

Det långsiktiga nettot vid kalhyggesbruk jämfört med Naturkultur.

Mats Hagner
2005-11-06



UBICON

ISSN 1654-4455

Rapport 7, 2005

UBICON, Blåbärsvägen 19, 903 39 Umeå, Sweden. Tel 090-141620.

Epost mats.hagner@telia.com. Organisationsnr: 340827-8210. <http://www-sekon.slu.se/~mats>

Sammanfattning

En jämförelse gjordes mellan två skogsbrukssystem, konventionellt kalhyggesbruk (Kal) och kontinuerlig höggallring enligt den ekonomiska principen Naturkultur (NK). Den sistnämnda principen innebär, att man på varje punkt i skogen där man finner anledning att göra en åtgärd, utnyttjar all befintlig kunskap för att maximera den långsiktiga nyttan. I detta arbete har nyttan begränsats till att på varje punkt maximera nuvärdet, dvs. det långsiktiga monetära värdet av punkten.

Naturkultur skiljer sig från Kalhyggesbruk endast i ett avseende, den som gallrar väljer träd enligt ekonomiska principer, dvs. han optimerar alla tillgängliga resurser, medan den som väljer träd vid Kalhyggesbruk har en annan, mer diffus, urvalsprincip.

Beräkningarna avser fastigheter i Norrland med en medelproduktion av 4 m³ per år och hektar. NK resulterar i att skörden innehåller större träd med bättre virke, vilket är ett resultat av odling i skiktad skog. I detta arbete har icke detta beaktats, utan de två skogsbrukssystemen antogs ge samma typ av virke. Båda skogsbrukssystemen förutsattes för enkelhets skull ge samma och konstant volymproduktion per år och hektar under hela omloppstiden. Av samma skäl förutsattes att avverkning sker med samma typ av maskiner, dvs. drivningskostnaden är densamma. De två skogsägarna, kallade "NK" och "Kal", säljer virket till samma plats och får betalt enligt samma prislista från skogsägareföreningen.

Tanken var att skogsägarna under längre tid har tillämpat de två skogsbrukssystemen, dvs. skogen på fastigheterna har hunnit anpassa sin struktur. Vid år noll har NK gjort en gallring på en hektar och lämnat 50 m³ i form av halvstora och små träd. Kal har gjort ett kalhygge på en hektar utan några kvarstående träd.

Erfarenhet från mina åtta stora fältförsök med noggrann uppföljning av avverkningsdata har visat att drivningsnettot per kubikmeter blir ungefär densamma vid de två metoderna när så kallad slutavverkningsskog skördas, oavsett om man tillämpar NK eller Kal. Detsamma har visats vid praktisk verksamhet på många platser. Drivningskostnaden vid NK blir dyrare på grund av hänsyn till kvarvarande träd och lägre volym per hektar, men den blir lägre på grund av ökad medelvolym hos skördade träd. Virkesinkomsten blir högre vid NK på grund av ökad timmerandel. Sammantaget blir det alltså samma drivningsnetto per kubikmeter.

Vid Kal skördas en stor andel av träden när de är små, först i röjning och sedan vid en två eller tre gallringar. Erfarenheten visar att det föreligger behov av både röjning och gallring av småträd även vid NK men andelen skördade småträd blir väsentligt mindre än vid Kal.

På "frisk ristyp" i Norrland är den naturliga återväxten i äldre skog riklig, men tyvärr förekommer luckor i återväxten. Av detta skäl måste man vid NK komplettera med planterade plantor i luckor som saknar naturlig förnygring. Praktisk tillämpning av berikande plantering har visat att antalet plantor per hektar endast blir ca 10 % av vad som behövs på kal mark. På en hundraårsperiod upprepas emellertid plantering vid NK många gånger, medan den sker endast en gång vid Kal.

Kassaflödet, dvs. summan av alla framtida inkomster och utgifter beräknades över 800 år. Nuvärdet, dvs. det diskonterade värdet av all framtida utgifter och inkomster beräknades för lika lång tid. Den årliga inkomsten för Kal var 512 kr/ha (100 %) och för NK var den 942 kr/ha (184 %).

Nuvärdet beräknades över en total tid av 800 år. Nuvärdet är starkt beroende på var i omloppstiden man befinner sig när värdet beräknas. Av detta skäl startades nuvärdesberäkning vid elva olika tidpunkter, år 0, 10, 20 ... 100. Det totala nuvärdet beräknades som medeltalet av dessa elva observationer och var för Kal 17800 kr/ha (100 %) och för NK 39839 kr/ha (173 %). Nuvärdet för Kal varierade mellan -5250 kr/ha, omedelbart efter kalavverkningen, dvs. vid år 0, och 49750 kr/ha omedelbart före kalavverkningen, dvs. vid år 100. Nuvärdet för NK varierade mellan 24150 och 40137 kr/ha.

Den beräknade ekonomiska fördelen med NK är i verkligheten större än den som framkommit i detta arbete. Detta beror på att följande fördelar med NK inte värderats: minskad stormfällning när kalytor försvinner, förbättrad virkeskvalitet, ökad sysselsättning, förbättrad biodiversitet, förbättrat mångbruk. På minuskontot för NK kan nämnas försämrad utsikt från vägar. Fortfarande finns även en viss oklarhet huruvida skiktad skog långsiktigt ger lika hög volymproduktion som enskiktad skog. Nya forskningsrön har presenterats de senaste åren, och dessa påvisar lika eller ökad produktion hos skiktad skog. En metod för att göra en syntes av alla faktorer som påverkar valet mellan NK och Kal presenteras.

Att NK uppvisat bättre resultat än Kal beror framför allt på att konkurrensen mellan träd i en skiktad skog gör att tillväxtresurserna koncentreras till ett fåtal dominerande träd. En stor fördel är också att naturlig återväxt i form av halv vuxna träd och plantor finns att tillgå i äldre skog. Slutligen är det väsentligt att moderna avverkningsmaskiner kan användas för höggallring i vuxen skog utan alltför stora kostnadsökningar.

En viktig anmärkning är följande. En korrekt jämförelse mellan de två metoderna kan inte göras på det sätt som skett i denna rapport. Den måste i stället ske genom att många trädgrupper, med koordinatsatta träd som skiljer sig åt på normalt sätt, behandlas enligt de alternativa metoderna under lång tid. Jämförelsen i denna rapport bygger på en konventionell uppfattning, nämligen att skogen består av bestånd. Ett sådant tänkesätt är en relict från den tid då man endast kunde skildra skog med data som utgjorde medelvärden för stora områden. Nu kan datorer beskriva den småskaliga variationen bunden till enskilda träd. Det finns inte längre någon anledning att frånhända sig den oerhörda fördel det innebär att utnyttja den verkliga variationen i potentiellt värde som finns mellan de träd som utnyttjar samma tillväxtresurser. Gallring har alltid skett med hänsyn till förhållandet inom den lilla grupp av träd som påverkas av om centrumträdet skördas. Detta är definitionen på trädgrupp, och skogsskötsel skall givetvis utgå från den verkliga variationen inom trädgruppen. Detta sker i skogen vid röjning och gallring, och det är rimligt att även ekonomiska kalkyler skall utgå från verkligheten. Slutsatsen är att den presenterade jämförelsen är felaktig. Anledningen att den har utförts är att de forskare som normalt sysslar med åldersklasskogsbruk skall kunna förstå.

En varning för skövling ansågs befogad.

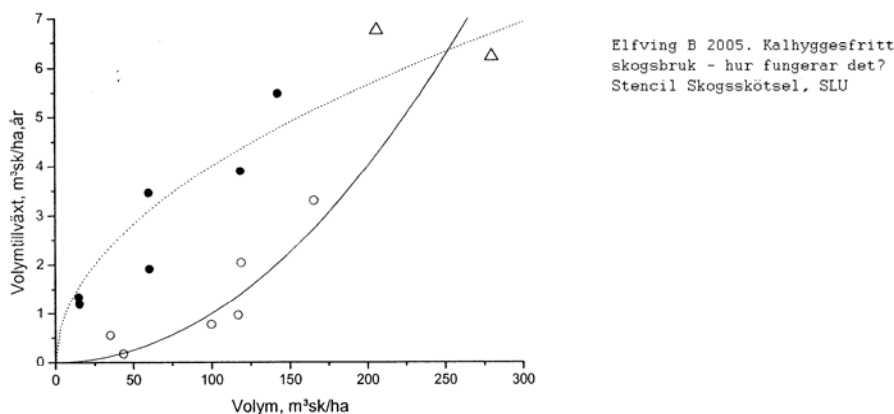
En ny metod presenteras där en syntes av ekonomi i vidaste bemärkelse beräknas. Självt har jag använt modellen under 30 år, men aldrig tidigare presenterat den i skrift. Den bygger inte på beräkningar i kronor och ören utan på viktning av olika faktorer. Relativa poäng sätts för alternativa skogsbruksformer. Resultatet blir exakta värden för de olika alternativen, och underlaget är skogsägarens uppfattning om alla detaljer. Denna syntes resulterade i att NK fick poängsumman 34 000 medan Kal fick poängsumman 3 900.

Bakgrund

Det har sedan mycket lång tid varit ett välkänt faktum att ett kalhugget område kräver så stora investeringar i form av skogsvårdsåtgärder att det inte är lönsamt att beskoga området. Av detta skäl har staten med hjälp av skogsvårdslagen infört ett tvång. ”Den som skördat skog är tvungen att använda en del av pengarna till återväxtåtgärder på hygget.” Denna lag har gällt under ett helt sekel och gjort att skogsägare betraktar det som självklart att de skall använda en del av intäkterna från virkesskörden till att skapa växtlig ungskog.

Detta förhållande samt negativa erfarenheter av den skövlig som bedrivits i svenska skogar under tider då konjunkturerna inte tillät annat än skörd av enbart träd med nettovärde, har gjort att plockhuggning inte varit tillåten efter andra världskriget. Ett undantag gjordes dock för storskogsägare i Norrland under 1968-1972. Då tillät skogsvårdsstyrelsen att bolag och domänverket plockade enbart träd med nettovärde i skogarna över 300 möh i Norrlands inland. Detta tillstånd upphävdes 1973 då energikrisen skapade skyhöga nettovärden inom skogsbruket. De skövlade arealerna blev på skogsvårdsstyrelsens inrådan åtgärdade med röjning och plantering. I många fall planterades plantor utan markberedning i luckor mellan småträd och plantor.

Senare tids forskning har visat att bortgallring av stora träd, höggallring, har många fördelar framför låggallring. Den största sensationen är att volymproduktionen blir väsentligt större efter höggallring än efter låggallring. När man gallrade bort de stora träden i en jämtländsk naturligt skiktad granskog fick man dubbelt så hög volymproduktion under de följande tio åren som när man gallrade bort de små träden (Figur 1) (Chrimes 2004, Elfving 2005). Att det är en sensation beror på att skogsforskare tidigare varit så övertygade om att motsatsen gäller, att de entusiastmerat skogsstyrelsen att föreskriva att man vid gallring måste lämna de grövsta träden. Denna regel togs bort 1994.



Figur 2. Tillväxt på yta 2280 (Lunkans yta) i höggallrade (●), låggallrade (○) och ogallrade (Δ) parceller 1992-2001. Kurvor visar ungefärliga sambandsformer, för grundyta $y = 0.64 \cdot (1 - \exp(-0.14 \cdot x))$ resp. $y = 0.0208 \cdot x$, för volym $y = 0.4 \cdot x^{0.5}$ resp. $y = 0.0001 \cdot x^2$

Figur 1. Bild är kopierad ur Elfving (2005). Årlig tillväxt som medeltal för tio år efter gallring. Ett gallringsförsök i Jämtland, 400 möh, arrangerat 1991 och reviderat 2001. Försöket anlades i en skiktad granskog med upp till 30 cm grova träd. Den varierade tätheten i parcellerna, uttryckt som Volym/ha, blev resultatet av tre olika gallringsintensiteter: 30 %, 60 % och 85 % av volymen togs ut. Viktiga resultat: 1. Vid gallring skall man plocka bort de större träden. 2. Ju hårdare man gallrar, desto lägre blir produktion.

En nästan lika stor sensation är, att noggranna analyser av de vetenskapligt följda ytor som blädats under lång tid, visar att det med tanke på volymproduktionen är viktigt att behålla en

skiktad beståndsstruktur med tämligen glest stående små och halvstora träd (Hagner och Holm 2003).

Det framgår också av ny forskning att det med tanke på volymproduktionen är mycket viktigt att undvika kraftiga gallringsingrepp (Hagner 2004). Det har länge varit känt att volymproduktionen reduceras i proportion till gallringsstyrkan. Tyvärr har vi forskare tidigare blandat samman effekten av gallringsstyrkan med effekten av stående volym (Lundqvist 1989, Elfving 1993). Efter kraftig gallring blir det låg stående volym kvar, men noggranna statistiska analyser av gallringsförsökens data visar att det inte finns något samband alls mellan stående volym och volymproduktion, såvida effekten av gallringsstyrka lyfts undan. Nya undersökningar av produktionen hos bestånd med mycket små tallar visar att stamvolymproduktionen kan vara i klass med boniteten trots att det inte finns någon mätbar stående volym (Hagner 2005). Stående volym mäts som stamvolymen per hektar av de träd som är högre än 1.3 m.

Forskarnas oförmåga att skilja effekten av gallringsstyrka från stående volym resulterade i att skogsstyrelsen nu föreskriver man skall hålla skogen tät med hög stående volym. Den nu sittande skogspolitiska utredningen kommer förhoppningsvis att ändra på denna rekommendation.

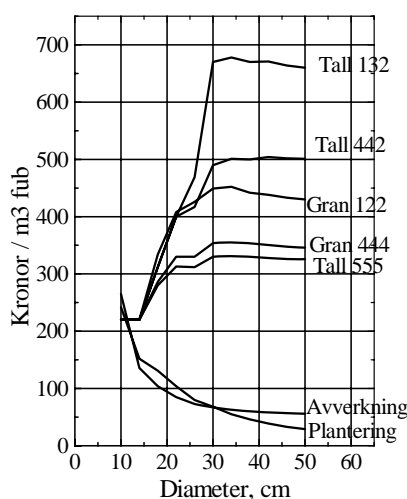
Skiktad skog anses av många ge en lägre volymproduktion än enskiktad skog. Detta stämmer så till vida att en enskiktad skog i ett visst utvecklingsstadium kan producera väsentligt mer än en flerskiktad skog. Detta stadium kännetecknas av att alla träden är halv vuxna och växer tätt. Betraktas hela omloppstiden har det nu visat sig att skiktad och enskiktad skog producerar ungefär lika stor mängd stamvolym. Elfving (1990) fann att en granplantering utförd under en 75-årig granskärm producerade mer än en ren granplantering. Utvecklingen under de första 27 åren var sådan att en volymvinst på 7 % var sannolik om hela omloppstiden togs med i beräkningen. Jakobson och Elfving (2004) fann att motsvarande gällde även i en tallskog. De fann att en 80-årig ungskog av tall uppvisade produktionsluckor omkring gamla överståndare av tall, vilka lämnats vid föregående avverkning. Vad som fattades i stamvolym hos de unga träden, kompensades dock mer än väl av den stamvolym som tillvuxit i överståndarna. Jakobsson och Nilsson (2005) påvisade att samma förhållande gällde när de granskade tillväxtförlusten hos unga tallar längs hyggeskanter på fyra olika platser. Vad som fattades i stamved hos ungtallar inom konkurrenszonen uppmättes som tillväxtökning hos större tallar i den omgivande skogens kantzon. Haveraaen (1981) fann i ett vetenskapligt försök med underröjning, att stamtillväxten i de stora träden i parceller där småträd röjts bort, ökade med ungefär samma volym som skapades genom tillväxt i de små träden som lämnats i parceller utan röjning. Sammantaget gäller alltså för både tall och gran att konkurrensen mellan olikstora träd fungerar på följande sätt. Den hämning av stamtillväxt som noteras i undertryckta träd, återfinns som tillväxtökning i stammarna på de dominanta träden. En skogsägare går inte miste om någon volymproduktion genom att låta stora och små träd konkurrera med varandra.

Detta förhållande kan på ett mycket intressant sätt överföras i ekonomiska termer. En stor vinst uppkommer då stamvolym avsätts på ett stort dominerande träd i stället för på många små undertryckta träd. Anledningen är att grovt timmer har större värde i kr/m³ än klent timmer, samt att grovt timmer skördas med mycket lägre drivningskostnad än klent timmer. En annan stor vinst uppkommer genom att stamvolym som avsätts på ett stort dominerande träd får skördas mycket tidigare än motsvarande stamvolym avsatt på många små

undertryckta träd. Detta är en effekt av att ränta måste läggas in i varje rättvisande ekonomisk kalkyl.

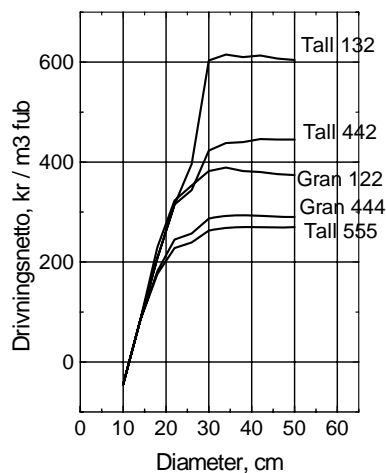
Slutligen har ny forskning visat att moderna avverkningsmaskiner är fullt kapabla att plocka mogna träd ur skogen utan att förstöra kvarstående mindre träd (Hagner 1992). Medelstammens volym ökar kraftigt vid höggallring, vilket förbättrar maskinernas prestation (Persson 1992). Trots att förarna måste visa stor aktsamhet för att inte skada restbeståndet, blir kostnadsfördyringen jämfört med kalavverkning inte större än 25 kr/m³, varav hälften faller på skördaren och hälften på skotaren, som får längre körväg per kubikmeter.

Ekonomi i plockhugning har i alla tider varit bättre än vid kalavverkning. Detta faller sig naturligt eftersom grovt timmer betalas så mycket bättre av sågverken, samtidigt som fällning, kvistning, kapning och terrängtransport av virke är mycket billigare, per kubikmeter räknat, när större träd hanteras (Figur 2).



Figur 2. Värdet av trädstammar med olika brösthöjdsdiameter uttryckt i kronor per kubikmeter. Tall 123 betyder att bottenstocken håller kvalitet 1, andrastocken kvalitet 3 och tredjestocken kvalitet 2. Avverkning betyder drivningskostnaden för skördare och skotare. Dessutom anges kostnaden för att ersätta trädet med planter. Denna kostnad är proportionell mot trädets grundyta, och innefattar markberedning, plantering, hjälpplantering och en röjning. Virkespriserna gäller för Norra skogsägarna 2001/2002. Massavedspriset är 220 kr/m³. Beräkningarna är gjorda med datormodellen Tree som finns tillgänglig på hemsidan <http://www-sekon.slu.se/~mats>

Den extra kostnad som kommer sig av plockhugning i stället för kalavverkning, uppvägs mer än väl av de större inkomster som härrör från att andelen timmer ökar. I vårt försök med Naturkultur utanför Umeå ökade medelstammen från 0.23 till 0.34 när man gick från kalhugning till befriande gallring i ett vanligt slutavverkningsbestånd. Detta ökade kostnaden för en tvågreppsskördare med 10 kr/m³. Medelstammens diameter ökade från 22 till 26 cm vilket förbättrar drivningsnettot med 80 kr för en bra tall och med 30 kr för ordinära granar och tallar (Figur 3).



Figur 3. Värdet av träd minskat med kostnaden för drivningen (avverkning och terrängtransport). Detta motsvarar vad skogsägaren får betalt för virke vid landsväg. Närmare förklaringar finns under figur 2.

Vetenskapliga försök, och praktisk erfarenhet såväl i Sverige som i Norge, visar att en skogsägare som istället för kalavverkning väljer att höggallra enligt principen NK, får en lika stor nettoinkomst per kubikmeter som efter kalhuggning. Totalt blir inkomsten därför lika stor om han skördar lika många kubikmeter, vilket förutsätter att han gallrar ungefär dubbelt så stor yta som han skulle ha kalavverkat. Detta är logiskt med tanke på att NK i stort sett ger samma långsiktiga volymproduktion som Kal och att man vid en avverkning normalt tar ut fastighetens hela tillväxt.

När man byter system till NK sker kalhuggning i traktorernas stickvägar. Däremellan sker en kraftig utglesning i överslutna partier av småträd och en sanering av sjuka och skadade träd. Nettoinkomsten av detta blir åtskilligt lägre än vid senare gallringar då timmer av större dimensioner och med högre virkeskvalitet skördas. I de följande kalkylerna har inte detta beaktats utan nettot per kubikmeter vid NK och Kal har satts lika.

Efter gallringen blir skogsägaren tvungen att sätta in planter i luckor som saknar naturlig återväxt. Det är nämligen sällan ekonomiskt att lämna mogna träd för att på det sättet undvika berikande plantering. Om plantorna försetts med kemiskt eller mekaniskt insektsskydd, kan de enkelt sättas ytligt i mossan utan någon markberedning redan den första sommaren efter gallringen. Har detta tillfälle försuttits blir skogsägaren tvungen att markbereda före planteringen, eller plantera med dubbel täthet. Kostnaden för berikande plantering blir låg när den utförs direkt efter avverkningen, eftersom det i allmänhet inte behövs mer än 100 planter per hektar. Utgiften för markberedning försvinner, ca 1 kr/planta, medan kostnaden för insekticidbehandling av planter tillkommer, ca 0.25 kr/planta. Den väsentliga utgiften kommer sig av att personal måste finna luckorna som skall planteras, ca 0.3 dagsverke per hektar.

Några år efter gallringen behöver man röja bland småträd, 3-12 cm diameter. Naturlig återväxt växer mestadels anhopad och röjning är önskvärd för att undvika självgallring. Hur tätt småträden skall stå måste avgöras lokalt eftersom viltbete och sjukdomar växlar starkt mellan olika lokaler. Det har visat sig i gallringsförsök att högsta volymproduktion uppnås om de mindre träden i skitad skog står så glest att de får plats att utveckla sin krona och därmed uppnå en lika stor årsring som de större träden.

Skogsskötsel skall fokusera på variationen mellan enskilda träd

Ovanstående resonemang är skrivet så att det lätt skall kunna uppfattas av välutbildade skogsmän. Den egentliga skillnaden mellan Naturkultur och konventionellt

åldersklasskogsbruk kan dock inte beskrivas korrekt om man inte ger sig in på variationen mellan träd i en grupp som delar på samma tillväxtresurser. En liknelse kan vara på sin plats. Vid genetisk förädling av tall kan man antingen utgå från hela populationen och välja den bästa geografiska typen: t.ex. tysktall, smålandstall, Vimmerbyttall, eller utgå från enskilda träd. Det är lätt bevisat att skillnaden mellan medelegenskaperna hos populationerna Vimmerbyttall och Umeåttall är mycket mindre än skillnaderna mellan enskilda träd inom någondera sorten. Vid genetisk förbättring får man därför det bästa resultatet genom att leta rätt på den bästa av individerna. Detta är skälet till att våra fröplantager är uppbyggda med kloner som testas genom avkommeprövning.

Vid gallring i konventionellt skogsbruk väljer jägmästaren att förädla genom att välja bestånd som han gallrar vid rätt tidpunkt, dvs. både ett areellt och ett tidsmässigt urval. Underlaget vid valet är medelegenskaperna hos beståndet, dvs. den geografiska populationen. Tidpunkten väljs med tanke på att självgallring måste undvikas, dvs. grundytan får inte vara för hög.

Utifrån det kriteriet ger han order om exempelvis ”kvalitetsgallring”. Föraren av gallringsskördaren har fått utbildning och startar i kanten av beståndet. Han granskar de närmaste träden och skaffar en uppfattning om vilka som utnyttjar samma tillväxtresurser. Inom den gruppen av träd ställer han kvar tre träd så glest att deras kronor inte möts förrän det är dags för nästa gallring. Står det många träd på denna lilla yta, väljer han att lämna de tre träd som har minst med grenar inom det som skall bli bottenstock. Då utför han en kvalitetsgallring. Dessutom plockar han bort småträd som redan blivit efter i utvecklingen, och bedömer att de, trots friställningen, ändå inte kommer att bli fullstora innan det är dags för slutavverkning. De tre kvarlämnade träden tillhör dominanterna i beståndet. Enda skälet till att han inte lämnar de tre största i gruppen är att en av dem har en sprötkvist på bottenstocken.

Jag hoppas att välutbildade skogsmän känner igen detta resonemang, och kan hålla med om att urvalskriterierna var grundade på gruppen av träd som konkurrerar om samma tillväxtresurser. Inom gruppen sker urvalet utifrån: tidpunkt till nästa gallring, tillväxthastighet i diameter hos trädens kronor, potentiell virkeskvalitet och skador, samt utifrån att endast fullstora träd skall finnas vid en kommande slutavverkning. Att gallringsskördaren skickades till platsen berodde på att beståndet var tillräckligt stort för att motivera kostnaderna för att flytta maskinerna till platsen.

Vid urval av träd vid Naturkultur är resonemanget i stora stycken ett annat. Vi tänker oss en fastighet där man under längre tid har tillämpat principen Naturkultur. Att flytta avverkningsmaskinerna till platsen motiveras av att det finns tillräcklig täthet av mogna träd att skörda inom ett tillräckligt stort område. Skogen är inte uppdelad i bestånd men ett arbetsområde blir avskilt, när fastighetsägaren granskat tätheten av mogna träd på kartan.

När skördarföraren skall avverka de mogna träden blir hans uppgift enkel eftersom dessa redan har en lingonfärgad ring runt stammen. Sommaren innan har trädmärkaren granskat varje grupp av träd som konkurrerar om samma tillväxtresurser. Inom gruppen väljer han att reglera tillståndet utifrån ett enda kriterium, det långsiktiga nettot skall maximeras. Eftersom detta är ett ekonomiskt uttryck räknar han med ränta, dvs. en inkomst långt in i framtiden är mindre värd än en inkomst nära i tiden. Träden i gruppen har mycket olika värde, dels på grund av sin storlek, dels på grund av art, grenighet och diverse skavanker. Tillväxten efter friställning påverkas också starkt av hur mycket barr de har.

Trädmärkarens urval bygger på hela den variation av egenskaper som finns mellan gruppens träd, ståndortens produktionskapacitet, samt på uppgifter om skogsägarens aktuella ekonomi. Det sistnämnda uttrycks i form av hans ränta vid alternativ placering av trädens värde i pengar. Värdet av träden beror på avstånd till bilväg, prislista för virket, drivningskostnader för träd av olika storlek, samt kostnader för att återställa marken i produktivt skick, efter att ett träd avlägsnats., dvs. planteringskostnad. Trädets värde skall givetvis uttryckas med hänsyn till tiden. Ett litet träd har lågt värde nu, men kanske ett väldigt högt värde om 50 år. Uppgift om tillväxthastighet är viktig. Därför kommer mängden blad in som en viktig faktor.

Det står helt klart att endast ett datorprogram klarar av att visa vilka träd som skall lämnas, om samtidig hänsyn skall tas till alla dessa faktorer. Trädgruppens utveckling under åtminstone hundra år måste skildras i detalj. Alternativen måste jämföras. Står det tio träd i gruppen kan avverkningen ske på 1024 sätt. Endast ett av dessa ger maximalt nuvärde.

Eftersom jag utvecklat två program speciellt för detta ändamål (ett av dem finns att ladda ned från min hemsida <http://www-sekon.slu.se/~mats>) kan jag upplysa om vilket resultat trädmärkaren får.

Det är dock viktigt att först nämna att drivningskostnaden påverkas starkt av om gruppen kalhuggs eller om gallring sker. Resultat av våra studier i de vetenskapliga försöken där plockhuggning jämförts med kalhuggning, ligger med i datorprogrammen.

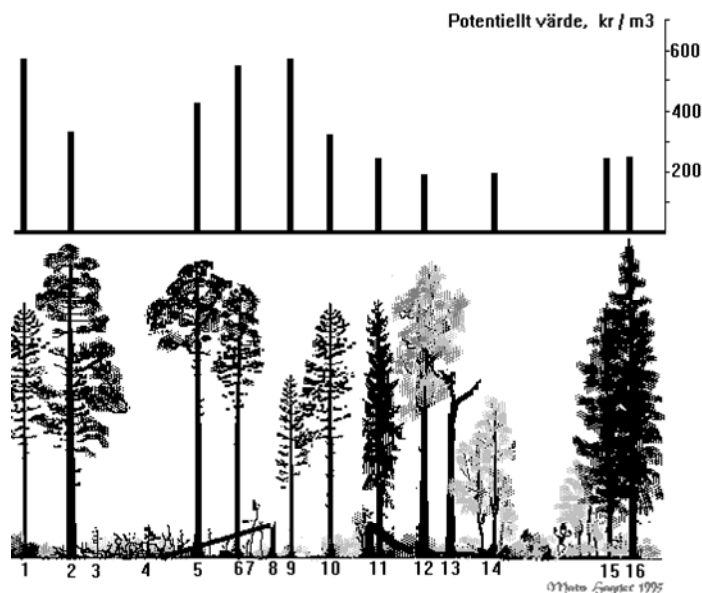
Vi förenklar urvalsunderlaget mycket starkt och bestämmer att det gäller för en grupp av träd av samma art, samma kvalitet och med varierande diameter. Resultatet av datorns arbete blir följande. Om gruppens dominanta träd kommer att ge acceptabel ränta på sitt eget värde efter friställningen, lämnas endast ett av dessa kvar. Medhärskande konkurrenter avverkas. Små träd lämnas i så glest förband att deras årsring blir densamma som hos dominanten. Om gruppens dominanta träd inte kommer att ge acceptabel ränta på sitt eget värde är de fullvuxna och skall skördas. Därefter regleras tillståndet i den kvarvarande gruppen på det sätt som nyss beskrevs för en grupp utan mogna dominanter. Om alla träd i gruppen är fullvuxna, eller så stora att de blåser omkull efter friställning, blir det beslut om kalhuggning av gruppen. Datorn har också lagt in kostnaden för plantering, såvida trädmärkaren inte registrerat att naturligt återväxt redan finns.

Mycket förenklat kan resultatet beskrivas på följande sätt. Naturkultur resulterar i att ojämnheten i trädstorlek förstärks vid varje ingrepp. Den naturliga konkurrensen mellan olikstora träd utnyttjas på ett positivt sätt. Konkurrensen gör att tillväxtresurserna fokuseras till ett enda stort träd, vars virke får skördas snart i form av en grov stam. Småträd som inte nämnvärt sänker tillväxten hos det stora trädet sparas, eftersom dessa utgör en gratis resurs så snart det dominanta trädet avverkats.

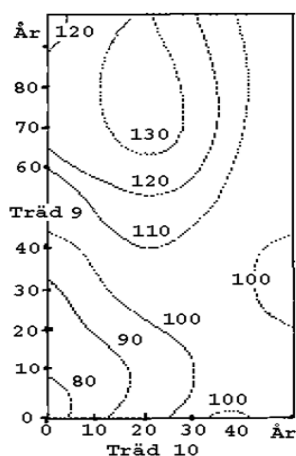
Urvalet av träd blir helt unikt för varje grupp av träd och påverkas inte av hur skogen ser ut 100 meter längre bort. Att det sammanlagda värdet av detta urvalssätt överträffar det vid kalhyggesbruk beror på att skogsskötaren utnyttjar den verkliga variationen i potentiellt värde mellan enskilda träd. Vid kalhyggesbruk är målsättningen med urvalet inte ekonomiskt grundad och den beaktar inte variationen inom beståndet. Målsättningen är i stället att beståndet skall behandlas så att träden är stora och värdefulla vid en kommande slutavverkning.

Jag återknyter till liknelsen med skogsträdsförädling. I beståndsskogsbruket utnyttjar man inte den effekt som bygger på urval av de bästa genotyperna, utan är begränsade till den effekt som fås genom urval av den bästa populationen.

Ett något mer komplicerat fall skildras i figur 4 och 5. Urvalet sker i en liten grupp av två träd. Det mindre trädet har större potentiellt värde än det större trädet.



Figur 4. En typisk svensk så kallad slutavverkningsskog. Den har uppstått genom plockhuggning av större träd. Trädens nuvarande värde framgår i stort sett av hur stora de är, medan det potentiella värdet per kubikmeter är värdet som uppnås vid full storlek.



Figur 5. Nuvärdet för trädgruppen innehållande träd nr 9 och 10. Om båda avverkas nu blir nettovärdet 75 kr. Om träd 10 avverkas nu och träd 9 avverkas om 80 år blir nuvärdet 123 kr. Om träd 9 avverkas nu och träd 10 om 35 år är nuvärdet 100 kr. Om träd 10 avverkas om 20 år och nr 9 om 75 år blir nuvärdet 132 kr.

Detta arbete utgår från ett konventionellt resonemang om beståndsmedeltal

Anledningen till detta är att vi i min forskargrupp inte kunnat åstadkomma förståelse hos forskare med hög skoglig utbildning, när vi presenterat den ekonomiska principen för Naturkultur, med exempel från enskilda trädgrupper. De flesta forskarkollegor har aldrig insett effekten av att urvalet vid gallring i bestånd i praktiken också utgår från tillståndet i enskilda och unika grupper av träd. De sitter ofta med datormodeller som utgår från strukturen

i hela bestånd. I bästa fall beaktas att det förekommer variation i trädens storlek, kvalitet, mortalitet etc. men endast i undantagsfall kompliceras arbetet av att träden står fast placerade i närheten av varandra.

Resultaten av den ekonomiska jämförelse som presenteras nedan måste ses mot denna bakgrund. En korrekt jämförelse måste ske genom att ett stort antal olika trädgrupper utsätts för alternativ behandling enligt NK respektive Kal. Det principiella resonemanget har skildrats i Hagner et al. (2001). Praktiska resonemang har beskrivits i min lärobok Hagner (2004).

Material och metod

Vid beräkningarna av kurvor i figurerna 2, 3 och 7 har använts datormodellen Tree (Hagner 1999), publicerad på min hemsida <http://www-sekon.slu.se/~mats> Förutsättningen har varit en fastighet i Västerbottens kustland med boniteten 4 m³ per år och hektar.

Avverkningskostnader har hämtats från en landsomfattande försöksserie "Naturkultur" där kalavverkning har jämförts med höggallring. Virkesprislistan är den som publicerats av Norra skogsägarna 2001. I diagrammen (Figur 2, 3 och 7) har förutsatts att plockhuggning sker med skördare, och med uttag av 50 % av virkesvolymen. Massavedens pris har lagts på 220 kr/m³. Virkeskvaliteter är angiven som exempelvis Tall 132. Detta betyder att bottenstocken håller kvalitet 1, andrastocken kvalitet 3 och tredjestocken kvalitet 2.

Vid beräkningar som lett fram till kassaflöde och nuvärde (Tabell 1) har använts Excel Kostnader och intäkter som angivits är vad som ungefär motsvarar dagens situation. De är gissade av mig efter studier av verkliga förhållanden och av vetenskapliga försök. Underlaget för mina gissningar är de kunskaper som jag förvärvat som skogsforskare under 30 år och som jag fått av att vara egen skogsägare.

Tabell 1. Åtgärder, inkomster och utgifter för skogsbruk under en omloppstid av 100 år. Två typer av skogsbruk redovisas. Konventionellt kalhyggesbruk (Kal) och Naturkultur (NK) dvs. befriande gallring följt av berikande plantering. Skogsägaren, som tillämpar Kal, står år 0 med ett kalt hygge som behöver beskogas. Skogsägaren, som tillämpar Naturkultur, står med en nyligen höggallrad skog som håller en stående kubikmassa på 50 m³/ha i form av små och halvstora träd. Värde år 0, "Nuvärdet", beräknas genom att värdet diskonteras till nutid med en räntefaktor. I detta arbete har räntan generellt satts till 3 %.

År	Stående		Åtgärd	Kassaflöde		Värde år 0. Disknt 3%	
	Volym NK	Volym Kal		NK kr/ha	Kal kr/ha	NK kr/ha	Kal kr/ha
1	54	4	NK plantering, dvs 100 plantor/ha. Planta+insekticid = 1.3 kr. 3 hektar/dv, Dagsverke 1000 kr.	-430		-417	0
2		8	Kal. Markberedning, 1000 kr / ha		-1000	0	-943
3			Kal. Plantering. Plantor 2500*1kr. Arbetet 1 dv/ha 1000 kr. Administr 500.		-4000	0	-3661
4			NK Røjning 0.5 dv a 1000 kr	-500		-444	0
7			Kal Hjälpplantering 20 % av arealen. Samma kostnad som ordinarie plantering		-4000	0	-3252
15			NK Märkning av träd = 13 kr/m ³ . Kostnaden uppväges av att skördarföraren inte behöver välja träd.			0	0
16	114		NK Gallring Uttag 64 m ³ /ha. Vinst Drivnetto 250 kr/m ³ = 16 000	16000		9971	0
17	54		NK plantering, dvs 100 plantor/ha, Planta+insekticid = 1.3 kr. 3 hektar/dv, Dagsverke 1000 kr.	-430		-260	0
18			Kal røjning 1 dv a 1000 kr = 1000 kr		-1000	0	-587
19			NK Røjning 0.5 dv a 1000 kr	-500		-285	0
30		120	Kal Första gallring. Uttag 50 m ³ med en förlust på 40 kr/m ³		-2000	0	-824
31		74	NK Märkning av träd = 13 kr/m ³ . Kostnaden uppväges av att skördarföraren inte behöver välja träd.			0	0
32	114		NK Gallring Uttag 64 m ³ /ha. Vinst Drivnetto 250 kr/m ³ = 16 000	16000		6213	0
33	54		NK plantering, dvs 100 plantor/ha, Planta+insekticid = 1.3 kr. 3 hektar/dv, Dagsverke 1000 kr.	-430		-162	0
35			NK Røjning 0.5 dv a 1000 kr	-500		-178	0
46		134	Kal Andra gallringen. Uttag 60 m ³ med en vinst på 20 kr/m ³		1200	0	308
47		78	NK Märkning av träd = 13 kr/m ³ . Kostnaden uppväges av att skördarföraren inte behöver välja träd.			0	0
48	114		NK Gallring Uttag 64 m ³ /ha. Vinst Drivnetto 250 kr/m ³ = 16 000	16000		3872	0
49	54		NK plantering, dvs 100 plantor/ha, Planta+insekticid = 1.3 kr. 3 hektar/dv, Dagsverke 1000 kr.	-430		-101	0
51			NK Røjning 0.5 dv a 1000 kr	-500		-111	0
62		138	Kal Tredje gallring. Uttag 70 m ³ med en vinst på 100 kr/m ³		7000	0	1120
63		72	NK Märkning av träd = 13 kr/m ³ . Kostnaden uppväges av att skördarföraren inte behöver välja träd.			0	0
64	114		NK Gallring Uttag 64 m ³ /ha. Vinst Drivnetto 250 kr/m ³ = 16 000	16000		2413	0
65	54		NK plantering, dvs 100 plantor/ha, Planta+insekticid = 1.3 kr. 3 hektar/dv, Dagsverke 1000 kr.	-430		-63	0
67			NK Røjning 0.5 dv a 1000 kr	-500		-69	0
79			NK Märkning av träd = 13 kr/m ³ . Kostnaden uppväges av att skördarföraren inte behöver välja träd.			0	0
80	114		NK Gallring Uttag 64 m ³ /ha. Vinst Drivnetto 250 kr/m ³ = 16 000	16000		1504	0
81	54		NK plantering, dvs 100 plantor/ha, Planta+insekticid = 1.3 kr. 3 hektar/dv, Dagsverke 1000 kr.	-430		-39	0
83			NK Røjning 0.5 dv a 1000 kr	-500		-43	0
95			NK Märkning av träd = 13 kr/m ³ . Kostnaden uppväges av att skördarföraren inte behöver välja träd.			0	0
96	114		NK Gallring Uttag 64 m ³ /ha. Vinst Drivnetto 250 kr/m ³ = 16 000	16000		937	0
97	54		NK plantering, dvs 100 plantor/ha, Planta+insekticid = 1.3 kr. 3 hektar/dv, Dagsverke 1000 kr.	-430		-24	0
99			NK Røjning 0.5 dv a 1000 kr	-500		-27	0
100	66	220	Kal. Slutavverkning. Uttag 220 m ³ med en vinst på 250 kr/m ³		55000	0	2862
			Summa	89490	51200	22686	-4977
			Diff		38290		27663

Skogsodlingskostnaderna vid Kal angavs på följande sätt. Kostnaden för en markberedningsfläck sattes till 0.4 kr. En planta kostade 1 kr och personalen hann plantera 2500 planter per dag. Dessutom angavs de administrativa kostnaderna vara 500 kr/ha. Enligt erfarenhetssiffror måste 20 % av arealen hjälplanteras. Denna åtgärd är mycket dyrare per planta, vilket bland annat beror på att markberedningen måste göras manuellt eller med stora administrativa kostnader göras maskinellt inom små snitslade områden. I beräkningarna sattes denna kostnad till 4000 kr/ha, dvs. lika med kostnaden för den initiala planteringen.

Kostnaden för återväxten vid NK angavs på följande sätt. Siffrorna bygger, liksom för Kal, på erfarenheter från praktisk verksamhet i full skala. Efter varje befriande gallring behövde några luckor berikas med planter, men antalet planter per hektar begränsade sig till 100. Att leta reda på dessa luckor krävdes att plantörerna gick över hela området. Dessa hann med att gå tre hektar per dag. De insekticidbesprutade plantorna kostade 1.3 kr styck.

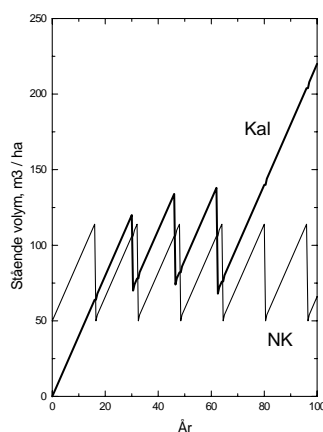
Kostnaden för röjning i NK begränsades till 500 kr per hektar, men upprepades efter varje befriande gallring, dvs. vart 16 år. Den ansågs kosta hälften av den röjning som utfördes vid Kal en gång per 100 år. Vid röjning i NK blev det bara fråga om att ta bort större träd med diametern 1-12 cm i brösthöjd. Detta skedde i övertäta grupper av naturlig återväxt eller där mindre träd skadats av gallringsarbetet eller av andra anledningar.

Vid Kal gjordes en enda röjning vid 18 år efter kalhuggningen och ett dagsverke per hektar á 1000 kr krävdes för detta. Kostnad för en andra röjning belastade inte alternativet Kal, trots att det vore rimligt med två röjningar i stället för en enda vid år 18. En enda röjning utförd i en 18-årig ungskog med mycket lövsly brukar bli mycket dyrare än 1000 kr/ha.

I beräkningarna ingick en kostnad på 13 kr/m³ för märkning av de träd, som skall tas bort vid befriande gallring. Denna kostnad kompenseras helt av att skördarföraren inte hindrades i sitt arbete genom att odsla tid på urval av träd. Manuell trädmärkning är enligt min mening säkerligen lönsam då den, för den angivna kostnaden, kan utföras av en högt kvalificerad person. Om en person med stora kunskaper i lugn och ro kan välja träd ökar de framtida inkomsterna på fastigheten på grund av såväl högre volymproduktion som bättre virkeskvalitet. I denna rapport har ingen sådan fördel för NK inräknats.

Vid slutavverkning i Kal har drivningsnettot satts till 250 kr/m³ och samma netto har angetts för den befriande gallringen vid NK. Vid Kal sattes nettot vid första gallringen till - 40 kr/m³, vid andra gallringen + 20 kr/m³ och vid tredje gallringen +100 kr/m³.

Volymproduktionen 4 m³ per år och hektar är densamma för NK och Kal. Oavsett vilket skogsbruk som bedrivs måste man på lång sikt avverka hela tillväxten, och virkesförrådets förändring över tiden varierar därför starkare vid Kal än vid NK (Figur 6).



Figur 6. Virkesförrådets förändring under de första 100 åren.

Kassaflödet grundar sig på räntan 0 %, och det utgör summan av alla framtida inkomster och utgifter, dividerat med antal år som utgör grunden för beräkningen. Detta är en värdering som är helt teoretisk och praktiskt ointressant. Anledningen är att en så låg räntenivå i praktiken medför att skogsskötseln förändras på ett sätt som blir orimlig. Ett exempel är att träd skall lämnas i skogen ända till dess deras absoluta nettovärde börjar sjunka. Det spelar ingen roll att de är mycket grova, värdefulla och att de växer oändligt långsamt. Ett annat exempel är att markägaren inte har någon bättre nytta av pengar än att låta dem vara kvar i skogen.

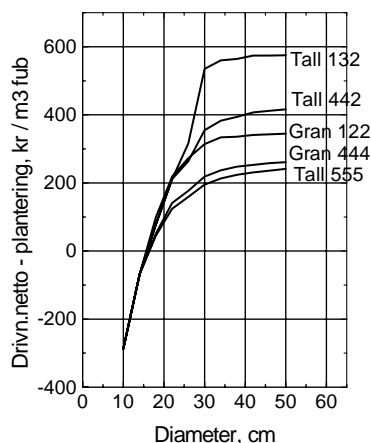
Diskonteringsfaktorn, som i detta arbete satts till 3 %, är den realränta som kan förväntas av alternativ placering av pengar. Den är befriad från inverkan av inflation, skatt etc.

Nuvärdet är alla framtida inkomster och utgifter diskonterade med räntefaktorn till år 0. Beräkningen av det "Totala nuvärdet", som utgör medeltalet av elva beräkningar, grundar sig på en tid av 800 år. Samma skötselprogram (skildrad i tabell 1) har då upprepats 8 gånger för Kal och 50 gånger för NK. Beräkningarna startar vid år 0, 10, 20, 30, ..100, dvs. nuvärdesberäkningen är upprepad vid elva tillfällen med tio års mellanrum. Skogens tillstånd har därför varit olika vid starten av varje beräkning. Boniteten är 4 m³ per år och hektar och för Kal anses skogen vara mogen för slutavverkning efter 100 år, medan skogen vid NK är mogen för befriande gallring med 16 års mellanrum.

Resultat

Virkesvärdet stiger med diametern medan kostnaden för avverkning och plantering sjunker med diametern i brösthöjd hos trädet (Figur 2). Förändringen per cm för virkesvärdet minskar drastiskt när diametern i brösthöjd gått över 30 cm. Detta beror på timmerprislistans konstruktion. Även förändringen av avverkningskostnad och planteringskostnad planar ut vid stora diametrar.

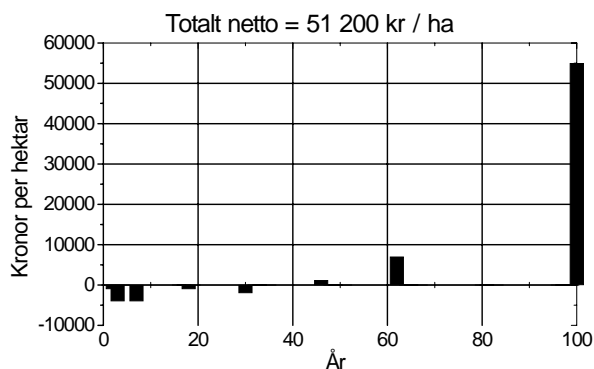
Drivningsnettot för träd, dvs. virkesinkomsten minskad med kostnaden för avverkning och terrängtransport, stiger drastiskt med ökande diameter hos trädet (Figur 3). Värdet blir positivt först när diametern är större än 12 cm. När träden nått 30 cm i diameter är skillnaden mycket stor mellan tallar av olika kvalitet. Nettot för en bra tall är dubbelt så högt som nettot för en tall med usel kvalitet. Skillnaden hos gran med olika kvalitet är alls inte lika stor.



Figur 7. Värdet av träd minskat med kostnaden för drivningen och för plantering. Närmare förklaringar finns under figur 2.

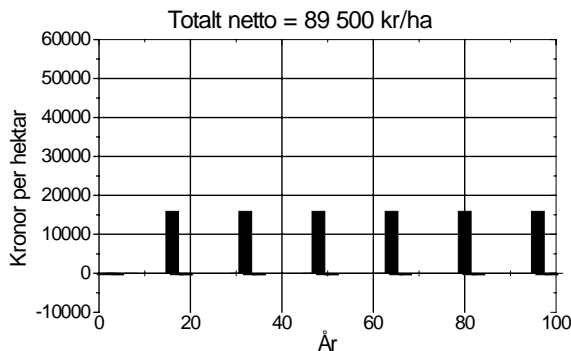
När återväxtkostnaden, dvs. kostnaden för markberedning, plantering, hjälpplantering och en första röjning, betalats, är nettot negativt för träd mindre än 16 cm (Figur 7). Därefter stiger nettot väldigt starkt upp tills trädet har blivit grövre än 30 cm.

Vid Kal är kostnaderna höga när den kallagda marken skall beskogas (Tabell 1 och Figur 8). Inkomsten från första gallringen är negativ. De följande gallringarna ger visserligen intäkter, men dessa är små, vilket beror på att små träd skördas. Vid kalhyggesbruk skördar man de stora träden i en slutavverkning som är mycket lönsam.



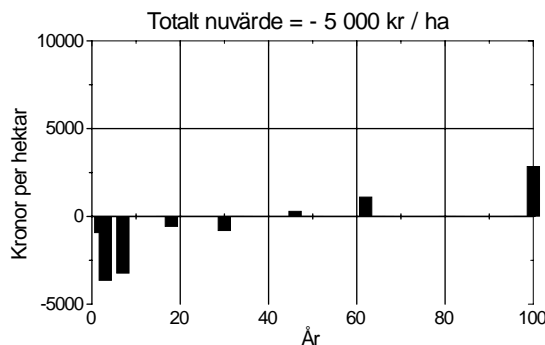
Figur 8. Inkomster och utgifter över tiden vid tillämpning av Kal. Detaljerade uppgifter återfinns i tabell 1.

Vid NK är kostnaderna relativt blygsamma för plantering, vilket beror på att få plantor behöver sättas per hektar (Tabell 1 och Figur 9). Den väsentligaste kostnaden kommer från plantörer som måste vandra över hela avverkningstrakten. Senare skall området röjas, men det blir bara fråga om att justera tätheten i över slutna grupper av träd i storleken 3-11 cm. Inkomsterna kommer redan efter 16 år då en ny befriande gallring kan genomföras.

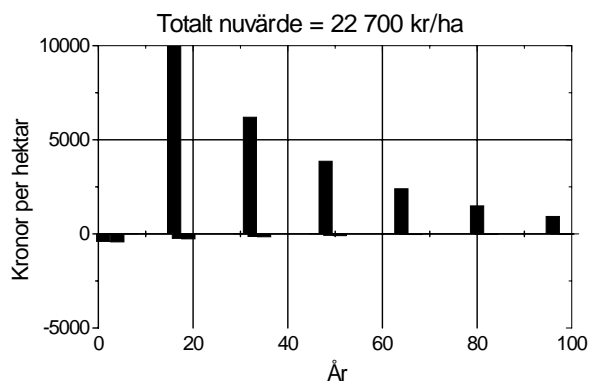


Figur 9. Inkomster och utgifter över tiden för NK. Detaljerade uppgifter finns i Tabell 1. Att kostnaderna för plantering och röjning inte ens är synliga beror på att skalan är satt lika med den i figur 8.

Det korrekta sättet att jämföra ekonomin i skogsbruk anses vara genom s.k. nuvärdeberäkning. När detta beräknats, genom att kostnader och intäkter diskonterats till nutid, finns en mycket stor skillnad mellan Kal (Figur 10) och NK (Figur 11). Det förstnämnda nuvärdet är negativt, - 5 000 kr/ha, medan det sistnämnda är positivt, + 22 700 kr/ha.

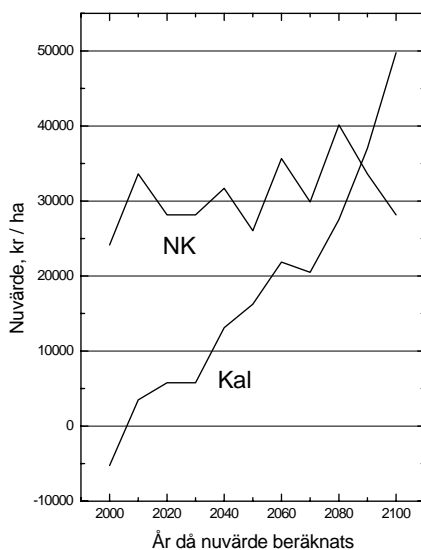


Figur 10. Inkomster och utgifter över tiden för Kal. Värdena har diskonterade till år 0 med räntefaktorn 3 %. Summan av de diskonterade värdena kallas "Nuvärde". Värden återfinns i Tabell 1.



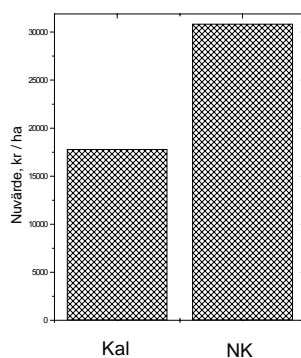
Figur 11. Inkomster och utgifter över tiden för NK, diskonterade till år noll (förklaring av nuvärde se figur 10). Värden återfinns i Tabell 1.

Nuvärdet beräknat vid olika startpunkter under omloppstiden varierar mycket starkt vid Kal men relativt litet vid NK (Figur 12).



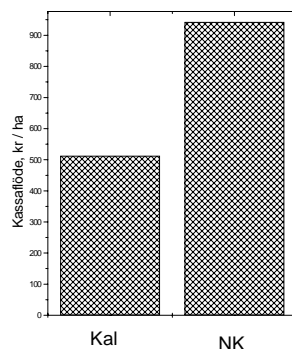
Figur 12. Nuvärdets förändring över en hundraårsperiod när starten av beräkningen, som fortsätter över en total tid av 800 år, förläggs till år 0, 10, 20,..100. Beräkningen är alltså gjord vid elva tillfällen med tio års mellanrum. Boniteten är 4 m³ per år och hektar och för Kal anses skogen vara mogen för slutavverkning efter 100 år. För NK är skogen mogen för befriande gallring med 16 års mellanrum. Nuvärdet är beräknat på en total tid av 800 år, under vilken skogen Kal genomgår åtta omloppstider. Samma skötselprogram (skildrad i tabell 1) har då upprepats åtta gånger för Kal och 50 gånger för NK. För Kal gäller att år 2000 representerar den tidpunkt då hygget just är nyupptaget. Alla återväxtkostnader väntar. År 2100 skildrar nuvärdet då beståndet är moget för slutavverkning, efter vilken alla återväxtkostnader väntar.

Medelnvärdet, som i detta arbete utgör medeltalet av elva nuvärden, blev mycket högre för NK (173 %) än för Kal (Figur 13).



Figur 13. Medelnvärdet över 800 år beräknat som ett medeltal av de elva observationer som presenteras i figur 12. Nuvärdet grundar sig på räntan 3 %. De absoluta talen för Kal och NK är: 17800 kr (100 %) respektive 30839 (173 %).

Kassaflödet över 800 år blev mycket större för NK (184 %) än för Kal (figur 14).



Figur 14. Kassaflödet under en tid av 800 år, uttryckt i kronor per hektar och år. De absoluta talen för Kal och NK är: 512 kr (100 %) respektive 942 kr (184 %). Kassaflöde grundar sig på räntan 0 %.

De ovan redovisade resultaten grundar sig på samma areal, en hektar, och beräkningarna avser en period på 800 år. Vid praktiskt skogsbruk är situationen för fastighetsägaren en helt annan. Han skall göra ett uttag av virke. Fastighetens tillväxt är sådan att han nu bör skörda 220 m³. En stor del av fastigheten har mogen skog där han kan genomföra en slutavverkning, eller tillämpa alternativet NK. I den mogna skogen står det 220 m³ per hektar. Antingen tar han 100 % av volymen på en begränsad areal, eller ökar arealen och tillämpar NK. Strukturen i slutavverkningsskogen är sådan att han vid NK lämpligen kan lämna 50 m³ i form av små och halvstora träd. Han bedömer att dessa reagerar snabbt på friställningen och att det gallrade området snart producerar lika mycket som det kalhuggna området långsiktigt skulle göra. Hans ekonomiska resonemang gällande alternativen skildras i nedanstående tabell (Tabell 2)

Tabell 2. Tabellen skildrar ett praktiskt resonemang inför en förestående avverkning på en fastighet. Ägaren har beslutat sig för att ta ut fastighetens hela ackumulerade tillväxt inom ett område som har en stående volym på 220 m³/ha. Den ackumulerade tillväxten på fastigheten är vid detta tillfälle 220 m³. Han kan antingen skörda form av kalavverkning (Kal), eller i form av Naturkultur (NK). Eftersom han inte kan skörda lika mycket volym per hektar vid NK som vid Kal måste han utvidga avverkningstrakten om han tillämpar NK.

	Kal	NK
Stående volym, m ³ /ha	220	220
Avverkad volym totalt	220	220
Skörd vid avverkning, m ³ /ha	220	170
Skördad areal, hektar	1	1.29
Drivningsnetto, kr/m ³	250	250
Drivningsnetto för hela avverkningen, kr/m ³	55000	55000
Volym kvar efter avverkning, m ³ /ha	0	50
Volym kvar på avverkningstrakten	0	65
Den avverkade arealens nuvärde, kr/ha	-5300	24200
Hela avverkade arealens nuvärde, kr	-5300	31200
Hela avverkningstraktens drivningsnetto + dess nuvärde, kronor		
Resultat kronor	49700	86200
%	100	173

Diskussion

Beräkningarna gjorda med datormodellen Tree grundar sig på beräkningar avseende trädstammar med olika diameter. Detta gäller för stamvolym, men också för virkesvärdet grundat på en verklig prislista över diameter. Det gäller slutligen även för vetenskapligt uppmätta kostnader för traktorer i arbete. Felmarginalerna är relativt blygsamma. Programmets uppbyggnad har beskrivits av Hagner (1999).

Beräkningar av kostnader och intäkter grundar sig på antaganden och på gissningar som är mina personliga. Dessa finns utförligt beskrivna i tabell 1. Min erfarenhet grundar sig på vad som uppmäts i den landsomfattande försöksserien med Naturkultur som anlades 1989-1993. Den grundar sig också på praktisk erfarenhet från skötsel av egen och andras fastigheter.

Känslighetskalkyler som jag gjort genom att variera kostnader, intäkter och ränta, visar emellertid att den stora skillnaden i långsiktigt netto, som föreligger mellan Kal och NK, inte försvinner av att antaganden och gissningar varieras inom rimliga gränser (Tabell 3). Känslighetsanalyserna visar att räntenivån inte nämnvärt påverkar den relativa fördelen med NK, men fördelen i nuvärde sjunker vid stigande ränta. Om kostnaderna för trädmärkning före varje gallring i NK, belastar metoden med 15 kr/m³, så innebär detta att överlägsenheten i kassaflödet för NK minskar från 175 % till 164 %. Slutsatsen är att man utan tvekan kan kosta på sig manuell märkning av träd. Om gallringarna i Kal ger lika stort netto per kubikmeter som slutavverkningen (vilket är helt orealistiskt) blir kassaflödet ändå inte högre än för NK. Slutligen framgår att volymproduktionen i NK kan sänkas ända till 57 % innan kassaflödet blir sämre än för Kal.

Tabell 3. Känslighetsanalys avseende perioden 0 – 100 år. Arealen är en hektar. Skogsskötseln beskrivs i Tabell 1. År noll finns en nygallrad skog i NK och ett nyss upptaget hygge i Kal.

		Kassaflöde		Nuvärde		Nuvärde
		NK	Kal	NK	Kal	Differens NK-Kal
Ränta	0	89490	51200	89490	51200	38290
	%	175	100	175	100	
Ränta	1			52889	13957	38932
	%			379	100	
Ränta	2			33587	108	33479
	%			31100	100	
Ränta	3			22686	-4977	27663
	%			oändlig	100	
Ränta	4			16103	-6729	22832
	%			oändlig	100	
Ränta	5			11876	-7198	19074
	%			oändlig	100	
Trädmärkning före varje gallring belastar NK med 15 kr/m ³		83730	51200			
	%	164	100			
Gallringarna i Kal. Samma netto/m ³ som slutavv., 250 kr/m ³		89490	87500	22686	5190	
	%	102	100	437	100	
NK resulterar i en volymproduktion på endast 57 % av Kal		51200	51200			
		100	100			

Skogsodlingskostnaden, markberedning plus plantering, brukar debiteras med minst 7000 kr av en entreprenör. I detta arbete har kostnaden satts lägre, markberedning samt plantering kostar 5000 kr.

Ett av syftena med NK är att förbättra den framtida virkeskvaliteten hos träden. Detta kan ske genom att vara noggrann vid valet av träd. Erfarenheter från Tyskland visar att andelen

specialtimmer blir mycket högre på fastigheter som under lång tid tillämpat NK, jämfört med dem som tillämpat Kal (Hanewinkel 2001). Detta hade i Tyskland fått mycket positiv inverkan på fastigheternas skogsnetto.

En bedömning av det framtida sågtimrets kvalitet i ett svenskt vetenskapliga försök gjordes av personer från virkesmättningsföreningen. De befriade tallarna med medeldiameter 20 cm hade bottenstockar som i 20 % av fallen bedömdes ge kvalitet 1 när de blivit 30 cm grova. När samma personer gjorde en bedömning av lika grova tallar i ett kulturbestånd, hittades inte någon tall som skulle komma att ge kvalitet 1. Den sämre virkeskvaliteten i kulturbeståndet beräknades komma att minska nuvärdet med 20-59 %. Variationen kom sig av att den framtida skogsskötseln påverkade förlusten i högsta grad (Hagner 2000).

Principiellt väljer man att vid Kal starta omloppstiden med många små och tätt placerade träd. Antalet träd reduceras successivt genom röjning, första gallring, andra gallring och tredje gallring. Samtidigt sker ett urval av de bästa individerna, men på grund av ojämnheter i storlek, tvingas man att ta bort smala och kvistrensade potentiellt högkvalitativa stammar. Dessa skulle ha gett hög virkeskvalitet, men deras morfologi: slanka stammar med högt uppsatt krona, gör att man gallrar bort dem. Hade de lämnats kvar som solitärer hade de antingen brutits ned av snö, eller blivit kvar och växt dåligt på grund av liten barmassa. Detta sätt att driva upp ett slutbestånd av stora träd är mycket dyrbart, eftersom det innebär återkommande kostsamma åtgärder i form av röjning och gallring.

Gallringsfritt skogsbruk var i ropet under 1970-talet. Planteringen skulle ske så gles, 400 stammar per hektar, att nästa åtgärd blev slutavverkning. Den naturliga dynamiken i skogsekosystemet gjorde att teorierna måste överges och man fick återinföra både röjning och flera gallringar. Förluster uppstod på många sätt. Naturlig föryngring skapade täta bestånd trots gles plantering. På ställen där det blev väldigt gles ungskog uppstod kraftiga produktionsförluster. Det mest allvarliga var emellertid att kvistigheten blev stor. Många och grova kvistar invallades i bottenstocken, som utgjorde 50 % av värdet hos det fullvuxna trädet. Då en stock med diametern 30 cm och klass 1 har ett värde som är 2.5 gånger högre än klass 5, blev det helt uppenbart att värdeförlusterna i det gallringsfria skogsbruket var oacceptabla.

Vid bruk av skiktad skog minskar behovet av småträd. I princip räcker det om man kan ersätta de fullvuxna träd som avverkas. Emellertid förekommer mortalitet bland småträd. Många småträd skadas vid gallringsarbetet, samt genom älgbetning och sjukdomar. Reserver av småträd måste hållas och antalet anpassas till lokala förhållanden. Vid bruk av skiktad skog blir emellertid andelen småträd i skörden aldrig så hög som vid kalhyggesbruk.

En annan fördel med skiktad skog är att små träd växer hämmade i konkurrens med stora träd. Detta gör att grenbildningen blir gynnsam. De små träden strävar att så snabbt som möjligt nå upp till dominant ställning i beståndet, vilket gör att de satsar mer på höjdtillväxt än på att bilda många och grova grenar. Bottenstocken kännetecknas därför av få och kläna grenar, vilket är idealiskt när man önskar skapa träd med högt värde. Årsringarna vid bottenstockens märke blir också smala, medan de som bildas nära ytan, när trädet är dominant, är ovanligt grova. Eftersom ett grovt träd sällan bildar oacceptabla grova årsringar, blir årsringsbredden i ett skiktat bestånd, ungefär densamma från märke till bark. Detta anses helt idealiskt med avseende på egenskaperna hos sågvaran. I Norge har man gjort vetenskapliga studier av virkesegenskaperna i under lång tid blädade ytor och funnit de ovan nämnda fördelarna med skiktad skog (Eikenes et al 1995). Man fann att blädning ger virke med jämn struktur och hög

kvalitet vad gäller hållfasthet och kvist. Någon ungdomsved kunde inte urskiljas i granarna från blädningssytorna.

En tredje fördel med skiktad skog är att de träd som lämnats att dominera står så glest att det finns gott om plats att skapa en djup och bred krona. Detta är liktydigt med att trädet kan ha en stor barmassa, dvs. skapa stora tillväxtresurser i form av fotosyntesprodukten socker. Tillväxten hos det stora trädet blir hög. Räntabiliteten på det egna värdet ökar med tillväxten, varför det fristående trädet vid NK skördas vid större dimension, än det träd som får växa inklämt bland likstora dominant träd vid Kal. Då nettot hos ett träd ökar kraftigt med diametern blir värdet per kubikmeter hos mogna träd i en skiktad skog högre än hos mogna träd i en enskiktad skog.

En fjärde fördel med skiktad skog är att de träd som lämnats att dominera, står så glest att de kan behålla en djup krona. De grenar som sitter på sågtimmer ovanför bottenstocken, har större sannolikhet att vara så kallade friskkvistar. I timmer med friskkvist vallas inte död ved in och kvaliteten blir därmed högre. Timmer med friskkvist uppskattas av sågverk. De hyvlar sådant virke till panel eller säljer det till möbelindustrin. Kvaliteten kallas 2 och betalas med 1.9 gånger högre pris per kubikmeter än klass 5.

De nämnda fördelarna med bättre virkeskvalitet i skiktat skogsbruk har inte räknats in i de kalkyler som presenterats i detta arbete. Skillnaden skulle ha ökat väsentligt, till förmån för NK, om de räknats med.

Att så många skogsägare fogar sig i statens påbud, om stora investeringar i återväxtåtgärder, beror på att det finns ett lagligt tvång. Skogsägarna är inte heller klara över hur låg ränta de får på sina investeringar. Räntan måste sänkas under 2 % innan nuvärdet för Kal blir positivt. Konventionellt kalhyggesbruk är alltså inte lönsamt, i företagsekonomisk mening, när man gör en bedömning omedelbart efter en kalhuggning. Utförs bedömningen vid någon annan tidpunkt, närmare tiden för en slutavverkning, blir intrycket ett annat. Strax före slutavverkningen är det mycket lönsamt att bedriva kalhyggesbruk (Figur 12). Sett över tiden är kalhyggesbrukets investeringar lönsamma. Statens påbud om återväxttvång är alltså ekonomiskt motiverat.

Resultaten av ny forskning visar emellertid att alternativ till kalhyggesbruket kan ge mycket bättre utdelning på investeringar i skog, och att detta glädjande nog kan kombineras med att andra värden av skogsmark förbättras.

I detta arbete har jag utgått ifrån ett flertal praktiska resultat, som visat att gallring enligt principen Naturkultur gett ett drivningsnetto per kubikmeter som varit ungefär detsamma som drivningsnettot vid kalavverkning. Den som vill sätta sig in i hur trädvalet vid Naturkultur går till, hänvisas till följande publicerade arbeten, Hagner et al (2001) som ger den teoretiska bakgrunden, och Hagner (2004) som i läroboksform ger mycket omfattande upplysningar med referenser.

Studier i andra länder bekräftar de resultat som presenterats i denna studie, samt iakttagelser som skett vid praktisk tillämpning av Naturkultur i Sverige och Norge. Hanewinkel (2001) studerade kassaflödet enligt bokföringen 1980-1994 hos två företag som tillämpat blädning, två företag som delvis tillämpat blädning, samt hos tre företag som helt sysslat med så kallat åldersklasskogsbruk. Eftersom de fastigheter som bedrivit "blädning" även sysslat med plantering, benämns de "NK". Åldersklasskogsbruk är detsamma som kalhyggesbruk "Kal".

Hanewinkel fann att nettot per år och hektar var: NK 366 %, Kal 100 %. Vinstökningen berodde på större andel sågtimmer, högre virkeskvalitet och minskad frekvens oavsiktlig avverkning, dvs. stormskador. Kostnaden för artificiell återväxt var mycket låg medan kostnaden för stamkvistning var hög. Volymproduktionen var NK 90 %, Kal 100 %, en skillnad som enligt Hanewinkel kunde bero på bonitetsskillnader. Hanewinkel gjorde en litteraturstudie och skrev följande "As far as economic profitability is concerned, the superiority of selection forests seems clear: whether an empirical or a modeloriented approach was chosen Almost every study shows that selection forests yield higher financial results (Ammon 1995, Mitscherlich 1952, Mayer 1968, Roches 1970, Siegmund 1973, Schutz 1981, 1997, Leibundgut 1975, 1983, Knoke 1998)."

Om en skogsägare skall bestämma sig för vilken typ av skogsskötsel han skall välja är det givetvis en fråga som måste omfatta alla aspekter. I tabell 4 ger jag exempel på hur en sådan totalbedömning kan göras. Med hjälp av programmet Excel kan skogsägaren själv sitta och studera hur hans inställning till olika faktorer påverkar syntesen. I tabellen har jag satt in värden som jag tror gäller för en skogsägare med tämligen vanliga åsikter om skogens olika värden. Han besitter dock en ovanligt djup insikt om de två alternativen Kal och NK. Personligen skulle jag göra andra prioriteringar.

Tabell 4. Förslag till metod för syntes. En skogsägare måste på något sätt väga samman alla faktorer som påverkar hans val av skogsbrukssätt. Syntesen måste påverkas av hur viktig han anser olika faktorer vara. Den andra sidan av saken är vilken skillnad han anser föreligga mellan skogsbrukssätten. Vikt anger hur viktigt han tycker en faktor är. Bedömningen är helt fristående från viktningen och anger enbart skillnaden mellan de två metoderna. Totalbedömningen sker genom att en summa skapas av (Vikt*Poäng) för respektive metod. Differens absolut visar vilken betydelse varje faktor har på totalbedömningen. Differensen beräknas som $Abs((Vikt*Poäng1)-(Vikt*Poäng2))$.

Vikt Skala -100 till +100	Faktor	Bedömning av skillnad		Differens Absolut
		Poäng i skala -100 till +100		
		Kalhyggesbruk	Naturkultur	
100	Ekonomi, monetär	50	100	5000
80	Volymproduktion	100	90	800
60	Sysselsättning	50	100	3000
50	Virkeskvalitet	-100	100	10000
50	Stormkänslighet	-100	50	7500
50	Fällskador vid gallring	-50	-80	1500
50	Jakt	50	80	1500
30	Turism-rekreation	-30	40	2100
15	Biodiversitet	-80	50	1950
15	Forminnens bevarande	-50	50	1500
10	Utsikt från vägar	100	-100	2000
10	Renbete	-100	100	2000
5	Bärplockning	100	50	250
5	Svampskörd	50	80	150
Totalbedömning				
Summa (Vikt x Poäng)		3900	34050	

Varning

Plockhuggning kan utföras på tusentals olika sätt. Endast ett sätt kallas Naturkultur, dvs. det sätt som maximerar det långsiktiga värdet av varje trädgrupp. När plockhuggning sker med någon annan målsättning blir resultatet per definition sämre.

Att maximera nuvärdet får kortfattat följande konsekvens. Endast träd som efter friställning ger acceptabel ränta på eget kapital lämnas att växa vidare. När detta beaktats regleras tätheten så att tillväxtresurserna fokuseras till det största trädet i trädgruppen.

Exempel på en inoptimal målsättning är blädning. Vid blädning anstränger sig skogsägaren att skapa ett fullskiktat bestånd med en viss diameterfördelning. Detta har ingenting med ekonomi att göra. SCA påstår sig utföra blädning, men instruktionen till skördarföraren är att han skall avverka de två största diameterklasserna. Det rätta uttrycket för ett sådant system är dimensionshuggning. Då blir mindre träd kvarlämnade och många av dessa kan ge ett högt framtida värde, men också träd med dåliga egenskaper lämnas kvar, eftersom urvalssättet vid dimensionshuggning endast gäller diameter.

Den gallring som sker inom kalhyggesbruk, sker ofta med målsättningen att skapa ett slutavverkningsbestånd med lika stora träd. Målsättningen är klar, men den saknar ekonomisk grund. Detta står snabbt klart för den som räknar med ränta på arbetande kapital. De största träden lämnas, dvs. de träd som ger lägst ränta på eget kapital, medan de mindre träden, som ger hög ränta på eget kapital, tas bort. Att volymproduktionen dessutom sänks vid sådan låggallring framgår av figur 1.

En utomordentligt skadlig aktivitet som förekommer i det konventionella skogsbruk som bedrivs idag. Det är kalavverkning av bestånd som innehåller kvalitetsdanade halvstora tallar. Jag har sett röjarlag som mejat ner kvarlämnade tallar på Sveaskogs hyggen i trakten av Lycksele. Många av tallarna hade nått en längd på mer än 4 meter. De hade få och klena grenar på hela den del av stammen som skulle ha kunnat säljas som knivfura för flera tusen kronor per kubikmeter. Om Sveaskog hade friställt dessa och låtit dem växa vidare till full storlek skulle de, utan förlust av volymproduktion, kunnat ge landet stora inkomster efter några decennier. De tallarna skulle ha gett högsta virkeskvalitet i bottenstocken och friskkvistvirke till möbelindustrin i andra och tredje stocken. Nu markbereds och planteras på ett kalhygge, varpå grovkvistiga kulturtallar växer upp. Det är bara att hoppas att framtida jägmästare har vunnit bättre insikter än de nuvarande, och att man därför skapar skiktning i den framtida kulturskogen. Även genom en sådan skogsskötsel, har man förlorat ca 80 år innan lika finkvistiga småtallar kan friställas på hygget i Lycksele.

Den sämsta form av plockhuggning som kan användas blir tyvärr tillämpad när skogsägaren är så okunnig att han låter en entreprenör både sköta avverkningen och försäljningen av virket från ett visst område. Ett praktiskt exempel på detta har jag själv upplevt, när Södra åtog sig att plockhugga en skog enligt principen NK i Västergötland. Skördarföraren tog praktiskt taget alla träd som gav något netto per kubikmeter. Kvar lämnades grova träd med lågt värde, dvs. krokiga, grovkvistiga eller skadade träd. Kvar lämnades också övertäta grupper av så små träd att de inte gav något netto. Både skogsägaren och Södra var lyckliga med resultatet. Skogsägaren, vars främsta intresse var jakt, fick en rejäl inkomst, samt en luckig mycket varierad skog med stora och små träd i blandning. Södra fick med liten arbetsinsats stora inkomster från grovt timmer. Naturvårdare, vilka inte förstod mycket om framtida virkesinkomster, var också nöjda. Det är framtida markägare och svensk skogsindustri som långsiktigt kommer att lida av denna huggningsform. Södra utförde en entreprenad som jag kallar Skövling.

Skövling kommer att breda ut sig om inte skogsstyrelsen ser till att stävja rent exploaterande former av plockhuggning. Okunniga markägare finns det gott om. Ovan givna exempel visar att det inte heller är svårt att finna "välrenommerade" entreprenörer med avverkningsmaskiner, som gärna tar på sig plockhuggning. Dessa hävdar eventuellt att de klarar av att maximera nuvärdet i trädgruppen. Jag vill därför rekommendera alla som avser att tillämpa Naturkultur, att anlita personer med Certifikat i Naturkultur. En välutbildad skogsman med certifikat i NK märker i lugn och ro de träd som skall avverkas. Detta innebär

visserligen en betydande kostnad, ca 13 kr/m³; men den kompenseras genast av att skördarföraren inte behöver spilla tid på att välja träd. Den stora vinsten med trädmärkningen visar sig i form av ökade intäkter vid framtida avverkningar, eller vid värdering av fastigheten.

Slutsatser

En genomgång av vetenskapliga resultat rörande skillnad i volymproduktion mellan skiktad och enskiktad skog visade att den hämning av stamtillväxt som noteras i undertryckta träd, återfinns som tillväxtökning i stammarna på de dominanta träden. En skogsägare går alltså inte miste om någon volymproduktion genom att låta stora och små träd konkurrera med varandra.

De ekonomiska vinsterna av detta är följande. En stor vinst uppkommer då stamvolym avsätts på ett enda dominerande träd i stället för på många små undertryckta träd. Vinsten kommer av att grovt timmer har större värde i kr/m³ än klent timmer, samt av att grovt timmer skördas med mycket lägre drivningskostnad än klent timmer. En annan stor vinst uppkommer genom att stamvolym, som avsätts på ett stort dominerande träd, får skördas mycket tidigare än motsvarande stamvolym som avsätts på många små undertryckta träd. Denna effekt kommer sig av att ränta måste läggas in i varje rättvisande ekonomisk kalkyl.

Naturkultur gav långsiktigt ett väsentligt bättre ekonomiskt resultat än Kalhyggesbruk, oavsett om kassaflöde eller nuvärde beräknades. Detta blev resultatet, trots att beräkningarna inte inkluderade ekonomiska fördelar för Naturkultur såsom: minskade stormskador, förbättrad virkeskvalitet, ökad sysselsättning. Om hänsyn även skulle ha tagits till mångbruk, biodiversitet och fornminnen skulle fördelarna med Naturkultur ha blivit ännu större.

De viktigaste skälen till att NK uppvisar så mycket högre netto är följande. Moderna avverkningsmaskiner kan användas för befriande gallring i vuxen skog utan alltför stora kostnadsökningar. Naturlig återväxt i form av plantor och halv vuxna träd i äldre skog minskar behovet av artificiell plantering. Den största ekonomiska fördelen med NK ligger dock i att konkurrensen mellan träd i en skiktad skog leder till en koncentration av volymproduktionen till ett fåtal dominerande träd. Man kan med andra ord skörda få och stora träd nära i tiden.

Känslighetskalkylen visade att man utan tvekan kan kosta på sig manuell märkning av träd.

En korrekt jämförelse mellan de två metoderna kan inte göras på det sätt som skett i denna rapport. Den måste i stället ske genom att trädgrupper, med koordinatsatta träd som skiljer sig åt på normalt sätt, behandlas enligt de alternativa metoderna under lång tid.

En varning för skövling ansågs befogad, eftersom kortsiktigt vinstbegär kombinerat med okunnighet snabbt leder till konsekvenser som tar lång tid att reparera.

En ny metod för syntes presenterades. Denna bygger inte på beräkningar i kronor och ören utan på viktning av olika faktorer. Relativa poäng sätts för alternativa skogsbruksformer. Resultatet blir exakta värden för de olika alternativen, och underlaget är skogsägarens uppfattning om alla detaljer.

Referenser

- Chrimes, D. (2004) Stand development in partially harvested uneven-aged *Picea abies* forests in boreal Sweden. Paper 2 in: Chrimes, D. Stand development and regeneration dynamics of managed uneven-aged *Picea abies* forests in Boreal Sweden. *Silvestria*, ISSN 1401-6230, ISBN 91-576-6538-9.304, 1-9.
- Eikenes, B., Kucera, B., Fjaertoft, E., Storheim, O., N, Vestöl, G., I. (1995) Virkeskvalitet i fleraldret skog. Rapport fra Skogforsk.24, 1-30.
- Elfving, B. (1993) Volymtillväxtfunktioner för tall och gran, avsedda att belysa begreppet produktionsslutenhet. Skogsstyrelsen, Stencil nr 598/01009.1-10.
- Elfving, B. (2005) Kalhyggesfritt skogsbruk - hur fungerar det? SLU, Institutionen skogsskötsel, Stencil.1-7.
- Hagner, M. (1992) Biologiskt och ekonomiskt resultat i fältförsök med plockhuggning kombinerad med plantering. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapport63, 1-52.
- Hagner, M. (1999) TREE01. A description of a computer model for choice of tree. En beskrivning av en datormodell för val av träd. Available on internet: <http://www-sekon.slu.se/~mats> Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen skogsskötsel, Arbetsrapport.144, 1-4.
- Hagner, M. (2000) Skillnaden i virkeskvalitet hos tall i ett kultur- och ett naturbestånd. (Differences in timber quality in an even-aged and an uneven-aged pine stand). Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Working Paper.151, 1-7.
- Hagner, M. (2004) Stand structure, thinning intensity and standing volume and their interaction with volume increment and economy. UBICON Report.8, 1-15.
- Hagner, M. (2004) Naturkultur, Ekonomiskt skogsbruk kännetecknat av befriande gallring och berikande plantering. Mats Hagners bokförlag, Umeå, ISBN 91-631-5010-7.1-124.
- Hagner, M., Holm, S. (2003) Effects of standing volume, harvest intensity, and stand structure on volume increment in plots managed with single tree selection over long time. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Working Paper.187, 1-16.
- Hagner, M. (2004) Naturkultur, Ekonomiskt skogsbruk kännetecknat av befriande gallring och berikande plantering. Mats Hagners bokförlag, Umeå, ISBN 91-631-5010-7.1-124.
- Hagner, M. (2005) Correlation between standing volume and volume increment in pine stands does not exist. UBICON Rapport.19, 1-9.
- Hagner, M., Lohmander, P., Lundgren, M. (2001) Computer-aided choice of trees for felling. *Forest Ecology and Management*.151, 151-161.
- Hanewinkel, M. (2001) Financial results of selection forest enterprises with high proportions of valuable timber. Results of an empirical study and their application. *Schweizische Zeitung für Forstwesen*.8, 343-349.
- Haveraaen, O. (1981) Vekst hos furu etter rydding av gran underbestand. Norsk Institutt for Skogforskning.9,
- Hynynen, J., Kukkola, M. (1989) Harvennunstavan ja lannoituksen vaikutus männikön ja kuusikon kasvuun. Effect of thinning method and nitrogen fertilization on the growth of Scots pine and Norway spruce stands. *Folia Forestalia*.731, 1-20.

- Lundqvist, L. (1989) Volume increment on experimental plots managed with single-tree selection Uppsats 2 i: Blädning i granskog. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Avhandling, ISBN 91-576-3837-3.1-21.
- Mielikäinen, K., Valkonen, S. (1991) Harvennustavan vaikutus varttuneen metsikön tuotokseen ja tuottoihin Etelä-Suomessa. Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands in southern Finland. *Folia Forestalia*.776, 1-22.
- Persson, H. (1992) Tvågreppsskördare vid avverkning i alternativa skötselmodeller. (Double grip harvester in different logging regimes). Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst för Skogsteknik, Uppsatser och Resultat.240, 1-19.