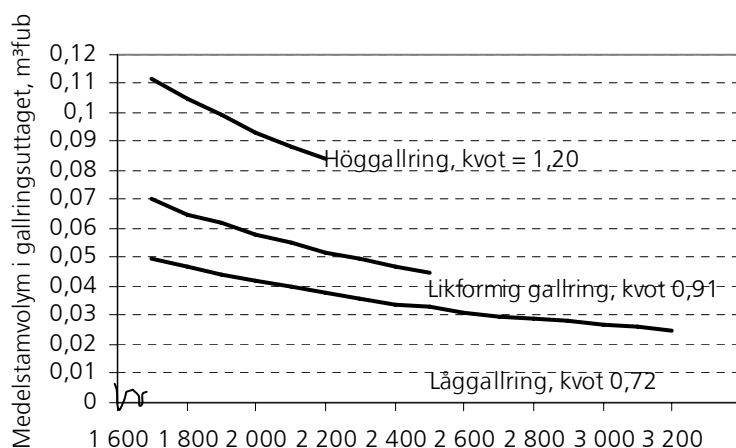
Drivningskostnaden per kubikmeter ökar med minskade medelstamvolym i uttaget. Denna ökning är särskilt kraftig med sjunkande brösthöjdsdiameter i intervallet från 13 cm till 8 cm på bark (figur 2). Medelstamvolymen i första gallringsuttaget blir generellt sett betydligt högre i välröjda bestånd än i oröjda. Detta beror dels på att lämplig gallringstidpunkt uppkommer vid en högre beståndsålder och medelhöjd (vilket i sig ger en högre medelstamvolym vid givet stamantal), dels som en direkt effekt av det avsevärt lägre stamantalet (Pettersson, 2003).

I oröjda eller svagt röjda bestånd med stamantal över 2 500 per hektar behöver man sannolikt utföra gallring senast vid 12–13 meters medelhöjd, och detta i form av låggallring. Även om man kan vänta så länge med hänsyn till skador, självgallring etc. blir drivningskostnaden per kubikmeter så hög att det med dagens massavedspriser blir mer eller mindre höga nettokostnader för gallring (figur 2 och 3). Med ett massavedspris på 250 kr per m³fub, samt inga tillkommande prisavdrag för vidaretransport, går gränsen vid ca 2 500 stammar per hektar före gallring för att kunna erhålla ett positivt gallringsnetto. Om massavedspriserna sjunker så flyttas den här stamantalsgränsen nedåt i riktning mot 2000. Skogsägarnas benägenhet att utföra gallring är sannolikt till viss del beroende på ekonomin av åtgärden, d.v.s. om det blir ett netto eller ej. Ordentligt

utförd röjning är därför också en viktig åtgärd för att bana väg för hög aktivitet i skogsvårdande första gallring i framtiden.



Figur 2. Drivningskostnadens beroende av medelstamvolmen i uttaget. Förutsättningarna är en kostnad på 720 kr per G₁₅-timme för skördare samt en skotningskostnad på 55 kr/m³fub. Från Pettersson (2003).



Figur 3. Sambandet mellan medelstamvolmen i gallringsuttaget och stamantalet per hektar före gallring vid beståndsmedelhöjden 12,5 m. Från Pettersson (2003).

Röjningens effekter på virkesuttagen och ekonomin i senare gallring och slutavverkning, kan belysas med hjälp av en produktionssimulering med tall utförd med Hugin-systemets beräkningsrutiner (tabell 3–5). Vid andra gallring och slutavverkning utfaller betydligt mer, och dessutom avsevärt grövre timmer i de bägge röjningsalternativen än i det oröjda alternativet (tabell 4). Detta resulterar i betydligt högre virkesvärden samt lägre avverkningskostnader, vilket ger stora röjningsvinster, framför allt vid slutavverkning (tabell 4–5).

Tabell 3.

Resultat från produktionssimulering i naturligt förnygrad tall, utförd av Kenneth Nyström, SLU, i samband med arbetet SKA 99. Ståndortsindex motsvarande T 24. Tre röjningsbehandlingar. Oröjt samt Röjning 1 till 3 500 respektive Röjning 2 till 2 300 stammar per hektar.

N = antal stammar/ha, G = grundyta, m²/ha, V = volym, m³sk/ha, Vm = medelstam i volym, dm³sk, D = grundytamedelstammens diameter, cm.

Vid röjning ca 3 m medelhöjd:										
	Före röjning					Efter röjning				
	N	G	V	Vm	D	N	G	V	Vm	D
Oröjt	6 100	5	16,4							
Röjning 1	5 900	4,9	16			3 500	2,9	9,2		
Röjning 2	6 100	5,1	16,5			2 300	1,9	6		
Vid första gallring, beståndsålder 30 år:										
	Före första gallring					Efter första gallring				
	N	G	V	Vm	D	N	G	V	Vm	D
Oröjt	5 537	31,6	153	28	8,5	3 599	20,6	99	28	8,5
Röjning 1	3 170	27,1	138	43	10,4	2 060	17,6	90	43	10,4
Röjning 2	2 044	21,7	111	54	11,6	1 329	14,1	72	54	11,6
	Före andra gallring					Efter andra gallring				
	N	G	V	Vm	D	N	G	V	Vm	D
Oröjt	2 851	42,6	290	102	13,8	1 853	27,7	189	102	13,8
Röjning 1	1 680	40,5	303	180	17,5	1 092	26,3	197	180	17,5
Röjning 2	1 121	36,2	283	253	20,2	729	23,5	184	253	20,2
Vid slutavverkning, beståndsålder 80 år:										
	N	G	V	Vm	D					
Oröjt	1 532	44,8	364	237	19,3					
Röjning 1	931	41,6	367	394	23,8					
Röjning 2	653	38,1	349	534	27,3					
Virkesuttag, första gallring:										
	N	G	V	Vm	D					
Oröjt	1 978	11	54	28	8,4					
Röjning 1	1 110	9,5	48	43	10,4					
Röjning 2	715	7,6	39	54	11,6					
Virkesuttag, andra gallring:										
	N	G	V	Vm	D					
Oröjt	998	14,9	101	102	13,8					
Röjning 1	588	14,2	106	180	17,5					
Röjning 2	392	12,7	99	253	20,2					
Virkesuttag, förnygringsavverkning:										
	N	G	V	Vm	D					
Oröjt	1 532	44,8	364	237	19,3					
Röjning 1	931	41,6	367	394	23,8					
Röjning 2	653	38,1	349	534	27,3					

Vinsten av nedlagda röjningskostnader blir betydligt högre för ordentligt utförd röjning (Röjning 2) än för svagt utförd röjning (Röjning 1), se tabell 5. Detta som ett resultat av det större utfallet av grövre, och bl.a. därigenom kvalitetsmässigt sett något bättre, timmerstockar i det välröjda alternativet. Vidare kan noteras, att den svagare röjningen ger nettokostnader i första gallring (tabell 4).

Tabell 4.

Ekonomisk kalkyl på basis av resultaten från produktionssimuleringarna i tabell 3.

	Ekonomisk kalkyl:														Skillnad mot oröjt, kr/ha
	Virkesuttag, första gallring:				Medelstam,		Timmer,	Massaved	Pris	Pris	Virkes-	Drivnings-	Drivnings-	Netto,	
	stam/ha	m ² /ha	m ³ sk/ha	m ³ fub/ha	dm ³ sk	cm pb	m ³ fub	m ³ fub	kr/m ³ fub	k/m ³ fub	intäkt, kr/ha	kostnad, kr/m ³ fub	kostnad, kr/ha	kr/ha	
Oröjt	1 978	11	54	25	28	8,4	0	25	330	230	5 800	400	12 500*	-6 700	
Röjning 1	1 110	9,5	48	31,5	43	10,4	3	28,5	330	230	7 600	290	9 100	-1 500	5 200
Röjning 2	715	7,6	39	27,4	54	11,6	5,5	21,9	330	230	6 900	220	6 000	900	7 300
	Virkesuttag, andra gallring:				Medelstam,										
	stam/ha	m ² /ha	m ³ sk/ha	m ³ fub/ha	dm ³ sk	cm pb									
Oröjt	998	14,9	101	80,4	102	13,8	32,4	48	360	230	22 700	143	11 500	11 200	
Röjning 1	588	14,2	106	87,6	180	17,5	53,3	34,3	400	230	29 200	109	9 500	19 700	8 500
Röjning 2	392	12,7	99	82,5	253	20,2	57,8	24,7	440	230	31 100	99	8 100	23 000	11 800
	Virkesuttag, slutavverkning:				Medelstam,										
	stam/ha	m ² /ha	m ³ sk/ha	m ³ fub/ha	dm ³ sk	cm pb									
Oröjt	1 532	44,8	364	293,2	237	19,3	208,7	84,5	420	230	107 000	79	23 200	83 800	
Röjning 1	931	41,6	367	305	394	23,8	251	54	500	230	137 900	65	19 800	118 100	34 300
Röjning 2	653	38,1	349	294,6	534	27,3	254,9	39,7	560	230	152 000	60	17 700	134 300	50 500

*Inklusive en kostnad på 1 500 kr/ha för underväxtröjning

Röjningskostnad, Röjning 1 = 2 200 kr/ha, Röjning 2 = 2 600 kr/ha

Skotningskostnad per m³fub: 1:a gallring 55 kr, 2:a gallring 45 kr, slutavverkning 30 kr

Kalkylhjälpmedel: Tidsåtgångsfunktioner för röjning, gallring, slutavverkning framtagna av Skogforsk, datorprogrammet "Utbyte" från Skogforsk, bl. a. innehållande Ollas utbytesfunktioner, aktuella virkesprislister med hänsyn till 20–40 kr ökning per m³to för varje diameterökning på 1 cm inom samma kvalitetsklass.

Gagnvirkesproduktion under 80 år:

	Timmer, m ³ fub/ha	Massaved, m ³ fub/ha	Totalt, m ³ fub/ha
Oröjt	241,1	157,5	398,6
Röjning 1	307,3	116,8	424,1
Röjning 2	318,2	86,3	404,5

Tabell 5.

Nuvärdesberäkning av vinster på nedlagda röjningskostnader på basis av exemplet i tabell 3–4. Diskontering med 2 respektive 3 % real ränta av framtida merintäkter i avverkningar (år 30, 55 och 80) till röjningstidpunkten år 15 (= nuvärdet).

Nuvärde av röjningsinsats, 0 % ränta:

	Nuvärde 1:a gallr. kr/ha	Nuvärde 2:a gallr. kr/ha	Nuvärde Slutavv. kr/ha	Avgår röjnings- kostnad, kr/ha	Vinst av röjning, nuvärde, kr/ha
Röjning 1	5 200	8 500	34 300	2 200	45 800
Röjning 2	7 300	11 800	50 500	2 600	67 000

Nuvärde av röjningsinsats, 2 % real ränta:

	Nuvärde 1:a gallr. kr/ha	Nuvärde 2:a gallr. kr/ha	Nuvärde Slutavv. kr/ha	Avgår röjnings- kostnad, kr/ha	Vinst av röjning, nuvärde, kr/ha
Röjning 1	3 870	3 850	9 470	2 200	14 990
Röjning 2	5 430	5 350	13 940	2 600	22 120

Nuvärde av röjningsinsats, 3 % real ränta:

	Nuvärde 1:a gallr. kr/ha	Nuvärde 2:a gallr. kr/ha	Nuvärde Slutavv. kr/ha	Avgår röjnings- kostnad, kr/ha	Vinst av röjning, nuvärde, kr/ha
Röjning 1	3 340	2 610	5 010	2 200	8 760
Röjning 2	4 690	3 630	7 380	2 600	13 100

I produktionssimuleringen beräknades gagnvirkesproduktionen bli något högre för de röjda alternativen. Gagnvirkesproduktionens sammansättning uppvisar dock stora skillnader, eftersom kvantiteten timmer, samt grovleken på timret, blev avsevärt större för de röjda alternativen (tabell 4).

Det finns många osäkerhetsfaktorer i sådana här långsiktiga kalkyler, t.ex. virkesprisernas och avverkningskostnadernas utveckling i framtiden. Det är inte helt realistiskt att använda samma avverkningstidpunkter för de olika röjningsbehandlingarna, såsom nu gjordes. Svagt utförd eller utebliven röjning leder i riktning mot senare slutavverkningstidpunkt, och även mot ett extra gallringsingrepp. De beräknade skillnaderna i ekonomiskt utfall är dock så pass stora mellan beräkningsalternativen, att man kan påstå att även denna kalkyl visar på röjningens goda lönsamhet.

I en del eftersatta ungskogsbestånd uttas i dag hela träd för energiändamål. Detta är ett område som ständigt utvecklas. I eftersatta bestånd är således skörd av hela träd ett alternativ till konventionell första gallring med massavedsuttag. Vilken av metoderna som man bör välja i eftersatta bestånd varierar sannolikt från fall till fall, beroende på aktuellt flispris, transportavstånd, massavedspris etc. Vid jämförelsen mellan metoderna måste man väga in de tillväxtförluster som helträdsuttaget medför (Pettersson, 2001). Det övergripande målet måste vara att inte hamna i denna beslutssituation att välja första gallringsmetod, med andra ord att man ser till att röja sina ungskogar i rätt tid.

Överslagskalkyl för Privatskogsbruket

En överslagskalkyl på ekonomiska vinster av röjning utarbetades i syfte att belysa röjningens betydelse i ett större perspektiv för privatskogsbruket i landet (tabell 6). Härvid studerades två röjningsprogram, ”dagens röjning och ”optimal röjning”.

Dagens röjning: Som utgångspunkt användes det röjningsprogram som tillämpades i scenariot ”90-talets skogsbruk” i SKA 99 och i avverkningsberäkningarna SKA 03. Röjningsprogrammet i SKA-beräkningarna modifierades på två punkter dels utökades röjningsarealen från 52 till 60 % av den slutavverkade arealen, dels antogs att röjningarna numera utförs bra (1 800–2 500 stammar per hektar efter röjning) på 20 % av röjningsarealen. Bakgrunden till dessa förändringar var den förbättring i röjningsaktiviteterna som kunnat skönjas i röjningsstatistik under senare år.

Optimal röjning: För röjningsprogrammet användes det röjningsprogram som tillämpades i scenariot ”90-talets skogsbruk med högre röjningsambitioner” i SKA 99.

För beräkningen av röjningsvinsten i tall användes den produktionssimulering och de ekonomiska kalkyler som redovisades i tabell 3–5. Den ekonomiska vinsten för dagens röjning i tall antogs generellt sett bli lika stor som för Röjning 1 i produktionssimuleringen (tabell 5). Vinsten för optimal röjning i tall antogs generellt sett bli som den för Röjning 2 (tabell 5). Produktionssimuleringen är utförd för ståndortsindex T24, alltså en ganska genomsnittlig bonitet i dagens ungskogar. Detta innebär att de använda röjningsvinsterna kan fungera som rimliga medeltal i kalkylen för tall. Röjningsvinsten i gran kan förväntas bli lägre än i tall, såsom tidigare redogjorts för. I den här presenterade kalkylen antogs röjningsvinsten i gran generellt sett bli 60 % av den i tall (tabell 6). Denna kalkylförutsättning grundar sig helt på en subjektiv bedömning. Osäkerheten i beräkningarna är därför ännu större för gran än för tall.

För privatskogsbruket skulle en övergång från dagens röjning till optimal röjning ge en total vinstökning med ca 2 100 milj. kr årligen, från 2 148 till 4 548 milj. kr. Vid 2 % real ränta är nuvärdsvinsten ca 700 milj. kr årligen, från 786 till 1 488 milj. kr årligen (tabell 6).

De beräknade röjningsvinsterna kan givetvis vara behäftade med över- eller underskattningar. Detta beror bl.a. på att beräkningsförutsättningarna kan vara felaktiga, och på att de skogliga förutsättningarna i framtiden, såsom virkespriser, avverkningskostnader etc. är okända. Kalkylen bygger på att första gallring utförs vid lämplig tidpunkt och i full omfattning, såväl för referensalternativet utan röjning som för de två röjningsprogrammen. Det är realistiskt att tro, att en viss andel av bestånden i ett skogsbruk utan röjningsinsatser inte blir gallrade i lämplig tid, eller t.o.m. inte alls p.g.a. höga åtgärds-kostnader. Detta leder i så fall till att röjningsvinsterna kan vara underskattade.

Beträffande de båda röjningsprogrammen torde benägenheten att utföra första gallring i lämplig tid och omfattning vara lägre för ”dagens röjning”. Detta p.g.a. att gallringar i stamtäta bestånd i bästa fall ger mycket små, men oftast negativa netton, med de förutsättningar som gäller i dag. Skillnaden i lönsamhet mellan röjningsprogrammen, till förmån för ”optimal röjning”, kan därför vara underskattad i kalkylen.

Tabell 6.

Överslagskalkyl på ekonomiska effekter av olika röjningsprogram för hela privatskogsbruket i Sverige.

Förutsättningar:

Årlig slutavverkningsareal = 100 000 ha

Dagens röjning = 60 % (= 60 000 ha) av slutavverkningsarealen röjs, hälften i tall och hälften i gran.

I dagens röjningar antas svag röjning (3 200–4 700 st/ha) utföras på 80 % av arealen, på resterande areal antas röjningarna utföras bra (1 800–2 500 st/ha).

Optimal röjning = 85 % (85 000 ha) av slutavverkningsarealen röjs, hälften i tall och hälften i gran.

Samtliga röjningar utförs bra (1 800–2 500 st/ha).

Resultaten från produktionssimuleringen redovisad i tabell 3–5 antas gälla generellt för röjningar i tall.

Röjningsvinsten i gran antas vara generellt sett 60 % av den i tall.

Röjningskostnaden antas vara 2 200 kr/ha i genomsnitt för dagens röjning och 3 800 kr/ha för optimal röjning (en stor andel av bestånden röjs två gånger).

Vinst av nedlagda röjningskostnader, nuvärde, 2 % real ränta respektive 0 % ränta (från tabell 5):

	2 % ränta	0 % ränta
Tall, svag röjning, kr per ha	15 000	46 000
Tall, bra röjning, kr per ha	22 000	67 000
Gran, svag röjning, kr per ha	9 000	28 000
Gran, bra röjning, kr per ha	13 000	40 000

Kalkyl för privatskogsbruket i Sverige:

	Dagens röjning, 2 % ränta	Optimal röjning, 2 % ränta	Dagens röjning, 0 % ränta	Optimal röjning, 0 % ränta
Röjd areal, ha				
Tall - svag	24 000	0	24 000	0
Tall - bra	6 000	42 500	6 000	42 500
Gran - svag	24 000	0	24 000	0
Gran - bra	6 000	42 500	6 000	42 500
Totalt röjd areal, ha	60 000	85 000	60 000	85 000
Röjningskostnader				
Röjningskostnad, kr per ha	2 200	3 800	2 200	3 800
Röjningskostnad, milj. kr per år	132	323	132	323
Värde av röjning, nuvärde milj. kr/år				
Tall-svag	360	0	1 104	0
Tall-bra	132	935	402	2 848
Gran-svag	216	0	672	0
Gran-bra	78	553	240	1 700
Total vinst, nuvärde av röjning, milj. kr per år	786	1 488	2 418	4 548

Även om man skulle lägga in stora säkerhetsmarginaler i beräkningsresultaten, så visar kalkylen föga förvånande på att lönsamheten av röjning är mycket god. Detta överensstämmer med alla de erfarenheter kring röjning som byggts upp under årens lopp, t.ex. från äldre röjningsförsök att röjningskostnaden har betalats tillbaka med god ränta därtill redan vid första gallring (se tabell 1). Kal-

kylan visar dessutom på att man har mycket att vinna genom att utföra ”optimal röjning”, d.v.s. att man utför bra engångsröjning eller slutröjning till ett begränsat kvarstående stamantal (1 800–2 500 stammar per hektar).

Lönsamheten i privatskogsbruket i framtiden kan således kraftigt förbättras genom en intensifiering av röjningen, både vad gäller röjd areal och röjningsstyrka. En befogad fråga i sammanhanget är varför röjningsaktiviteterna varit så pass låga under det senaste decenniet, mot bakgrund av åtgärdens stora betydelse och höga lönsamhet. Det finns förmodligen ett flertal olika förklaringar till detta beteende. Hos en hel del skogsägare handlar det troligen om bristande kunskaper. Genom utökade informationsinsatser till privata skogsägare, och kanske främst riktade insatser mot skogsägare som har oröjda ungskogar, bör röjningsaktiviteterna kunna öka. En annan åtgärd som förmodligen skulle vara verksam, är om skogsinspektorn tar upp och diskuterar röjning och röjningsbehov med skogsägaren i samband med kontraktering av avverkningsuppdrag. För den ej självverksamme skogsägaren bör det ju vara som lättast att ta beslut om att genomföra röjning i samband med att denne får en avverkningslikvid.

3. Minskade produktionsförluster genom åtgärder mot skadegörare

INLEDNING

Flera tusen arter av djur, växter och svampar utnyttjar levande träd som födoresurs eller boplats. Endast några tiotal av dessa kan orsaka ekonomiska förluster för skogsägaren i form av tillväxtförluster, kvalitetsförluster eller tr addedöd. De flesta skadegörande arterna finns bland svampar och insekter. För dessa organismer med korta generationstider och höga förökningspotentialer kan stora skador plötsligt och oväntat dyka upp om levnadsvillkoren för arten blir särskilt gynnsamma. Välkända sådana ”utbrottsarter” är t.ex.

granbarkborren bland insekterna och ”Gremmeniella” bland svamparna. Dessa utbrottsarter kan drabba den enskilda skogsägaren hårt men det finns mycket små möjligheter att förhindra sådana utbrott eftersom de nästan alltid styrs av klimatiska faktorer som vi inte kan kontrollera. Därför behandlar denna rapport endast s.k. kroniska skadegörare, d.v.s. arter som orsakar betydande skador varje år. De skadegörare som behandlas är snytbagge, rotticka samt älg och rådjur.

Orsaken till att några få arter kommit att bli kroniska skadegörare kan hänga samman med vårt sätt att sköta och förvalta skogen. Så har snytbaggen kommit att bli en kronisk skadegörare för att trakthyggesbruket kontinuerligt förser arten med förökningsplatser (stubbar) och mat (plantor) på samma plats. Rottickans spridning gynnas t.ex. av intensiva skogsskötselprogram i granskog där avverkning sker under vegetationsperioden. Skador orsakade av hjortdjur är generellt kroniska, även om det kan vara stora årsmånsvariationer i skadenivåer. Det moderna skogsbruket har skapat en god bas för att hålla starka stammar av hjortdjur, och denna potential har realiserats, framför allt inom älgförvaltningen. Därmed kan skadorna bli kroniska på en relativt hög nivå.

Motåtgärder mot skadegörarna finns men av olika skäl har det varit svårt att få till stånd effektiva motåtgärder. För snytbaggens del rör det sig om insekticidbehandlingens vara eller inte vara. För rottickan är det frågan om att skyddsbehandla stubbar i gallring och slutavverkning. Nivån på skador orsakade av vilt påverkas av vilttätheter, skogstillståndet och miljöfaktorer, som t.ex. väder. Minskning av vilttätheter eller biotopförändringar i syfte att skapa foder eller styra viltet kan alltså påverka skadenivån. I dag är jakten den viktigaste metoden för att reducera skadenivåerna, men man kan märka ett ökande intresse för alternativa metoder.

Vi har för varje skadegörare försökt skatta ekonomiska konsekvenserna av skadorna. För snytbaggens del har vi utnyttjat Skogsstyrelsens rapport om konsekvenser av ett perimetrinförbud (Anon. 2003). För rottickan har vi räknat på hur rottrötan utvecklas i ett par typbestånd givet olika behandlingar. Det finns få systematiska studier av de intäkter, förluster och kostnader som är förknippade med viltet och dess skador på skog och gröda. Vad gäller de ekonomiska konsekvenserna av skogsskador orsakade av älg så har vi använt en nyligen gjord beräkning från Skogforsk (Glöde m.fl., 2004).

3.1 Skador av insekter särskilt snytbagge

Jan Weslien

INLEDNING

Diverse skadeinsekter utgör ett potentiellt hot mot växande skog i alla åldersklasser. Att ge en översikt över de viktigaste arter kan te sig svårt eftersom det kan vara svårt att dra gränsen för vad som betraktas som ”viktigt”. Exempelvis så kan barrätande fjärilslarver som barrskogs-nunnan och tallmätaren orsaka stora skador då de uppträder, men stora angrepp förekommer sällan i Sverige. Om man begränsar sig till arter vars skador brukar uppmärksammas varje decennium eller oftare kan en grov översikt se ut som i tabell 1.

Tabell 1.
Sammanställning av de viktigaste skadegörarna (delvis efter Eidmann & Klingström, 1990).

Frön	Plantor	Ungskog	Gallringsskog	Sluttavv. skog
Grankottmott	Snytbagge	Sextandad barkborre	Sextandad barkborre	Större mörghor
Grankottvecklare	Ögonvivlar	Större mörghor	Större mörghor	Granbarkborre
Grankottfluga	Granbastborre	Röd tallstekel	Granbarkborre	Röd tallstekel
			Röd tallstekel	

Av alla skadegörarna är snytbaggen den art som gör de ojämförligt största skadorna. Frånsett kott- och fröinsekter i fröplantager är det också den enda kroniska skadegöraren (orsakar betydande skador varje år). Flera ekonomiska beräkningar har gjorts över snytbaggens ekonomiska betydelse (Anon. 1978, 1991, 2003; Weslien, 1998).

SKOGSTYRELSENS UTREDNING

Den utredning som har störst aktualitet av dessa är Skogstyrelsens utredning av ett förbud mot permترینbehandling (Anon. 2003). Utredningen huvudalternativ till fortsatt insekticidbehandling är att markägarna anpassar sina förnyingsåtgärder till ett rådande insekticidförbud. Denna anpassning innebär ökad andel skärmar, mekaniska skydd m.m. Förändringsbenägenheten hos skogsägarna har skattats via en enkät (1 000 brukningsenheter). De ekonomiska konsekvenserna av de sämre förnyringarna blir då mycket höga på lång sikt (tabell 2).

Tabell 2.
Långsiktiga produktionsförluster (simulerade med ”Hugin”) orsakade av dåliga förnyringar till följd av förbud mot kemisk behandling mot snytbagge. (efter Anon. 2003).

	Produktions-nivå*	Typbestånd	Värdenivå**	Tids-horisont	Volym	Netto-intäkts-bortfall	Nuvärdes-förlust
Konsekvenser av insekticid-förbud	73 % godkända förnyringar	Genomsnitt Svealand/Götaland	63 % godkända förnyringar	80–200år	4–5 milj m ³ sk/år	700 mkr/år	140 mkr/år

* Resultat polytax 1999–2001.

** Utredningen ”huvudalternativ”, vilket innebär att markägarna anpassar förnyingsmetoderna till följd av insekticidförbud.

Koppling mellan Skogstyrelsens utredning och denna rapport

Om vi antar att dagens produktionsnivå (73 % godkända föryngringar) är potentialen så kan Skogstyrelsens utredning användas för att förutspå hur mycket man tjänar på att även fortsättningsvis behandla plantorna kemiskt. Nuvarande scenario antas vara förbud mot behandling då dispenserna för kemisk behandling upphör 2006 och en anpassning av föryngringsmetoder till följd av förbudet enligt skogstyrelseutredningens huvudalternativ.

Utredningen har också beräknat kortsiktiga effekter (10 års sikt) och industrins förädlingsförluster. De kortsiktiga effekterna är relativt små (10 milj. kr /år) beroende på att ökade kostnader på vissa poster (t.ex. mekaniska skydd) kompenseras av minskade skogsodlingskostnader då planteringsarealen minskar. De ekonomiska konsekvenserna för förädlingsindustrin blir däremot mycket stora räknat som minskning i förädlingsvärde (nuvärdesförlust 400 milj. kr/år).

3.2 Viltskador

Roger Bergström

SAMMANFATTNING

Denna rapport omfattar en diskussion om vad som kan göras för att minska dagens skogsskador orsakade av hjortdjur och vad sådana åtgärder skulle kunna betyda ekonomiskt för privata skogsägare. Fokus är på skador av rådjur i plantskog och av älg i tallungskog.

Skador på barrplantor, orsakade främst av rådjur, har minskat de senaste 10 åren, och den troligaste orsaken är den drastiska minskningen av rådjursstammarna. En ytterligare reducering av rådjursstammarna, om den ur jaktlig synpunkt är möjlig att genomföra, skulle sannolikt påverka skogsbruket och dess ekonomi i mindre omfattning. Anledningen till detta är dels att skadorna tycks vara relativt låga redan i dag (kan dock lokalt vara besvärande), dels att skadorna, åtminstone på gran, tycks vara mindre allvarliga än vad som tidigare befarats. Några ekonomiska beräkningar finns dock inte. Oklart är i vilken utsträckning rådjurens betning påverkar trädslagsblandningen direkt, genom att betningen sker oftare och hårdare på tall än på gran, eller indirekt genom att påverka skogsägare att plantera gran där det borde föryngrats med tall.

Betetrycket på vissa lövträdsarter är högt. Allmänt sägs att rådande betetryck gör det svårt att etablera lövskog/ädellövskog i södra Sverige. Det finns i dag ingen kunskap som klart kan säga vilka vilttätheter som skulle tillåta föryngring med prefererade trädslag, utan att man tillgriper stängsling.

Enligt skogsbruket är skadorna av älg i ungskog höga eller mycket höga och tenderar att öka ytterligare. Intäktsförluster ligger enligt färsk beräkningar på i storleksordningen 500–1 300 miljoner kr per år, räknat som kassaflöden på nationell nivå. Detta motsvarar 250–650 miljoner kr inom privatskogsbruket. Siffrorna inkluderar endast förluster p.g.a. nedsättningar av virkeskvalitet. Ökad avskjutning skulle medföra minskade skador, även om förändringar kortsiktigt kan döljas av årsmånsvariationer. Även om det inte kan stödjas med forskningsresultat så är vår bedömning att förutsättningarna att få till stånd en lämplig älgtäthet beror i huvudsak på en faktabaserad dialog med de som förvaltar älgstammen, d.v.s. jägarna. Ett viltanpassat skogsbruk skulle ytterligare kunna reducera skaderiskerna i framtiden, men relativt kraftfulla åtgärder krävs över större områden för att åstadkomma annat än marginella förändringar av skadenivån (vid given älgtäthet) eller av älgtätheten (vid given skadenivå). Här finns inga ekonomiska beräkningar att luta sig emot.

Det finns redan i dag en viss selektiv röjning, och eventuellt gallring, av skadade stammar. Vad potentialen är då det gäller selektiv röjning eller gallring, utan att förlora produktion eller kvalitet, är okänd.

BAKGRUND

Flera av de skogslevande viltarterna kan åstadkomma oönskad påverkan på växande skog, på skogskogsekosystemet och på jordbruksgrödor (tabell 1). Med oönskad påverkan avses här en påverkan som kan få negativa ekonomiska konsekvenser för skogsägare eller som hindrar skogsägare att uppnå vissa naturvårdsmål. Många av de påverkanstyper som finns diskuteras mer eller mindre livligt (tabell 1). I detta kapitel behandlar vi enbart skador på växande skog och de viktigaste typerna är i dag älgens bete i tallungskog och olika växtätares, främst rådjurens, bete i plantskog, både löv- och barrträd.

Tabell 1.

En subjektiv bedömning av omfattningen av de problem som är förknippade med de vilda växtätarna och deras påverkan på skog och gröda. *=diskuteras lite; **=diskuteras; ***=diskuteras mycket. (1) = framför allt i Södra Sverige. De ungefärliga avskjutningssiffrorna är tagna från Svenska Jägareförbundets Viltövervakning (www.jagareforbundet.se).

Art	Ungefärlig årlig avskjutning	Skador på plantor	Skador på unga träd	Skador på jordbruksgrödor	Biologisk mångfald
Älg	100 000		***	*	**
Rådjur	175 000	** (1)			*
Kronhjort	1 500		* (1)	* (1)	
Dovhjort	10 000			* (1)	
Vildsvin	10 000		* (1)	** (1)	* (1)
Harar (2 arter)	130 000	* (1)			
Växtätarsamhället	430 000				** (1)

Alla de fyra vilda hjortdjursarterna samt de två har-arterna kan skada olika ålderstadiet av växande barrträd. I plantskog dominerar rådjurens bete (Bergström & Bergqvist, 1997; Bergquist & Örlander, 1998; Bergqvist m.fl., 2001; Kullberg & Bergström 2001; Bergström m.fl., 2003), även om de övriga nämnda arterna kan bidra till betet och därmed skadorna.

I ungskog är älgens bete helt dominerande (Lavsund, 1987; 2003). I vilken omfattning andra arter bidrar till skadorna är okänt, men ingenting tyder på att övriga hjortdjur har någon större påverkan. Tidigare och sentida undersökningar tyder t.ex. på att kronhjorten äter lite av växande tall (Lavsund, 1976; Bergqvist & Bergström, opubl.).

De stora växtätarnas bete på lövträd diskuteras i stort sett över hela landet. Framför allt i södra Sverige är det mindre känt vilka växtätare som är de viktigaste betarna. Här kan också harar spela en roll. I ett experiment med lövplantor framgick att av det totala antalet betade plantorna så hade hararna betat 15–20 % (Kullberg & Bergström, 2001).

Skador kan uppstå både sommar och vinter. Sommarbete på barrträd är mindre vanligt. Älgen betar dock under juni på tallens växande skott och detta kan orsaka allvarliga skador på de enskilda träden. Denna typ av skada är främst ett sydsvenskt problem och förekommer framför allt på träd som är ca 0,8 – 2 m höga. Barrträdsplantor betas/skadas undantagsvis på sommaren (Bergström & Bergqvist, opubl.). Sommarbete på löv sker regelmässigt och kvistar och blad från lövträd är viktig sommarföda för flera viltarter. Under vintern betas både löv- och barrträd av olika viltarter.

Direkta effekter av betet är produktions- och/eller kvalitetsnedsättning, vilka kan ske både på träd- och beståndsnivå. Indirekt kan också risken för skador påverka skogsbrukares val av trädslag (t.ex. ökad benägenhet att plantera gran i stället för tall).

Betningen av stora växtätare är samtidigt ett naturligt och nödvändigt inslag i skogsmiljön och kan ha positiva effekter för skogsbruket (Lavsund, 1987). Ett troligt sådant exempel är betning på löv i granföryngringar (Bäck, 2004).

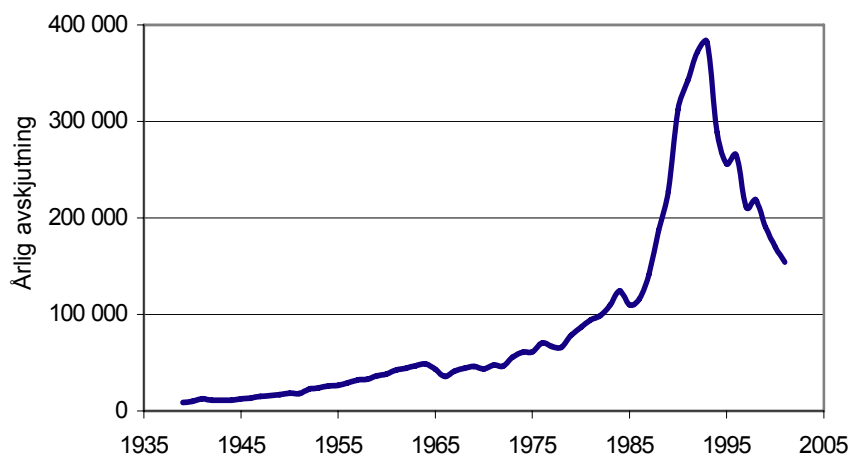
Föreliggande rapport koncentreras på skador av stora växtätare, främst rådjur, i plantskog och älg i tallungskog.

SKADOR I PLANTSKOG

Denna typ av skador har funnits länge, men uppmärksammades i samband med den kraftiga ökningen av rådjur (figur 1), som skedde under framför allt 1980-talet (Bergström m.fl., 2003). Mycket oroande inventeringsrapporter kom från forskning och förvaltning, vad gäller skadenivån i plantskog. Plantbetet låg redan i början av 1980-talet på mellan 30–40 % i sydsvenska län (Strandgaard, 1982) och detta vid en rådjurstäthet som troligen var i paritet med dagens. Senare rapporteras att upp till 60–70 % av plantorna kunde vara betade av något vilt redan första året efter föryngring (Bergström m.fl., 2003). Skador på barrplantor anses allmänt vara ett sydligt fenomen, från Mälardalen och söderut. Ett genomgående mönster, vilket stöds av både inventeringar och experiment, är att tall betas mer (större andel av plantorna) och hårdare (större andel av plantan) än gran och att planterade plantor betas mer än självföryngrade. Bland planterade plantor betas täckrotsplantor mer än barrotsplantor.

Diskussionen om dessa typer av skador har avklingat i takt med rådjurspopulationens minskning sedan början av 1990-talet (figur 1). Skador i plantskog rapporteras dock i dag vara lokalt besvärande i södra Sverige. I samband med Polytax-inventeringar görs registreringar av andelen skadade huvudstammar skadade (toppbitna) av vilt (tabell 2). Något förvånande är Polytaxens rapporterade skadeprocent lika hög i de nordliga regionerna som i de södra, men eftersom denna inventering görs 5–7 år efter avverkning registreras antagligen en hel del älgbete. Samma inventering visar att antalet huvudstammar påverkas av skadorna (en minskning från 2 378 till 2 233 plantor/ha) och att om man bortser från viltskadorna skulle antalet godkända föryngringar stiga från 74 till 78 %.

Rådjursavskjutning 1939–2001



Figur 1.
Rådjursavskjutningen på nationell nivå sedan 1939. (Svenska Jägareförbundets Viltövervakning; www.jagareforbundet.se).

Tabell 2.

Procent toppskadade huvudplantor på privatmark (Polytaxen R5/7, 1998/99; Strömberg m.fl., 2001). Procenttalen anger den andel plantor som har skador på senaste och/eller näst senaste toppskotts-generationen.

Region	% toppskadade huvudplantor av tall	% toppskadade huvudplantor av gran	% toppskadade huvudplantor av löv
Norra Norrland	5,6	0,5	2,5
Södra Norrland	10,2	1,3	6,5
Svealand	8,0	1,8	2,9
Götaland	7,7	4,7	9,7
TOTALT	8,2	2,6	6,4

Skador på lövplantor är mindre kända, men tycks på region-nivå och generellt för löv ligga i samma storleksordning som för tall (tabell 2). Kullberg & Bergström (2001) visade att 20–80 % (beroende på trädart) av experimentell utsatta lövplantor betades av något vilt under en vinter.

Forskning och allmänna observationer i fält har visat att rådjur är den huvudsakliga skadegöraren på plantor (Bergström 1998), men flera andra viltarter (t.ex. älg, hjort, hare, korp) har rapporterats beta på små plantor.

Effekter av betet på plantor

Effekterna av viltbete på gran är relativt välkända och i allmänhet mindre allvarliga än vad som tidigare trots (Bergquist m.fl. 2003; Bergström m.fl., 2003; Bergström, 1998). Om plantan betas då den är mycket liten så hamnar en hel del av de kvalitativa skadorna under stubbskåret. Om toppbete sker på lite högre plantor kan skadorna hamna över stubbskåret och de kvalitativa effekterna bli lika de man ser efter älgbete. Risken för flerstammighet är liten. Höjdtillväxten hämmas av betet, dock inte så mycket som befarats. Ett bete tre vintrar i rad på en planta sänker höjdtillväxten motsvarande ca ett års höjdtillväxt. Den andel som dras upp ur marken har rapporterats vara 0,4 % (lövplantor; Kullberg & Bergström, 2001) och 2–7 % (barrplantor; Bergström & Bergqvist,

1997). Tallplantor betas hårdare och tycks också drabbas hårdare av betet (Bergström, 1998). Mindre kunskap finns dock om tall än om gran.

Effekterna på lövplantor är mindre kända, men studier pågår.

Är det skillnad i skadenivå på olika marker?

Polytaxens inventering av toppskadade plantor visar att det inte föreligger någon större skillnad mellan privatmarker och övriga marker (Strömberg m.fl. 2001). Sett på totala andelen skadade huvudplantor är det ca 10 % högre på övriga marker, jämfört med privatmarker. Det är tveksamt om detta är en statistiskt säkerställd skillnad. I avvaktan på bättre kunskap så kan man utgå från att skadorna på privatmark ligger på samma nivå som på övriga marker.

Vad kan göras?

Jakt

Om uppsatta mål vad gäller högsta tolerabla skadenivåer skall uppnås genom reduktion av skadegörande vilt så är skogbruket starkt beroende av jägarna. Därmed skiljer sig sådana viltrelaterade mål från flera andra mål där skogsbruket oftast också har medlen i egen hand.

Det är i dag okänt hur sambandet mellan rådjurstäthet och skador ser ut. En studie i södra Sverige kunde på landskapsnivå inte påvisa något samband (Bergquist, 1998). "Sambandet mellan klövviltstäthet och skador på plantor är komplicerat och påverkas av årsmånsvariation, djurens rörelser och en mängd skogliga och andra variabler. Om allt annat är lika så medför en minskning av rådjursstammen säkert också en minskning av skadorna, men effekten kan kortsiktigt döljas av årsvariationen" (Bergström m.fl., 2003). Även om det inte har påvisats inom forskningen så talar de minskande skadorna efter rådjursminskningen att det finns ett samband. Men vi kan inte säga om det förmodade sambandet är rätlinjigt eller kurvlinjärt. Därmed har vi svårigheter att prognostisera vad som händer med skadorna vid en reduktion av t.ex. rådjurstäthet.

Till skillnad mot för vad som gäller för älg så begränsas inte en rådjursstam framför allt med jakt (Cederlund & Liberg, 1995). Rovdjur (räv, lo) väderförhållanden och fodereffekter är viktiga faktorer då det gäller reglering och begränsning av rådjursstammar.

Slutsatser:

- Jakt kan reducera rådjursstammar, men flera andra faktorer är av avgörande betydelse för populationsutvecklingen.
- Mycket talar för att en minskning av rådjurstäthet kommer att medföra en sänkning av skadenivån, men att sådana minskningar kortsiktigt kan döljas av årsmånsvariationer. Hur minskningen sker med avtagande täthet är dock oklart.

Skogsbruk och biotopvård

Utdrag ur Bergström m.fl. (2003):

”Som skogsägare kan man i första hand reducera risken för betesskador genom att välja ”rätt” trädslag och planttyp. Gran är säkrare än tall och kraftiga barrrotsplantor är säkrare än späda täckrotsplantor. Svagväxande plantor betas visserligen mindre än vitala, men att medvetet sätta ut svaga plantor kan inte rekommenderas. De klarar betet sämre, tar längre tid på sig att växa ur betesfarlig höjd och är allmänt konkurrenssvaga.

Behandling av plantor med repellenter (viltskyddsmedel) minskar skaderisken, men är relativt dyra. Det finns ett antal preparat på marknaden och flera har i svenska tester visat sig vara effektiva. Det är viktigt att hantera repellenten rätt, eftersom det är annars är risk för skador på plantorna.

Att placera ett bit frys- eller maskeringstejp runt övre delen av toppskottet är en effektiv, enkel, billig men arbetskrävande metod för att minska skadorna. Tejpen skall bilda en ca 5 cm lång ”flagga”.

Att skydda föryngringar med nätstängsel är ofta effektivt. I större skala är det dock dyrt och stängsel kräver underhåll. Elstängsel är i allmänhet mindre effektiva mot rådjur, då dessa ofta går igenom stängslet, till synes utan större obehag.

Enstaka försök har indikerat att utfodring minskar betesskadorna, men resultaten är inte entydiga och det krävs ytterligare försök innan metoden kan rekommenderas.”

Slutsatser:

- Det finns metoder att reducera skador på barrplantor, men vissa kan vara svåra att applicera då de kan medföra andra negativa effekter.
- Viltskyddsmedel är troligen den i dag bästa metoden.
- Förändringar inom skogsbruket, t.ex. mot mera gran eller mot mera självföryngring kan ha effekter på skadenivån.

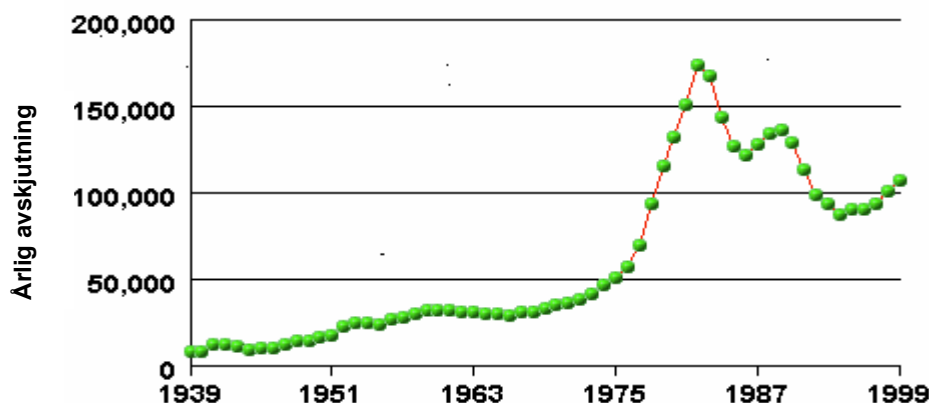
Ekonomiska kalkyler

Några ekonomiska beräkningar på effekter av skador på plantor finns oss veterligt inte redovisade.

SKADOR I UNGSKOG

Denna typ av skador har diskuterats sedan slutet av 1800-talet, men med toppar i diskussionen under 1950-, 1980- och 2000-talen. Nivån på skador i tallungskog är en av de faktorer som indirekt och starkast inverkar på hur mycket älg som finns i våra skogar. I den mån de överhuvud taget finns, så inkluderar målformuleringar på lokal och regional nivå ibland både älgtätheter och högsta acceptabla skadenivåer (absoluta eller relativa).

Trots en kraftig nedgång i älgstammen från toppåren i början på 1980-talet (figur 2) så har inte detta fullt ut återspeglats i skadenivån (Hörnberg, 1995). Parallellt med minskningen i älgtätheter har också ungskogsarealen minskat, liksom tallandelen har gjort på flera håll i landet. Riksskogstaxeringen visar på ökande skador under senare år (figur 3; Skogsstyrelsen, Meddelande 1–2002).



Figur 2. Älgavskjutningens utveckling 1939–1999. (Svenska Jägareförbundets Viltövervakning; www.jagareforbundet.se).

Skadeinventeringar i ungskog (1–4 m hög) med hjälp av ÄBIN (Älgbetesinventering; www.svo.se) visar också att skadorna är höga, inte minst i förhållande till det måltal som delar av skogsbruket formulerat (oftast 2 % eller 2 % på en viss del av arealen). Skogsstyrelsens sammanställningar visar på skadenivåer snarare på mellan 5–10 %, med få områden ner mot 2 % och några områden högre än 10 %.

De ackumulerade skadorna, d.v.s. de som finns i tallungskogen då den växt ur ”älgfarlig” höjd, kan uppgå till >50 % (tabell 3). Den enda, för oss kända, inventering som gjorts på ungskog med höjden >5 m visade att upp till 44–84 % av huvudstammarna var skadade av älg (Granqvist, 2002). Variationerna är stora mellan områden (tabell 3). Ett visst inventeringsproblem finns här, då gamla skador kan vara svåra att identifiera just som älgskador. Därmed finns också större risk för olika bedömningar mellan områden.

Tabell 3.

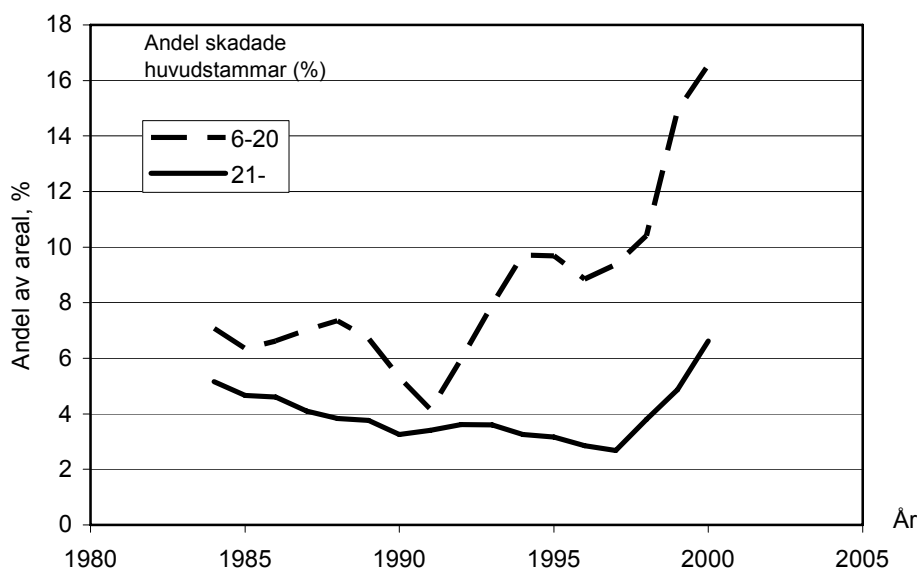
Några exempel på observerade ackumulerade skadenivåer (exkl. färskas skador). Alla siffror, utom StoraEnsos, är ett genomsnitt för olika ungskogsstadier och visar alltså inte slutresultatet då ungskogen växt ur ”älgfarlig” höjd.

Område	Ackumulerade skador (%)	Ungskogshöjd (m)	Källa
StoraEnsos marker	44–84	>5	Balans 2003
Holmens marker	20–25	0,5 – 5	Bergqvist m.fl., 2001
Mälardalen (3 omr.)	40–72	1–4	SVS, Rapport 2001
Furudal, W-län	11	0,5 – 4	Svensk Viltförvaltning 1999
Saxmarken, C-län	46	0,5 – 4	Svensk Viltförvaltning 1999
Norrbottnen (delar av)	5–40 (medel = 16)	1–4	SVS, Rapport 2001

Sambandet älgtäthet – skadenivå

Det finns ett samband mellan älgtäthet och skadenivå. Riksskogstaxeringens nationella skattning av skador visar ett visst samband med total älgstam (Hörnberg, 1995). Då man jämför olika områden över Sverige finns inget samband för på den skalan kommer skogens utseende och eventuellt flera faktorer att påverka sambandet (Bergström m.fl., 1995). Bästa sambandet finns på lokalnivå över tiden, men även där finns "störande" faktorer (Bergström & Vikberg, 1992). En sådan är att det finns en årsmånsvariation som gör att skadorna ett år kan vara 2–3 gånger högre än närliggande år, trots att älgstammen inte förändrats (Bergström m.fl., opubl.). Några troliga orsaker till sådan årsmånsvariation är snöförhållanden och kanske foderegenskaper. Detta innebär att vid en förändring av älgtätheten så kan effekter på skadenivån kortsiktigt döljas av årsmånsvariationen (Lavsund, 2003). En sänkning av älgstammen (eller en höjning) torde dock på några få års sikt kunna registreras som förändringar i skadenivå. Hur sambandet ser ut på ett visst område över tiden där en älgstam förändras är dock lite studerat. En del data från experiment tyder på att sambandet är rätlinjigt eller svagt kurvlinjärt., d.v.s. skadorna skulle minska (öka) någorlunda rätlinjigt proportionellt med älgstammens täthet (allt annat lika) (Vikberg & Bergström, 1992).

Problemet med att tolka skador i förhållande till täthet framgår av figur 3 där Riksskogstaxeringens data indikerar en kraftig ökning sedan 1990 i arealen med ackumulerade skador, en ökning som inte direkt kan förklaras av förändringar i älgpopulationen (mätt som älgavskjutning, figur 2).



Figur 3.
Andel areal av plant- och ungskog (max 7 m höjd) med olika andelar svårt skadade huvudstammar.
(Skogsstyrelsen Meddelande 1–2002)

Skadornas ekonomi

Nya siffror visar de intäktsförluster som skogsbruket får vid en given skadenivå (tabell 4). Vi har räknat på två skadenivåer (20 % skador av huvudstammarna skadade då ungskogen växt ur älg höjd; = 2–3 % per år med ÄBIN-metodik) och 50 % skador (= 5–7 % per år). Enligt många ÄBIN-inventeringar ligger skadorna i dag snarare på den högre nivån i tabellen (5–7 %) eller däröver. En hel del av skogsbruket, framför allt skogsbolagen, men också en del av privat-skogsbruket, har satt målet att högst 2 % skador kan accepteras per vinter (mätt enligt ÄBIN). I vissa fall definieras detta som högst 2 % på en viss del av arealen, för att ta hänsyn till framtida älgkoncentrationer, som alltid kan förekomma.

Tabell 4.

Skogsbrukets intäktsförluster uttryckt som kassaflöden vid vissa skadenivåer, beräknat på all skogsmark. Produktionsförlusten på 10 % är en antagen siffra. (Glöde m.fl.2004).

Akkumulerade skador (%)	Motsvarande årlig skade-% enligt ÄBIN	Intäktsförluster (milj. kr)	Utslaget på årlig total förnyngsareal (kr/ha)	Intäktsförlust vid 10 % volymförlust (milj. kr)	Utslaget på årlig total förnyngsareal (kr/ha)
20	2–3	500	2 550	180	900
50	5–7	1 300	6 380	400	2 240

Eventuella volymsförluster p.g.a. älgens bete är dåligt utredda och dessutom svåra att beräkna.

HUGIN-beräkningar av Näslund (1986) visade att den då samlade tillväxtförlusten av skadegörare uppsteg till ca 20 % och att älgens andel av detta vara 40 %, d.v.s. en volymstillväxtförlust på i storleksordningen 8 %. Glöde m.fl. (2004) testade vad en volymstillväxt på 10 % skulle innebära i de modeller som användes för beräkningar av kvalitetsförluster. Siffran var endast antagen, men skulle vad gäller storleksordning stödjas av Näslunds beräkningar. I de modeller som Glöde m.fl. jobbade med innebär en volymsförlust på 10 %, en intäktsförlust på ytterligare 180–400 miljoner kr (utöver kvalitetsnedsättningarna; tabell 4).

Preliminära resultat från ett vinterkoncentrationsområde med mycket höga älg-tätheter visar att produktionsförlusterna på ytnivå kan vara upp till 60–70 %. I ett sådant läge uppstår också en hög mortalitet av tallstammar. Dessa värden är extrema, och kan nog generaliseras endast om man gör beräkningar på enskilda stammar med känt betetryck/skada. Sådana beräkningar pågår.

I detta sammanhang kan också sägas att älgens olika värden (jakt, kött, rekreation, turism etc.) är lite kända (se dock Mattsson, 1990).

På vems mark sker skadorna?

Finns i dag ingen bra analys av hur skadorna fördelar sig på olika typer av skogsägare (privat, bolag etc.). Som en grov skattning kan man dela de totala intäktsförlusterna på nationell nivå i tabell 4 med 2 för att få de förluster som drabbar privatskogsägare.

Tidshorisont

De skador som orsakats under älgstammens tillväxt och höga tätheter under de senaste 30 åren kommer att visa sig och ge intäktsförluster framför allt i andra gallringar och slutavverkningar som görs om 30+ år, med starkast effekt vid slutavverkningar om 60+ år. Om en minskning av älgstammen skulle ske i dag, kommer ekonomiska effekter att detta att ses om 70–100 år.

Indirekta effekter

Det sker en förskjutning av trädslagsvalet i dag i Sverige mot en sådan riktning att vi kommer att ha alltmer gran. Flera faktorer torde driva detta system, varav risken för älg- (och rådjurs-) skador är en faktor. Styrkan i olika faktorer, och därmed viltets roll i denna förändring är dock okänd.

Vad kan göras för framtiden?

Jakt

Som redan sagts då det gäller rådjur så skiljer sig sätten att nå viltrelaterade mål från andra skogsbruksmål, så till vida att skogsbruket inte har full kontroll över medlen. Det är jägarna (varav många är skogsbrukare) som till syvende och sist avgör vad som skjuts. Detta har orsakat många av de konflikter som vi sett under de senaste årtiondena. De olika intressenterna är med andra ord inte överens om målen. Kunskapen finns för att förändra älgstammars täthet och till skillnad mot för rådjuren så betyder jakten mer som reglerande och begränsande faktor. I framtiden kan en tillväxt av varg- och björnstammarna ändra på detta förhållande, eller i alla fall göra viltförvaltningen mera komplex. En minskning av älgtätheten skulle medföra lägre skadenivåer, men kortsiktigt skulle sådana förändringar kunna döljas av årsmånsvariationer.

Slutsatser:

- Älgstammen kan regleras genom jakt.
- En minskning av älgätheten kommer troligen att visa sig som en proportionell minskning av skadorna, men effekterna på skadenivån kan kortsiktigt döljas av årsmånsvariationer. Förändringar inom skogsbruket påverkar också sambandet mellan älgtäthet och skador. Det ekonomiska utfallet av skador på skog ligger långt fram i tiden (70–100 år).

Anpassat skogsbruk och biotopvård

De skador som i dag finns i våra skogar kommer sannolikt att till stor del finnas kvar vid avverkning. Selektiv röjning och gallring kan till viss del minska andelen skadade stammar, men det är okänt hur detta sker i dag och hur stor potentialen är i detta avseende.

På senare tid har alltmer diskussioner kommit igång vad gäller möjligheterna att genom anpassad skogsskötsel och biotopvård inom jakten åstadkomma en bättre balans mellan älgstam, foderutbud och skador. På grund av att älgen är ett stort djur och äter mycket krävs ganska omfattande åtgärder för att åstadkomma markanta förändringar (Bergström och Glöde; Bergström, 2004). Potentiellt finns ett antal metoder (gödsling, tillgängliggörande av kvistar från avverkning, förändrade röjningsregimer etc.) som skulle kunna användas för att

öka fodertillgång eller styra älgen till mindre skadekänsliga områden. Få sådana åtgärder har dock prövats i större skala och än mindre utvärderats utifrån ett ”cost-benefit”-perspektiv.

Viltskyddsmedel har vid tidigare mindre försök visat sig avskräcka älgen från bete. Behandlingarna blir troligen relativt dyrbara då man måste behandla flera år i rad. Oss veterligt finns inga sentida försök i större skala där man studerat effekter och lönsamhet av användandet av viltskyddsmedel i tallungskog.

Stängsling tillämpas i viss omfattning, men betraktas av många i dag som dyrt och av andra anledningar oönskat.

Slutsatser:

- Det är okänt vad potentialen är att selektivt röja/gallra redan skadade stammar.
- Potentiellt finns flera metoder att skydda skadekänsliga ungskogar från älgens bete.
- Få sådana åtgärder tillämpas i dag och de som görs är troligen av för liten omfattning för att betyda något i ett större sammanhang.
- Vi vet att det går att skapa begärligt foder för älgen och styra den till mindre skadekänsliga områden.
- Det krävs relativt omfattande åtgärder för att åstadkomma något som kan påverka skadenivån.

3.3 Rotröteskador

Magnus Thor

SAMMANFATTNING

Rotröta på gran orsakas i första hand av rotticka. Den producerar sporer under vegetationsperioden, vilka kan gro på färsk blottlagd ved, framför allt stubbar. Från stubbarna kan svampen sprida sig vidare till närstående träd via rotkontakt. Rotrötan har ökat i omfattning den senaste tioårsperioden. Med hjälp av modeller för beräkning av rötfrekvens och simulering av rottickans spridning mellan träd kan skötsel- och bekämpningsscenarioer konsekvensberäknas. I detta kapitel har två exempel på granbestånd analyserats; ett bestånd på skogsmark (G28) och ett på före detta åkermark (G32). Räkneexemplet visar att skillnaden mellan bästa och sämsta behandlingsalternativ på skogsmark ligger på ca 30 procentenheter (rötfrekvens) respektive 60 m³ rötad vedvolymer med 80 års omloppstid. Skillnaden blir än mer markant på bördigare marker med förstagenerationsskog. Internräntan för stubbehandling är för dessa båda beståndstyper 2,5 % eller högre, enligt kalkylen. Beroende på hur representativa de båda typbestånden är ligger värdet (uttryckt som kassaöverskott) mellan ca 20 och 120 miljoner kr per år för privatskogsbruket. Detta värde gäller för högst 30 % av ”granarealen” i det svenska privatskogsbruket, och avser endast virkesvärdet. Ingen skattning har gjorts av de ekonomiska konsekvenserna av tillväxtförluster, ökad risk för stormfällning, ökad population av skadegöraren etc. Den verkliga kostnaden för rotröta torde därför ligga på en avsevärt högre nivå.

INLEDNING

Rotröta, framför allt på gran, drabbar skogsbruket i praktiskt taget hela Sverige. Problemet har flera dimensioner. Skogsägaren får kännas vid intäktsförluster till följd av nedklassat virke. Vid kraftiga angrepp uppstår också tillväxtförluster. Industrin får kvalitetsproblem med råvaran. Nedklassning av virke och tillväxtförluster har beräknats kosta svenskt skogsbruk en halv till en miljard kr årligen. Det är naturligtvis inte möjligt att slå ut rottickan och därmed tillgodogöra sig hela denna potential, men även små relativa förändringar innebär stora absoluta belopp. Det finns även en uppenbar risk att problemen förvärras om inte aktiva åtgärder sätts in för att motverka spridning av rotröta.

Skadegöraren

Rotrötan orsakas i första hand av rotticka (*Heterobasidion annosum* sensu lato) och honungsskivling (*Armillaria* spp). Av dessa båda är rottickan den allvarligaste hos oss i Sverige, och därför avgränsas detta kapitel till denna skadegörare.

Rottickan finns utbredd över stora delar av norra halvklotet. Den bildar fruktkroppar på rötter och vid stambasen på infekterade träd. Fruktkropparna producerar stora mängder sporer under vegetationsperioden (ungefär april till september) med en topp under sommarmånaderna. Sporererna gror på nyexponerad ved, framför allt färsk stubbar. Svampens mycel växer sedan vidare i stubbens rotsystem och kan sprida sig till intillstående friska träd genom rot-

kontakter. I trädet missfärgas veden och bryts ner av svampen. Här uppstår det vi vanligen ser och benämner som rotröta. Vegetativ spridning kan även ske från träd till träd. Svampen kan överleva länge i stora stubbar och kan därför också sprida sig från slutavverkningsstubbar till den nya, unga skogen. Rottröteangrepp är vanligast och kostsammast på gran, men rotticka koloniserar de flesta trädslag och kan lokalt vara problematisk på tall och lärk. Den förekommer i Sverige i två underarter. Den ena (S-formen) finns i hela landet och är specifik på gran, medan den andra (P-formen) finns i södra Sverige, är aggressivare och angriper de flesta trädslag.

Förekomsten av rotröta har samband med ett antal bestånds- och ståndorts-faktorer. Exempelvis har man konstaterat högre förekomst vid höga pH-värden, i förstagenerationsbestånd (t.ex. åkermarksplanteringar), vid höga stamantal och på väl-dränerad mineraljord. Lägre risk för infektion och spridning tycks det vara på torvmark, under regn och i blandbestånd.

För att förhindra rötspridning kan avverkning (gallring eller slutavverkning) utföras under en ”säker period” då få eller inga sporer finns i luften, d.v.s. på vintern. Man kan också skyddsbehandla stubbar med ett preparat som hindrar sporer att gro, och på så vis uppnå samma förhållanden som under den säkra perioden. I dag behandlar vi stubbar på ca 35 000 hektar årligen, nästan uteslutande i grangallring och framför allt i södra delen av landet. I Europa stubbehandlas det – i såväl gallring som slutavverkning – på mer än 200 000 hektar per år. Kostnaden för åtgärden är skattad till ca 10 kr per uttagen m³fub i gallring, och ca 3–4 kr per uttagen m³fub i slutavverkning. Andra aktiva vägar att minska rotröten är val av omloppstid, trädslagsval samt skötselprogram.

Nuläge

Vanligtvis grundas en skattning av hur mycket röta det kan finnas i ett bestånd på ”skogsmannablick” och lokala erfarenheter om vilka områden som kan vara särskilt utsatta. Ofta finns inga historiska uppgifter om röt förekomst i register, databaser eller skogsbruksplaner.

En färsk analys av provträd från Riksskogstaxeringen (1983–2001, totalt 51 000 granar) visar att sju procent av provträden var rötangripna i brösthöjd (tabell 1). Skadegöraren är inte bestämd, men vi kan utgå från att majoriteten är angripen av rotticka. Delas materialet upp i två tidsmässigt olika halvår, framgår att skadorna ökat med tiden.

Tabell 1.

Observerad rötfrekvens i brösthöjd och beräknad rötfrekvens i stubbhöjd. Data från ca 51 000 tillfälliga provträd från Riksskogstaxeringen 1983–2001

Period	Region	N	Medel, brösthöjd	Medel, stubbhöjd (beräknat)
1983–2001	2	12 998	0,06	0,13
1983–2001	3	10 645	0,06	0,10
1983–2001	4	18 055	0,08	0,16
1983–2001	5	9 308	0,07	0,14
1983–2001	2–5	51 006	0,07	0,14
1983–1992	2	7 887	0,06	0,12
1983–1992	3	6 608	0,05	0,10
1983–1992	4	11 554	0,07	0,15
1983–1992	5	6 288	0,07	0,13
1983–1992	2–5	32 337	0,06	0,12
1993–2001	2	5 111	0,07	0,14
1993–2001	3	4 037	0,06	0,13
1993–2001	4	6 501	0,09	0,18
1993–2001	5	3 020	0,09	0,17
1993–2001	2–5	18 669	0,08	0,16

Resultaten visar inte den genomsnittliga, ”sanna” frekvensen av rotröta, eftersom provträden är utvalda med en metod som väljer grövre träd med större sannolikhet.

MODELLERING AV RÖTFREKVENSN OCH SPRIDNINGSDYNAMIK

Rötfrekvens

Utifrån ovanstående datamaterial har funktioner utarbetats, vilka skattar rotrötan i brösthöjd utifrån ett antal lättillgängliga träd- och beståndsvariabler (tabell 2). Riksskogstaxeringens data grundas på borrhärdar tagna i brösthöjd. Därför missar man en hel del sidoställd röta samt all röta som ännu inte nått brösthöjd, men som ändå påverkar värdeutbytet av rotstocken. Funktionerna kalibrerades därför med hjälp av ca 8 000 stubbar från Riksskogstaxeringens stubbinventering. Kalibreringen visade att det finns dubbelt så mycket röta i stubbhöjd som i brösthöjd (se tabell 1).

Detta möjliggör att samtliga bestånd i ett beståndsregister kan tilldelas en beräknad rötfrekvens, vilket är en viktig information i planeringen. Variationen är för stor för att den tilldelade rötfrekvensen skall ge säkra uppskattningar för enskilda bestånd, men över stora markinnehav och för en region ger modellen väntevärdesriktiga skattningar.

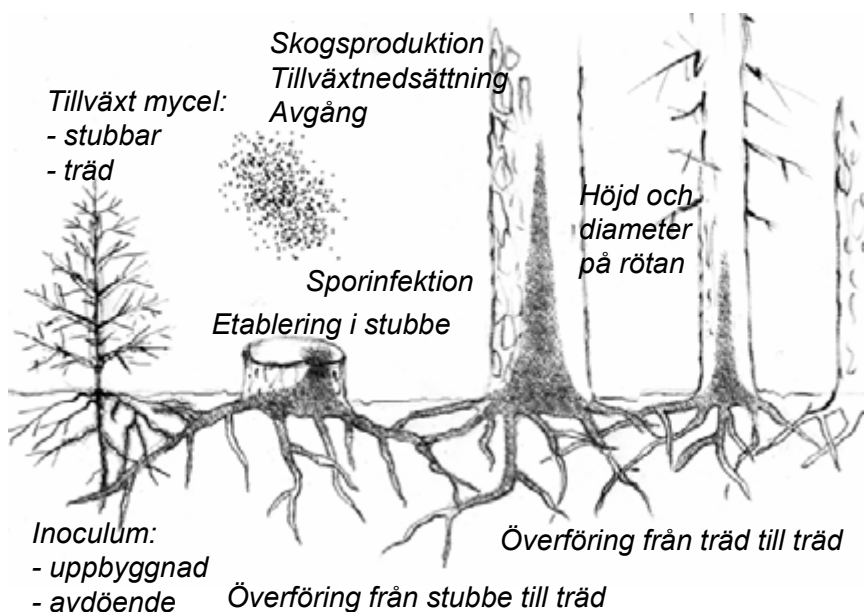
Tabell 2.

Förteckning över ett antal signifikanta träd- och beståndsvariabler som påverkar sannolikheten för rotröta (efter analys av provträd från Riksskogstaxeringen 1983–2000).

Variabel	Samband mellan variabel och rotröteförekomst
Ålder	Rötan ökar med ökad ålder
Diameter	Rötan ökar med ökad diameter
Ståndortsindex	Rötan ökar med ökat SI
Temperatursumma	Rötan minskar vid temperatursumma mellan 800 och 1100 dygnsgrader
Höjd över havet	Rötan ökar om höjden över havet understiger 100 m
Markfuktighet	Rötan minskar med ökande markfuktighetsklass
Jordartstextur	På <u>sandig</u> -moig morän eller sand är rötfrekvensen något lägre
Granandel	Rötan ökar med ökad granandel

Spridningsdynamik

Skötsel och beståndsbehandling spelar dock stor roll för rottickans spridning. Därför har ytterligare en modell över spridningsdynamiken, d.v.s. sporinfektion och spridning via rotsystem, utarbetats. Denna modell är framtagen i ett europeiskt samarbetsprojekt, och grundas på en mängd publicerade fältexperiment. Arbete pågår fortfarande med att utveckla modellen, som utgår helt från spridningsbiologin som beskrivits ovan (figur 1). Utifrån av användaren specificerade parametrar modelleras sedan rottickans infektion och tillväxt över omloppstiden. Den tar även hänsyn till eventuell påverkan på trädens tillväxt.



Figur 1.

Modelleringen av rottickans dynamik utgår från spridningsbiologin.

Modellen över spridningsdynamiken kan användas i alla bestånd oavsett trädslag och underart av rotticka. Den kan dock inte användas för att skatta förekomst och spridning av andra svamparter som orsakar röta, t.ex. honungsskivling eller blödskin.

Hur kan modellerna användas?

Ett viktigt syfte med modelleringsarbetet är att tillföra kunskap om rotröteproblem för skoglig planering. Det handlar t.ex. om att tillämpa de här beskrivna funktionerna för rotröteförekomst och spridning i befintliga planeringssystem hos skogsföretagen. Fristående applikationer som visar hur rotrötan utvecklas vid olika skötselalternativ kan vara bra och pedagogiska undervisningsredskap, men detta ger inte samma inverkan på beståndsskötsel som om modellerna finns integrerade system i planeringssystemen.

I skogsbrukets långsiktiga planering bör rotrötan ingå som en variabel. Genom ”fel”, eller snarare ogenomtänkt, beteende riskerar man att bygga upp en allt större population rotticka och alltså förvärra situationen. En genomtänkt strategi kan göra stor skillnad. Det handlar t.ex. om att analysera konsekvenserna av förändrade omloppstider, trädslagsval och stubbehandling. Detta i sin tur kommer att påverka möjlig avverkningsvolym och sortimentsfördelning. Med scenario-hantering, där möjliga utvecklingar ställs upp och konsekvensberäknas, kan modellerna användas för framtagande av strategier och policier för att minska rotrötans effekter.

Med en planeringshorisont på ett år kan rotröteperspektivet påverka turordningen av bestånd som skall avverkas. Frågor att ta ställning till är t.ex.:

- Vad innebär det att avverka vissa typer av bestånd vintertid i stället för under barmarksperioden – för kunderna, avverkningsorganisationen och skogen?
- Hur ser kostnads/intäktsanalysen ut för stubbehandling i slutavverkningsbestånd?
- Behöver vi stubbehandla i alla gallringsbestånd?

Försörjningsorganisationer utan egen skog kommer sannolikt att tillämpa modellerna på ett något annorlunda sätt än företag med egen skog. Det grundläggande behovet att veta hur rotrötan kan påverkas av aktiviteter i skogen är dock viktigt för båda grupperna.

POTENTIAL: VAD TJÄNAR VI PÅ DETTA?

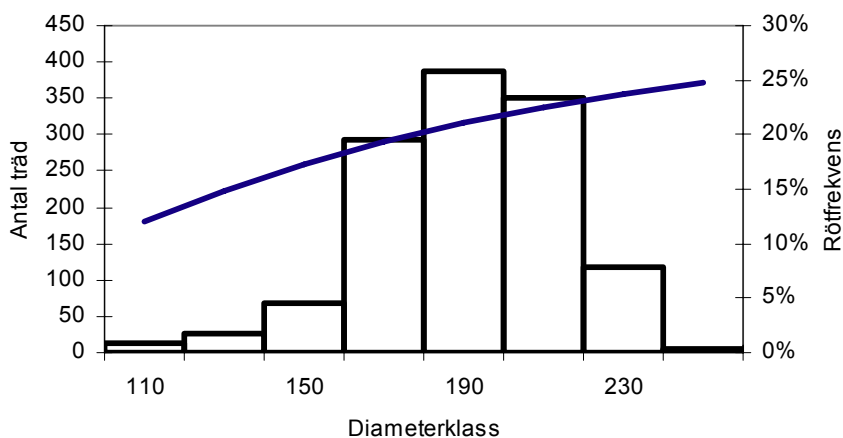
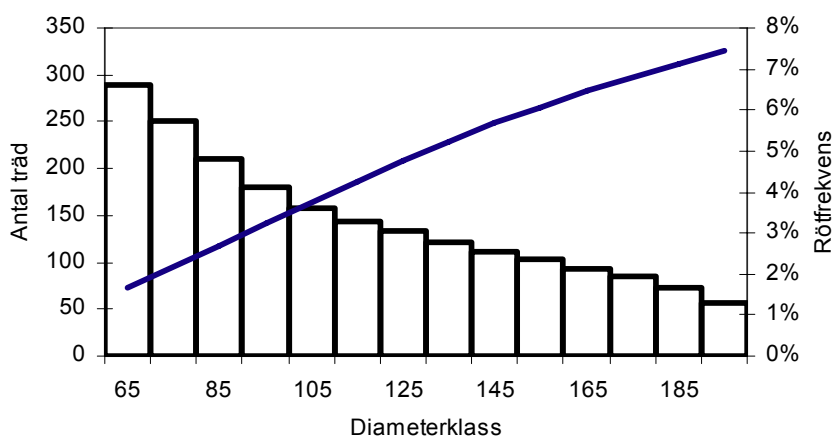
Det går att spara stora belopp på att vara aktiv och utföra genomtänkta åtgärder för att minska verkningarna av rotröta. Skillnaden mellan barmmassaved (max 50 % av ändytan får vara rötangripen) och grantimmer är i storleksordningen 150 kr per m³fub. Vid kraftigt rötangrepp måste ett röt-/brännvedsortiment tillredas, vilket ytterligare reducerar virkespriset. Nedklassning på grund av röta har väsentligt större ekonomisk betydelse än byte till lägre timmerklass. Redan små procentuella förändringar ger stora absoluta besparingar. Ett enkelt räkneexempel räcker för att belysa detta: Landets årliga volym grantimmer är ca 16 miljoner m³fub. Varje procent granvirke som kan omfördelas från rötangripet till friskt är värd mellan 25 och 50 miljoner kronor för skogsägarna.

Exempel på modellering

Bestånd på skogsmark

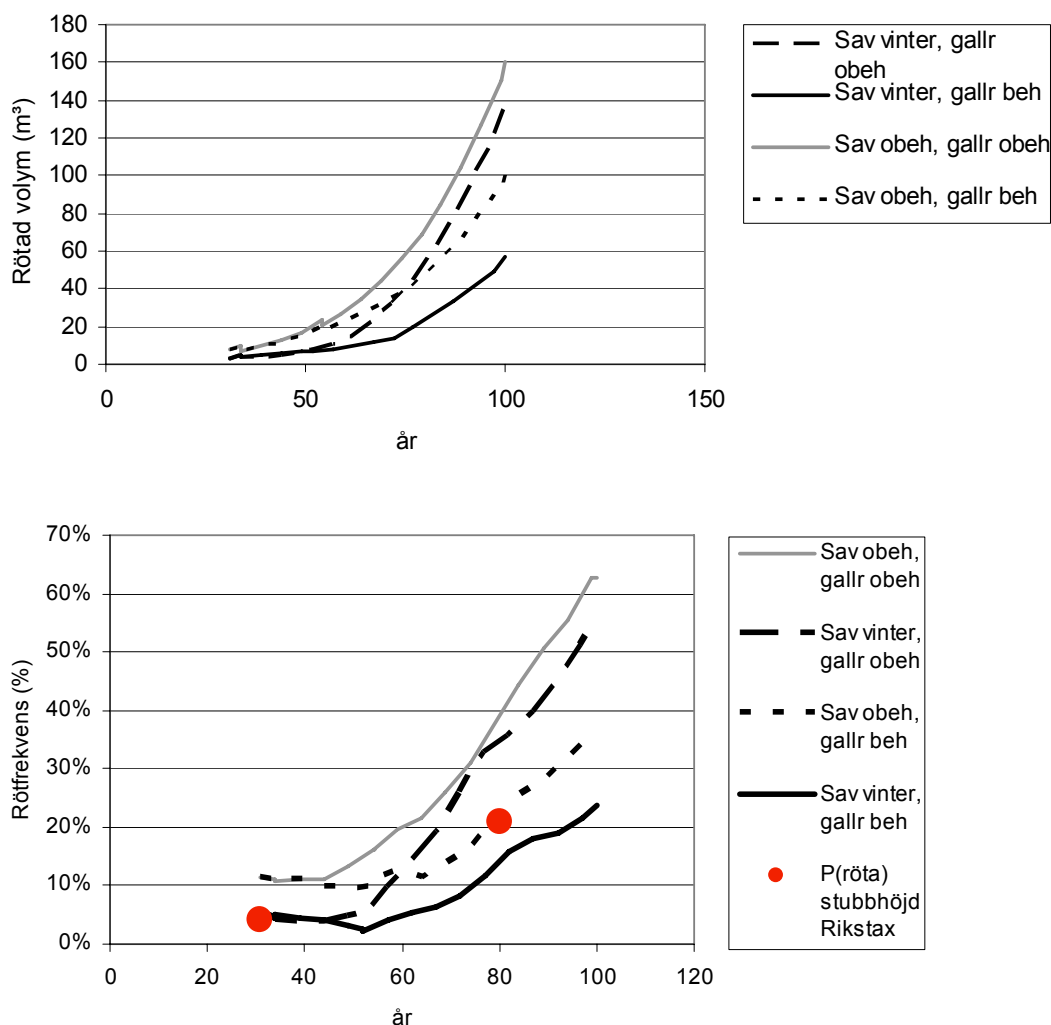
Figur 2 och 3 visar ett exempel på modellering av ett rent granbestånd på skogsmark. Beståndet är 31 år, SI är ca G28. Förutom förväntad rötfrekvens i det aktuella beståndet modelleras fyra scenarier enligt följande:

Scenario	Slutavverkning förra gen.	Gallringar (2 st)
1	Obehandlad sommaravv.	Obehandlad sommaravv.
2	Vinter/behandlat	Obehandlad sommaravv.
3	Obehandlad sommaravv.	Vinter/behandlat
4	Vinter/behandlat	Vinter/behandlat



Figur 2.

Skattad rötfrekvens över diameterfördelningen i ett 31-årigt granbestånd (G28) i Götaland (övre). Rötfrekvensen skattas till i snitt ca 4 %. Samma bestånd i 80-årsåldern har en skattad rötfrekvens på drygt 20 % (nedre), enligt funktioner grundade på ca 45 000 granar och 8 000 granstubbar från Riksskogstaxeringen.

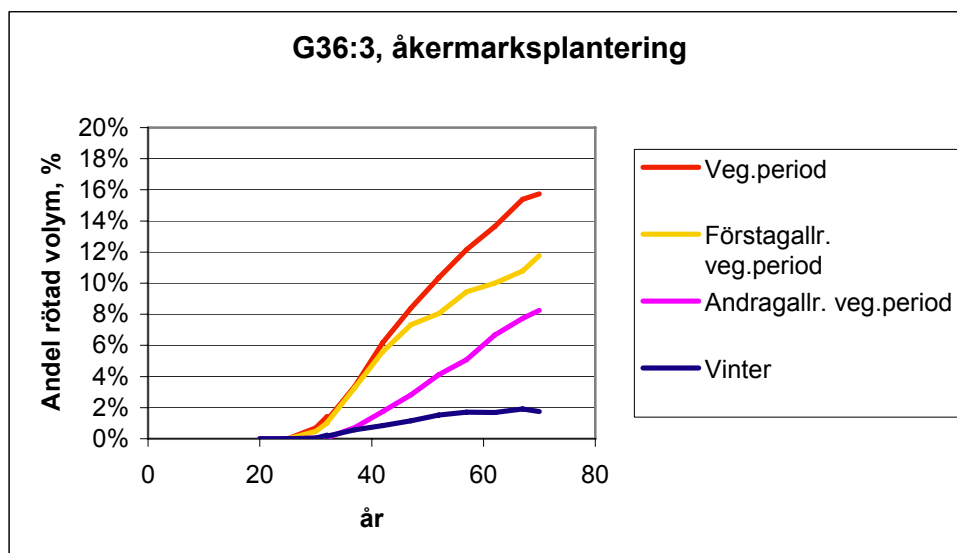


Figur 3. Modellerad rötutveckling i samma bestånd som i figur 2. Fyra olika scenarier är modellerade. Modellerad rötfrekvens enligt funktionerna i figur 2 (vid 31 respektive 80 år) inlagda med prickar.

Skillnaden mellan bästa och sämsta alternativ (scenario 4 respektive scenario 1) i dessa exempel är ca 30 procentenheter (rötfrekvens) respektive 60 m³ (rötad volym) vid 80 år.

Granbestånd på åkermark

Ett granbestånd planterad på åkermark med ståndortindex G36 antas gallras två gånger (tabell G36:3 enligt Eriksson (1976)). Eftersom beståndet utgör första generationen skog finns ingen gammal röta från tidigare bestånd som kan överföras. Alternativen som jämförs här handlar därför om olika grader av anpassad skötsel/avverkningstidpunkt. Med omloppstiden 70 år är skillnaden i rötangripen volym mellan bästa och sämsta alternativ ca 80 m³sk per hektar, vilket motsvarar runt 14 % (figur 4).



Figur 4.

Exempel på hur modellerna kan användas: Andel rötangripen volym på ett rent granbestånd med ståndortsindex G36. Första generationen skog, d.v.s. all infektion kommer från ingrepp i detta bestånd. "Vinter"= alla gallringar gjorda under vintern eller med stubbehandling; "veg.-period"= alla gallringar gjorda under vegetationsperioden utan stubbehandling; "förstagallr. sommar"= första gallringen utförd utan behandling under vegetationsperioden; "andragallr. sommar"= andra gallringen utförd utan behandling under vegetationsperioden.

Båda exemplen ovan pekar på att man kan reducera den rötangripna virkesvolymen med ett antal tiotal kubikmeter i slutavverkning. Denna volym avser den modellerade rötade volymen, och inte den praktiskt avverkade. I praktiken måste ju en del friskt virke komma att ingå i de rötade bitarna, vilket ökar volymen nedklassat virke. Storleksordningen av detta övermål har ännu inte kvantifierats.

En **preliminär** kostnads-/intäktsanalys av stubbehandling i gallring och slutavverkning enligt ovanstående exempel presenteras i tabell 3. Notera dock att visst arbete återstår med modellen över spridningsdynamiken och med simulering av praktisk aptering. Exemplet bygger på följande antaganden:

- Omloppstid: 70 år (åkerplantering) respektive 80 år (skogsmark)
- Två gallringar
- Kostnader och intäkter diskonteras till år 0, d.v.s. kostnaden för stubbehandlingen i slutavverkning av förra generationen tas upp till sin faktiska kostnad, medan förväntade merintäkter i nästa slutavverkning diskonteras 70 respektive 80 år. Kostnader och merintäkter från respektive gallring diskonteras på motsvarande sätt.
- Kostnaden för stubbehandling sätts till 3 kr/m³fub i slutavverkning, samt 10 respektive 8 kr/m³fub i första- och andragallring. Skillnaden mellan friskt och rötat virke antas vara 20, 40 och 180 kr i första-, andragallring respektive slutavverkning.

Tabell 3.
Diskonterade värden (år 0), kr/ha.

	Skogsmark- beståndet	Åkerplanteringen
Kostnader stubbehandling	1 768	1 858
(Mer)intäkter	1 768	2 243
Diskonterat netto (2,5 % ränta)	0	385
Kassaöverskott (ränta = 0)	9 190	9 610

Exemplet visar att internräntan för ett stubbebehandlingsprogram i skogsmarksbeståndet ligger på ca 2,5 %, medan den för åkermarksplanteringen är ännu högre. Kassaöverskottet per hektar ligger på mer än 9 000 kr per hektar.

Hur representativa är dessa båda typbestånd? Den frågan har tyvärr inte kunnat utredas inom ramen för detta arbete. Allmänna statistikuppgifter (Skoglig statistikinformation på www.svo.se) kan dock användas för att grovt skatta nivån:

I landet slutavverkas årligen ca 100 000 hektar på privat skogsmark. Gran utgör 43 % av den stående volymen. Om denna andel även speglar arealen innebär den en ”granareal” på ca 43 000 hektar i slutavverkning. Beroende på hur stor andel av dessa 43 000 hektar som kalkylen representerar erhålls en skattning på värdet enligt tabell 4. Representerar de 5 % av granslutavverkningarna är värdet ca 20 miljoner kr per år, och representerar de 30 % blir värdet mer än 100 miljoner kr per år.

Tabell 4.
Kassaöverskott (Mkr per år) beroende på hur stor andel av all privat ”granareal” som de båda typbestånden representerar

% av ”granareal”	5	10	15	20	25	30
Mkr/år	19	39	58	77	97	116

Den del av ”granarealen” som inte omfattas av tabell 4, d.v.s. 70–95 %, påverkas förstås också av rotröta. I en stor del av fallen kan man sannolikt även här ”räkna hem” stubbehandling. Genom att inte behandla kan man bidra till att bygga upp rottickepopulation och infektionstryck under lång tid, så att problemet gradvis förvärras. Omfattningen och värdet av detta låter sig dock inte lätt kvantifieras. Likaså har vi i denna sammanställning inte räknat på andra faktorer som påverkas av mängden rotröta i bestånden, t.ex.:

- Produktionsförluster (storleksordningen 0,5 miljoner m³sk per år på privatskogen).
- Stormfällningsrisk (döda rötter ger sämre stabilitet).

Slutligen kan därför konstateras att värdet av att bekämpa rottickan torde vara väsentligt större än vad som anges i tabell 4.

4. Mark, vatten och uthållig produktion

Kaj Rosén, Staffan Jacobson

INLEDNING

Föreliggande avsnitt syftar till att, baserat på nuvarande kunskapsläge, översiktligt beskriva de förhållanden som påverkar markens uthålliga produktionsförmåga.

Rapporten har avgränsats enligt följande:

- Påverkan på skogsmarkens produktionsförutsättningar/-förmåga. Skogsproduktionen i sig behandlas inte annat än som tänkbara förändringar till följd av ett förändrat växtnäringstillbud.
- Påverkan på/av den omgivande miljön.

Mot bakgrund av avgränsningarna ovan behandlar rapporten markrelaterade, ekosystemprocesser enligt nedanstående.

PROCESS (appendix)	PÅVERKAN	
	Skogsbruk	Antropogent betingat nedfall
Vittring	X	X
Nedbrytning & mineralisering	X	X
Jonbyte	X	X
Deposition	X	X
Avdunstning	X	X
Utlakning	X	X

BONITET – ETT IFRÅGASATT BEGREPP?

Boniteten är ett centralt begrepp för skogsbruket. Det används för att beskriva ståndortens produktionsförmåga. Skogsbruket har och har alltid haft ett behov av att kunna mäta skogsmarkens produktionsförmåga. Med bonitet menas ”ståndortens naturgivna virkesproducerande förmåga, mätt som m³sk per ha och år”. Boniteten definieras som ”medeltillväxten, när den kulminerar för ett bestånd som anläggs och sköts så att högsta volymproduktion erhålls”. De flesta bestånd uppfyller inte dessa kriterier, varför boniteten kommit att avse ett tänkt, idealt tillstånd. Boniteten utgör en viktig referens för skogsbrukaren och kan bl.a. sättas i relation till beståndets faktiska medeltillväxt. Skogsskötselns mål är ofta att åstadkomma en tillväxt över omloppstiden som ligger så nära boniteten som möjligt.

Även om vi i bonitesbegreppet lägger in för marken ”varaktiga produktionsförhållanden” som mineraljordens djup, mineralogiska sammansättning och textur samt ståndortens topografi och det storskaliga klimatet kan vi inte mäta boniteten annat än genom trädens tillväxt, direkt eller indirekt (ståndortsindex). Boniteten blir beroende av med vilket växtmaterial den mäts. Gran ger högre bonitet än tall på bördiga marker. Contortatall ger alltid högre bonitet än tall etc.

Utan att gå in på hur boniteten skattats under årens lopp (Tegnhamar, 1992), så kan man konstatera att den är beroende av en rad faktorer såsom temperatur, ljus, vatten, växtnäring, konkurrens m.fl. Definitionen av begreppet bonitet förutsätter att dessa faktorer är stabila över lång tid, eller åtminstone går att uppskatta i ett "naturligt" tillstånd. Så är inte fallet i dag. Människans aktiviteter (trädslagsval, val av skogsodlingsmaterial, storskalig påverkan såsom CO₂-utsläpp mm) påverkar ekosystemen i stort och i smått, och i en sådan utsträckning att de ekosystemprocesser som styr trädens tillväxt uppvisar förändringar. Flera av dessa förändringar verkar i en för tillväxten positiv riktning. Emellertid måste man vara klar över att huvudskälet till "bonitetsförändringen" är det faktum att vi ändrat de metoder med vilka vi bestämmer boniteten. Detta har lett till att landets medelbonitet ökat under de senaste årtiondena (Tegnhamar, 1994). Detta innebär att begreppet bonitet som varit tänkt att beskriva "ståndortens naturgivna produktionsförmåga" blivit mer instabilt än det var tänkt och därmed förlorat en del av sin ursprungliga mening. Även om huvudskälet till detta påstående ligger i oförmågan att rätt bestämma boniteten, så kan man konstatera att begreppet "naturgiven produktionsförmåga" delvis förlorat sin betydelse, även om det fortfarande är viktigt som ett mål för skogs-skötseln.

Begreppet bonitet är naturligtvis fortfarande användbart som en klassningsvariabel i t.ex. indelningsregister, men man bör vara medveten om att dagens boniteringsmetoder i hög grad också inkluderar pågående förändringar i flera av ståndortsfaktorerna.

EFFEKTER AV PRODUKTIONSHÖJANDE ÅTGÄRDER I SKOGSBRUKET – INOM OMLOPPSTIDEN

I det förgående har möjligheterna till ökad skogsproduktion genom traditionella och kända åtgärder presenterats. Vid en genomgång av dessa åtgärders effekter på markens långsiktiga produktionsförmåga, liksom på omgivande vattenekosystem, kan man med några undantag konstatera att påtagligt negativa effekter ofta inte kan fastställas. Däremot är det motiverat att diskutera de indirekta effekter på mark och vatten som de föreslagna åtgärderna kan komma att leda till.

En **ökad ambition och intensitet i föryngringsarbetet** leder till tätare skogar. En nödvändig del i ett intensivare föryngringsarbete är markberedning. Vid sidan om ett optimalt val av skogsodlingsmaterial är en väl utförd markberedning den del av föryngringsarbetet som kanske ger det största bidraget till lyckade föryngringar. Markberedning har fysikaliska effekter, såsom höjd marktemperatur och förändrade fuktighetsförhållanden i markytan, som gynnar plantetablering och tillväxt. Markberedning minskar också risken för snytbageangrepp.

Den ökade mineralisering som blir resultatet av markberedning, åtminstone lokalt och under en begränsad tid, bidrar till bättre träd-tillväxt. En risk som uppmärksammas i samband med markberedning är att den kan leda till ökad utlakning under hyggesfasen av bl.a. nitrat och baskatjoner. Tidiga studier visade att så skulle kunna vara fallet (Rosén & Lundmark-Thelin, 1986), medan senare studier visar att risken är liten (Örlander, et al. 1997; Nohrstedt, 2000). I dagsläget tyder alltså mycket på att risken för en allvarligare ökning av utlak-

ningen efter markberedning är försumbar. Finns den så är den sannolikt kortvarig, då den spirande hyggesvegetationen verkar ha förmåga att binda näringsämnen som frigörs under hyggesfasen (Ring, et al. 2003).

Röjning och gallring har inga fastställda långsiktiga effekter på markens produktionsförmåga. En kraftig förändring i relationen lövträd – barrträd leder till förändringar i humusbildning och humustäckets pH (Saetre, 1998; Brandtberg, 2001). Det finns emellertid inget stöd för att dessa förändringar skulle påverka markens produktionsförmåga (Binkley, 1995; Rothe, et al. 2002).

Om man däremot tar till vara röjningsvirket som biobränsle och gallringarna utförs som helträds-gallringar i samma syfte, finns risk för tillväxtnedsättningar (se nedan).

En av de identifierade tillväxthöjande åtgärderna är att konsekvent utnyttja genetiska **förädlingsvinster** vid nyanläggning av skog. De långsiktiga effekterna på marken av en sådan åtgärd har diskuterats i olika sammanhang. En omedelbar slutsats som är naturlig att dra är att träd som växer bättre tar upp mer växtnäring från marken. Ett sådant synsätt behöver dock nyanseras.

Vi har ännu begränsade kunskaper om vilka processer i trädet som ligger bakom den ökade tillväxten. En sådan kan vara ett effektivare näringsupptag från marken, en annan ett effektivare utnyttjande av den näring som tas upp. I det förra fallet leder den ökade biomassaproduktionen till ökat näringsupptag. I det senare fallet är det inte så, åtminstone inte i direkt proportion till den ökade tillväxten. Med den planerade användningen av förädlad material kommer man på beståndsnivå nå en 25–30-procentig tillväxtökning, jämfört med ortens material. Det är alltså inte självklart att en sådan tillväxt leder till en motsvarande ökning av näringsupptaget. Mer forskning behövs.

Frågan är om ett utnyttjande av förädlingsvinsterna är att betrakta som en bonitetshöjning eller om det, mot förmodan, skall betraktas som en ökad belastning på skogsmarken (jfr. diskussionen om bonitet ovan.) Frågan är fullt möjlig att belysa i långsiktiga försök.

En annan möjlig åtgärd för att höja tillväxten är **gödsling**. Vid normala brukningsförhållanden, på majoriteten av skogsmarken, är gödsling med kväve det enda som på kort sikt väsentligt kan bidra till ökad tillväxt. Gödselmedlet kompletteras med ämnen som motverkar eventuell risk för försurning. Inom vissa områden kan det vara aktuellt att även tillsätta små mängder bor. All forskning pekar på att det av produktions-skäl, i dagsläget, inte är motiverat att använda sig av andra växtnäringsskäl, i dagsläget, inte är motiverat att använda sig av andra växtnäringsskäl. De undantag som finns utgör extremer och är lätta att identifiera och åtgärda.

Risken för att kvävegödsling kan medföra negativa konsekvenser för skogsmark och avrinnande vatten har påtalats. Frågan har genomlysts väl i forskningen. Det finns knappast någon skogsbruksåtgärd vars effekter på mark och vatten som man känner till så väl som de för skogsmarksgödsling med kväve. Erfarenheterna har sammanfattats i två sammanställningar Miljökonsekvensbeskrivning av STORA SKOGS gödslingsprogram (Westling & Nohrstedt, 1995; Nohrstedt & Westling, 1995) och Kväve 2002 (Högbom & Jacobson, 2002). Bägge visar att risken för negativa effekter på miljön är liten.

Den mest uppenbara farhågan gäller ökad utlakning av kväve, främst nitrat. Erfarenheterna från forskningen visar att risken är liten om man följer de rekommendationer som gäller för skogsmarksgödsling i praktisk skala. Den begränsade eller obefintliga utlakningsökningen leder också till slutsatsen att risken för ökad utlakning av baskatjoner är liten. En annan effekt skulle kunna vara att den tillväxtökning som blir resultatet av kvävegödsling skulle kunna leda till minskad basmättnad i marken, och därmed en viss försurning. De flesta undersökningar visar på begränsade effekter i detta hänseende. Tendensen har snarare varit den motsatta, d.v.s. en ökning av mängden baskatjoner (Högbom & Jacobson, 2002).

Mykorrhizan spelar en viktig roll för trädens näringsupptag (Lundström, 2001). Mykorrhizan påverkas av kvävegödsling. I rapporten till Kväve 2002 (Högbom & Jacobson, 2002) redovisar Taylor, et al. (in press) följande slutsatser om kvävegödslingens effekter på mykorrhizasamhället: ”Den kraftiga ökningen av oorganiskt kväve ger komparativa fördelar för de svamparter som använder oorganiskt kväve som kvävekälla. Denna period med överskott på oorganiskt kväve är dock relativt kortvarig. Mycket av det tillförda kvävet kommer att bindas i mer eller mindre svårnedbrytbara organiska kväveföreningar. Mykorrhizasamhället måste då återgå till den ursprungliga artsammansättningen för att bättre kunna svara mot det rådande utbudet av kväve. Detta resonemang förklarar också att inga långsiktiga effekter kunde hittas i de undersökta långtidsexperimenten. Effekten av kvävegödsling är ett intrikat samspel mellan C- och N-utbud och efterfrågan, där vi ännu inte har alla pusselbitar.”

I detta sammanhang kan noteras att flera andra skogliga åtgärder, t.ex. slutavverkning och trädslagsbyten, också kan ha effekter på mykorrhizasamhälle.

LÅNGSIKTIGA EFFEKTER AV SKOGSBRUK OCH ANTROPOGENT BETINGAT NEDFALL

Det måste inledningsvis sägas att trots att stora insatser gjorts inom forskningen på detta område så är kunskapsläget mycket bristfälligt vad gäller långsiktiga effekter (flera omloppstider) av skogsbruk och antropogent betingat nedfall. De komplicerade sambanden, varav många är outredda, leder till att det är svårt att dra säkra slutsatser. Forskarsamhället är således inte enigt om hur man skall tolka många av de resultat som finns.

Flera av de långsiktiga effekter som en ökad biomassaproduktion leder till kan hänföras till tillvaratagandet av den producerade biomassan, d.v.s. avverkningen. Biomassaexport från en ståndort leder till förluster av växtnäringsämnen. En avgörande fråga i detta sammanhang är om exporten av växtnäring kompenseras genom naturliga processer som tillför upptagbar växtnäring till marken. På kort sikt (inom en omloppstid) är nedbrytning och mineralisering av organiskt material en viktig process. På lång sikt (flera omloppstider) är kvävetillförsel och vittringshastighet avgörande.

Frågorna om biomassautnyttjandets effekter påverkas dessutom i hög grad av den antropogent betingade depositionen, vars effekter i många fall samvarierar med effekterna av biomassauttag.

Den påverkan som sker på skogsekosystemet kan delas in i tre (eller flera) frågekomplex beroende på vilka frågor man ställer. Den första frågan gäller effekterna på marken och markprocesserna, den andra effekter på vattenekosystemen och den tredje effekter på vegetationen (träden). Dessutom är det helt avgörande om de svar man vill ha skall gälla det kortsiktiga eller långsiktiga perspektivet. I det följande behandlas i första hand de långsiktiga effekterna.

Effekter på mark

Grundläggande för synen på hur skogstillväxt, skörd av biomassan och atmosfäriskt nedfall av olika typer av substanser påverkar skogsmarken på lång sikt är hur man tolkar effekterna av förändringar och trender i markens förråd av tillgänglig växtnäring. Vi brukar benämna detta massbalanser. För att kunna bestämma om massbalansen för ett visst ämne är positiv eller negativ måste vi fastställa de flöden som tillför, respektive bortför växtnäringsämnen från markens förråd av tillgänglig växtnäring. I det långsiktiga perspektivet bestäms balansen för baskatjoner av följande ekvation:

$$\text{Vitrering} + \text{atmosfäriskt nedfall} = \text{skörd av biomassa} + \text{utlakning};$$

Massbalansen för andra ämnen, t.ex. kväve och kol som har sitt ursprung i atmosfären, ser annorlunda ut.

När man tolkar resultaten av massbalanser måste man vara klar över de brister som finns i möjligheterna att korrekt bestämma den ingående posterna eller möjligheten att överhuvudtaget mäta hastigheten i vissa processer. Vidare skall man vara medveten om att tolkningen måste ske i ljuset av vilken tidshorisont man betraktar. För de tidsperioder som vi normalt överblickar, t.ex. en omloppstid, överskuggas massbalansberäkningen av andra, dynamiska processer (som normalt inte tas med i beräkningen). Detta är sådana processer som är kopplade till den årliga, interna cirkulationen av växtnäringsämnen mellan bestånd och mark.

Genom bl.a. Ståndortskarteringens mätningar har man kunnat fastställa att basmättnadsgraden i framför allt södra Sverige, har minskat under de senaste årtiondena. Denna förändring har också medfört att marken aciditet ökat. Vi har goda skäl att anta att förändringen beror på den ökade depositionen av försurande ämnen, men även kan vara ett resultat av en ökad skogsproduktion, d.v.s. ett ökat växtnäringsupptag och därmed också en uppbyggnad av förrådet av organiskt material i marken. Forskningen på området har hittills inte kunnat fastställa i vilken utsträckning den ena eller andra processen bidragit till förändringen.

Mot bakgrund av nuvarande kunskaper bör den viktigaste åtgärden vara att minska de antropogena utsläppen till atmosfären och därmed depositionen av försurande ämnen, vilket i viss utsträckning redan sker. Vidare bör man i framtiden noga följa effekterna av det ökade biomassauttag som blir effekten av skörden av skogsbränsle. Forskning har visat att skörd av toppar och grenar i slutavverkning, röjning och gallring ger vissa tillväxtförluster (Egnell, 1997; Johansson, et al. 1999), sannolikt p.g.a. minskat kväveutbud. Huruvida skörden bidrar till sänkt basmättnad i marken är mer osäkert. Ett sätt att undvika en sådan effekt är att återföra askan efter förbränning. Askåterföring kan emeller-

tid, på vissa marker, också leda till andra oönskade effekter, t.ex. ökad nitrifikation.

Massbalansstudier pekar på att balansen av baskatjoner kan vara negativ, även vid normal skörd av stamvirke. Osäkerheten i dessa beräkningar, gör emellertid att man bör vara försiktig när man drar slutsatser om långsiktiga effekter. Den största osäkerheten i beräkningarna gäller bestämningen av vittringshastigheten under fältförhållanden. Förutom svårigheterna att fastställa storleken på vittringen, så är kunskapen mycket liten om hur vittringshastigheten kan påverkas av de större eller mindre förändringar som sker över tiden i markens struktur och funktion, liksom hur trädens tillväxtprocesser i sig påverkar vittringen. I princip kan man tänka sig att en ökad skogsproduktion leder till ökad vittring.

Om sänkningen av basmättnadsgraden skulle komma att gå så långt att träden skulle komma att lida brist på något annat ämne än kväve, så kan man konstatera att kunskapen om att snabbt åtgärda en sådan brist är god. Brister i enskilda ämnen kan snabbt fastställas och åtgärdas genom en gödsling med aktuellt ämne.

Effekter på vatten

Försurningsproblemet upptäcktes först i våra sötvatten (Odén, 1968). Då liksom nu är man på det klara med att huvudorsaken till vattenförsurningen är i första hand svaveldepositionen och i andra hand kvävedepositionen. Ett tydligt tecken på att denna tolkning är riktig är att vi i södra Sverige ser en viss återgång mot högre pH-värden i våra vatten i takt med att svaveldepositionen minskar.

Många av våra sjöar och vattendrag är naturligt sura. Detta förhållande gör det svårt att fastställa någon antropogent betingad försurning i norra Sverige, där svavel och kvävedepositionen varit mindre än i söder. Naturligt sura vatten har sin förklaring i våra podsoljordmåner med sura märlager. Barrskogsvegetationen är grundorsaken till dessa förhållanden. Man kan heller inte utesluta att skogsbruket i viss mån bidrar till vattenförsurningen, även om det är mycket svårt att fastställa skogsbrukets bidrag i jämförelse med opåverkade barrskogsförhållanden.

Nitrifikation och nitratutlakning är ett problem för grund- och ytvatten. Flera faktorer kan bidra till ökad nitrifikation. Det är sedan länge känt att ökat mark-pH underlättar nitrifikationen (Persson, 1988). Därmed kan man, ur vattensynpunkt, ifrågasätta åtgärder som syftar till att höja basmättnad och pH i skogsmarken. Till dessa hör t.ex. kalkning och askåterföring. På bördiga marker i södra Sverige där kvävedepositionen varit hög under lång tid, kan nitrifikationen och kväveutlakningen vid kalkning och askåterföring öka (Johansson, et al. 1999).

Effekter på träden

För svenska förhållanden kan man konstatera att det än så länge inte finns några klara exempel på att markförsurningen påverkat trädens tillväxt under fältförhållanden. Det är fortfarande så att på den helt dominerande delen av våra skogsmarker, begränsar kvävetillgången trädens tillväxt. Att skogstillväxten på den helt övervägande delen av skogsmarken, också i södra Sverige, rea-

gerar positivt på en kvävegiva (Pettersson, 1994), men inte alls eller t.o.m. negativt på en gödning med kalk eller träaska (Sikström, 2001; Jacobson, 2003), stärker slutsatsen att vi än så länge är en bra bit ifrån bristnivåer för andra näringsämnen än kväve.

Endast när näringsämnen uppvisar bristnivåer i träden kan man tala om påverkan på trädens "hälsa", t.ex. frostkänslighet och motståndskraft mot torkstress.

Begreppet kvävemättnad diskuteras. Flera definitioner har föreslagits (c.f. Rosén, et al. 1992; Nohrstedt, 1993). Under alla förhållanden kan man konstatera att mätt som tillväxtökning av tillsatt kväve, så har mättnad ännu inte uppnåtts på den absoluta majoriteten av våra skogsmarker.

Hur skall man då se på riskerna för att trädens tillväxt och hälsa på lång sikt? När det gäller basmättnadsgraden i marken, kan man inte utesluta att den kommer att fortsätta minska under överskådlig tid. I detta sammanhang bör påpekas att även om basmättnadsgraden minskar, så är det inte säkert att mängden tillgängliga baskatjoner i marken påverkas i samma grad. Under nuvarande förhållanden finns emellertid ingen empirisk forskning som antyder att trädens tillväxt skulle hotas eller att andra allvarliga kalamiteter skulle uppstå under den närmaste omloppstiden, även om vissa modellberäkningar antyder motsatsen (Sverdrup & Warfinge, 1995). Vad som händer på flera omloppstiders sikt är naturligtvis svårt att ha en klar uppfattning om, men som påtalats ovan, finns goda möjligheter att rätta till situationen om skador eller annan påverkan skulle uppstå.

När det gäller risken för en framtida kvävemättnad så kan man konstatera att det finns bestånd i sydvästra Sverige som uppvisar ett förhöjt kväveläckage. De förenklade massbalansberäkning som gjorts antyder att inom huvuddelen av den brukade skogsmarken är kvävebalansen, sett över omloppstiden, positiv d.v.s. kväveförrådet byggs upp i våra skogsmarker, under förutsättning att endast stamveden utnyttjas. Vid helträdsavverkning, d.v.s. om vi också skördar toppar och grenar, tenderar dock balansen att bli negativ inom stora områden. Hur dessa balanser kommer att utvecklas över tiden är sannolikt i hög grad avhängigt av hur kvävedepositionen kommer att utvecklas.

5. Landsomfattande produktionsmöjligheter och miljöeffekter

EFFEKT AV PRODUKTIONSHÖJANDE OCH SKADEFÖREBYGGANDE ÅTGÄRDER

Utredningen har syftat till att fånga storleksordningarna för vad de olika produktionshöjande och skadeförebyggande åtgärder kan ge i form av ökad avverkningsmöjlighet och ökade värden. Det är komplicerat att jämföra åtgärderna sinsemellan då de är av så olika karaktär. De fordrar olika resursinsatser och ger effekt på olika lång sikt. Några av åtgärderna är främst volymhöjande, andra främst värdehöjande och de flesta både volym- och värdehöjande. Värdet per enhet kan öka dels till följd av förändrad sortimentssammansättning och högre kvalitet, dels till följd av sänkta avverkningskostnader. Mest rättvisande vore förmodligen att jämföra åtgärdernas lönsamhet med en investeringskalkyl. Men åtgärderna är av så olika karaktär att en sådan jämförelse lätt blir helt beroende av de antaganden som görs om framtiden.

Det är också komplicerat att skala upp effekterna på landsnivå. Dels behövs bedömningar om hur aktiva skogsägarna kan tänkas bli och dels är själva beräkningen komplicerad. Införandet av en eller flera metoder på bred front ändrar förutsättningarna för skogsbruket och därmed också skogsägarnas beteende.

Det är mot den bakgrunden sammanställningen i tabell 1 skall ses. Där redovisas åtgärdsvisa överslagsberäkningar av volyms- och värdeeffekter för antagna ”möjliga” aktivitetsnivåer och virkesvärden utifrån en traditionell syn på utfall av virkessortiment, virkespriser och kostnader för skogsskötsel och drivning.

De åtgärderna ger var för sig eller tillsammans mycket stora effekter på virkesproduktionen. De rör sig om tillväxtökningar (skillnader mellan redovisade aktivitetsnivåer) på mellan 0,3 och 5 milj. m³sk per år och värdeökningar på 150–2 300 milj. kr per år. De flesta åtgärderna börjar ge påtagliga resultat först efter ett halvt sekel och kräver innan dess en kontinuerlig insats. Skogen är ett trögt system.

Markberedning och plantering i stället för att lämna föryngringsavverkningarna utan åtgärd ger omedelbar effekt i form av fler godkända föryngringar i lagens mening. Införandet av bra snytbaggesskydd ger samma omedelbara resultat. Med mål att uppfylla skogsvårdslagets krav kan förbättrat föryngringsarbete höja framtida avverkningsmöjligheter med ca 5 % eller ca 2,5 milj. m³sk per år, vilket ökar värdet med ca 575 milj. kr/år. Vår analys avser då förbättrade föryngringsåtgärder som bara görs på en mindre del, ca 25 000 ha av den årliga 100 000 ha stora föryngringsytan. Potentialen att förbättra föryngringarna är mer än dubbelt så stor om intensiteten i föryngringsarbetet ökar på bred front genom ett allmänt förbättrat kvalitetsarbete vid anläggning av ny skog.

Förädlade plantor är den enskilda åtgärd som på lång sikt ger störst tillväxtökning, 8 %, schablonmässigt värderad till 1 000 miljoner kr per år. Ett skäl till den stora effekten är att metoden kan tillämpas på i princip hela den årliga planteringsytan och att den är lätt och billig att tillämpa när man ändå planterar. Vi har här räknat med att förädlade plantor sätts på 60 000 ha av de ca 75 000 ha som bör planteras för att privata markägare skall uppnå godkända föryngringar.

Skogsgödsling är den enda metod som på kort sikt ökar tillväxten av avverkningsmoget virke. Finns det god tillgång på avverkningsbar skog kan avverkningarna öka omedelbart. Gödsling är därigenom den enda metod med vilken man kan parera kortsiktiga brister i virkesförsörjningen. Det gäller i princip även om man inväntar resultatet av varje gödsling men då med ca 10 års tidsförskjutning. Gödsling ger i våra beräkningar det jämförelsevis minsta tillskottet, 0,3 milj. m³sk per år. Potentialen är större eftersom vi enbart räknat med en enda gödsling under ett bestånds livstid och antagit att hälften av alla gödslingsvärda bestånd i privatskogen gödglas, d.v.s. 20 000 ha per år. En större areal kan gödglas och det är även möjligt att gödsla samma bestånd mer än en gång. Programmet inkluderar gödsling i Götaland, vilket i dag inte rekommenderas av Skogsstyrelsen, men kan väntas bli omprövat.

Röjning minskar i princip totalproduktionen men det är i praktiken ointressant då röjningen ökar gagnvirkesproduktionen. Potentialen att öka gagnvirkesproduktionen är i genomsnitt ca 1 % (5 % i oröjda bestånd). Den största vinsten av förbättrad röjning är emellertid ca 2 100 milj. kr per år i värdeökningen genom dimensions- och kvalitetseffekter. Röjning ökar lönsamheten i gallring och slutavverkning både genom värdefullare sortiment och lägre avverkningskostnader. Till det kommer kortare omloppstid som inkluderat i kalkylen skulle öka lönsamheten ytterligare. För att uppnå hela värdeökningen har vi räknat med att den årliga röjningen ökar från 60 000 till 85 000 ha av den 100 000 ha stora årliga förnygringsytan. Jämfört med dagsläget innebär det ytterligare röjning av 25 000 ha oröjda bestånd och att röjningen utförs hårdare på de 48 000 ha som i dag röjs svagt. Här har vi alltså inte reducerat en maximalt möjlig insats genom att bedöma vad som kan vara en realistisk tillämpning hos skogsägarna utan redovisar hela potentialen.

Det finns många organismer som kan **minska tillväxten eller skada virket** och en del av virket kan aldrig tillvaratas eller får nedsatt kvalitet. Många skadegörande organismer ligger utanför skogsbrukets kontroll. Populationerna fluktuerar och angreppen är oregelbundna. Genom god virkeshantering m.m. kan man minska risken för angrepp av märke- och barkborrar men det är svårare att skydda skogen mot t.ex., tallsteklar, granrost och gremmeniella. Andra skadegörare förekommer regelbundet och på ett sådant sätt att de kan kontrolleras av skogsbrukaren, t.ex. snytbagge på unga plantor, älg på tallungskog och rotröta på (i första hand) granskog.

Snytbaggeskador utgör en risk för tall- och granplantor i landets södra hälft och längs Norrlandskusten, d.v.s. på ca halva förnygringsytan. Om de nyplanterade plantorna inte skyddas blir skadorna förödande genom att en stor del av dem dödas. Skogsstyrelsens redovisade totala avverkningsminskning och värdeförlust om 4–5 milj. m³sk per år respektive 700 milj. kr per år baseras på en förväntad allmän förändring av skogsskötseln med betydligt mindre plantering, vilket leder till sämre förnygringar. Vi har räknat med att 65 % av minskad avverkning och minskat värde drabbar privata markägare. Konsekvenserna visar att det är helt nödvändigt att utveckla nya snytbaggesskydd.

Älgskadorna hamnar i särklass bland viltskadorna. Skadorna ger värdeförluster för skogsnäringen samtidigt som älgen betingar ett värde för jakt och rekreation. Skogsskadorna blir omfattande därför att tallen är basföda vintertid, att skadorna ackumuleras under en 10–20-årsperiod av ett bestånds utveckling och därför att älgen är spridd i hela landet. All tallungskog är därmed i riskzonen under en lång period. Överslagsmässigt ligger 50 000 ha × 12 år = 600 000 ha i riskzonen varje år. Varje år tillförs 50 000 ha (ca halva förnygringsytan är tall) och faller bort 50 000 ha när

skogen växer ur riskzonen. Skador på tallungskog ger både lägre virkeskvalitet i framtida avverkning och långsiktiga tillväxtförluster.

Vid en ”tolerabel” nivå om 20 % ackumulerade älgskador och 10 % tillväxtförlust i drabbade bestånd uppskattas värdeförlusten till ca 340 milj. kr per år. Värdeförlusten stiger till ca 850 milj. kr per år när de ackumulerade skadorna ökar till 50 %. Det är alltså med ca 500 milj. kr per år som framtida intäkterna skulle kunna öka i ett skogsbruk med måttliga jämfört med omfattande älgskador. Vi har inte dragit ifrån några kostnader för älgregleringen då kostnaden är liten för skogsbruket. Jägarna gör avskjutningen och betalar arrende för jakten. I den mån alternativa åtgärder, t.ex. anpassat skogsbruk/biotopvård blir viktigare framöver kommer detta att medföra kostnader.

Rotröta finns i runt 15 % av Sveriges granar. Den allvarligaste rötsvampen är rot-ticka, som producerar sporer under hela vegetationsperioden. Svampen sprids därför inte under den kalla årstiden, vilket gör vinteravverkning till en effektiv åtgärd för att kontrollera spridningen. Genom behandling av färska stubbar kan samma skyddseffekt uppnås också under vegetationsperioden. Inkörsporten för svampen stängs, vilket förebygger framtida skador och bromsar upp vidare spridning.

För stubbehandling tar det lång tid, som för så många andra skogliga åtgärder, innan den positiva effekten kan realiseras i ökad avverkning. Och det krävs ett omfattande arbete. Visserligen är bara ca hälften av all skog granskog och all granskog är inte i riskzonen. En del vinteravverkas men i den skog som skall skyddas måste skyddsåtgärderna vidtas vid varje avverkning, 2–4 ggr under en omloppstid, inklusive slutavverkning. Vi skattar därför den totala årsytan för stubbehandling till potentiellt 35–40 000 ha på privatskogsmark. Med ett taktiskt val av objekt blir vinsten av ökad volym friskt virke stor och lönsamheten god. Vi antar att våra modellbestånd för behandling representerar 20 % av den årliga ”granarealen”. Vidare antas att det därutöver genomförs stubbebehandlingsprogram, alt. vinteravverkning, på 60 % av granarealen, vilket ger minst halva kassaöverskottet jämfört med modellbestånden, samt att 20 % av arealen inte omfattas av rotrötebekämpning. Denna *försiktiga* skattning av arealer och värden (som inte inkluderar annat än virkesvärde) innebär ett möjligt årligt ökat värde på ca 200 milj. kr på privatskogsarealen, vilket är i klass med andra volymshöjande åtgärder och väntetiden är kortare i de fall då insatsen inleds vid 1:a gallring.

Sammanställningen visar att det finns nästan lika stora möjligheter att öka avverkningspotentialen genom åtgärder för att minska avgång och skador som för att öka tillväxten.

Tabell 1.

Effekter av produktionshöjande- och skademinskande åtgärder på produktion och värde för privat mark i landet som helhet.

Åtgärd	Beräkningsalternativ	Kostnad för åtgärd		Total areal som kan åtgärdas eller är i riskzonen för skador 1000 ha/år	Åtgärdad areal 1000 ha/år	Volymökning %	Värdeökning milj. kr/år	Tidshorisont år
		kr/ha	kr/m ³ sk					
Föryngring	Nuvarande			100	55	–	–	
	Godkänd	1 200–7 500	20	100	75	+5	575	50+
Förädling	Oförädlat			100	0			
	Förädlat	25–100	1	100	60	+8	1 000	50+
Gödsling	Ogödslat				0			
	Gödslat	2 200	150	40	20	+1	150	10–20
Röjning	Dagens röjning	2 200		85	60	–	–	
	Intensiv röjning	1 600–3 800		85	85	+1 ¹⁾	2 100	20+
Snytbagge	Bra skydd och nuvarande skötsel	500 kr/ha		50	50	0	0	
	Dåligt skydd och ändrad skötsel			50	50	-6	-450	50+
Älgskador	20 % skador	²⁾		50 × 12 år ³⁾	⁴⁾	⁵⁾	340 ²⁾	50+
	50 % skador	²⁾		50 × 12 år ³⁾	⁴⁾	⁵⁾	850 ²⁾	50+
Rotröta i granbestånd	Stubbehandling alt. vinteravverkning	0–1 500		35–40	15–20	+1-2	200+	20–50

1) Ökning av traditionellt gagnvirke

2) Kostnaden för älgreglering är liten för skogsbruket varför inga kostnader är medtagna.

3) Nyttillskott betad areal under ca 12 år

4) Älg jagas på all skogsmark

5) 10 % i skadade bestånd

EFFEKTER PÅ NATUR OCH MILJÖ

Är dessa produktionshöjande åtgärder och deras effekter förenliga med ”miljömålet” i den svenska skogspolitiken? Först vill vi poängtera att alla åtgärder är tänkta att genomföras inom ramen för den generella naturhänsyn i produktionsskogen och de successivt ökade avsättningar som planeras för att nå de övergripande miljömålen. I princip uppkommer emellertid generellt negativa naturvårdseffekter på träd- och beståndsnivå i ett intensivt skogsbruk genom att bestånden är tätare och träden yngre. Det blir mindre utrymme för annan flora och fauna. Analyserna visar dock att de föreslagna åtgärderna endast ger små förändringar.

Några av de föreslagna åtgärderna är kontroversiella ur miljösynpunkt, främst markberedning och skogsgödsling. Inget i vår analys talar för att det skulle uppkomma påtagligt negativa effekter på markens långsiktiga produktionsförmåga eller omgivande vattenkosystem av någon av de analyserade metoderna.

Vi bedömer att de här redovisade åtgärdernas eventuella effekter på natur och miljö inte är större än att de bör kunna undvikas genom att följa gällande rekommenda-

tioner för metoderna, genom generell naturvårdshänsyn i bestånden och landskapsplanering där extensivt skötta bestånd och naturvårdsavsättningar också ingår i landskapet. Det hindrar inte att det fortfarande finns frågetecken som behöver belysas av forskningen. Särskilt gäller detta när flera metoder kombineras och för andra produktionsbefrämjande metoder än de som behandlats här.

Förändringarna av mark och vatten genom deposition av försurande ämnen och kväve påverkar fortfarande ekosystemen. Mot bakgrund av nuvarande kunskap bör den mest angelägna åtgärden vara att minska de antropogena utsläppen för att minska påverkan på mark och vatten. Utvecklingen måste följas kontinuerligt så att åtgärder kan sättas in i tid. Vidare bör man följa långsiktiga effekter av stora biomassauttag vid t.ex. skörd av skogsbränsle. Det finns möjligheter att åtgärda eventuella negativa effekter som visar sig efter lång tid. En sådan åtgärd kan vara askåterföring men kunskapen behöver ökas.

Referenser

- Albrektson, A. 1999. Det är ekonomiskt att röja. I: Forskning för familjeskogsbruk, s. 29–37. LRF Skogsägarna.
- Andersson, B., Engelmärk, O., Rosvall, O. & Sjöberg, K. 1999. Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbruk med contortatall i Sverige. Skogforsk Redogörelse nr 1, 49 s.
- Anonymus 1978. Snytbaggeutredningen. Skogsstyrelsen.
- Anonymus 1991. Rapport från arbetsgruppen ”Plantskydd mot insektsangrepp”.
- Anonymus 2003. Konsekvenser av ett förbud mot permetrinanvändning av skogsplantor. Meddelande 2/2003. Skogsstyrelsen. 65 s.
- Bergquist, J. & Örländer, G. 1998. Browsing damage by roe deer on Norway spruce seedlings planted on clear-cuts of different ages: 1. Effect of slash, vegetation development and roe deer density. – *Forest Ecology and Management* 105:283–293.
- Bergquist, J. 1998. Influence by ungulates on early succession and forest regeneration in South Swedish spruce forests. – *Silvestria* 55. Doktorsavhandling, Institutionen för skoglig zoökologi, SLU, Umeå.
- Bergquist, J., Bergström, R. & Zakharenka, A. 2003. Responses of young Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) to winter browsing by roe deer (*Capreolus capreolus*). – *Scandinavian Journal of Forest Research* 18:368–376.
- Bergqvist, G., Bergström, R. & Edenius, L. 2003. Effects of moose (*Alces alces*) rebrowsing on damage development in young stands of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Forest Ecology and Management* 176: 397–403.
- Bergqvist, G., Bergström, R. & Edenius, L. 2001. Frequencies and patterns of moose (*Alces alces*) – related current stem damage in young stands of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16:363–370.
- Bergström, R., Jernelid, H., Lavsund, S., Lundberg, P. & Wallin, K. 1995. Älgtäthet – betetryck – fodertillgång – skogstillstånd – skadenivåer – skaderisker. – Rapport från projektet ”Balanserad älgstam”. Stencil.

- Bergström, R. & G. Bergqvist. 1999. Large herbivore browsing on conifer seedlings related to seedling morphology. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 14:361–367.
- Bergström, R. & Glöde, D. 2004. Viltbete – Smakar det så kostar det. – Redogörelse nr 1, 2004. Utvecklingskonferens Skogforsk s. 53–58. Uppsala.
- Bergström, R. 1998. Rådjurens betesmönster. Slutrapport. – Forskningsavdelningen, Svenska Jägareförbundet, Uppsala. 23 s.
- Bergström, R. 2004. Tillgång till och utnyttjande av älgfoder. – *StoraEnsos tidning Balans* Nr 1, 2004.
- Bergström, R. & Bergqvist, G. 1997. Frequencies and patterns of browsing by large herbivores on conifer seedlings. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 12:288–294.
- Bergström, R. & Hjeljord, O. 1987. Moose and vegetation interactions in northwestern Europe and Poland. – *Swedish Wildlife Research, Suppl. 1*: 213–228.
- Bergström, R., & Vikberg, M. 1992. Winter browsing on pine and birch in relation to moose population density. – *Alces Supplement 1*: 127–131.
- Bergström, R., Bergquist, J. & Bergqvist, G. 2003. Rådjursbete på barrplantor – mönster och effekter. – *Skogforsk Resultat* Nr 19.
- Binkley, D. 1995. The influence of tree species on forest soils: Processes and patterns. *In: Proceedings of the Trees and Soils Workshop, Canterbury, N.Z. Edited by D.J. Mead and I.S. Cornforth. Lincoln University Press, Canterbury, N.Z. Agron. Soc. N.Z. Spec. Publ. 10. pp. 1–33.*
- Brandtberg, P.-O. 2001. Mixing birch in Norway spruce stands – Impact on forest floor chemistry and implications for the buffering of acidity and nutrition of spruce. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Bäck, H. 2004. Betydelse av viltstängsel för planterade granbestånds utveckling fram till röjningsstadiet. – Examensarbete, Institutionen för skogsskötsel, SLU, Umeå.
- Cederlund, G. & Liberg, O. 1995. Rådjuret – viltet, ekologin och jakten. – Svenska Jägareförbundet, Stockholm.
- Egnell, G., Nohrstedt, H.-Ö., Weslien, J., Westling, O. & Örlander, G. 1998. Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation. Skogsstyrelsen Rapport 1, 1998. Jönköping. 170 s.
- Eidmann, H. H. & Klingström A. 1990. Skadegörare i skogen LTs förlag 355 s
- Elfving, B. 1982. HUGIN's ungskogstaxering 1976–1979. Projekt HUGIN Rapport nr 5, Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsvetenskapliga fakulteten), 128 s. Umeå.
- Giesler, R. Svampar – trädens grubarbetare? Markdagen 2002. Forskningsnytt om mark. Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära. Rapport 84: s. 25–31.
- Glöde, D., Bergström, R. & Pettersson, F. 2004. Intäktsförluster på grund av älgbetning av tall i Sverige. Arbetsrapport nr 570. Skogforsk, Uppsala. (Under tryckning).
- Glöde, D., Hannerz, M. & Eriksson, B. 2003. Ekonomisk jämförelse av olika föryngringsmetoder. (Arbetsrapport 557 Skogforsk), Uppsala. 50 s.

- Granqvist, Å. 2002. Ungskogsinventering ger slutresultat. – Balans Nr 4:14–15.
- Hallsby, G. & Örlander, G. 2004. A comparison of mounding and inventing to establish Norway spruce on podzolic soils in Sweden. *Forestry* 77 2. 107–117.
- Hoffland, E., Jongmans, T., Giesler, R. & vanBreemen, N. 2001. Ectomycorrhizal weathering of soil minerals. Third international conference on mycorrhizas. July 2001. Adelaide, Australia.
- Hägglund, B. 1983. Vad kan skogsträdsförädlingen ge i verkligheten. Exempel från Västerbotten och Småland. SST nr 3. s 19–25.
- Högbom, L. & Jacobson, S. 2002. Kväve 2002 – en konsekvensbeskrivning av skogsgödsling i Sverige. Skogforsk Redogörelse nr 6–2002. 42 s.
- Hörnberg, S. 1995. Moose density related to occurrence and consumption of different forage species in Sweden. – Rapport 58, Institutionen för skogstaxering. Doktorsavhandling.
- Jacobson, S. & Pettersson, P. 2003. Ny vår för skogsgödslingen? Skogforsk. Resultat nr 23–2003. 6 s.
- Jacobson, S. 2003. Addition of stabilized wood ashes to Swedish coniferous stands on mineral soils – effects on stem growth and needle nutrient concentrations. *Silva Fennica* 37(4): 437–450.
- Johansson, M.-B., Nilsson, T. & Olsson, M. 1999. Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering. Skogsstyrelsen, Rapport 1. Jönköping. 168 s.
- Kullberg, Y. & Bergström, R. 2001. Winter browsing by large herbivores on deciduous seedlings in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16:371–378.
- Lavsund, S. 1976. Kronhjortens, *Cervus elaphus* L., ekologi i områden med nyetablerade populationer i Syd- och Mellansverige. – Rapporter och Uppsatser Nr 25, Institutionen för skogszoologi, Skogshögskolan.
- Lavsund, S. 1987. Moose relationships to forestry in Finland, Norway and Sweden. – *Swedish Wildlife Research*, Suppl. 1.
- Lavsund, S. 2003. Skogsskötsel och älgskador i tallungskog. – Skogforsk Resultat Nr 6.
- Lindgren, D. & Persson, P. 1984. Skogsträdsförädling för framtiden. Skogsfakta 1984 (4). s 41–42.
- Lundström, U. 2001. Underjordiskt samarbete räddar skogen. *Forskning & Framsteg* 2/01: 14–16.
- Mattsson, L. 1990. Hunting in Sweden: Extent, economic values and structural problems. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5:563–573.
- Nohrstedt, H.-Ö. 1993. Den svenska skogens kvävestatus. Skogforsk, Redogörelse nr 8, Uppsala. 40 s.
- Nohrstedt, H.-Ö. 2000. Effects of soil scarification and previous N fertilization on pools of inorganic N in soil after clear-felling of a *Pinus Sylvestris* (L.) stand. *Silva Fennica* 34: 195–204.

- Nohrstedt, H.-Ö. & Westling, O. 1995. Miljökonsekvensbeskrivning av STORA SKOGs gödslingsprogram, Del 1, faktaunderlag. Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning B 1218 Aneboda, pp 1–59.
- Näslund, B.-Å. 1986. Simulering av skador och avgång i ungskog och deras betydelse för beståndsutveckling. – Rapport Nr 18, Institutionen för skogsskötsel, SLU, Umeå.
- Odén, S. 1968. Nederbördens och luftens försurning – Dess orsaker, förlopp och verkan i olika miljöer. Statens Naturvetenskapliga Forskningsråd, Ekologiskommittén, Bulletin nr. 1.
- Persson, T. 1988. Effects of acidification and liming on soil biology. In: F. Andersson and T. Persson (Eds.), Liming as a measure to improve soil and tree condition in areas affected by air pollution. National Swedish Environmental Protection Board, Report 3518. Solna. pp. 53–71.
- Pettersson, F. 1994. Predictive functions for impact of nitrogen fertilization on growth over five years. Skogforsk, Report 3 56 pp.
- Pettersson, F. 1996. Effekter av olika röjnings- och gallringsåtgärder på beståndsutvecklingen i tall- och granskog (Skogforsk, Redogörelse nr 5, 1996), 46 s. Oskarshamn.
- Pettersson, F. 1997. Regionala avverkningsberäkningar med olika skogsskötsel- och naturvårdsalternativ – en analys av de produktionsmässiga effekterna av dagens skogsbruksmetoder och miljöanpassning. (Redogörelse nr 9 Skogforsk), 49 s. Uppsala
- Pettersson, F. 2001. Effekter av olika röjningsåtgärder på beståndsutvecklingen i tallskog (Skogforsk, Redogörelse nr 4, 2001), 28 s. Eskilstuna.
- Pettersson, F. 2003. Effekter på beståndsutvecklingen och ekonomin av olika förstagallringsåtgärder i tallskog – Redovisning av försöksresultat och synpunkter på dagens röjnings- och gallringsverksamhet (Skogforsk, Redogörelse nr 3, 2003), 67 s. Eskilstuna.
- Pettersson, N. 1990. Volymproduktion och kvalitetsutveckling efter sen röjning. 9 s. (En sammanställning till exkursion nr 10 vid den Nordiska skogsunionens kongress. 1990).
- Pukkala, T., Mõykkyne, T., Thor, M., Rönnberg, J. & Stenlid, J. 2004. Modelling infection and spread of *Heterobasidion annosum* in even-aged Fennoscandian conifer stands. Inskickat manuskript.
- Ring, E., Bergholm, J., Olsson, B. A. & Jansson, G. 2003. Urea fertilization of a Norway spruce stand: effects on nitrogen in soil water and field-layer vegetation after final felling. Can. J. For. Res. 33: 375–384.
- Rosén, K. & Lundmark-Thelin, A. 1986. Hyggesbruket och markvården. – In: Skogen som Natur och Resurs – Mark – Flora – Fauna. Skogshögskolans höstkonferens, 3–4 december, 1985, Uppsala. Skogsfakta, Konferens no. 9: s. 42–49.
- Rosén, K., Gundersen, P., Tegnhammar, L., Johansson, M., & Frogner, T. 1992. Nitrogen enrichment of Nordic forest ecosystems – The concept of critical loads. Ambio 21:364–368.

- Rosvall, O., Jakobson, S., Karlsson, Bo. & Lundström, A. 2004a. Ökad produktion – trots ökad naturvård?. Redogörelse nr 1, 2004. Utvecklingskonferens Skogforsk), s. 23–38. Uppsala.
- Rosvall, O., Jakobson, S., Karlsson, Bo. & Lundström, A. 2004b. Ökad produktion – trots ökad naturvård II?. (manuskript)
- Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J. & Stener, L.-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar (Redogörelse nr 1, 2001, Skogforsk), 41 s.
- Rothe, A., Ewald, J. & Hibbs, D.E. 2002. Do admixed broadleaves improve foliar nutrient status of conifer tree crops? For. Ecol. Manage. 5841: 1–12.
- Saetre, P. 1998. Soil organisms, ground vegetation and ecosystem processes in mixed stands of Norway spruce and birch. *Silvestria* 54. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- Sikström, U. 2001. Growth and nutrition of coniferous forests on acidic mineral soils – status and effects of liming and fertilization. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 182, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. 54 pp.
- Skogsstyrelsen. 2000. Skogliga konsekvensanalyser 1999 – skogens möjligheter på 2000-talet. (Rapport 2 2000, Skogsstyrelsen), 331 s. Jönköping.
- Skogsstyrelsen. 2002. Skogsmarksgödsling – effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljön. SKS Meddelanden 6–2002. 37 s. Jönköping.
- Skogsstyrelsen. 2004. Skogliga konsekvensanalyser 2003 – SKA O3. (Rapport 2 2004, Skogsstyrelsen), 52 s. Jönköping.
- Sonesson, J., Bradshaw, R., Lindgren, D. & Ståhl, P. 2002. Ecological evaluation of clonal forestry with cutting-propagated Norway spruce. (Report no 1, Skogforsk) 58 s. Uppsala.
- Strandgaard, S. 1982. Factors affecting the moose population in Sweden during the 20th century with special attention to silviculture. – Rapport, Institutionen för viltekologi, SLU, Uppsala.
- Strömberg, C., Claesson, S., Thuresson, T. & Örlander, G. 2001. Föryngring av skog – metoder, åtgärder och resultat. – Skogsstyrelsen, Rapport 8D.
- Sverdrup, H. & Warfvinge, P. 1995. Past and future changes in soil acidity and implications for growth under different deposition scenarios. In: Staaf, H & Tyler, G. (eds.) Effects on acid deposition and tropospheric ozone on forest ecosystems in Sweden. *Ecol. Bull.* 44: 335–351. Copenhagen.
- Tegnhammar, L. 1992. Om skattning av ståndortsindex för gran. Inst. för skogstaxering, Rapport 53. Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. 259 s.
- Tegnhammar, L. 1994. Bonitet och tillväxt – växer skogen bättre nu än förr. Markdagen 1994. Forskningsnytt om mark. Skogsfakta Konferens. Rapport nr 19: 55–60.
- Thor, M. & Stenlid, J. 2004. Rotröta – ett växande problem. I: Utvecklingskonferens 2004, Skogforsk Redogörelse 1, ss. 59–63.

- Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. 2004. National forest inventory data: Root rot incidence, correlation with environmental factors, and potential for predicting stand decay levels. Inskickat manuskript.
- Weslien, J. 1998. Vad kostar snytbaggeskadorna. KSLAs Tidskrift 137/15: 19–22.
- Westling, O., Nohrstedt H.-Ö. 1995. Miljökonsekvensbeskrivning av STORA SKOGs gödslingsprogram, Del 2, bedömning. Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning B 1219 Aneboda, pp 1–59.
- Vikberg, M. & R. Bergström. 1992. Skogsskador i Sunnähägnen. En rapport från älg – vegetationsprojektet. – Forskningsavdelningen, Svenska Jägareförbundet, Uppsala.
- Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R and Hüttermann, A. (red.). 1998. *Heterobasidion annosum*: Biology, ecology, impact and control. CAB International, ISBN 0 85199 275 7, 589 ss.
- Örlander, G., Langvall, O., Petersson, P. & Westling, O. 1997. Arealförluster av näringsämnen efter riståkt och markberedning på sydsvenska hyggen. Arbetsrapport 15, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp. 15 s.

REGIONALA AVVERKNINGSBERÄKNINGAR MED HUGIN-SYSTEMET

Grundscenario och alternativa skogskötselscenarier

För att beräkna effekten av ökad intensitet i olika skogskötselmetoder för stora områden användes HUGIN-systemet som är utformat för skogliga konsekvensanalyser på regional nivå. Skogstillståndet beskrivs med Riksskogstaxeringens material. HUGIN-systemet har utnyttjats av skogsvårdsorganisationen för riksomfattande analyser av olika kötselalternativ under 1999, SKA 99. Den nyligen genomförda SKA 03 är en uppdatering av grundscenariot ”90-talets skogsbruk” i SKA 99 med aktuell statistik om skogstillstånd och naturvårdsambitioner. I SKA 03 har provytor från 1998–2002 utnyttjats och framskrivits till utgångsläget 2005. Simuleringarna har gjorts i 100 år och syftar till att hålla den högsta möjliga långsiktiga avverkningsnivån. Med utgångspunkt från grundscenariot (SKA 03) har vi valt att ytterligare studera följande scenarier för södra och norra Sverige representerade av Jönköpings (F) och Västernorrlands (Y) län:

0:0. SKA 03. Grundscenario med 1990-talets skogskötsel och prognostiserad naturvårdsintensitet hämtat från SKA 03.

0:1. SKA 03-Referens. SKA 03 med 90-talets föryngringsintensitet utan användning av förädling, contortatall och gödning.

1:0. Föryngring Godkänd. Föryngring för att klara skogsvårdslagens krav (föryngring+ enligt SKA 99).

1:1. Föryngring Intensiv. Åtgärder för att höja ungskogskvaliteten i alla föryngringar

2. Förädling. All plantering sker med förädlade plantor från successivt allt bättre fröplantager.

Naturvårdsambition

Vi har valt att använda samma omfattning av olika naturvårdsinsatser som används i SKA 03 i alla våra scenarier. Sveriges produktiva skogsmarksareal är 23,3 milj. ha, varav 870 000 ha (år 2 000) är reservat. Arealerna för naturvårdsavsättningar och naturanpassad skötsel som gjorts i SKA 03 skall återspegla vad som behöver uppnås år 2010 för att nå statsmakternas mål med ”Levande skogar”. Sammantaget innebär det att 1 984 000 ha eller 8,7 % av de 22 752 000 ha som ligger utanför nuvarande reservat undantas från skogsbruk. (Detta är förstås en förenkling eftersom avverkningar kan ske i vissa avsättningar, t.ex. om de är gjorda för friluftsliv).

På 20 768 000 ha tillgängligt för skogsbruk bedrivs vid sidan av ”traditionell skötsel av produktionsskog” också ”modifierad naturanpassad skötsel” på 2,3 % av arealen (2,1 % av all skogsmark utanför befintliga reservat). Vid avverkning inom all ordinär produktionsskog sparas dessutom ”evighetsträd”. I SKA 03 antas t.ex. att 2–4 evighetsträd lämnas och fortlever per ha.

Avverkningsberäkning

Ökad tillväxt i skogen kan antingen användas för att bygga upp virkesförråden eller omsättas i ökad avverkning. HUGIN-systemet försöker uppnå den högsta möjliga uthålliga avverkningen och hushållar därför med tillväxten under vissa perioder. På lång sikt kan dock ökad tillväxt ses som ökad avverkningspotential. För att renodla tillväxtökningarna av de studerade åtgärderna redovisas dessa tillskott som ökad avverkning vid den tidpunkt tillväxtökningen inträffar. Redovisning görs för 10-årsperioder med första periodmitt 2010.

Enligt SVO:s statistik avverkades totalt 3,7 och 6,2 miljoner m³sk 1995–2001 i F respektive Y län. Det är samma nivåer som upprätthålls under 100-årsperioden enligt SKA 03. Åldersklassfördelningen och dess utveckling över tiden samt HUGIN-systemet i sig har en avgörande betydelse för tillväxtens och avverkningarnas variation över tiden. Det viktiga är emellertid inte variationen utan vilken genomsnittlig avverkningsnivå som är möjlig.

Bilaga 2

FÖRYNGRINGSMETODER OCH FÖRYNGRINGSRESULTAT – NULÄGESBESKRIVNING FÖR PRIVATSKOGSBRUKET

Inledning

Tillståndet i nyligen inventerade föryngringar beskriver resultatet av åtgärder utförda för 5–10 år sedan. Senaste statistik som för ett och samma objekt beskriver både föryngringsmetod och föryngringsresultat kommer från Skogsstyrelsens inventeringar 2000–2002 och avser föryngringar utförda 1992–94 i norra Sverige och 1994–96 i södra Sverige (tabell 1) [Skogsstyrelsens Polytax R5/7 efter 5 år i S och 7 år i N Sverige]. Delar av detta material har ställts till förfogande av Svante Claesson på Skogsstyrelsen.

För omfattningen av olika åtgärder efter den period som fångas av Polytaxinventeringarna finns statistik från skogsstyrelsens intervjuundersökningar och från riksskogstaxeringen som redovisas i skogstatistisk årsbok och på Skogsstyrelsens hemsida.

I SUS 2001 (Skogsstyrelsen, 2001) gjordes en noggrann analys baserat på Polytax R5/7 inventeringar för 1999–2000. Resultaten av inventeringarna 1999–2000 överensstämmer i hög grad med de något senare gjorda inventeringarna, varför analysen i SUS 2001 utnyttjats.

Senaste föryngringsstatistik

Föryngringsåtgärdernas omfattning enligt Polytax 2000–2002 och utvecklingen under senare år

Enligt den senaste statistiken från Polytax 2000–2002 var andelen plantering bland privata markägare 54 % i mitten av 1990-talet och andelen självföryngring 41 % (tabell 1). Planteringarna var godkända till 83 % och självföryngringarna till 63 %. Ingen åtgärd var gjord på 5 % av arealen hos privata och godkänd till 23 %.

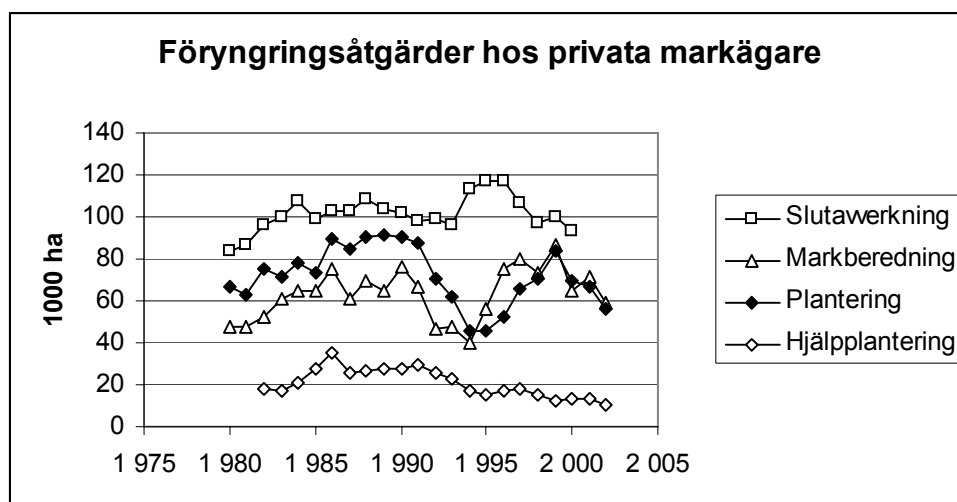
Tabell 1.

Använd föryngringsmetod i % av avverkad areal och andel godkända föryngringar från Polytax R5/7 inventering 2000–2002 för föryngringar utförda 1992–94 i N och 1994–96 i S.

Föryngringsmetod	Alla		Privata		Övriga	
	Andel av föryngring	Andel godkända	Andel av föryngring	Andel godkända	Andel av föryngring	Andel godkända
Plantering	61	84	54	83	71	86
Naturlig föryngring	36	67	41	63	28	76
Sådd	1	100	0	99	1	100
Ingen åtgärd	3	20	5	23	1	0
Alla metoder	100	76	100	72	100	82

Enligt riksskogstaxeringen har slutavverkningsarealen varit ungefär 100 000 ha per år hos privata sedan 1990 fram till år 2000 (figur 1). Av Skogsstyrelsens intervjuundersökningar framkom för motsvarande tid en minskning av markberednings- och planteringsarealen följt av en återhämtning och en ny minskning (figur 1). Andelen själv-

föryngring hos privata har minskat från knappt 40 % i mitten av 1990-talet till knappt 30 % på 2000-talet.



Figur 1. Slutavverkningsareal från riksskogstaxeringen samt föryngringsåtgärder enligt Skogsstyrelsens enkätundersökning.

Föryngringsstatistik enligt SUS 2001 (Polytax 1999–2000)

Föryngringsåtgärdernas omfattning

Andelen plantering har enligt statistiken i SUS 2001 (tabell 2) sjunkit för alla markägare från 83 % och 72 % för föryngringar från 1983–85 i N och 1985–87 i S respektive 1989–90 i N och 1991–92 i S (inventeringar 1990–1992 respektive 1996–1997) till 66 % för föryngringar från 1991–92 i N och 1993–94 i S (taxering 1999–2000). Privatskogsbruket planterade 56 % av föryngringsarealen jämfört med övrigt skogsbruk som planterade 78 %. Skillnaden var störst i södra Norrland med 45 % för privata och 90 % för övriga. Privata skogsägare åtgärdade inte 5 % av föryngringsarealen.

Tabell 2.

Använd föryngringsmetod i % av avverkad areal och andel godkända föryngringar från Polytax R5/7 inventering 1999–2000 av föryngringar gjorda 1991–92 i N och 1993–94 i S. Resultat inom parentes från återväxttaxeringen 1996–1997 för föryngringar 1989–90 i N och 1991–92 i S.

Föryngringsmetod	Alla		Privata		Övriga	
	Andel av föryngring	Andel godkända	Andel av föryngring	Andel godkända	Andel av föryngring	Andel godkända
Plantering	66	80 (89)	56	82	78	79
Naturlig föryngring	30	67 (68)	38	67	20	66
Sådd	1	64 (?)	0	?	0	?
Ingen åtgärd	4	30 (?)	5	31	2	29
Alla åtgärder	100	74 (82)	100	74	100	75

Naturlig föryngring omfattar diverse metoder och användes på 30 % av arealen. Därav skedde 26 % med fröträdd och 4 % på annat sätt, t.ex. löv på fuktig mark och kant- och luckhuggning. Fröträdd av tall anses vara lämpligt på 20 % av skogsmarken. Metoden användes dock på felaktig mark på 12 % av föryngringsarealen, vilket innebär att mer än hälften av den lämpliga marken inte föryngrades med fröträdd av tall. Antalet fröträdd understeg ofta rekommenderat antal. Privatskogsbruket självföryngrar mer än övrigt skogsbruk.

Markberedning hade tillämpats på 70 % av den föryngringsavverkade arealen som avverkades 1991–94 (tabell 3). Privata hade markberett 55 % och övriga 91 % av respektive areal. Av resterande 30 % borde hälften ha markberetts framför allt hos privata och vid naturlig föryngring.

Tabell 3.

Andel av föryngringsavverkad areal som har markberetts (%) för olika föryngringsmetoder och markägare enligt Polytax R5/7 inventering 1999–2000 av föryngringar gjorda 1991–92 i N och 1993–94 i S samt 2000–2002 för föryngringar gjorda 1992–94 i N och 1994–96 i S.

Markägare	Plantering		Naturlig föryngring		Totalt	
	1999–2000	2000–2002	1999–2000	2000–2002	1999–2000	2000–2002
Privata	65	76	46	58	55	66
Övriga	96	95	79	81	91	90
Totalt	81	85	55	66	70 ¹⁾	76 ¹⁾

1) Av resterande 30 och 24 % behövde ca 15 respektive 9 % markberedas. Den arealen återfanns främst hos privata som självföryngrat.

Hjälplantering hade minskat från 60 miljoner plantor 1990 till 25 miljoner 1997–1999. **Hyggesvilan** har gått ner från 6 år under senare delen av 1970-talet till 3–4 år under 1990-talet. **Skyddsdikning** har i stort sett upphört. Behovet av **hyggesrensning** täcktes till 90 %. Kvarvarande behov fanns hos privata markägare. **Permetrinbehandling** var gjort på 85 % av plantorna i Götaland.

Andel godkända föryngringar

Andelen godkända föryngringar var ungefär lika för privata markägare som för övriga och oberoende av åtgärd och landsända, men hade sjunkit till 74 % 1999–2000 (tabell 2) från 81 % och 82 % vid återväxtinventeringar 1990–1992 respektive 1996–1977. Jämfört med inventeringen 1996–97 finns en nedgång för andelen godkända planteringar från 89 till 80 % medan självföryngringarna godkännts till ca 67–68 % vid båda tillfällena (tabell 2). Eftersom privata markägare självföryngrar mer är andelen godkända föryngringar ändå lägst för dem. Om ingen föryngringsåtgärd gjorts godkändes endast 30 %.

Av underkända objekt 1999–2000 var i 32 % för luckiga, 31 % hade för få plantor och 37 % hade båda bristerna.

Andelen kalmark äldre än 10 år har gått ner från 22 % i början av 1990-talet till ca 15 % i slutet av 1990-talet.

Om lövträd inte hade godkännts som huvudstammar skulle andelen godkända föryngringar ha varit 65 i stället för 74 % (68 i stället för 76 % 2000–2002).

Om man vid inventeringen i Polytax R5/7 1999–2000 bortsåg från viltskadorna skulle andelen godkända föryngringar öka från 74 % till 78 % (76 till 80 % 2000–2002). Betesskador av vilt, rådjur i söder och älg i norr, resulterade i att 8 000 ha av underkändes.

Orsak till ej godkända föryngringar:

Sammanfattningsvis är följande orsaker viktiga för att föryngringarna inte når skogsvårdslagens krav:

- Ingen föryngringsåtgärd utförs.
- Stor andel naturlig föryngring då den ger sämre resultat (metoden används på olämplig mark och med för få fröträd).
- Liten markberedd areal särskilt vid naturlig föryngring men också för plantering.
- Minskad hjälpplantering?
- Skador av älg.

Markberedning och plantering var en säker föryngringsmetod. Förändringen att lövträd accepteras som huvudstammar innebär att barrfattiga föryngringar godkänns.

Ungskogskvalitet – utgångsläge för långsiktig produktion

Antalet huvudplantor i 1999–2000 års plantering var ungefär lika vid plantering och självföryngring (2 250) men betydligt lägre om ingen åtgärd vidtogs (1 600) (tabell 4). Underkända objekt hade i genomsnitt 1 500 huvudplantor och godkända 2 500. Det skiljer inte mellan markägare för respektive metod. Luckigheten var större vid självföryngring än vid plantering (tabell 4).

Tabell 4.

Antal huvudplantor per ha fördelade på föryngringsmetod och godkänd respektive underkänd areal för olika markägare enligt Polytax R5/7 inventering 1999–2000 av föryngringar gjorda 1991–1992 i N och 1993–1994 i S samt 2000–2002 för föryngringar gjorda 1992–94 i N och 1994–96 i S.

Ägar-kategori	Inventering	Plantering	Naturlig föryngring	Sådd	Ingen åtgärd	Totalt	Godkänd areal	Underkänd areal
Privata	1999–2000	2 361	2 250	2 625	1 641	2 283	2 579	1 454
	2000–2002	2 327	2 115	2 103	1 202	2 188	2 507	1 379
Övriga	1999–2000	2 176	2 167	2 613	1 509	2 162	2 400	1 442
	2000–2002	2 201	2 179	2 947	1 113	2 192	2 355	1 436
Totalt	1999–2000	2 269	2 227	2 621	1 611	2 233	2 503	1 449
	2000–2002	2 267	2 135	2 643	1 193	2 190	2 440	1 396
Andel nollytor	1999–2000	4,7 %	6,9 %		18,6 %	5,9 %		
	2000–2002	3,6 %	7,1 %	1,4 %	24,7 %	5,5 %		

Andelen täta föryngringar (1,5 ggr lagens minsta antal plantor per ha och 0,66 ggr lagens krav för luckighet var ca en tredjedel oavsett metod förutom för sådd som hade två tredjedelar täta föryngringar.

Andelen lövhuvudstammar i 1999–2000 års inventering var 12 %, med högsta värdet 19 % i Götaland (tabell 5). Andelen lövhuvudstammar har ökat från 8 respektive 3 % vid återväxttaxeringarna 1996–1997 och 1990–1992. Eftersom antalet huvudplantor varit ungefär oförändrat har antalet barrplantor minskat över tiden

Tabell 5.

Antal huvudplantor per ha fördelade på trädslag och markägare enligt Polytax R5/7 inventering 1999–2000 av förnygringar gjorda 1991–1992 i N och 1993–1994 i S samt 2000–2002 för förnygringar gjorda 1992–94 i N och 1994–96 i S.

Ägarkategori		Tall	Gran	Löv	Totalt
Privata	1999–2000	814	1 151	318	2 283
	2000–2002	865	1 058	265	2 188
Övriga	1999–2000	990	965	207	2 162
	2000–2002	1 216	837	140	2 192
Totalt	1999–2000	887	1 073	272	2 233
	2000–2002	1 008	968	214	2 190

Betesskador av vilt. Andelen toppskadade huvudplantor i 1999–2000 års inventering var i genomsnitt 6 %, 8 % för tall, 6 % för lövträd och 2 % för gran. Skadorna var störst i Norrland och Götaland med 8 %. Utan skador skulle antalet huvudplantor öka med 40 från 2 233 till 2378 och luckigheten minska från 5,9 till 4,7 %. Älgskadorna ökar sedan i ungskogen. Mer om detta på annan plats.

Gran på tallmark planterades på drygt halva arealen mark lämplig för tall i Götaland. Motsvarande förhållande var 9 % för landet som helhet.

Effekt på den långsiktiga produktionen

Per objekt räknat medför ingen åtgärd störst produktionsbortfall. ”Sofflocksmetoden uppskattas ge 50 % av normal produktion. Ej godkända självförnyring utgör en stor andel av förnygringarna. De ger sänkt produktion genom förlorad tid, lågt stamantal och stor luckighet. Den långsiktiga effekten av mer huvudstammar av löv kan inte säkert bestämmas. Kombinationen av färre barrplantor och större luckighet antyder risk för långsiktig produktionsminskning och behov av intensivare skötsel. Det generellt låga stammantalet har förmodligen också negativ effekt på den långsiktiga produktionen liksom ökad andel gran på tallmark.

MARKRELATERADE PROCESSER

Vittring

Vittring är den kemiska process som löser joner ur markmineralen. Vittringshastigheten är beroende av:

- Mineralsammansättning.
- Marktemperatur.
- Markfuktighet.
- Markens syra-/basstatus (i första hand vätejonkoncentrationen, d.v.s. pH).
- Biologiska processer.
- Förekomsten av organiska komplexbindare.

Sverige domineras av unga jordmåner som utbildats sedan senaste istiden. Detta innebär att det vittringsbara förrådet i princip är att betrakta som oändligt. På grund av att våra jordar främst är uppbyggda av svårvittrad mineral är emellertid vittringshastigheten låg. Våra grovkorniga moräner bidrar också till en lägre vittringshastighet eftersom vittringen är en ytberoende process (grov textur = liten specifik yta; fin textur = stor specifik yta). Vårt kalla klimat bidrar också till en låg vittringshastighet. Däremot är markfuktigheten sällan begränsande. Växtnäringsämnen frigörs således endast i långsam takt genom vittring i våra skogsmarker..

Huvuddelen av våra skogsmarker har låga pH-värden. Vätejonkoncentrationen är därmed sällan begränsande för vittringen, även om den i princip skulle kunna öka om vi sänkte pH ytterligare. Ett sänkt pH-värde i förhållande till nuläget är emellertid inte önskvärt av en rad andra skäl som kommer att behandlas senare i denna rapport.

På senare tid har man kunnat fastställa att trädens rötter genom sina exudat, framför allt via mykorrhizan i direkt kontakt med markmineralen, kan vittra markmineralen (Hoffan et al 2001; Giessler 2002). Detta sker då utan att joner kommer ut i marklösningen. Det är fortfarande oklart i vilken utsträckning denna process bidrar till vittringen storlek

I vårt klimat domineras skogsjordmånerna av podsoler, som bl.a. karaktäriseras av ett väl avgränsat organiskt skikt ovanpå mineraljorden, det s.k. mårslagret. Mårslagret bildas av vegetationens förna. När förnan bryts ner bildas en mängd olika, ofta sura, organiska föreningar. En del av dessa har komplexbindande egenskaper, vilket bl.a. innebär att de kan binda och i vattenlösning transportera bort vittringsprodukter från mineralkornens yta. Därmed frigörs nya ”fräscha” ytor för vittring. Våra podsoljordar är rika på komplexbindande organiska föreningar, som genom sitt verkningssätt bidrar till att öka vittringshastigheten.

Nedbrytning och mineralisering

Det döda organiska material som hamnar i (rötter, markdjur etc.) eller på (kvistar, grenar, blad etc.) marken innehåller, förutom kolföreningar och vatten, alla de ämnen som växterna behöver för sin tillväxt. Genom nedbrytning och mineralisering av förnan skapas möjligheter att återcirkulera dessa ämnen till vegetationen. Det är i huvudsak markdjur, svampar och mikroorganismer som deltar i dessa processer. Dessa

nedbrytare (och därmed hastigheten de processer som de deltar i) är i hög grad beroende av såväl förnans sammansättning som sin biologiska, fysikaliska och kemiska omgivning.

Jonbyte

Markpartiklarna är negativt laddade under de förhållanden som normalt råder i våra skogsmarker. Styrkan i den negativa laddningen är beroende av markens pH och sjunker med sjunkande pH.

De negativt laddade markpartiklarna attraherar positivt laddade joner (katjoner) som finns i marklösningen. Mängden joner som på detta sätt kan bindas till markpartiklarna kallas katjonbyteskapaciteten. Förutom av laddningsstyrkan, är katjonbyteskapaciteten ytberoende, d.v.s. humus och finkorniga jordarter, t.ex. leror, har högre katjonbyteskapacitet än grovkorniga jordar.

I marklösningen finns katjoner med sura, såväl som basiska egenskaper. Exempel på de förra är vätejoner (H^+), aluminiumjoner (t.ex. Al^{3+}) och på de senare kalcium- (Ca^{2+}), magnesium- (Mg^{2+}) och kaliumjoner (K^+). Andelen katjoner med basiska egenskaper (baskatjoner) på markpartiklarna brukar benämnas basmättnadsgraden.

Basmättnadsgraden i kombination med katjonbyteskapaciteten är några av de egenskaper som bestämmer markens syraneutraliserande förmåga (ANC, Acid Neutralizing Capacity), d.v.s. markens förmåga att motstå försurning.

Deposition

Skogsmarken tillförs inte växtnäring enbart genom vittring och nedbrytning/mineralisering. Deposition genom nederbörd och torrt nedfall utgör en annan viktig källa. Framför allt torrdepositionen är i hög grad beroende av beståndsstrukturen, där skrovliga ytor, såsom barrbestånd tar emot mer torrdeposition än t.ex. ett öppet fält eller en sjöyta.

I stor sett alla de ämnen som frigörs genom vittring tillförs även ekosystemen genom deposition. Ett viktigt undantag är emellertid kväve, som uteslutande tillförs via atmosfären, antingen genom våt- eller torrdeposition eller genom biologisk kvävefixering. Det senare är en mikrobiell process där bakterier fixerar kväve direkt ur luften.

Utlakning

I vårt humida klimat utlakas växnäringsämnen från all skogsmark. Mängden utlakad växtnäring bestäms dels av hur mycket vatten som passerar markprofilen och dels hur mycket växtnäring som tas upp i vegetationen, men i viss mån även i markorganismer.

Efter t.ex. kalhuggning ökar alltså utlakningen till grund- och ytvatten, medan kolonisation av hyggesvegetation och återbeskogning minskar utlakningen.

Katjonbyteskapaciteten (se ovan) bestämmer hur stor andel av markens lösta ämnen som kan bindas till markpartiklarna. Experimentella erfarenheter visar att vid en stor tillförsel av negativt laddade joner, t.ex. NO_3^- och SO_4^{2-} , så ökar risken för att basmättnadsgraden sänks i markprofilen och marken blir surare.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2004

2004

- Nr 562 Brander, M. & Eriksson, D. 2004. Delautomatisering av kranfunktioner på engreppsskördare. 92 s.
- Nr 563 Ahlsén, B. 2004. Styrdon för automatiserad kranstyrning. 78 s.
- Nr 564 Eriksson, B., Rosvall, O. & Wennström, U. 2004. Förädlad frö vid skogssådd. 20 s.
- Nr 565 Johansson, L. Svensk Maskinprovning, Hallonborg, U. & Granlund, P. Skogforsk. 2004. Riktning och hastighet hos kedjeskott. 16 s.
- Nr 566 Bergkvist, I., Johansson, F. & Glöde, D. 2004. Tredje generationens röjningsteknik – Maskinell röjning i stråk kombinerat med motormanuell mellanzonröjning. 27 s.
- Nr 567 Skutin, S-G. 2004. Överföring av FoU-resultat till praktisk tillämpning. 28 s.
- Nr 568 Johan Sonesson, Curt Almqvist, Bengt Andersson, Tore Ericsson, Bo Karlsson, Lars-Göran Stener, Johan Westin. 2004. Lägesrapport 2003-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s.
- Nr 569 Wilhelmsson, L. & Moberg L. 2004. Viktsutredning – Råvolymvikter. Prognos för medelvärden och spridningsmått med hjälp av beräkningsmodeller och vägning vid mätstationer. 35 s.
- Nr 570 Glöde, D. & Bergström, R. 2004. Intäktsförluster på grund av älgbetning av tall i Sverige. 30 s.
- Nr 571 Stener, L-G. 2004. Resultat från sydsvenska klontester med poppel. 27 s.
- Nr 572 Hallonborg, U. 2004. Aggregatutveckling. 10 s.
- Nr 573 Brander, M. & Nordén B. 2004. Utvärdering av automatfunktioner på engreppsskördare med en professionell skördarförare. 25 s.
- Nr 574 Rosvall, O., Bergström, R., Jacobson, S., Pettersson, F., Rosén, K., Thor, M. & Weslien, J.-O. 2004. Ökad produktion i Familjeskogsbruket – analys av tillväxthöjande och skadeförebyggande åtgärder. 94 s.
- Nr 575 Hannrup, B. 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. 34 s.
- Nr 576 Eriksson, B. & Sundblad, L.-G. 2004. Föryngring före slutavverkning – ungskogar till låg kostnad. 14 s.
- Nr 577 Andersson, M. 2004. Simulering av dimensionsmätare för skördare 16 s.
- Nr 578 Sikström, U., Persson, T., Högbom, L., Rosengren, O., Lundström, H. & Nordlund, S. 2004. N retention after N addition in four experimental stands of Norway spruce in southern Sweden – Site description and base-line data for an experimental series in southern Sweden. 26 s.
- Nr 579 Almqvist, C. 2004. Effekter av förband och ymphöjd på den tidiga produktionen av kott, frö och pollen i fröplantager av tall. – Resultat från modellfröplantagen Drögsnäs åren 1996–2003. 26 s.
- Nr 580 Eriksson, B. 2004. Morgondagens skogsvård. 29 s.
- Nr 581 Rytter, L. 2004. Hybridasp för kombinerad produktion av biomassa och gagnvirke – Slutrapport 2004 för energimyndighetens projekt P12705. 31 s.
- Nr 582 Granlund, P. 2004. Med CTI minskar vibrationerna på rundvirkesbilar. 6 s.
- Nr 583 Brunberg, T., Granlund, P. & Nordén, B. 2004. Bränslemätningar på skotare och skördare. 12 s.
- Nr 584 Hallonborg, U. 2004. Skotning med grova mellanstöttor i breda lastutrymmen. 10 s.
- Nr 585 Sondell, J., Moberg, L. & Möller, J. J. 2004. Praktiskt prov med automatisk friskkvistaptering 2003–2004. 7 s.