

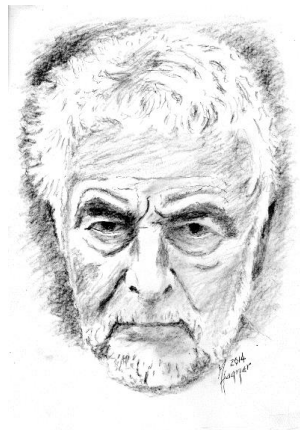
# **Naturkultur**

**Mats Hagner**

**2022**

## Författaren

Mats Hagner blev civiljägmästare 1960, skoglig licentiat 1964 och filosofie doktor 1970. Skogsgenetik var det stora intresset från början och det ledde honom att 1965 emigrera till Kanada tillsammans med Inga-Märit, Olle, Åsa, Anna-Marja, Torulf och Liv. Från 1970 arbetade han i två decennier som professor i skoglig produktionslära vid Umeå universitet. Det sista decenniet före pensioneringen 1999 verkade han som professor i naturlig förnygring vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Intresse och forskning förändrades successivt från kalhyggesbruk och användning av utländska träslag, till att uppskatta det enkla och ekonomiska i att anpassa skogsskötseln till ekosystemets naturliga dynamik. Intresset för ett naturnära skogsbruk ledde också till tolv års forskning om skonsam avverkningsteknik i de tropiska regnskogarna i Ost-Asien och Sydamerika. Efter pensioneringen 1999 försökte han koordinera all världens forskning om luftskepp. Fusionskraftverkens restprodukt helium kan i framtiden ersätta behovet av bilvägar, rädda klimatet och befria jordarna från sammanpressning. Inom skogsbruket kan luftskepp göra det möjligt att kontinuerligt plocka kvistade trädstammar rätt upp ur skogen och frakta dem direkt till sågverket för optimal sönderdelning efter röntgenanalys. Näringen blir kvar i ekosystemet, fällskador försvinner, markens ytskikt blir orört och vattnet förblir rent. Skogarna kan hållas naturligt varierande och biodiversiteten bevaras. År 2020 skrev han en rapport om geotermiska energi tillsammans med kemi-professorn Anders Brundin. Den energin finns i oändlig mängd i närheten av alla jordens vulkaner och kan därför ersätta alla fossila bränslen. Danska forskare har visat att den energin kan lagras och transporteras i havssalt, utan tryck eller låga temperaturer. Motståndet är starkt från alla som idag använder eller tjänar pengar på fossila bränslen.



## Omslagsbilden

Rune Holmström i Mullholm, Arjeplog utförde en befriande gallring i sin tallskog 1973. Endast 32 m<sup>3</sup>/ha lämnades. Han var noga med att friställa vackra halv vuxna träd och glesa ut så mycket att även mindre träd skulle kunna växa. På samma sätt hade skogen behandlats tidigare. År 2003 var tallskogen fullskiktad med ett Disco på 0.41 och stående volym på 93 m<sup>3</sup>/ha. År 2010 hade Rune skördat de stora vackra träden och befriat de halv vuxna kvalitetsdanade tallarna.

## Illustrationer och foton

Där intet annat nämns har författaren gjort illustrationen och tagit fotot.

**ISBN 978-91-527-3719-4**

# Naturkultur 2022

Ekonomiskt skogsbruk  
kännetecknat av befriande gallring  
och berikande plantering

**Mats Hagner**

Reviderad 2022-11-05

Mats Hagners Bokförlag  
Blåbärsvägen 19, 903 39 Umeå, Sweden  
Telephone +46 70 642 2244  
Email: [mats.hagner.34@gmail.com](mailto:mats.hagner.34@gmail.com)

## Innehåll

<b>0 Grundläggande fakta om virke och ekonomi .....</b>	<b>9</b>
<b>1 SAMMANFATTNING .....</b>	<b>12</b>
Bakgrund .....	12
Principen Naturkultur .....	18
Metoden Naturkultur .....	18
Jämförelser med andra metoder.....	20
Metoder som används inom Naturkultur .....	21
Trädgrupp, ett nytt begrepp .....	21
Laserskanning vertikalt och horisontellt .....	21
Frihetstal, en ny metod .....	21
Lagom täthet, en ny metod .....	22
Bonitet från databas eller satellit .....	22
Disco, en ny metod som ersätter begreppet ”diameterfördelning” .....	22
Slumpmässig trädmärkning bevarar naturlig struktur och biodiversitet .....	22
Virkeskvalitet .....	23
Avverkningsteknik .....	23
Skador .....	24
Genetik .....	24
Beståndsförnyring .....	25
Berikande plantering .....	26
Volymproduktion .....	26
Ekonomi .....	26
Naturvård.....	28
Skogslag .....	28
Historik.....	28
Forskningens finansiering .....	29
Forskning för framtiden.....	29
<b>2 PRINCIPEN NATURKULTUR .....</b>	<b>31</b>
Pelarsal av stora träd utan underväxt.....	31
<b>3 METODEN NATURKULTUR .....</b>	<b>32</b>
Ekosystemets funktion .....	32
Förökning gör att samarbetet med mycorrhizan försvåras .....	33
Plockhuggningens dilemma .....	34
Koden NK .....	34
Målsättning och begrepp .....	35
Antaganden och terminologi .....	37
Illustrerat förlopp vid befriande gallring .....	37
Illustrerat exempel på gallring enligt Naturkultur .....	38
Plockhuggning i en verklig skog, Arjeplogs kommun, 300 möh. ....	41
Certifikat i Naturkultur .....	42
Konkurrensens räckvidd.....	44
Avståndet mellan dominanter bör tillåta dem att växa fritt .....	44
Hänsyn till skador av storm, snö och viltbete.....	46
Beräkning av bördighet på varje punkt av skogsmark.....	46
Rotpostförsäljning .....	46



Skogsbruksplan utan bestånd .....	47
Skogsägarens egna tillägg .....	47
Praktiskt arbete vid märkning av träd.....	47
Arbetsordning för den person som skall tillämpa Naturkultur .....	47
<b>4 JÄMFÖRELSE MED ANDRA METODER .....</b>	<b>50</b>
Historik och framtidsvision .....	50
Kalhyggesbruk och Naturkultur illustrerade .....	53
Naturlig skog är skiktad .....	53
Alternativet Kalhuggning.....	53
Alternativet Naturkultur .....	54
Nya kunskaper som påkallar en övergång till kontinuitetsskogsbruk .....	56
Jämförelse med blädning.....	58
Orört .....	59
Exploaterat .....	59
Intensiv skötsel.....	61
Situationer där befriande gallring är ineffektiv .....	63
<b>5 NYA METODER .....</b>	<b>64</b>
Mått på skogens skiktning – Dissimilarity coefficient (Disco) .....	64
Det är lätt att räkna fel.....	64
Ett exempel.....	65
Är beståndet gruppställt?.....	66
Frihetstal visar bottenstockens framtida virkeskvalitet .....	67
Planterade plantors morfologi - Frihetstal .....	67
Lagom täthet.....	68
RFID-chip kan förenkla virkestransporter och betalning för virke. ....	69
<b>6 VIRKESKVALITET .....</b>	<b>71</b>
Kunskap om trädval.....	71
Positivt urval för kvalitet .....	71
Kvalitetsbedömning i skogen med sned laserscaning .....	73
Konkurrensens för- och nackdelar.....	73
Lämplig konkurrens – Framtida virkeskvalitet.....	74
Hur behandlas en likåldrig jämn skog – Røjning - Gallring.....	77
Felaktig røjning .....	79
Rätt utförd røjning.....	79
<b>7 TEKNIK.....</b>	<b>81</b>
Nuvarande teknik med skogstraktorer .....	81
Framtida teknik .....	83
<b>8 SKADOR.....</b>	<b>86</b>
Mortalitet och skador.....	86
Solbränna.....	86
Reduktion av bladyta.....	87
Barkskador .....	87
Vind- och snöbrott.....	88
Eget försök i närheten av Umeå. ....	92
<b>9 GENETIK .....</b>	<b>95</b>
<b>10 BESTÅNDSFÖRYNGRING .....</b>	<b>96</b>
Förekomst av beståndsföryngring .....	96
Beståndsföryngringens överlevnad vid avverkning.....	102
Beståndsföryngringens tillväxtreaktion efter friställning .....	103
Ödesdigert misstag rörande ”Fröträ” .....	107

Ödesdigert misstag rörande snöskytte. Hyggesrensa ej.....	107
Sammanfattning om beståndsförnygring.....	109
<b>11 BERIKANDE PLANTERING .....</b>	<b>111</b>
Sammanfattning om berikande plantering.....	111
Grönrisplantering skapar miljövänligt lönsamt skogsbruk.....	111
Faktorer av betydelse för insekters angrepp på plantor .....	112
Grönrisplantering är nyckeln till fullständig valfrihet.....	114
Typ av plantor .....	115
Redskap för plantering .....	116
Man vinner varken tillväxt eller överlevnad genom markberedning.....	117
Överlevnad .....	119
Tillväxt .....	119
Man vinner inget genom att markbereda magra tallhedar.....	121
Kostnaden för markberedning överstiger kostnaden för snytbaggesskydd .....	121
Markberedningens negativa effekter .....	121
Missa inte att plantera den första våren .....	122
När är en lucka så stor att berikande plantering är motiverad?.....	122
I hur tät skog kan man plantera?.....	123
Plantera var?.....	128
Kostnad för grönrisplantering.....	129
<b>12 VOLYMPRODUKTION .....</b>	<b>131</b>
Klok politik är anpassning till produktionen i det naturliga ekosystemet.....	131
Fastighetens volymproduktion .....	135
Virkesproduktionen minskar om den stående volymen ökar.....	139
Den stora datormodellen Heureka innehåller en felaktig tillväxtfunktion.....	143
Val av träd som lämnas vid plockhuggning .....	145
Positivt urval för tillväxt.....	147
<b>13 EKONOMI .....</b>	<b>148</b>
Konflikten mellan virkesvolym, reproduktion och virkesvärde .....	148
Kassaflöde bör användas vid ekonomisk jämförelse mellan skogsbruksmetoder, i stället för nuvärde.....	150
Ett praktiskt exempel.....	152
En liten gran som skulle tagits bort genom underröjning i kalhyggesbruket.....	154
Värdet av att en kunnig person väljer vilka träd som skall befrias vid plockhuggning.....	155
Skogsägarens drivningsnetto i fokus .....	156
Ekonomiskt omogna träd skall betraktas som ”återväxt”.....	158
Virkesodlingens mål = raka, grova stammar utan kvistar .....	158
Datormodellerna Tree och Group.....	159
Naturkultur tillämpad under 40 år i fjällnära tallskog .....	160
Ekonomiska konsekvenser på Holmströms fastighet .....	164
Skogsvårdsstyrelsens inställning till Rune Holmströms skogsskötsel .....	165
Skogsstyrelsens inställning 2003.....	165
Naturkultur tillämpad under 40 år i fjällnära granskog .....	165
Konkurrens och skiktning är grunden till god ekonomi .....	167
Ekonomisk helhetssyn.....	169
Nationalekonomiska effekter.....	170
Skövling .....	171
Naturkultur i Tyskland .....	171
Slutsats av Hanewinkel .....	172

Varuhus ersätter dagens skogsägareföreningar .....	173
<b>14 NATURVÅRD .....</b>	<b>174</b>
Pyrolys, människans uthålliga och positiva samspel med naturen. ....	174
Kvävefixerande bakterier .....	174
Biodiversitet .....	175
Slumpmässigt valda evighetsområden = bioreservat.....	175
Lagstiftning om bioreservat.....	176
Naturkultur och vård av natur och miljö .....	176
Bevara en naturlig struktur .....	178
Biodiversiteten påverkas av gallringsstyrka, och reduceras kraftigt av markberedning.....	178
Slumpvis gallring i naturskog bevarar genfrekvensen.....	179
<b>15 KLIMAT .....</b>	<b>180</b>
Skogsbruk och CO <sub>2</sub> .....	180
Klimatets svängningar.....	181
Klimatförändring, trädens arvs massa och sjukdomar.....	183
Geotermisk energi från vulkaniska områden kan rädda klimatet .....	185
Slutsatser .....	186
<b>16 SKOGLAGEN.....</b>	<b>187</b>
Statens inblandning gör verksamheten ineffektiv.....	187
Ägare med lokalkunskap sköter skogen bäst, men kunskapen försvinner hos skogsägarna .....	187
Ekosystemets naturliga dynamik .....	187
Råvaran till skogsindustrin bör vara billig .....	188
Staten skall se till att skogsindustrin hålls medveten om tillgången på råvara ..	188
Nuvarande lag måste bytas ut mot något helt nytt.....	188
Utnyttja erfarenheter från Kalifornien .....	188
Varje punkt på skogsmarken skall vara produktiv .....	188
Fastställande av lägsta nivå för acceptabel produktion – ny enkel metod.....	189
Förhandlingar mellan skogsägare och staten är nödvändiga .....	190
Myndighetens krav måste anpassas till bonitet. ....	191
Biodiversitet gagnas av totalt ”misskötta” områden.....	191
<b>17 FORSKARE MOT STRÖMMEN .....</b>	<b>192</b>
Naturkultur är en gammal metod.....	192
Markägaren har rätt att bestämma över skötseln av sin mark.....	193
Jag kommer troligen att bli beskylld för att förorsaka trashuggna skogar.....	194
Bannlysning har drabbat forskare med intresse för kontinuerligt skogsbruk ....	195
Fjällskogsdebatten 1984 .....	195
Censur och polisingripande mot forskarkollegor .....	196
Inget arbetsrum och ingen möjlighet att använda SLU:s forskningsserver. ....	196
Jag har själv varit trångsynt.....	198
Roten till missförhållandena är ett demokratiskt system för anslagsfördelning	199
Vi formar vår värld utifrån idéer .....	199
Felaktiga hypoteser .....	199
Metod för mätning av den skiktade skogens kvalitet .....	200
<b>18 FORSKNINGENS FINANSIERING .....</b>	<b>201</b>
Bakgrund .....	201
Negativa effekter av den svenska forskningspolitiken .....	201
Svenska skogsforskare saknar förståelse av multidimensionell analys .....	201
Gör inte tjänstemän av odugliga forskare.....	201

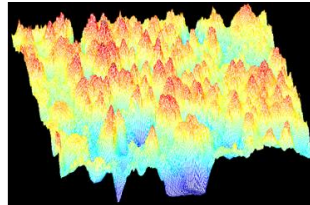
Forskarcertifikat .....	202
Statistik.....	202
Forskningsetik .....	202
Arkivering .....	202
Obligatoriska seminarier .....	202
Tilldelning av statliga forskningsmedel .....	202
Kontroll av forskarens verksamhet.....	203
<b>19 FORSKNING FÖR FRAMTIDEN.....</b>	<b>204</b>
Skogsekosystemets produkter .....	204
Forskningsuppgifter.....	204
<b>20 TACK .....</b>	<b>207</b>
<b>21 REFERENSER.....</b>	<b>208</b>



## 0 Grundläggande fakta om virke och ekonomi

**Syftet med skogsbruk** är att odla fram träd med stort värde. Visst har skogsägaren också önskemål om att framställa andra nyttigheter, men det går mestadels att kombinera med framställning av stora värdefulla träd.

**Bestånd** existerar inte i verkligheten. Detta begrepp uppfanns på den tiden när man behövde rita en karta över skog, men inte kunde rita in varje träd på kartan. Med flygbilder och skanning får vi nu bilder av enskilda träd samt av trädens grenar.



**Maximal tillväxt av virke.** Hagner och Holm (2003) har bevisat att maximal virkesvolym uppnås om den stående volymen är minimal, samtidigt som den lokala skiktningen bland träden är stark.

**Naturlig återväxt av barrträd** är ymnig i vanlig skog. Rikstaxens slumpmässiga registrering i svensk äldre skog påvisade 37000 plantor per hektar (Kempe 1997). Detta stämmer överens med många andra forskares observationer.

**Återväxtens överlevnad.** Praktiskt taget all återväxt dör efter kalhuggning, men blir kvar vid plockhuggning. Redan en gles skärm med 160 träd per hektar fick 90 % att överleva,  $0,9 \times 37000 = 33300$  per hektar (Örlander 1991).

**Konkurrensen mellan träd** sätter inte ned den totala virkesproduktionen. Under lång tid bildades något mer virke i bildens zon A, jämfört med zon B (Jakobsson and Elfving 2004).



**Konkurrens mellan träd av olika storlek är ekonomiskt fördelaktigt.** Stora träd som konkurrerar med små träd, producerar allt det virke som fattas i de små träden. Jakobsson och Nilsson (2005) konstaterade att detta gällde i hyggeskanter. De drog också slutsatsen att det måste vara en ekonomisk fördel, att åstadkomma en konkurrenszon liknande den i en hyggeskant. Virket kan skördas snart och i form av grova stockar.

**Trädgruppen runt frötallen** symboliserar, av ovan nämnda skäl, den idealiska strukturen för maximal ekonomisk virkesproduktion. Den stora frötallen har i sin stam allt det virke som fattas i de omgivande små trädens stammar. Detta gäller

inom konkurrensens räckvidd. Virket i den stora stammen får skördas som en enda grov stam med timmer, i stället för virke i flera små stammar. Detta reducerar kostnaden för avverkningen och för terrängtransporten. Nuvärdet gynnas därför av att den stora stammens virke skördas tidigare än virket i de små stammarna.

**Virkeskvaliteten** i tallar och granar blir hög av att de hämmas i sin ungdom. En anledning är att antalet sidogrenar i stammens första stock blir lågt. Sidogrenarna blir också tunna och försvinner snabbt (Persson, A 1976, 1983). En annan anledning är att andelen ungdomsved blir liten. Den uppstår när grova årsringar bildas nära mörgen.

**Naturkultur syftar till att skapa trädgrupper, inom vilka ett enda stort träd hämmar tillväxten i några få mindre träd.** Detta resulterar i att hela skogens virkesproduktion och ekonomi optimeras, samtidigt med att virket koncentreras till få och stora träd.

**Risken är** att en snål skogsägare faller för frestelsen att välja snabba pengar. En av de två halvstora tallarna bör tas bort, för att den kvarstående skall bli fullstor så snabbt som möjligt. Virkesköparen betalar nu 35 % mer för den finare tallen till vänster. Denna är dock en oslipad diamant, som först om 30 år bör skördas med 325 % bättre nettovärde än nu.



#### **Människans önskan**

Vi önskar att tall och gran bildar raka långa stammar utan stora sidogrenar.

#### **Naturens önskan**

I naturens ekosystem vinner de träd som skapar flest barn som når upp till fertil ålder. Detta gynnar till exempel sådana träd som det till höger. Det slår ut närliggande träd genom att bygga en bred krona, som beskuggar och skaver på konkurrenternas grenar. Detta gynnar även sådana träd som det till vänster i bilden. Det spenderar sina krafter på att växa fort i höjden, med långa toppskott och med få och korta grenar. Då vinner det över konkurrenten genom att bli högre och därigenom få ut sina grenar över toppen på det till höger. Det finns alltså helt olika typer av träd som klarar av att sprida sina arvsanlag i naturen.

#### **Virkesodlaren**

- A. Hen kan antingen gå den långa och besvärliga vägen genom att med genetisk förädling skaffa plantor som kan odlas i skog med lika stora träd, dvs. i plantager, eller
- B. Odlar träd i naturligt ojämn skog, och under trädens uppväxt lämna endast sådana träd som ger bra sågtimmer. Men detta förutsätter att virkesodlaren inser att de halvstora träden ofta har ett växtsätt som inte passar in i skogsindustrins önskan om råvara. Virkesodlaren måste därför välja vilka träd hen odlar till full storlek.

### **Vägs ände**

Vi har en skogsvårdsplan som förutsätter att skog består av lika stora och lika gamla träd. Vi har uppfostrat våra skogsskötare i plantageskogsbruk. Forskarna har varnat för plockhuggning. Vi lurar både sågverken och skogsägarna genom att inte betala bra för stockar med kvalitet. Sågverken utnyttjar däremot kvaliteten maximalt genom att analysera varje stock med röntgen-apparat. Det vore möjligt, att med en enkel märkning i stockens ände, ge skogsägaren betalt med ledning av röntgenanalysen. Den som odlar träd skulle därefter ha skäl att odla träd som har bra virkeskvalitet. Tyvärr är detta för närvarande inte fallet.

### **Framtida system**

Skanningsutrustning på skogsmaskiner kommer att skildra de närmaste trädens placering, rakhets och grenighet. Datorn i traktorn kan därefter beräkna vilka träd som skall skördas nu, därför att de är ekonomiskt mogna. Den kan också välja vilka av de omogna träden som har en så bra potentiell kvalitet, att de nu bör lämnas. Datorn kan också ta hänsyn till konkurrensen mellan närstående träd. Datorn blir aldrig trött och kan därför orka utföra den väldigt komplicerade analysen som visar vilka omogna träd som skall lämnas inom varje trädgrupp. Analysen måste ta hänsyn till: bonitet på platsen, konkurrensens räckvidd, skogsägarens räntekrav, virkespriser relativt storlek på stocken, stockens grenighet, krokighet, skador i barken. Datorn kommer att orka göra denna analys för varje enskild trädgrupp i hela skogen.

Redan har vi tillgång till datorprogrammen Tree och Group som kan användas för varje enskild trädgrupp, men skogsägaren har inte råd att bekosta en person som stannar inför varje trädgrupp och använder sin bärbara dator. Beslutet måste tas efter en snabb blick på trädgruppens alla träd, men detta är en stor mental ansträngning och kräver goda kunskaper hos den som beslutar vilka träd som skall plockas bort och vilka som bör lämnas kvar. Det sist nämnda har störst betydelse för det långsiktiga ekonomiska resultatet av plockhuggningen.

### **Skogsvårdsplanen måste anpassas för kontinuerligt skogsbruk**

Plockhuggningens akilleshä! Skog kan förstöras om en köpare kan lura skogsägaren till att avverka endast de träd som för tillfället ger bra sågvara. Då lämnas stora greniga träd som skapar en framtida skog med allt sämre genetiska egenskaper. Snabba pengar lurar lätt skogsägaren till dumma beslut.

Skogsvårdsplanen skall rekommendera naturligt skiktad skog, som skall skördas med tanke på framtida optimala virkesinkomster. Detta kan åstadkommas endast när de största träden inte håller tillbaka tillväxten hos varandra. Lagen måste emellertid tillåta att skogsägaren på en viss plats har annan målsättning än inkomst från virke: exempelvis rekreation, jakt, bärproduktion.

### **Enkel rekommendation.**

Detta ger skogsägaren maximal inkomst från virke.

Ordna så att alla halvstora och större träd har samma årsringsbredd.

Ordna detta så att den stående volymen av virke/ha är så liten som möjligt.

Se förklaring i Kapitel 5, Lagom täthet.

## 1 SAMMANFATTNING

### ***Bakgrund***

För att odla träd krävs en grundläggande förståelse för hur det skogliga ekosystemet fungerar. Jag rekommenderar var och en att noggrant läsa vad som står om detta i inledningen av Kapitel 3.

Skogsmark skall uthålligt användas på bästa möjliga sätt. Detta innebär att varje liten grupp av träd, som konkurrerar om samma tillväxtresurser, behandlas med tanke på alla ekosystemtjänster. Ordet och tanken om ”bestånd” är inte längre relevant, efter att kartläggning och beskrivning av enskilda träd kan ske med hjälp av laserskanning och drönare. Odling av träd skall utföras med tanke på den unika relationen mellan träden i trädgruppen och med hänsyn till varje träds potentiella värde. Trädgruppen skall behandlas så att skogsägaren och skogsindustrin uthålligt får största möjliga nytta eller inkomst. För barrträd gäller att högt virkesvärde uppnås endast om träden hämmas i sin tillväxt när de är små, och växer fort när de är stora. Detta åstadkommes endast genom att man begränsar antalet träd inom varje liten trädgrupp och ser till att ojämnheten i trädstorlek inom gruppen är stor.

Skogsvårdslagen och skogsmyndighetens instruktioner måste därför skrivas om så att denna tanke genomsyrar allt.

### **Bladet från munnen**

Jag kan inte längre hålla tillbaka kritiken av ”det svenska systemet” som med stor pondus förordas av både forskare, skogsindustri och skogsmyndigheter. Jag instämmer med vad de tre författarna av boken ”Skogspraktikan”, dvs. Jentzen, Kullgren och Hultén, skrivit på sidorna från och med 108. Där berättar de hur illa den svenska virkesmarknaden, skogsmyndigheten och andra organ fungerar. På ett föredömligt sätt beskriver de bristerna hos miljörörelsen, svenska kyrkan, skogsägaren, skogsägareföreningarna, LRF, skogsindustrierna med sina köporganisationer, bioenergi, timmerandel, virkeskvalitet, virkesmarknad, skogsbruksplaner, skogssällskapet, skogsentreprenörerna, att alla känner alla, Sveriges Lantbruksuniversitet, media, allmänheten, skogsstyrelsen, skogsvårdslagen, Sveaskog, miljöcertifieringen, skogsdebatten, historielösheten. Författarnas slutsats är att det inte finns någon större anledning att lita på vad som förs fram om den svenska modellen.

Jag tror att Ni förstår min besvikelse när jag nämner hur en av mina doktorander förändrades efter att han blivit anställd av Sveaskog. Herman Sundqvist, numera generaldirektör i skogsstyrelsen, undersökte på min inrådan tallskog NV om Jokkmokk, nästan en breddgrad norr om polcirkeln, på ca 320 möh, dvs. i mycket kargt klimat. I den skog som Sundqvist både glesade ut och högg kal, fann han 4100 självföryngrade plantor/ha (10-200 cm höga). Om han ställt sig på knä och registrerat även plantor mindre än 10 cm skulle antalet blivit mer än dubbelt så högt, vilket framgick av rikstaxens undersökning runt om i landet. I stort sett fanns det i Hermans skog, alltså 10 000 självföryngrade tallplantor/ha, före gallring och kalhuggning. Två år efter kalhuggningen fanns endast 10 % av dessa kvar utan allvarliga skador. När plockhuggningen lämnade 40 % av grundytan kvar, fanns 50 % av återväxten kvar utan skador. En plockhuggning hade alltså resulterat i att ca



5000 självsådda oskadade tallplantor varit kvar. Vid en plockhuggning av mogna träd skördas endast ca 100 träd/ha. Skogen kan alltså behållas tät efter plockhuggning utan kostsamma återväxtåtgärder. Variationen är dock så stor att kompletterande plantering kan bli aktuell i de största luckor som uppstår där mogna träd råkar stått ansamlade. Sundqvist visade också, genom studier av återväxt i diken längs vägar, att plantor hade etablerats praktiskt taget varje år (dvs. i 25 av 30 år). Den allmänna uppfattningen bland jägmästare är dessvärre, att moget tallfrö i denna karga trakt endast bildas vart 20-de år, vilket alltså är fel. Sundqvist visade också att de befintliga självsådda plantorna reagerade med ökad höjd-tillväxt redan efter två år. Citat från Paper 3 "It is concluded that seedling growth response generally increases with increasing basal area removal." Citat från paper 4. "Increasing pre-release needle length may express an increasing post-release performance potential of advance growth seedlings". Han anser alltså att tallplantor med ovanligt långa barr troligen reagerar med kraftigast tillväxtökning efter plockhuggning.

Doktoranden Sundqvist hade alltså genom ett mångårigt arbete själv konstaterat det helt felaktiga i vedertunga "sanningar" som säger att man måste kalhugga skog och kosta på sig markberedning och plantering för att ersätta de träd man fäller i en kalavverkning. Han hade visat att det redan finns mycket naturlig återväxt och att dessa blir kvar om man endast glesar ut skogen genom att skörda de fullstora träd som skogsägaren tjänar pengar på.

Det bedrövliga är att Sundqvist efter att ha fått anställning i Sveaskog, genast övergick till att, solidariskt med instruktionerna i bolaget, förorda kalavverkning i de karga trakterna av Norrland. Han steg snabbt i karriären och som förvaltare brydde han sig inte om att byborna bönade om att få ha sin rekreationsskog kvar nära byn. Karriären gick käpprätt till toppen i Sveaskog och nu är han generaldirektör för skogsstyrelsen.

Där har han bland annat stöttat sina anställda som ville tvinga en skogsägare i fjällnära Dikanäs i Västerbotten, att med markberedningsmaskin köra ner en ungskog som skogsägaren åstadkommit genom att kompletteringsplantera bland naturplantor som blivit kvar vid en s.k. kalavverkning. Skogsstyrelsen tvingade skogsägaren att betala ett stort vite. Därefter gjorde man en förnyad inventering av återväxten för att tvinga skogsägaren till underkastelse. När den nya inventeringen visade att återväxten var godkänd, vägrade skogsstyrelsen att betala tillbaka vitet och att ersätta markägaren för alla sina kostnader.

Som kronan på verket fann justitiekanslern att skogsstyrelsen inte hade anledning att ersätta skogsägarens kostnader.

Det svenska rättssystemet används alltså på ett sätt som skall skrämja skogsägarna till underkastelse, oavsett om myndigheten gjort fel. Det skall tydligen inte löna sig att protestera mot bevisade felaktigheter.

Det jag framfört visar att hela skogsnäringen, motarbetar sitt eget intresse av billig produktion av god råvara. Att man hamnat i denna återvändsgränd beror enligt min mening på att kapital till forskarna delas ut enligt demokratiska principer. Hur man kan komma till rätta med detta problem har jag redovisat i kapitlen 16-18.

### **Sunt bondförnuft räcker långt men inte ända fram.**

Det är egentligen väldigt enkelt att förstå behovet av ett alternativ till trakthyggesbruk. Var och en med sunt bondförnuft inser att man tjänar mest på fullstora träd, men också att det är vettigt att låta välformade små och halvstora träd växa vidare till full storlek.

Det som står ivägen är att skogsstudenterna på SLU, felaktigt får lära sig, att en blandning av stora och små träd resulterar i låg volymproduktion. De får även den felaktiga uppfattningen att marken måste ”brukas” med maskin för att plantorna skall växa fort.

Alla som skördat timmer och fått betalt för stockarna, vet att hög kvalitet betalas mångdubbelt i förhållande till låg kvalitet. Den vet att timmer med hög kvalitet bildas enbart i träd som tidigt i livet hämmas i sin tillväxt genom att växa upp mellan större träd. Då blir det få och små grenar på den nedersta delen av stammen, dvs. den del av det fullstora trädet som representerar huvudparten av trädets värde.

Sunt bondförnuft räcker alltså till för att inse, att träd skall odlas i skog som innehåller en lokal blandning av stora och små träd, dvs. att man måste undvika trakthyggesbruk.

Professorn Björn Elfving och hans doktorand Rikard Jakobsson fann, dels att kvarlämnade fröträd inte förorsakade någon tillväxtförlust trots att plantorna runt fröträdet växte långsammare än plantor långt från fröträdet, dels att konkurrenszonen i hyggeskanter inte innebar någon förlust av virke. På båda dessa platser fann de att de största träden intill konkurrenszonen innehöll praktiskt taget allt virke som fattades i de små träden. Jakobsson konstaterade i sin avhandling att detta innebar en ekonomisk vinst för skogsägaren. Min förklaring är att det givetvis är det bäst för skogsägaren att kunna skörda virket i konkurrenszonen inom kort tid och i form av grova stockar. Läs mer om detta i kapitlen om produktion och ekonomi.

Trots detta kan de två forskarna inte uttala den logiska slutsatsen att det generellt är bra för skogsägarens ekonomi att låta stora träd hålla tillbaka tillväxten i närstående träd. Enligt forskarnas resultat skall hyggen göras så små att även de unga plantorna på hyggets centrum hålls tillbaka av de stora träden utanför hygget. Då konkurrensens räckvidd, som den skildrats av forskarna, är 5 m på medelgod mark, blir hyggets diameter inte mer än 10 m.

Det innebär också att de stora träden inte får stå så tätt att mindre träd inte kan växa alls, därför att man då råkar in i de problem som är förknippade med kalhyggesbrukets kostnader för återväxt och ungskogsröjning.

I en snabbvuxen ungskog med likstora träd skapas timmer, som innehåller många grova kvistar och som ger svagt sågvirke. Plankorna kröker sig när de torkas. I en tät slutavverkningskog med likstora träd, finns det levande grenar bara högst uppe nära toppen. Tillväxten av virke är låg därför att fotosyntesens socker inte räcker till annat än att hålla liv i ekosystemets alla levande celler. I den övre delen av stammarna finns sågtimmer med invallade grova ruttna grenar. Sådant timmer är nästan värdelöst.

Sunt bondförnuft leder till odling av timmer i en skog, där dominanterna står så glest att utrymme finns för en djup och grön krona. Detta ger plats för mindre rekryter, som lämnas kvar när dominanterna plockas bort. Om dominanterna har stor grönkrona gynnas de av mykorrhizan, vilken är den som styr utvecklingen. Rekryterna hålls tillbaka, vilket medför att nybildat virke i huvudsak skapas i stammen på dominanterna. Tillväxten av virke koncentreras till dominanternas grova stammar som ger markägaren maximala inkomster.

OBS. Detta åstadkommer man endast om man förstår att ”bestånd” inte finns, utan att det är förhållandena inom den närmaste trädgruppen som omtalas. Detta innebär att dominanter inte får stå närmare varandra än ca 10 m och att en rekryt står inom 5 m från sin dominant. Allt handlar om att man, vid befriande gallring, ser till att ”återväxten = ekonomiskt omogna träd” är placerad inom trädgruppen på detta sätt.

Min egen uppfattning är att mina forskarkollegor runt om världen lider av den gamla uppfattningen att ”skog” finns i ”bestånd”, och att skogsskötsel handlar om att reglera tillståndet i beståndet. Sanningen är att den ekonomiska verkligheten handlar om hur trädet reagerar för konkurrensen från de allra närmaste träden. Ett fårskt exempel är Lundqvist et al (2019) där forskarna ägnar stor möda åt hur inväxning av småplantor skall ordnas i skiktade bestånd.

Eftersom forskaren Lars Lundqvist tillåts av ledningen för SLU, att presentera resultat från långliggande försöksytor med blädning utan att göra någon statistisk analys av data, ger han alla en helt falsk bild av det mycket väsentliga förhållandet mellan tätheten i skogen och skogens produktion av virke. Han själv, och hans närmaste kollega professor Tomas Lundmark, vet att volymproduktionen vid blädning har varit störst när den stående volymen varit lägst. Detta har nämligen jag och statistikern Sören Holm visat dem, genom en bearbetning av de siffror som Lundqvist själv tagit fram. Vårt arbete som publicerades på SLUs bibliotek både 2003 och 2012. För att visa de rätta sambanden måste man emellertid behärska multivariat statistik, som gör det möjligt att särskilja inflytandet av olika samtidigt varierande faktorer. Vår analys av Lundqvists material visar att blädning gett störst tillväxt av virke när den stående kubikmassan virke varit lägst, och att det vuxit bäst när gallringen blivit gjord så att storleken på träden i ytan varit så varierad som möjligt.

När vi publicerat detta resultat på SLUs bibliotek, blev det alltför mycket för forskarna på SLU. Resultatet motsägare nämligen vad man lär studenterna, och vad man visar genom en felaktig tillväxtfunktion i det stora prognosinstrumentet Heureka. Sveriges skogsvårdslag kräver även att skogen inte får ha låg stående kubikmassa efter gallring. I ett försök att komma undan all kritik beslöt man att radera alla de 30 skrifter som Mats Hagner lagt in i SLUs bibliotek under tiden 2000-2012. Man publicerade en artikel i Expressen där man lögnaktigt påstod att Mats Hagner inte varit verksam vid universitetet efter sin pensionering, trots att sanningen var att han under denna tid varit inbjuden gästforskare på institutionen skogsekonomi. Där han också tilläts ha en egen hemsida.

Mats Hagner beslöt då att bilda ett eget bokförlag och publicera alla de raderade skrifterna på Kungliga Bibliotekets databas LIBRIS.

### **Denna bok är ett tidsdokument.**

Den virkesförädlande industrin skapar varor som efterfrågas. Sågat virke har alltid gett störst inkomst om det är starkt och rakt. Emellertid växlar priserna, Virkesodlaren måste ständigt anpassa sig till det aktuella läget och till den teknik som finns för skörd och transport. I Finland har skogsägareföreningarna inga egna sågverk. Via Internet har de skapat möjlighet för den enskilde skogsägaren att få bjuda ut sitt virke till många köpare, vilket gör att skogsägaren får bra betalt för virke med hög kvalitet. De svenska skogsägareföreningarna har egna sågverk och ser därför till att öka vinsten i sågverken. De försöker därför bli kvitt kvalitetsklassningen. Detta är en mycket olycklig utveckling, som leder till odling av dåligt sågtimmer.

I min roll som uppfinnare är jag intresserad av ”hur man skulle kunna göra istället”. Det är skälet till att jag i boken tar upp teknik för avverkning och virkestransport, som jag är övertygad kommer att revolutionera skogsbruket.

Beträffande outnyttjade produkter av framtida mycket stort värde, vill jag nämna foder till idisslare. Björkris användes av våra förfäder som foder åt kor. Jag är helt övertygad att skogsträden kan beskäras på ett sätt som liknar ”bete” av insekter, fåglar och svampar, och att de yttersta delarna av trädens grenar kan skördas, ensileras såsom hö i plast, och fraktas av robotar i form av luftskepp. Tillgången av detta foder från våra skogar är enorm i jämförelse med vad som skördas på åkermarker i Sverige. Det är forskarnas uppgift att ta reda på hur ”betet” skall utformas för att inte skada det naturliga ekosystemet, eller reducera skogens virkesproduktion i alltför hög grad.

Min svärfar hade arbetat i skogen under ett långt liv och han hade lärt sig mycket av sin far. Svärfar hade hunnit se att det han lärt sig också stämde med den långsiktiga utvecklingen i skogen. Som ung jägmästare på 1960-talet var jag uppfylld av ”den vetenskapligt grundade” tron på kalhyggesbruket, vilket ledde till häftiga diskussioner med svärfar. Han sa att ”tydligt måste man bli jägmästare för att bli så dum som du”. Nu vet jag att min svärfar hade rätt och jag hade fel. Han menade att jag skulle göra det bästa möjliga av den trädgrupp som jag stod i. ”Utse ett nästa-skörds-träd med goda egenskaper. Befria det genom att skörda de mogna träd som det inte lönar sig att ha kvar. Se till att nästa-skörds-trädet slipper konkurrens från lika stora träd. Se också till att ha lagom många små rekryter med goda egenskaper.”

Han ville alltså att tillväxtresurserna på platsen, där jag stod, i huvudsak skulle utnyttjas av en enda bra ”dominant”, men att det samtidigt skulle finnas plats för tillräckligt många små ”rekryter”. En av dessa skulle ju ersätta dominanten efter nästa skörd.

Han visste att små träd måste hämmas av stora träd för att få bra sågtimmerkvalitet.

Själv har jag lagt till nyvunna vetenskapliga rön. Det viktigaste är att mykorrhizan är den som styr den s.k. konkurrensen mellan träd. Vi har fått reda på konkurrensens räckvidd på olika boniteter. Vi vet nu att maximal virkesproduktion och virkeskvalitet uppnås när skogen är naturligt skiktad och har lågt virkesförråd.



Sammanfattningsvis är värdet av ”Befriande gallring, kominerad med berikande plantering” = ”Naturkultur” enormt. Det beror på:

### **Ekonomi**

Grunden är att skogsägare i Sverige, genom att tillämpa Naturkultur, fördubblar sitt netto, trots bibehållen nivå på virkesproduktion. Svenska skogsägare ökar därför sina nettoinkomster med 8 miljarder kr/år därför att de levererar 80 miljoner m<sup>3</sup> till industrin varje år. En fördubbling av nettoinkomsten från virkesodlingen har redan uppmätts i det statliga tyska skogsbruket, efter att miljöminister Angela Merkel förbjöd kalhyggesbruk på statens skogsmark 1990. En fördubblad nettoinkomst hos svenska skogsägare förbättrar också landets infrastruktur.

### **Skogsindustrins råvara**

Sågstockarnas virkeskvalitet har minskat ända sedan man började tillämpa kalhyggesbruk 1950. Detta gäller även massavedens egenskaper. Naturkultur resulterar, enligt flera vetenskapliga studier, i en idealisk typ av råvara, för de flesta industrigrenar. Troligen ökar industrins netto i lika stor omfattning som för råvaruproducenterna, dvs. med 8 miljarder/år. Detta innebär att vår skogsvårdslag, som påbjuder kalhyggesbruk, under åren 1950-2019 (69 år) förorsakat nationen en förlust på  $69 \cdot 16 = 1104$  miljarder kronor. Dessutom tillkommer alla skador på fornlämningar, biodiversitet, mark och vatten, samt från ökad emission av CO<sub>2</sub>.

### **Miljö**

Skälet till att den tyska miljöministern Angela Merkel införde kontinuerligt skogsbruk på statens mark år 1990 var inte en förbättrad ekonomi. Hon ansåg att alternativen till kalhyggesbruk var så mycket bättre med tanke på miljön, att en övergång var motiverad.

### **Teknik**

Tekniska möjligheter

- \*laserskanning (redan i bruk)
- \*multispektral analys (omfattande även värmestrålning, redan i bruk)
- \*små drönare (för kvalitetsbedömning av enskilda trädstammar). Tekniken finns redan
- \*luftskepp (långt framskriden utveckling)
- \*trädklättrande robot (fanns redan på 1980-talet)
- \*Internet för att bjuda ut skogsägarens virke på rot (tillämpas redan i Finland. I Sverige finns svenska Virkesbörsen)

Den ovan nämnda tekniken kommer att göra det möjligt att i framtiden plocka hela trädstammar rakt upp ur skogen och därefter frakta dem direkt till industrin

- \*utan skador på kvarstående träd
- \*utan påverkan på skogsmarkens ytskikt
- \*utan påverkan på vattenkvaliteten
- \*utan behov av skogsbilvägar
- \*utan behov av långväga virkestransporter på allmän väg

### **Utbildning**

Det finns redan ett beprövat sätt för att utbilda certifierade trädmärkare, (lärobok, självstudie- och tentamensfrågor). Trädmärkarna är redan organiserade i en förening som fungerar via Internet i Sverige.

Tyvärr gäller emellertid att det är lätt att skola människor med små kunskaper, och att det är svårt att omskola människor med stora kunskaper. Därför har jag i december 2016 skrivit till miljöministern, och till ledarna för Naturskyddsföreningen, Föreningen Skogen och Skogforsk, om ”det mentala språnget” (Hagner 2016 c). Välutbildade skogstjänstemän och forskare inom skogsnäringen är nämligen vanligtvis inte intresserade eller villiga att lyssna till de nya tankegångar som presenteras i denna lärobok. De ”vet” redan ”felaktigt” att trakthyggesbruk är den metod som ger mest virke och största inkomsterna. Som framgår av kapitlet ”Historik” längre fram är det djupt mänskligt att reagera negativt när visselblåsaren Mats Hagner påstår att en annan typ av skogsbruk ger mer och bättre virke samt bättre miljö. I forskarvärlden är det inte lönt att vara visselblåsare, ty då uteblir alla forskningsanslag.

### ***Principen Naturkultur***

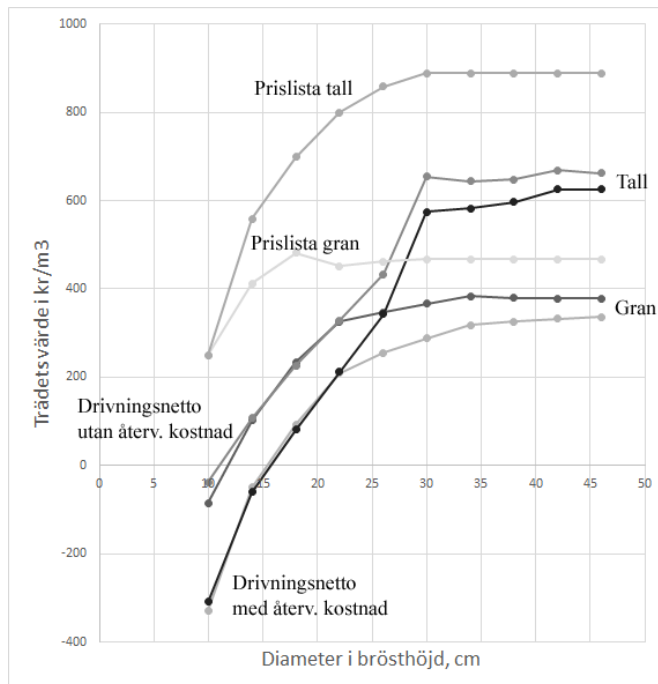
Det finns en *princip* och en *metod*. Principen är överordnad metoden. Principen innebär att man maximerar nuvärdet av alla *nyttigheter* på varje punkt i skogen, vilket egentligen är detsamma som kunniga skogsägare har gjort i alla tider. Detta sätt att sköta skog skiljer sig från alla andra sätt som beskrivits i vetenskaplig litteratur. Det unika är att valet av träd som skall skördas bygger på hänsyn enbart till den närmaste omgivningen, dvs. till konkurrensens räckvidd. Antingen betraktas endast den grupp av träd som delar på samma tillväxtresurser (= metoden Naturkultur) eller den trädgrupp som lokalt påverkar den nytta som produceras på just den plats där jag står (=principen Naturkultur). De flesta sätt att sköta skog, som beskrivits i litteraturen, utgår från skogens egenskaper inom ett stort område som kallas ”bestånd”. Detta begrepp är ett mänskligt påfund som tvingades fram av metoden ”kartläggning, och skogsbruksplan”. Efter att laserskanning blivit tillgänglig och tillräckligt detaljrik för att beskriva och positionera varje träd, finns inget behov av att dela in skog i ”bestånd”. Hela skogsvårdslagen måste därmed skrivas om.

Naturkultur blir ett axiom, dvs. lika självklar som att en triangel har tre hörn. Naturligtvis kan ingen motsätta sig att man maximerar nyttan på varje punkt. Passar platsen bäst för en sommarstuga, eller en guldgruva, är det troligt att markägaren använder marken till något annat än till att producera timmerstockar.

Läs mer i kapitel PRINCIPEN NATURKULTUR

### ***Metoden Naturkultur***

Metoden innebär att man maximerar *nuvärdet av virkesproduktionen* på varje punkt i skogen. Värdet uttrycks såsom drivningsnettot (Figur 1.01).



Figur 1.01. Värdet per kubikmeter hos träd i skogen beräknat med datormodellen Tree. De höga värdena för tall beror på att bottenstocken anses vara av högsta kvalitet.

Virke från stora träd ger sågvirke som betalas mångdubbelt högre än massaved.

### Prislista.

Köparens ersättning när virket ligger vid bilvägen anges som prislista. Skogsägaren kan lätt få uppfattningen att det lönar sig bra att även avverka små träd.

### Skogsägarens drivningsnetto utan återväxtkostnad

Detta tillfaller skogsägaren efter att kostnaden för avverkning och terrängtransport dragits ifrån ersättningen för virket vid väg. Efter en måttlig gallring krävs ingen plantering, vilket gör att drivningsnettot blir positivt även för små träd som bara ger klenstimmer, dvs. träd med en diameter på minst 15 cm.

### Drivningsnetto minskat med kostnaden för återväxt

Detta är vad skogsägaren har kvar sedan hand betalat kostnaderna för återväxt, dvs. markberedning, plantering och hjälpplantering. Ett nämnvärt netto får skogsägaren inte förrän det avverkade trädet ger sågtimmer, dvs. att det blivit minst 20 cm i brösthöjd.

Kostnaden för återväxt på ett kalhygge är i detta fall beräknat som 3 kr/planta. Den areal som skall planteras är proportionell mot stammens genomskärningsyta, vilket medför att återväxtkostnaden, räknat per kubikmeter, sjunker med ökande diameter.

Vid skötsel av skog där man återkommer med uttag av mogna träd finns inget skäl för indelning i bestånd. Överallt blandas träd med olika art och ålder. Man befriar omogna träd med framtida högt värde (befriande gallring) från konkurrensen från

mogna träd. Beslutet om att ta bort ett träd påverkas enbart av konkurrensens räckvidd. Detta innebär att beslutet endast styrs av det inbördes förhållandet mellan träd som konkurrerar om samma tillväxtresurser.

Efter gallringen ser man till att skogen överallt blir tät genom att plantera i luckor (berikande plantering). Man bör eventuellt komplettera med bortröjning av mindre träd som skadats vid gallringen. Eftersom den naturliga återväxten, som består av alla slags omogna träd, kompletteras med plantering i luckor, kan metoden Naturkultur tillämpas även på marker där den naturliga återväxten inte är tillräckligt riklig. Planteringen gör det också möjligt att byta trädslag eller att använda förädlad plantmaterial. Den gallrade skogen hålls gles om man önskar återväxt av ljusälskande trädslag. En jaktintresserad markägare kan önska att skogen skall förbli luckig med odlad viltfoder i luckorna. Kombinationen av gallring och plantering, öppnar av detta skäl möjligheten att modellera fram den skog som skogsägaren finner optimal på varje punkt i skogen.

### **Mogna och omogna träd**

Vid tillämpning av metoden Naturkultur, optimeras den monetära långsiktiga vinsten i den lilla grupp av träd som konkurrerar om samma tillväxtresurser. Om ett träds värde placerat i annan verksamhet eller i bank, ger större avkastning (ränta) än om trädet lämnas i skogen, är trädet moget för skörd. Ett moget träd kan vara stort, men också vara mindre träd som står för tätt eller har dåliga egenskaper.

### **Virkesodling är en ekonomisk verksamhet**

Med tanke på lönsamheten är det viktigast att ägna störst uppmärksamhet åt vilka träd som lämnas såsom dominanter (= nästa-skörds-träd). Näst viktigast är det att se till att rekryterna har önskvärda egenskaper och finns i rätt antal. Träd mindre än 8-10 cm i diameter kan betraktas som "återväxt". Att reglera mängd och trädart bland dessa är mestadels inte lönsamt, men för den som har tillgång till billig arbetskraft är situationen annorlunda.

Läs mer i kapitel METODEN NATURKULTUR

### **Jämförelser med andra metoder**

Sedan urminnes tider har skogsägaren insett värdet i att endast plocka ut sådana träd som gett stor nytta, vid bygge av hus eller för tillverkning av speciella redskap eller konstföremål. Har hen sett att ett mindre träd med potentiellt stort framtida värde, var på väg att konkurreras ut av andra träd med lågt värde, friställde hen det värdefulla ungrädet. Det var lika självklart som att hens fru rensade bort ogräset i morotslandet.

Genom olyckligt utformade hypoteser om genetisk belastning hos småträd och om effekt av trädens absoluta ålder, infördes kalhyggesbruk i Sverige 1950. Plockhuggning blev enligt lag förbjuden och gallring fick enbart utföras om man lämnade de största träden. Underförstått var att skog skulle behandlas likformigt inom områden som kallades bestånd, och inom beståndet fanns bara träd av samma ålder. Detta har gett till resultat att sågtimmerkvaliteten blivit usel på grund av snabb ungdomstillväxt och långsam ålderstillväxt. Samtidigt har biodiversiteten utarmats, vattendragens kvalitet försämrats och rekreationsvärdet i skogarna minskat.

För att rädda de naturskogar som fortfarande finns kvar, arbetar forskare världen runt för att hitta former för naturskogsbruk, som kombinerar den goda ekonomin vid selektiv avverkning med bevarad täthet och biodiversitet. I Sverige bedrivs utbildningen fortfarande så att nybakade jägmästare tror att skog består av bestånd som skall skötas enligt beståndets medelvärden och diameterfördelning. Insikten om att skogsägarens ekonomi kan mångdubblas genom att manuellt bedöma vilka enskilda träd som är mogna och vilka som skall befrias från konkurrens från sämre träd, finns tyvärr inte i vår nuvarande kår av ”välutbildade” skogsmän.

Naturkultur kan nu utföras med skogsstyrelsens godkännande, men tjänstemannen i myndigheten blir mycket förvirrad. Det beror på att skogsvårdslagen förutsätter att skogen är uppdelad i bestånd. Även den helt nyligen godkända hyggesfria metoden ”volymblädning” förutsätter att man tänker i bestånd. Den skogsägare som tillämpar Naturkultur, handlar i stället utifrån egenskaper hos den lilla grupp av träd som delar på samma tillväxtresurser. Han tar bort mogna träd och befriar mindre träd med goda egenskaper. Det mest kontroversiella är att den kvarstående kubikmassan av stammar bör vara så låg som möjligt. Detta står i strid med lagens bestämmelser, men har bevisats av Hagner och Holm (2003 a, b).

Läs mer i kapitel JÄMFÖRELSE MED ANDRA METODER

## ***Metoder som används inom Naturkultur***

### **Trädgrupp, ett nytt begrepp**

Eftersom Naturkultur leder till att träd av alla storlekar och åldrar står blandade på nära håll finns det inga skäl att dela in skog i ”bestånd”. De träd som konkurrerar med varandra om tillväxtresurser står i en trädgrupp och den som gallrar måste bestämma hur denna grupp skall behandlas för att på lång sikt uppnå största möjliga nytta.

### **Laserskanning vertikalt och horisontellt**

Beskrivning av skogen från luftburna plattformar resulterar i bästa fall i att fältdatorn innehåller beskrivning av alla träd och att datorn även lämnar förslag till vilka träd som skall skördas.

I en sådan situation behöver en trädmärkare endast justera datorns förslag om detta innebär ett misstag med avseende på de befriade trädens kvalitet eller vitalitet. Trädmärkarens visuella analys, kan i framtiden eventuellt ersättas med laserskanning som riktas såväl vertikalt som snett från sidan.

### **Frihetstal, en ny metod**

Trädmärkaren kan använda sig av frihetstalet hos småträd för att få en uppfattning om vad ”lagom täthet” är på den aktuella punkten. Detta gäller kvalitetsdaning hos småträd med avseende på kvistantal och kvistgrovlek i bottenstocken.

### **Lagom täthet, en ny metod**

För att få en uppfattning om vilken täthet mellan träd, som är lagom med avseende på långsiktig volymproduktion, tycks det vara optimalt om årsringen hos halvstora och fullstora träd är ungefär densamma. Det beror på att undertryckta träd satsar så mycket som möjligt av sin energi på att nå upp i dominant position. Detta resulterar i höjdtillväxt och inte i utbredning av sidogrenar.

### **Bonitet från databas eller satellit**

I framtiden kommer trädmärkarens fältdator att med GPS-koordinaterna leta rätt på boniteten för den punkt där han står. Därmed kan datorn ange radien på den trädgrupp han skall åtgärda.

### **Disco, en ny metod som ersätter begreppet "diameterfördelning".**

I en naturligt skiktad skog är diameterfördelningen Gamma-fördelad. Det enklaste sättet för trädmärkaren att ta reda på hur den lokala strukturen kommer att förändras med tiden, är att mäta diametrarna på tio slumpvis valda trädpar. Med sin enkla räknedosa kan han beräkna dissimilarity coefficient (Disco). Ligger Disco nära 0.5 kan han dra slutsatsen att skogens struktur är den rätta för att uthålligt kunna skötas genom kontinuerlig befriande gallring. Ligger Disco långt under 0.5 har tidigare skogsskötsel syftat till trakthyggesbruk, dvs. en utjämning av trädens storlek.

### ***Slumpmässig trädmärkning bevarar naturlig struktur och biodiversitet***

En skogsägare kan tycka att det viktigaste är att skogen på fastigheten blir så naturlig som möjligt, dock utan att den blir väldigt tät och belamrad med kullfallna trädstammar. Ett helt orört reservat passar inte särskilt bra för jakt och strövtåg. De flesta skogsägare säger väl inte nej till en inkomst från virke, om detta kan kombineras med önskan om naturlig och rekreativ skog.

I så fall skulle trädmärkaren kunna erbjuda en slumpmässig märkning som är både billig, snabb och enkel. För detta krävs en paint ball gun utrustad med dator. Om diskussionen med skogsägaren utmynnat i en överenskommelse om att, exempelvis 20 % av träden > 10 cm diameter skall levereras till industrin, ställs datorn in så att vart femte skott blir rött, och fyra femtedelar blir gröna. Skördarföraren plockar senare bort alla rödmärkta träd.

För att skogen skall bli naturligt varierande krävs även att den innehåller luckor av varierande storlek. Studier av naturliga skogar krävs för att beskriva deras luckighet. Denna kan därefter simuleras genom att datorns slumpgenerator programmeras med flera överliggande slumpvalsågor. Ett exempel: Ibland kommer en röd boll var femte gång, ibland följer fem röda efter varandra, och ibland 15 röda efter varandra, etc. Då uppstår även gläntor med olika storlek i skogen.

Eftersom trädmärkaren endast behöver tänka på vilka träd som har större diameter än 10 cm, kan han röra sig snabbt framåt. Trädmärkningen blir billig.

Åtgärden är naturligtvis onaturlig, eftersom uttaget av träd blir större än den naturliga mortaliteten. Marken blir inte heller belamrad med så många kullfallna

träd som i en naturskog. Såvida traktorer skall avverka träden och köra ut stammarna blir det också öppna stråk där traktorerna kör.

Resultatet blir emellertid att skogsindustrin får sitt virke, med helt naturlig sammansättning av trädslag och virkeskvalitet. Förekomsten av nyckelbiotoper och ekologiska nischer förblir naturlig, varför biodiversiteten säkras. Ekosystemets naturliga genfrekvens kvarstår efter skörd. Ovanliga arter skördas i samma proportion som vanliga arter.

Förmodligen blir skogen bättre lämpad för exempelvis jakt och rekreation än om man skapar ett helt orört reservat.

### **Virkeskvalitet**

Gemensamt för alla utbildade skogsmän är uppfattningen att högt värderad sågvara kännetecknas av få och små kvistar. Alla vet också att sådant timmer endast uppstår om det unga trädet växer långsamt i hård konkurrens med andra träd. Trots detta skryter de skogsmän som driver kalhyggesbruk med att de unga träden växer fort och att röjning måste ske för att upprätthålla snabb tillväxt. Till yttermera visso vet alla välutbildade skogsmän att sågverksbranschen drabbas av allt sämre lönsamhet, vilket bland annat beror på att det svenska sågtimret får allt sämre egenskaper.

Naturkultur resulterar i skiktad skog där unga träd hålls tillbaka av stora träd, vilket automatiskt leder till förbättrad kvalitet i rotstocken. Denna svarar för nästan halva nettovärdet av ett fullstort träd. Naturkultur resulterar dessutom i att de större träden får en djup grönkrona, vilket gör att man undviker invallning av ruttna grenar i timmerstockarna ovanför rotstocken.

Kalhyggesbruket ger grovt timmer med stora årsringar nära stockens centrum och små årsringar nära barken. Naturkultur ger årsringar av ungefär samma storlek från centrum till bark. Totala åldern hos fullstora träd blir ungefär densamma vid de två metoderna. Att så är fallet har forskarna visat genom studier av försöksytor som blädats under lång tid.

Här redovisas metoder för att reglera skogens struktur genom röjning och gallring på ett sätt som optimerar virkesråvarans egenskaper.

Här förklaras innebörden i så viktiga termer som hög- och lågskugga.

Läs mer i kapitel VIRKESKVALITET

### **Avverkningsteknik**

Så länge vi har markbunden teknik för att fälla och upparbeta träd krävs det stora kraftfulla traktorer för att undvika skador på de träd som befrias genom plockhuggning. De försök med olika maskintyper, som vi gjort hittills, har visat att grävmaskiner, där skopan har bytts mot ett skördaraggregat, varit bäst. Den kraftfulla armen orkade transportera hela trädet stående tills det lades ner i stickvägen. Grenarna kunde därefter placeras i vägen som skydd för marken. Grävmaskinens band gjorde marktrycket mindre och dess starka arm, kombinerad

med rörligheten gjorde det även möjligt för maskinen att förflytta sig i starkt kuperad terräng.

Vanliga skördare och skotare blir successivt allt större och tyngre. Skadorna på mark har blivit ett allt mer uppmärksammat problem, dels därför att markens bördighet försämras, dels därför att vattendrag grumlans eller förgiftas.

Personligen har jag erfarenhet från Malaysia, där plockhuggning är den enda lagligt tillåtna metoden. Där har staten föredömligt bestämt sig för att bekosta skillnaden mellan drivning med traktorer och med helikopter. Den luftburna tekniken reducerar erosion och minskar skador på mark och på kvarvarande träd. Detta gör att produktionen stegras och att man kan halvera tiden fram till nästa plockhuggning. Behovet av skogsbilvägar reduceras till en tiondel. Tillsammans gör detta att staten tjänar mycket pengar, trots att helikopter-drivning är mycket dyr.

I framtiden är jag övertygad om att man kommer att ersätta helikoptern med autonoma heliumfyllda ballonger, dvs. små luftskepp.

Läs mer om detta i kapitlet AVVERKNINGSTEKNIK.

## **Skador**

När plockhuggning genomförs drabbas de träd, som skall befrias, av skador när de mogna träden faller. Skadorna härrör från fallande stammar och från svängande kranar. Om maskinförare är vårdslösa minskar de framtida inkomsterna väsentligt. Självt har jag på den egna fastigheten i norra Jämtland drabbats av en entreprenör som åstadkom allvarliga barkskador på 48 % av de kvarvarande större träden. Jag avbröt verksamheten när halva arealen behandlats och tillät ny avverkning först sedan entreprenören skaffat utbildning. I den nya plockhuggningen kunde jag endast finna skador på 3 %. Jag måste upplysa om att jag före den skadliga avverkningen hållit Norrskogs inspektör väl underrättad, och att jag haft särskild träff med entreprenören ute i skogen.

Om skogen i huvudsak består av gran och dess täthet minskar drastiskt genom plockhuggningen, uppstår solbränna på kvarstående träd. Detta kan leda till nedsatt vitalitet, insektsangrepp och mortalitet.

Eftersom träd är opportunisterna, dvs. de anpassar sig helt till rådande omständigheter, blir de mycket vindkänsliga om de växer mellan andra träd som är lika stora eller större. Ett uttag, som medför att de kvarvarande träden blir utsatta för mycket ökat vindtryck, medför därför stor risk för både storm- och vindskador.

Läs mer i kapitlet SKADOR.

## **Genetik**

Våra studier av överlevnaden hos planterade plantor visar att det sker en mortalitet hos planterade plantor, och att detta till en del beror på att plantornas arvs massa gör dem mindre lämpade för att växa på den plats där vi planterat dem. Vid kalhyggesbruk måste vi därför plantera väldigt många plantor, och sedan röja bort



många unga träd och slutligen gallra bort halvstora träd. Endast en fjärdedel av träden återstår att skörda vid slutavverkningen.

Vid tillämpning av Naturkultur utnyttjar vi natursådda plantor, som enligt studier runt Sverige finns i ett antal som är tio gånger så högt som vad vi planterar på hyggen. När vi gallrar i stället för att kalhugga blir de kvar, tack vare skyddet från befriade träd. Endast några få av dessa når upp till den storlek där vi skördar dem vid plockhuggningen (diameter > 10 cm). Några få procent kapas bort vid röjning (diameter 5-10 cm). I övrigt får naturens krafter hjälpa till vid urvalet av vilka träd som klarar sjukdomar och konkurrens.

Min ekonomiska beräkning, av vinsten med att använda fröplantagernas plantor, som växer fortare än naturplantor (+10 % tillväxt jämfört med naturplantor), visade att man inte tjänar någonting på att ersätta en naturlig planta med en förädlad, ifall naturplantan har uppnått 1 m längd.

Eftersom den kontinuerliga gallring som blir resultatet av kunskaperna presenterade i denna bok, leder till att små plantor och träd växer i skuggan av stora träd, skapar konkurrensen träd med hög virkeskvalitet. Detta gäller även för förädlad material. Min uppfattning är därför att man vid berikande plantering bör utnyttja fröplantagernas material.

Läs mer i kapitlet GENETIK.

### **Beståndsförnyring**

En översiktlig inventering av den naturliga återväxten (3 cm – 130 cm), som utfördes av Riksskogstaxeringen på 30 slumpvis valda platser i Sveriges äldre skog, visade att det fanns nästan 40 tusen plantor/ha. Detta förvånade inte mig därför att siffran stämde väl överens med mina egna slumpvisa observationer utförda under flera decennier. Om dessa plantor funnes jämnt utspridda och i lika antal varje år, skulle man aldrig behöva plantera i luckor som uppstår efter skörd av mogna träd. Tyvärr är detta inte fallet. Antalet varierar mellan år och plantorna står mycket gruppställda.

Av stort värde är att veta att en skogsmans observationsförmåga är mycket dålig när det gäller beståndsförnyring. Det beror på att vi har ögonen så högt över mark att vi inte ser de minsta plantorna, som också är de flesta. Redan på 1920-talet visade den finske forskaren Pöntynen, som var så noggrann att han kröp runt inne i skogen, även under grenarna på tätvuxna granar, att mängden groddplantor per m<sup>2</sup> i stort sett var lika många alldeles intill trädstammarna, som ute i luckor. Att vi skogsmän har uppfattningen att beståndsförnyring enbart finns i tämligen stora luckor, beror på att konkurrensen från de stora träden är minst i luckornas mitt. Där växer plantornas storlek under många år, tills vi kan se dem.

Klimatet påverkar emellertid antalet naturplantor i våra skogar. Ju kargare trakter, desto färre plantor per m<sup>2</sup>, och desto fler år mellan goda fröår. Dessutom gäller att markvegetationen har mycket stor betydelse både för etablering och överlevnad.

Vid tillämpning av Naturkultur gäller rent generellt i Sverige att det vanligen finns så mycket småplantor att deras antal räcker för att ersätta de fullstora mogna träden

som vi skördar. Emellertid måste frö givetvis komma från träd av den art vi önskar skörda som mogna träd. När det är ont om tallar i ett område där vi önskar skapa en tallskog, måste vi givetvis hjälpa till med plantering av tall.

Läs mer i kapitel BESTÅNDSFÖRYNGRING

### ***Berikande plantering***

Naturkultur skiljer sig från de flesta andra kontinuerliga skogsbruksmetoder med avseende på plantering, som utförs som grönsplantering i plockhuggna områden redan den första sommaren efter gallringen. Detta moment gör det möjligt att generellt rekommendera metoden för alla skogsmarker, runt hela jorden. Det finns skogsmiljöer som saknar naturliga plantor av det trädslag som på lång sikt ger mest avkastning, dvs. största nytta. Att skörda stora mogna värdefulla träd är något som alla skogsägare gärna går med på. Att samtidigt befria mindre träd med goda egenskaper från konkurrens av sämre grannar, är ett arbete som den girige skogsägaren inte vill prioritera. Att dessutom gå över området efter gallringen och plantera i stora luckor, är något som kräver övertygande rådgivning, samt utförliga instruktioner. Skälet är att vi i Sverige har saknat kunskap om hur berikande plantering skall utföras, och var den är motiverad. För närvarande är det endast personer med certifikat i Naturkultur som behärskar konsten. Trots att vetenskapliga arbeten i ämnet finns tillgängliga, får skogsstudenter mycket liten information om detta.

Läs mer i kapitlet BERIKANDE PLANTERING.

### ***Volymproduktion***

Bland välutbildade skogsmän i Sverige finns tyvärr felaktiga hypoteser i ämnet. Den mest förödande är att produktionen av virke ökar med mängden stamvirke som redan finns i skogen. Förhållandet är det rakt motsatta, vilket bevisats av Hagner och Holm (2003a, b). Den enda NÄRANDE delen av ekosystemet är solljusets energi som ombildas till socker i trädens blad. TÅRANDE delar är alla levande celler ovanför och nere i marken. Trädens stammar förbrukar energi, varför överskottet för tillväxt minskar ju mer stambiomassa skogen redan har. Forskare med djup insikt i ämnet är överens om att den naturligt skiktade skogen, skött med ofta återkommande små uttag av mogna träd, långsiktigt ger den högsta produktionen av virke. Två förutsättningar gäller för detta: 1. Den stående kubikmassan, dvs. mängden stamvirke per hektar måste hållas låg. 2. Berikande plantering måste utföras på svårförnygrade marker där luckor kan förekomma.

Läs mer i kapitlet VOLYMPRODUKTION.

### ***Ekonomi***

God ekonomi kan uppnås genom ökade inkomster, men även genom minskade kostnader. Vårt kalhyggesbruk belastar oss med stora kostnader för att vid slutet av omloppstiden kunna skörda enbart stora träd. I de naturliga ekosystemen får man återväxten gratis, men vid skörden av de stora mogna träden har man stora bekymmer genom att nästa-skörds-träden inte får bli skadade. Våra vetenskapliga försök med dagens avverkningsmaskiner har visat, att smidigheten hos traktorerna och kunskapen hos skickliga förare, är tillräcklig för att drivningskostnaden per

m<sup>3</sup>sk inte stegras mer än drygt 20 %, jämfört med kalavverkning. Denna merkostnad har sedan kompenseras helt av att det sålda virket innehållit en större andel timmer.

Maskinerna har krävt 5 m breda vägar som i princip varit parallella med 15 meters avstånd, vilket inneburit att 25 % av markytan lagts kal. Den kallagda markytan har, om inga djupa hjulspår skapats, kunnat utnyttjas av de omgivande träden i så hög grad att praktiskt taget ingen produktionsförlust uppstått.

Sammantaget kan detta verka idealiskt, men vetenskapliga och praktiska försök har visat att okunniga eller vårdslösa förare har skadat vartannat av de träd som skulle kunnat ge högvärdigt sågtimmer. Traktorhjulen har ibland skapat diken som reducerat den markyta som varit tillgänglig för trädens rötter.

De största förluster som drabbat försök med plockhuggning har berott på bristande tid och kunskap hos traktorförare. Den som kör maskinen kan rimligen inte hinna avgöra vilka träd som av ekonomiska skäl bör lämnas. Plockhuggning har naturligtvis två syften, dels skörd av fullmogna stora träd, dels att potentiellt värdefulla träd blir befriade från konkurrens av mindervärdiga träd. Tyska studier har visat att förståndiga skogsägare på detta sätt har kunnat öka sin nettoinkomst per hektar mer än tre gånger.

Detta innebär att en certifierad trädmärkare, som målar en färgring på varje träd som skall plockas bort, dels underlättar för skördarföraren, dels förbättrar kvaliteten i framtida sågtimmer. Mina beräkningar tyder på att en svensk skogsägare ökar sitt netto med 15 000 kr under den dag som han anlitar trädmärkaren, trots att skogsägaren betalar 4000 kr för trädmärkarens arbetsdag.

**WARNING.** En okunnig traktorförare kan förstöra hela investeringen i trädmärkning.

Om man låter trädmärkaren registrera kvaliteten i bottenstocken hos märkta träd grövre än 20 cm diameter med en dataklave, kan en "stämplingslängd" upprättas. Om ett "varuhus för virke" skapas på Internet, vilket redan skett i Finland, kan virkesköpare lägga anbud på virke och entreprenörer erbjuda skonsam avverkning. Skogsägaren väljer sedan vilken köpare, och vilken avverkningsentreprenör han accepterar.

Ett sådant system fördubblar troligen skogsägarens netto i förhållande till dagens system. De svenska skogsägareföreningarna skapar hög inkomst i egen industri, om de ger skogsägaren liten betalning för råvaran. Detta gäller inte för de finska föreningarna, eftersom de inte har egen industri. Om inte våra svenska skogsägareföreningar gör om sin verksamhet från grunden, kommer de nog att ersättas av nya föreningar som tillämpar försäljning på rot via Internet. Den svenska Virkesbörsen är ett gott exempel.

Läs mer i kapitel EKONOMI

## **Naturvård**

Skötsel av skog bör utföras så att ekosystemets dynamik rubbas i så liten grad som möjligt. Detta bör avläsas genom studium av ekosystemets genfrekvens. Sällsynta arter skall alltså förbli sällsynta och vanliga arter förbli vanliga. Vi människor kommer aldrig att förstå samspelet mellan arter och hur de påverkar varandra.

Ekosystemet drabbas av katastrofer och naturlig förlust av biomassa. Det är därför rustat för stora avgångar och människan kan lära sig att efterlikna naturen i detta avseende. Liksom de nordamerikanska indianerna, som ansåg att naturen var deras moder, bör vi utforska hur mycket vi kan skörda utan att nämnvärt rubba ekosystemets dynamik, dvs. dess genfrekvens. Denna mängd av nyttigheter bör utgöra grunden för exempelvis den virkesförädlade industrin.

Läs mer i kapitel NATURVÅRD

## **Skogslag**

Ett förslag till en helt ny skogsvårdslag lämnas i ett kapitel i denna bok. Den bygger på samma grundidé som man hade när man utformade skogslagen i Kalifornien. Tanken är att "skogspoliserna" enkelt bör kunna kontrollera att markägaren producerar virke på varje punkt av skogsmarken. Hur detta skall uppnås är markägarens ensak. Skog består av träd som konkurrerar med varandra, men några "bestånd" existerar inte. Vår skogslag bör inte grunda sig på tankar om bestånd.

Läs mer i kapitel SKOGSLAGEN

## **Historik**

Uno Wallmo var en kunnig skogsman som rest runt i Europa och lärt sig mycket om blädning. Han skrev ner sina intryck och rekommendationer 1897. Han avrådde från den typ av skogsbruk, dimensionshuggning, som sedan kom att tillämpas, i hans namn. Det skedde under lågkonjunkturerna i början av 1900-talet. Mitt namn kommer troligen att drabbas av samma rykte.

Skogsägaren äger sin mark och har rätt att inom lagens gränser bestämma hur skogen skall skötas. De rekommendationer som jag gett skogsägare sedan 1973 har av skogsstyrelse och många forskarkollegor tolkats som rekommendation om lagbrott. Detta stämde också fram till 1993 då jag lyckades få myndigheten att ta bort "vid gallring skall de grövsta träden lämnas" ur lagtexten.

Den största källan till missförstånd är att jag anser att "bestånd" skall bytas mot "trädgrupp". I övrigt är min uppfattning att lagens återväxtplikt bör gälla för den skogsägare som inte kan uppvisa naturlig återväxt i en trädgrupp.

Mina tankar ledde till ett hat som både resulterade i anonyma mordhot och att jag, som professor i skogsförnyring, utestängdes från möte med studenterna på SLU.

Vid min pensionering 1999 beslöt SLU att jag snabbast möjligt skulle utestängas från campus och från universitetets datacentral. Detta berodde på att jag genom

noggrann statistisk analys av data från långvariga försök med blädning, påvisat felaktiga slutsatser av stor betydelse för den konventionella skogsskötseln.

Vid min pensionering 1999 lyckades jag bita mig fast inom SLU, genom bistånd av prefekten på en annan institution. Prefekten PO Bäckström vid min institution och en forskarkollega Lars Lundqvist lade dock beslag på allt mitt forskningsmaterial, genom stöld av min dator på mitt låsta tjänsterum. Förmodligen var avsikten att förstöra innehållet. Jag tillkallade omedelbart polis, som fann datorn hos forskarkollegan. Prefekten vägrade först att återlämna den stulna datorn. Han ändrade sig dock sedan jag kopplat in en advokat. Då beslöt jag att fortsätta min forskning hemifrån. Prefekten Peter Lohmander på institutionen skogsekonomi ordnade år 2002 att jag fick bli gästforskare på hans institution vid SLU. Jag fick också sprida mina kunskaper och datormodeller via den institutionens hemsida.

Detta raserades i december 2012 av den som då var prefekt på skogsekonomi. Samtidigt beslöt ledningen för SLU, att olagligen radera alla mina 30 elektroniska skrifter på SLU:s bibliotek. I Expressen påstod SLU, lögnaktigt, att skrifterna raderats därför att jag inte varit knuten till SLU efter pensionen 1999. I verkligheten hade jag varit ”verksam” som gästforskare ända fram till 2012-12-31.

Sedan år 2000 har jag i skrift uttalat att forskare på SLU tyvärr uttalar och publicerar medvetna lögner om de skogsvetenskapliga sammanhangen, vilket givetvis resulterat i svartmålning av mig och min lära om hur skog skall skötas. Eftervärlden, som förhoppningsvis arbetar i den forskningsmiljö som jag skissat i kapitlen SKOGLAGEN och FORSKNINGENS FINANSIERING bör ta lärdom av de tusentals sidor som jag låtit arkivera som Handskrift 159 på Umeå universitetets Forskningsarkiv.

Läs mer i kapitlet HISTORIK

### ***Forskningens finansiering***

En duglig forskare är så kunnig att han känner till var gränsen mot det okända finns inom sitt ämne. Ingen annan kan identifiera de viktigaste kunskapsluckorna. Konsekvensen blir att forskaren ensam, eller tillsammans med medarbetarna, skall avgöra hur forskningsmedel skall satsas. Staten skall därför anställa dugliga forskare och ge dem resurser utan anvisning om vad som skall utforskas.

Forskaren skall redovisa vad han skall uträtta under t.ex. de närmaste tre åren. Forskarkollegor skall bedöma om han uppnår de mål han själv ställt upp. Om brister i effektiviteten avläses, bör forskaren få ägna sig åt något annat yrke.

Läs mer i kapitel FORSKNINGENS FINANSIERING

### ***Forskning för framtiden***

I detta kapitel presenteras 17 punkter av intresse för förbättring och vidareutveckling av principen Naturkultur.

De presenterade idéerna och datormodellerna innehåller mycket stora brister. Den största bristen gäller att jag blivit tvungen att utgå från personliga antaganden när det gäller radien i trädgruppen. Visserligen har jag fått stor hjälp av beräkningar av konkurrensens räckvidd hos tall över olika boniteter i Sverige, som föredömligt utforskats av Elfving och Jakobsson, men beslut om optimal radie måste grundas på långt fler uppgifter än detta. Dessutom skall hänsyn tas till slumpmässig variation i exempelvis virkespris, transportkostnader, enskilda träds tillväxt och bonitet.

Läs mer i kapitel FORSKNING FÖR FRAMTIDEN

## 2 PRINCIPEN NATURKULTUR

Denna princip är överordnad Metoden Naturkultur.

Målsättningen är att maximera nuvärdet av alla *nyttigheter* på varje punkt i skogen. Utöver virke från skog får vi till exempel rekreation, botråd för fåglar och insekter, dvs. biologisk mångfald, vi får kött från villebråd, rent vatten, förbättring av luftens kvalitet för människor och djur samt klimatnytta genom bindning av koldioxid. Där värdet av andra nyttigheter överstiger värdet av virke, anpassas skogsskötseln framförallt till värdet av de andra nyttigheterna. Runt en uppskattad utsiktspunkt på en ridstig hugger man naturligtvis bort alla träd som skymmer utsikten. Vid en fornlämning plockas en del träd bort om rotsystemen på träden hotar att förstöra fornlämningen.

### ***Pelarsal av stora träd utan underväxt***



Många människor önskar vistas i en pelarsal med stora imponerande trädstammar, utan någon underväxt som hindrar fötterna att svänga fritt. Underväxten kan för den oinvidde vara skrämmande därför att den kan dölja ormar och andra hemska djur.

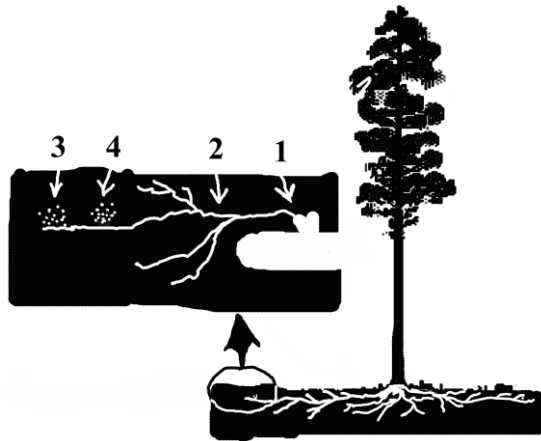
Denna form av skog kan lätt skapas av en kunnig skogsman som känner till konkurrensens räckvidd på olika boniteter (se nästa kapitel). Ser man till att konkurrensen dödar alla småplantor som ständigt föds i barrlagret, mossan eller lavtäcket, kan man hålla återväxten borta.

### 3 METODEN NATURKULTUR

#### *Ekosystemets funktion*

Alla ekosystem drivs av bakterier som frigör näring ur dött material. Vår egen kropp är inget undantag. Den enda NÄRANDE delen i skogen är solens ljus som träffar bladen. Resultatet är socker som håller liv i alla TÄRANDE levande celler. Till största delen används sockret för att via mycorrhiza mata bakterier som frigör väsentliga näringsämnen: N=kväve, P= fosfor, K= kalium. Alla levande celler måste ha energi, som blir resultatet av sockrets förbränning till koldioxid och vatten. Detta kallas andning. En mindre del av sockret omvandlas till cellulosa, som bygger upp nya delar av rötter, stam och grenar. Detta kallar skogsfolk för virkestillväxt.

Hälften av allt socker går ner genom stubben och ut i marken. En del socker pressas ut ur trädrotens spets och används där av bakterier, som i sin tur använder denna energi för att bland annat lösa ut NPK ur sten och grus. Det kallas vittring.



En relativ nyhet inom vetenskapen är att rötterna bildar små gaffelgrenade små rötter (1) som på bara ett par veckor äts upp av svampar, som kallas mycorrhiza. En sådan svamp är t.ex. den vanliga gula kantarellen. Svampen, som själv inte kan skapa någon energi från solen, lever på den energi som den får från trädet när den äter upp den lilla gaffelgrenade roten. Trädet får i gengäld NPK och vatten från svampen. Detta kallas symbios, som betyder ”ett samarbete som leder till ömsesidig nytta”.

Det mest intressanta är att svampen kan bli mycket äldre än träd. En ny undersökning visar en ålder 6400 år på en enda svampindivid som visade sig breda ut sig över många kvadratkilometer. Vi vet ännu alldeles för litet om svamparna i marken, för att kunna förstå samspelet.

På sätt och vis kan svampen kallas ”skogens trädgårdsmästare”. Den tycker givetvis bäst om ett träd som har mycket socker att bjuda på. Forskare har dock visat att svampen delar med sig av sitt socker till ett litet träd, som tillfälligt råkat ut för brist



på ljus. På det sättet försäkras sig trädgårdsmästaren om att trädodlingen fungerar på lång sikt.

Svampen transporterar socker ut genom alla sina tunna mycel-trådar (2) som i ett mycket tätt system når ut till de flesta delar av skogsmarken. I spetsen av myceltråden levereras socker till bakterier (3). Detta energitillskott ger bakterierna kraft att bryta ner (förmultna) alla döda växtdelar och att vittra ytan på sten och berg. Därigenom uppnås de eftertraktade ämnena NPK. Detta är exakt detsamma som händer i vår egen tarm, där vi odlar våra bakterier.

För att svampen skall få tag på NPK växer den vidare och undviker att mata bakterierna med energi på det tidigare stället (4). Där råkar bakterierna ut för svält. De äter upp sig själva, därför att bakterierna har sin magsyra på utsidan. På detta ställe (4) uppstår en ”soppa” av vatten med NPK, som svampen kan suga i sig. Den använder sedan NPK för att själv bilda nya mycel och för att skapa de förökningsorgan, som vi plockar i form av ”kantareller”.

När vi ser att ett träd dör i trängseln bland större träd, beror det troligen på att svampen bestämt sig för att inte längre samarbeta. Detta inträffar när trädet inte längre kan leverera socker i tillräcklig mängd till svampen, vilket kan bero på att bladytan inte räcker till för att hålla liv i alla levande celler i rot, stam, grenar och för att bilda nya blad. ”Förståndiga” jägmästare säger att trädet dör därför att det fått svamp, eller angripits av någon svamp eller insekt. I verkligheten dör trädet därför att svampen inte längre får tillräckligt med socker från trädet. Symbiosen fungerar inte längre, vilket resulterar i nedsatt immunförsvar, bland annat brist på kåda. Trädet klarar inte av att försvara sig mot sjukdomar och exempelvis barkborrar.

Ska vi odla träd som håller sig friska och växtliga måste de få tillgång till så mycket ljus, att de kan ha ett fungerande samarbete med svampen i marken. Blåbärsris och gran, kan överleva på ljus som silar ner mellan stora träd. Andra arter, såsom tall och björk, måste ha mera ljus. I naturen blandas många arter på grund av sina olika krav på ljusets kvalitet. Livstiden är också mycket olika mellan arterna. I en tät tropisk djungel, som har träd som växer upp till 90 m i höjd, lever det också träd som blir mycket gamla, trots att de aldrig blir mer än ett par meter höga.

När vi odlat gran av samma storlek till åldern 50-60 år har forskare noterat att hela skogen successivt övergår till att avge mer CO<sub>2</sub> än den tar upp (Hadden 2017, Hadden och Grelle 2017, Grelle 2019). De nämnda forskarna försöker nu förklara denna, för dem oförklarliga, händelse. Min hypotes är, att skogens trädgårdsmästare har avslutat sitt samarbete med en stor andel av träden. Skogen som helhet innehåller då alldeles för stor levande biomassa i förhållande till sin bladyta. Skogens klimatnytta upphör när vi låter den bli för tät.

### **Förökning gör att samarbetet med mycorrhizan försvåras**

Alla träd är enskilda individer. Varje träd strävar efter att skapa avkomma och därigenom ”leva vidare i tiden”. För individen gäller det att snabbt få tillgång till ljuset däruppe och att få plats och tid att bilda blommor som sprider pollen eller frön. De flesta frön från skogsträd dör som plantor eller halvstora träd, innan de når detta

mål. Mycorrhizan har bäst nytta av ett träd med blad uppe i starkt solljus, därför att det trädets rötter ger mest socker.

Emellertid uppstår ett dilemma för trädet när det producerar mycket blommor. Hos en tall umecklas hanblommor i stället för barr. Honblommor tar också plats i stället för bladyta. En rikblommande tall är därför mindre attraktiv för mycorrhizan. Samarbetet i marken blir sämre och tallens förmåga att producera kåda minskar. Kådan är detsamma som tallens immunförsvar. Varje spor från en sjukdomsalstrande svamp måste inkrusteras med kåda för att sjukdom skall förhindras. Detta är lätt att se med ett mikroskop om man granskar barken på ett nytt tallskott.

En gammal och stor tall med full tillgång till ljus, dör till slut. Den dukar under därför att den inte är vital nog att skydda sig med tillräcklig mängd kåda. Ett stort träd väljer kanske själv att gå i döden genom att medvetet satsa på reproduktion. Trots en grönkrona som dominerar över andra träd, väljer den att omforma barren till hanblommor som sprider generna i vinden, eller till kottar som sprider barnen med frövingarnas hjälp. Sockret räcker inte för den egna kroppens andning plus mycorrhizas krav på tilldelning av socker. Jägmästaren konstaterar angrepp av barkborre, om det är en gran, eller törskate om det är en tall.

### **Plockhuggningens dilemma**

I det kontinuerliga skogsbruket vill vi producera grovt dyrbart timmer genom att friställa halv vuxna träd med potentiellt bra virkeskvalitet. Detta är fullt möjligt att åstadkomma om man förstår sig på hur trädens samröre med varandra och med mycorrhizan fungerar. Med tillväxtborren kan jägmästaren snart glädja sig åt snabb reaktion hos den friställda dominanten. Årsringen ökar kraftigt under decenniet efter friställningen. Det är naturligtvis nödvändigt för ett träd som blir mer utsatt för vind, att bygga ut sin stabilitet genom att göra stammen grövre.

Efter de första fem eller tio åren har jag sett att årsringen kan minska kraftigt. Min egen åsikt om detta är följande.

Friställningen kan leda till fortsatt höjdtillväxt, eller till att breda ut kronan i sidled. Om trädet själv anser att det kan bli omvuxet av andra närstående träd fortsätter det antagligen att sträcka sig uppåt, eller att breda ut sin krona över de än så länge mindre träden. I så fall kvarstår en ökning stammens årsring.

Ifall trädet däremot anser sig dominera över de närstående träden, kanske det övergår till reproduktion. Då ombildar trädet sina barr till blommor. Bladytan minskar och därmed även tillväxten i diameter.

Man kan lätt föreställa sig att detta leder till minskad virkesproduktion inom hela trädgruppen. Men om detta finns ingen forskning, som är bekant för mig.

### **Koden NK**

Den som har utfört gallring i praktiken vet att valet av träd byggt på en personlig uppfattning, och att en annan person troligen inte skulle ha valt träd på samma sätt. Detta gäller all slags gallring, utom s.k. dimensionshuggning, därför att man vid en

sådan tar bort alla träd som har större diameter än en angiven. Vid all annan gallring tas många hänsyn, exempelvis närheten till andra träd, storleken i förhållande till andra träd, kvistighet etc. Dessa tre faktorer väger olika tungt hos var och en som gallrar och gör att resultatet blir unikt.

Metoden Naturkultur skiljer sig från all annan gallring i detta avseende och min erfarenhet från många olika skogsområden i världen får mig att tro att metoden är världsunik. Den som genomför befriande gallring enligt denna metod, arbetar systematiskt enligt ett sätt, som blir ungefär detsamma för alla som utför gallringen. Fortfarande gäller att personens sammanvägning av olika hänsyn gör att gallringen blir unik, men i en framtid när träden är koordinatsatta och i datorn kända såväl till storlek som kvalitet, kommer datorns beslut att vara upprepningsbart. Av detta skäl finns det anledning att använda uttrycket ”Koden NK”.

### Målsättning och begrepp

Målet med metoden Naturkultur är att maximera *nuvärdet av virkesproduktionen* på varje punkt i skogen.

Viktiga begrepp är understrukna.

Nuvärdet är det diskonterade värdet (värdet reducerat till år noll (= nu) med hänsyn till ränta och tidsavstånd) av alla framtida inkomster och utgifter. Vid beräkning av värdet utgår man från skogsägarens perspektiv. Ett träds värde är därför liktydigt med drivningsnettot, dvs. virkesvärdet vid närmaste bilväg, där kostnaden för avverkning och för terrängtransport redan dragits bort.

Två datorprogram, Tree och Group, används för att beräkna värdets förändring över tiden och för det sammanlagda nuvärdet. Tree används för ett enskilt träd och Group för en grupp av träd. Båda programmen är primitiva och ger en förenklad bild av verkligheten. De bör av dessa skäl förbättras, dels genom att lägga in hänsyn till fler variabler, dels genom att programmen byggs samman. I nuvarande skick är programmen emellertid så avancerade att informationen man får är långt bättre än vad en mänsklig hjärna kan prestera. Det är nämligen omöjligt för en människa att ta samtidigt hänsyn till en lång rad samtidigt varierande faktorer.

Exempel på faktorer som bör läggas till när programmen förbättras är: mortalitet, rekryternas placering i trädgruppen, avstånd till väg, samt Disco, som skildrar strukturen i storlek inom gruppen.

Vid användning av programmen får man exempelvis reda på att nuvärdet i trädgruppen blir högst om man lämnar få träd i gruppen. Det är också bra om dessa har mycket olika storlek. Programmet Group visar också att om de enskilda trädens tillväxt varierar slumpmässigt, är detta bättre än att de växer med konstanta årsringar.

I de provytor hos SLU som blädats vart tionde år under många decennier, visar det sig att årsringen blivit ungefär lika stor i alla träd grövre än 10 cm (Lundqvist 1989). Detta är en ”himmelsk” ordning, därför att den medför att tillväxten i volym är proportionell med diametern. I en lokal blandning av stora och små träd fokuseras volymtillväxten till de största träden, vilket är mycket fördelaktigt ur ekonomisk

synvinkel, dock endast om man tillämpar kontinuerlig gallring. Den naturliga konkurrensen mellan träd gör att skogsägaren kan luta sig tillbaka och tryggt låta naturen ordna så att han i huvudsak kan skörda skogens tillväxt i form av ett fåtal stora träd. Detta är så fördelaktigt på grund av att virkesvärdet ökar exponentiellt med diametern, samtidigt som drivningskostnaden sjunker exponentiellt med diametern. Konkurrensen gör alltså att värdefullt virke blir tillgängligt för skörd inom en snar framtid. Detta är den största ekonomiska fördelen med metoden Naturkultur.

Metoden Naturkultur innebär att man vid skogsskötsel överger all hänsyn till det mänskliga påfund, som kallas bestånd. I stället sköts skogen med hänsyn till de unika egenskaperna hos varje trädgrupp, vilket är den grupp av träd, som delar på samma tillväxtresurser, dvs. på ljus, vatten och näring. Man gallrar genom att i huvudsak beakta vad som händer med de träd som blir kvar inom gruppen. Därför talar man om befriande gallring. Vi vet att konkurrensen har en viss räckvidd (Elfving 2009), varför det är möjligt att beakta vad som händer när man befriat kvarvarande träd från konkurrens.

Konkurrensen mellan enskilda träd fungerar så att det största trädet, dominanten, i en trädgrupp tar hand om huvudparten av tillväxtresurserna. Om endast ett träd lämnas att dominera en trädgrupp, fokuseras tillväxtresurserna till dominanten. Dominanten växer fort och mognar vid största möjliga diameter, maxdiametern. De mindre träden hämmas i sin tillväxt av dominanten.

Återväxt är träd med mindre diameter än 5 cm i brösthöjd. Så små träd har ett mycket litet nuvärde och de konkurrerar inte väsentligt med större träd. Av dessa skäl bör man vid skogsskötsel inte spendera några resurser på att förändra struktur eller mängd återväxt, utom i det fall naturlig återväxt saknas. Läs Beståndsförnyring.

Berikande plantering innebär att man vid behov kompletterar naturlig förnyring genom grönrisplantering. Detta innebär att man redan sommaren efter gallringen sätter ut insektsskyddade plantor direkt i mossan. Läs Berikande plantering.

Ekonomisk mognad uppnås när ett trädets tillväxt inte ger större ränta på det egna värdet än vad skogsägaren kan få vid alternativ placering av pengar. Använd datorprogrammet Tree för att beräkna den maxdiameter som kännetecknar mognad.

Ekonomisk mognad hos dominanten inträffar när dess värdeökning inte är tillräcklig. Beräkningen grundar sig på skogsägarens alternativa placering av pengar. Har hen endast börsen som alternativ kan man räkna med 3 %.

Ekonomisk mognad hos mindre träd inträffar när värdeökningen är alltför svag på grund av trängsel, skador eller sjukdom.

Trädgruppen är en cirkel i vilken dominanten står i centrum. Trädgruppens radie,  $r$ , är så stor att dominanten reducerar tillväxten hos en rekryt vid gruppens yttre gräns med 10 %. Forskare (Elfving och Jakobsson 2006) har hittills beskrivit räckvidden av konkurrens endast för tall i Sverige. Den angivna siffran 10 % bör tas som preliminär och den bör beräknas mer exakt genom kompletterande matematiska analyser. Radien påverkas starkt av boniteten. Vid tillämpning av Naturkultur

påverkas därför gruppens radie endast av bördigheten. På en medelgod tallmark (T20) är  $r$  ca 5 m.

På T20 blir då avståndet mellan dominanter minst 2 r, dvs. 10-12 m. Antalet dominanter/ha 70-100. Skogen består av ett par rekryter intill dominanterna, men i övrigt av en stor mängd återväxt. Både rekryter och tillväxt hämmas i sin tillväxt av dominanterna. Detta medför att de använder sina resurser för att uppnå en dominant ställning i skogen, vilket har visat sig ge maximal stamtillväxt. Den hämmade tillväxten hos de mindre träden medför dessutom, för de flesta trädslag, att trädets form blir optimal med tanke på sågtimrets kvalitet. De får få och klena grenar i sin bottenstock.

### Antaganden och terminologi

Tills vi vet mer antas konkurrensens räckvidd vara oberoende av trädstorlek och trädart. Att storleken saknar betydelse är i linje med Elving (2009). Hans funktioner (Figur 3.13) gäller för tall och studierna gjordes tillsammans med Jakobsson (2005).

Träd indelas i följande kategorier:

*Maxdiameter* för ett träd är uppnådd när räntan på det egna virkesvärdet sjunkit under den räntenivå som kännetecknar skogsägarens alternativa placeringmöjligheter. I detta exempel räknar vi med 3 %.

*Övergrova eller ekonomiskt mogna träd* har passerat maxdiametern. De ger inte längre acceptabel ränta på sitt eget värde och skall skördas nu.

*Dominant* träd är inte ekonomiskt moget. Det har utsetts till att dominera inom en trädgrupp. Det är vanligen ett "nästa-skörds-träd". Trädet lämnas.

*Huvudkonkurrent* är ett träd med en diameter som är större än 75 % av dominantens diameter. Det tas bort därför att det sätter tillbaka tillväxten hos dominanten alltför mycket.

*Rekryt* är ett träd med diameter över 5 cm. Två rekryter lämnas vanligen inom trädgruppen. En av rekryterna utses till dominant vid nästa skörd.

*Återväxt* är träd med mindre diameter än 5 cm.

*Radie* ( $r$ ) är radien i en cirkelyta. Längden på  $r$  är definierad av mig, såsom avståndet från en dominant tall, där tillväxtreduktionen genom konkurrens har sjunkit till 10 % (Elving 2009). Radien varierar med boniteten, men den påverkas inte av dominantens storlek.

*Dubbla radien* ( $2r$ ) är minsta tillåtna avstånd mellan två dominanter. Anledningen till detta är att dominanterna inte skall konkurrera med varandra.

### Illustrerat förlopp vid befriande gallring

Det följande exemplet på skog är teoretiskt. Den rumsliga fördelningen av träd och trädens storlek är gjord för att efterlikna en naturlig granskog så mycket som möjligt.

Märkning innebär vanligen att ett träd, som skall avverkas, markeras med en målad ring runt stammen. I skog där varje träd redan har en känd koordinat skall denna uppgift utnyttjas även av traktorn som gallrar. Trädmarkaren slipper då att spruta färg, vilket annars är ett tämligen tidsödande och kostsamt moment. I det följande används, för tydlighetens skull, ordet "ta bort" i stället för "märkning".

Steg 1. Inom det närmaste området, som ännu inte gallrats, tar man bort alla träd som har uppnått maxdiameter.

Steg 2. Inom samma område tar man sedan bort de mindre träd som uppenbarligen är ekonomiskt mogna på grund av för dålig tillväxt, låg vitalitet eller defekter.

Efter detta kan området se ut som i figur 3.01 och 3.02.

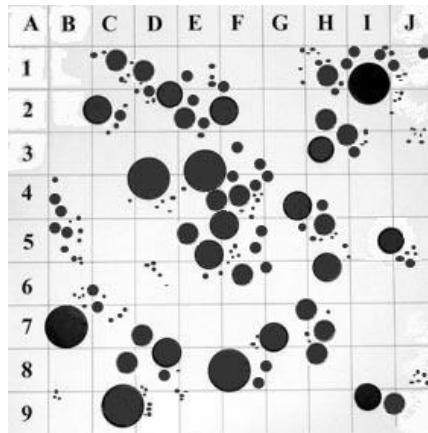
Steg 3. Datoren får arbeta i parallella stråk på 7.5 m avstånd. Inom dessa stråk förskjuts en cirkelyta med en radie på  $2r$ , vilket på denna bonitet är 10 m. När cirkelytan hamnat på en plats med träd utses det största trädet med acceptabel kvalitet till dominant. Detta träd kommer att gallras bort vid nästa skörd inom denna trädgrupp och kan därför även kallas för "nästa-skörds-träd". Cirkelytan placeras med dominanten i centrum.

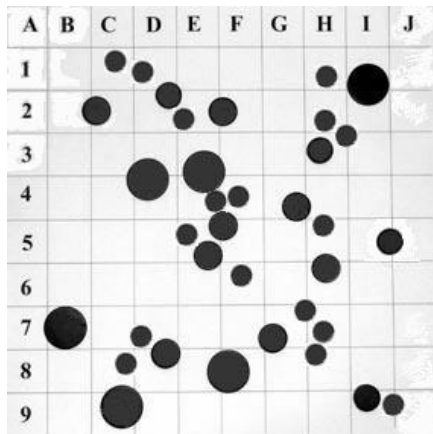
Steg 4. Inom ytan med radien  $2r$  tas alla huvudkonkurrenter bort (Figur 3.03).

Steg 5. En ny cirkelyta med radien  $r$  läggs ut runt dominanten (Figur 3.04). Inom cirkelytan lämnas två rekryter (eller fler om detta anses nödvändigt). Rekryterna bör helst ha olika storlek. Dessutom bör de konkurrera med varandra så lite som möjligt. Det innebär att alla träd som lämnas står maximalt utspridda.

### Illustrerat exempel på gallring enligt Naturkultur

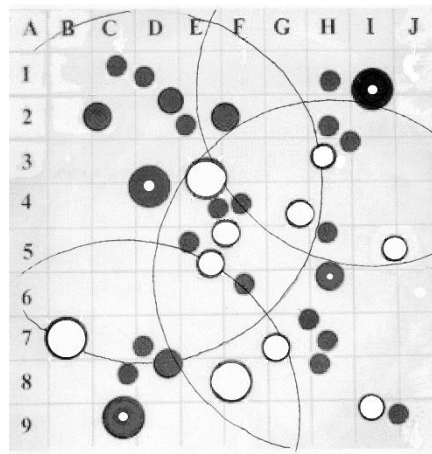
Figur 3.01. Ett skogsområde är indelat i 81 ytor med 2.5 m sida. De största träden har diametern 30 cm. Som i en naturlig skog finns det många småplantor och träden står mycket ojämnt utspridda.





Figur 3.02. Vid trädmärkning beaktar trädmärkaren inte träd med mindre diameter än 10 cm, därför att det blir för dyrt att låta avverkningsmaskinen syssla med småträd. I detta exempel finns det endast träd med diametrarna 11, 20 och 30 cm. Den stående kubikmassan av dessa träd är 142 m<sup>3</sup>sk/ha.

Figur 3.03. I stråket C har datorn rört sig från ruta 1 till 9, och lagt ut cirkelytor med 10 m radie. Den har lokaliserat det största trädet D4 i första cirkelytan. Detta är utsett till dominant (markerad med vit prick i mitten). Inom den cirkelytan har datorn tagit bort två huvudkonkurrenser: B7 och E3.

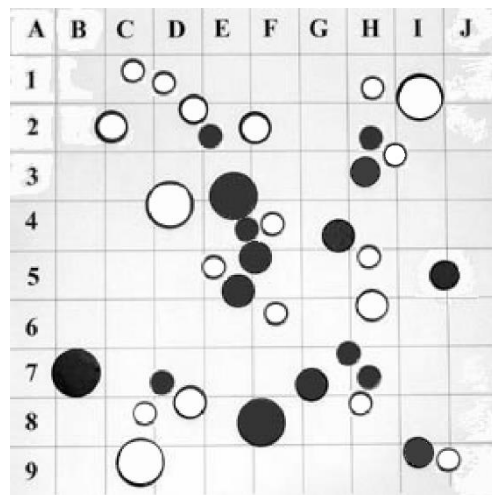
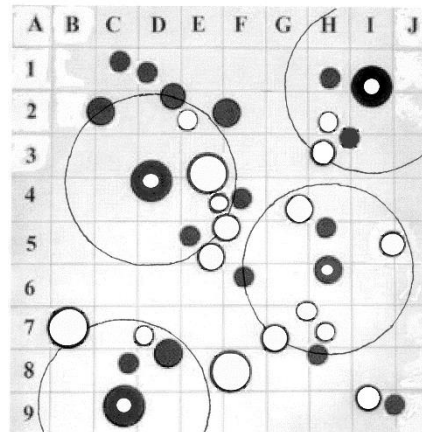


Nästa dominant måste stå på ett avstånd  $>10$  m från den första dominanten. Datorn har fortsatt ner längs stråk C och funnit nästa dominant, C9. En huvudkonkurrent har tagits bort. Därefter har datorn vänt uppåt i stråk F utan att finna någon ny dominant. Efter att ha vänt neråt i stråk J träffar den på en ny dominant I1. I cirkelytan runt denna finns ingen huvudkonkurrent som inte redan är märkt för att tas bort.

När datorn nått ner till ruta J6 finns det inte längre någon av de största träden att utse som dominant. Den utser därför det närmaste största trädet H6 till dominant. Det visar sig att det finns 7 st huvudkonkurrenser inom 10 m från denna dominant.

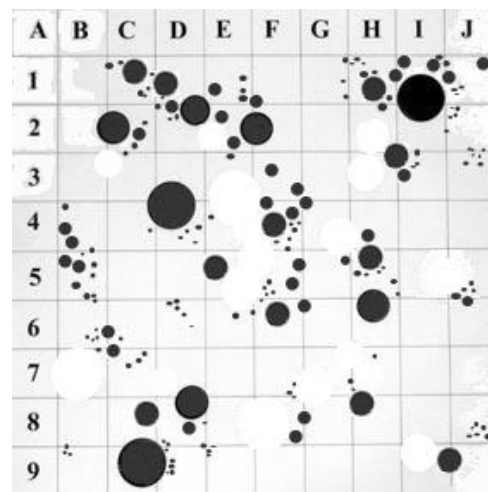
I nästa steg skall rekryter utses. Detta sker inom  $r = 5$  m runt varje dominant. På denna bonitet och med hänsyn till skaderisker skall man lämna två rekryter i närheten av varje dominant. Dessa skall om möjligt stå så långt ifrån varandra som möjligt.

Figur 3.04. Inom ytan runt D4 lämnas rekryterna C2 och E5.



Figur 3.05. Resultatet av gallringen blev att de svartmarkerade träden tas bort och de som markerats med ringar växer vidare.

Figur 3.06. Skogsområdet efter befriande gallring. Den stående kubikmassan i träd större än 10 cm i diameter har reducerats från 142 till 69 m<sup>3</sup>sk.





De fyra träd som utvalts till dominanter kommer nu att växa fort eftersom de slipper konkurrens från lika stora träd. Samtidigt har rekryter och småträd fått ökat utrymme, vilket tryggar kontinuiteten i virkesodlingen. Gallringen har förstärkt ojämnheten i trädstorlek.



### **Plockhuggning i en verklig skog, Arjeplogs kommun, 300 möh.**

#### **Resonemang rörande de två närmaste träden.**

Den grova tallen närmast till höger har en diameter på 40 cm. Den har passerat mogendiametern som är 34 cm. Därför skulle den ha avverkats långt tidigare. Detta skulle fått den vänstra tallen, med små fina kvistar på bottenstocken, att växa mycket fortare än nu. Avverkar man den grova tallen blir nettot 462 SEK.

Om man har många grova träd med god kvalitet på sin fastighet finns det anledning att anmäla detta till inköpare av specialvirke. Det handlar om att ordna långa transporter med hela lass på en bil. En grov tall med specialkvalitet kan då visa sig ge flera tusen kronor, i stället för de nämnda 462 kronorna.

#### **Resonemang rörande de två tallarna 10 m bort, på 3 m avstånd från varandra.**

De har samma diameter 24 cm i brösthöjd. Markägaren tänkte avverka båda i samband med att han tog bort den grova tallen närmast till höger.

Två tallar avverkas	samtidigt eller en	
	nu	om 20 år
Diameter cm	24	33
Årsring mm	1.5	2.3
Mogendiameter cm	30	33
Netto/träd SEK	96	305

Dessa kläna tallar har mycket bra kvalitet i sina bottenstockar, kvistfria och raka. Markägarens netto blir nu 96 kr för vardera tallen. Inkomsten från de två tallarna blir alltså sammanlagt 192 kr.

Hade markägaren kunskap om dator-programmet TREE, skulle han fått reda på att det bästa vore att nu avverka endast den ena, och att lägga över hela tillväxten på

den kvarvarande under komnde 20 år. Anledningen är att tallarna på 3 m avstånd från varandra nu delar på tillväxtresurserna. På denna svaga bonitet bör dominanter stå på 10.5 m avstånd från varandra. Tallarna växer nu med 1.5 mm årsring, men om endast en lämnas kvar ökar årsringen till 2.3 mm. Den kvarvarande blir ekonomiskt mogen om 20 år, då den nått 33 cm i brösthöjd. Den ger honom då 305 kr i netto. Summan av inkomsten från de två tallarna skulle då bli 401 Kr.

Vinsten med att vänta 20 år med avverkningen av den ena, är alltså  $401 - 192 = 209$  kr, vilket är en fördubbling av vinsten. Även om man räknar med ränta på ränta, dvs. med nuvärdet, motsvarar vinstökningen, genom att vänta i 20 år med avverkningen av den ena tallen, ungefär 4 %. Det är en betydligt högre vinst än den man normalt kan räkna med att få på börsen.

Lärdomen är att man skall lämna stor plats till de träd som man utser till dominanter.

### ***Certifikat i Naturkultur***

Troligen finns det inte någon ekonomiskt mer betydelsefull uppgift för skogsbrukaren än att välja rätt träd vid gallring. Av detta skäl har jag under många år anordnat certifiering av trädmärkare. Den som klarar sig både i en teoretisk och praktisk tentamen har fått ett certifikat i Naturkultur. Detta har sedan gällt i tre år, varefter ny tentamen anordnats. Anledningen är att denna vetenskapsgren utvecklas mycket snabbt.

Den som väljer träd måste

\*\* ha full insikt i hur skogsägaren önskar sköta sin skog, detta inkluderar även insikt i skogsägarens privata ekonomi, hans intresse av eget arbete i skogen, till vem han önskar sälja sitt virke, vilken avverkningsmetod som skall tillämpas, vilken hänsyn som skall tas till estetik, fornlämningar, biodiversitet, närhet till vatten, jaktpass, bärställen m.m.

\*\*kunna bedöma risken för stormskador och för andra kalamiteter

\*\*bedöma det framtida värdet av ett halv vuxet träd, specialsortiment, virkeskvalitet, prislista, trädens sjukdomar m.m.

\*\* känna till hänsyn till mångbruk: renskötsel, rekreation, jakt etc.

\*\* känna till hänsyn till naturvård enligt skogsvårdslagens § 30

\*\* kunna bedöma markens bördighet på varje plats i skogen

\*\* kunna använda datorprogrammen, Tree och Group

\*\* kunna beräkna mogenhetsdiametern

\*\* kunna beräkna ett lämpligt avstånd mellan dominanter

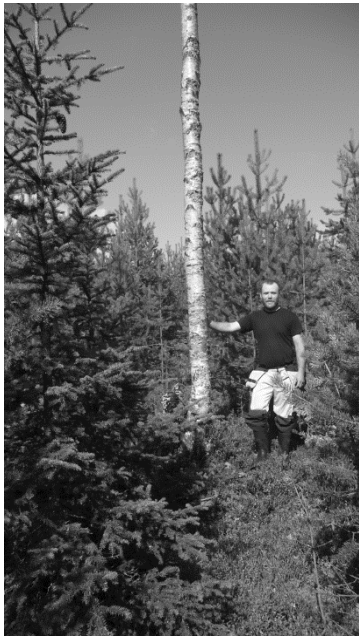
\*\* kunna bedöma behovet av rekryter

\*\* kunna bedöma om skogen är lagom tät på varje plats



### **Konkurrensens räckvidd**

Figur 3.11. Anders Lundholm bredvid en frötall på sin mark i mellersta Västerbotten, latitud 65 ca 150 möh. Tallen har skapat en lucka med ca 5 m radie i ungskogen.



Figur 3.12. Anders Lundholm bredvid en björk 50 m från frötallen i figur 3.11. Björken har också skapat en lucka i ungskogen av tall, men med betydligt mindre radie än den som tallen skapat. Troligen beror konkurrensens räckvidd inte bara på bonitet utan även på samspelet mellan olika trädslag

### **Avståndet mellan dominanter bör tillåta dem att växa fritt**

Naturkultur är en metod för maximering av nuvärdet i en trädgrupp. Gruppens storlek är sådan att träden inom gruppen konkurrerar om samma tillväxtresurser. Konkurrensens räckvidd har beskrivits av Elfving och Jakobsson (2006) och funktioner som beskriver tillväxtnedläggningen hos unga träd i närheten av ett stort träd har publicerats av Elfving (2009).

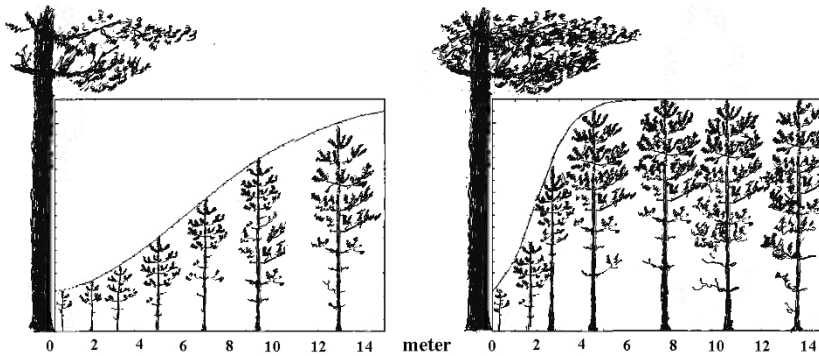
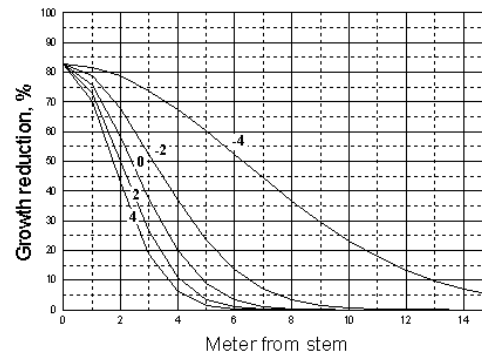
Datormodellerna Tree (Hagner 1999) och Group (Hagner 2000) har visat att nuvärdet av trädgruppen maximeras om endast ett stort träd dominerar inom en trädgrupp (Hagner 2012). Detta träd kallas "dominanten". Inom trädgruppen lämnas i allmänhet två "rekryter" för att så småningom ersätta det dominerande trädet.

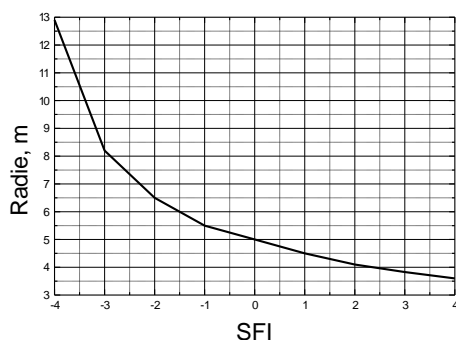
Av det ovanstående kunde man förledas att tro att det vore optimalt att låta området mellan dominanterna sakna andra träd. Spontan insådd skapar emellertid återväxt helt gratis. Dessa träd hämmas inte helt i sin utveckling därför att dominanterna står så glest. Skogsägaren får återväxten gratis och denna utvecklas till timmerträd med mycket hög virkeskvalitet. Rekryter står färdiga att ersätta dominanterna när dessa mognat. Rekryterna tar emellertid hand om en del av tillväxtresurserna och

reducerar tillväxten hos dominanten (Haveraaen 1981). Det finns därför anledning att reglera storleken och antalet rekryter inom varje trädgrupp. Konkurrensen är alltid dubbelriktad. Den som reglerar tillståndet inom en trädgrupp måste därför kunna bedöma det potentiella värdet hos varje rekryt och beräkna hur många rekryter som bör lämnas. Till ledning i detta arbete användes datormodellen Group (Hagner 2000), men lokal kunskap rörande mortalitet, betningsskador, skador av snö etc. är avgörande.

Med utgångspunkt från de funktioner för tillväxtnedsättning som Elfving och Jakobsson (2006, 2009) publicerat (Figur 3.13) kan en lagom tillväxtnedsättning beräknas (Hagner 2012).

Figur 3.13. Tillväxtreduktionen i procent vid varierande bonitet i Sverige (SFI) (Hägglund and Lundmark 1981). Kurvorna har ritats av mig med hjälp av funktioner presenterade av Elfving and Jakobsson (2006). I verkligheten ser man skillnaderna mellan mager och bördig mark på nedan illustrerade sätt.





Figur 3.14. Funktionen i figur 3.13 har jag använt för att ange på vilket avstånd från en stor tall som en tallplanta drabbas av 10 % tillväxtnedsättning på olika boniteter (SFI). Om man antar att denna nedsättning är lämplig vid trädgruppens yttergräns blir konsekvensen att radien i trädgruppen skall väljas i enlighet med denna kurva.

### **Hänsyn till skador av storm, snö och viltbete**

Risken för skador är stor vid gallring i skog som tidigare har låggallrats, som vid kalhyggesbruk. I utgångsläget är skogen alltför tät och träden är därför inte vana vid vindpåkänning. Min rekommendation är att man antingen

\*\* låter en del huvudkonkurrenter fler rekryter stå kvar, eller

\*\* gallrar som om skogen var betydligt bördigare än den egentligen är

Fejningsskador och betesskador på små tallar har jag observerat i många försöksytor. Tjäder, älg, ren och rådjur kan lokalt ställa till stora skador även på senvuxna plantor inne i plockhuggen skog. Personligen kan jag inte ge några generella lösningar på dessa problem.

### **Beräkning av bördighet på varje punkt av skogsmark**

Teknik beskriven i föregående stycke gör det möjligt att framställa en digital terrängmodell med hög upplösning (Figur 3.22). Lantmäteriet har gjort markanalys på tätt liggande provpunkter över hela Sverige. Holmgren (1994) har visat att bördigheten på varje punkt kan beräknas genom att kombinera: Latitud, Longitud, Altitud, Markegenskaper samt mängd vatten som flyter förbi en viss punkt.

Figur 3.22. En detaljerad terrängmodell gjord av FORAN kan användas för att beräkna mängd vatten som passerar varje punkt på svensk skogsmark. Denna information kan även användas för att beskriva bördigheten i detalj.



### **Rotpostförsäljning**

Trädmarkaren har stora kunskaper om virkesvärden som bör utnyttjas. Ser han en björk med masurbildning bör han notera detta. Likaså bör han beskriva kvalitet hos de större träden som kommer att skördas och eventuellt föreslå att ett visst träd används till något specialsortiment.

Upplysning om dimensionen hos de träd som skall skördas finns redan i datorn, men trädmärkarens tillägg om kvalitet och specialsортiment gör listan över märkta träd ytterst värdefull för både skogsägaren och för den kund som efterfrågar virke. Ju bättre beskrivning som finns av en rotpost, desto säkrare blir budgivningen. Budet ökar med säkerheten, varför systemet gagnar både skogsägaren och den industri som köper virket.

Uppgifter om märkta träd, med dimension och kvalitet, bör utannonseras över Internet. Virkesbörsen borde kunna hjälpa till med detta.

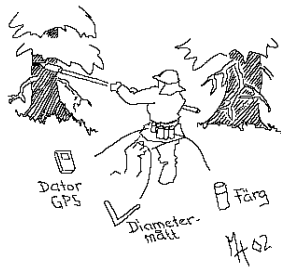
### **Skogsbruksplan utan bestånd**

Systemet med koordinatsatta träd tar bort allt behov av indelning i ”bestånd”. När datorn känner till bördigheten på varje punkt kan den också beräkna tillväxten hos träden. Den kan berätta för skogsägaren när ett visst område åter kommer att innehålla träd som är så stora att de inte längre ger acceptabel ränta på sitt eget värde. Den kan undersöka vilka områden som har tillräcklig täthet av sådana träd för att göra gallring ekonomiskt motiverad. Datorn kommer alltså att kunna föreslå områden som är lämpliga för gallring.

### **Skogsägarens egna tillägg**

Den nya tekniken för framställning av digitala kartor öppnar oanade möjligheten för skogsägaren. Om skogsägaren bär med sig en modern mobiltelefon med GPS när han vistas i skogen, bör han kunna lägga in koordinaterna för intressanta punkter. Han beskriver dessa med ord och gör en speciell markering ifall punkten påverkar hur gallringen skall ske. Ett exempel är en värdefull utsiktsplats vid en ridväg. Där måste trädmärkaren undanskaffa alla träd som skymmer utsikten. Detsamma gäller vid jaktpass.

### **Praktiskt arbete vid märkning av träd**



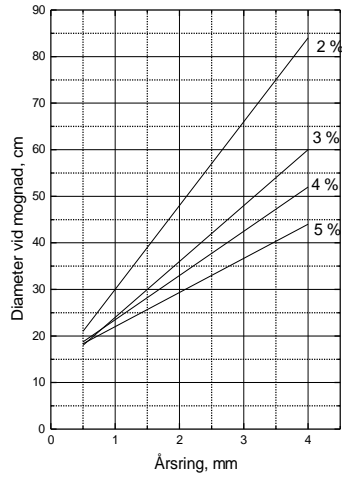
Figur 3.23. Den som märker träd har med sig dator, diamettermått och redskap för att lägga ett färgband runt hela stammen. Färgen skall kunna ses av skördarföraren från alla håll. Färgen bör sprutas ut från ett långt munstycke. Detta gör att han når trädstammen utan att tränga in bland döda grenar, och utan att han behöver andas in färgdimman.

### **Arbetsordning för den person som skall tillämpa Naturkultur**

- Håll reda på Relativa virkespriser och Ekonomisk konjunktur. Detta påverkar råd om avverkning och val av räntenivå.

- DISKUSSION MED SKOGSÄGAREN
- Privat ekonomi, vilket resulterar i val av räntefot
- Avverkningsteknik, vilket resulterar i avverkningskostnader
- Planteringsteknik, vilket resulterar i planteringskostnader
- Virkesförsäljning, vilket resulterar i virkesprislista.
- Restriktioner, vilket resulterar i val av och aggregering av evighetsträd, hänsyn till jaktpass, estetisk syn på skogen, framkomlighet, bär- och svampplockning, biodiversitet.
  
- STUDIUM AV SKOGSKARTA
- Område som skall gallras
- Avstånd till bilväg, resulterar i terrängtransportkostnader
  
- ARBETE I SKOGEN
- Lokalisera skilda boniteter inom avverkningsområde. Detta avgör radien i trädgrupperna.
- Risk för stormskador och snöbrott
- Borra friställda träd, resulterar i val av maximal årsring och diameter vid mognad (Figur 3.24)
  
- MÄRK MOGNA TRÄD
- Övergrova träd
- Mindre träd med oacceptabel kvalitet eller vitalitet
  
- VÄLJ EN DOMINANT
- Märk huvudkonkurrenter
- Välj rekryter > 10 cm
- Märk övertaliga träd > 10 cm
  
- FÖRSTA SOMMAREN
- Plantera på våren i stora luckor som saknar naturplantor. Sätt insektsskyddade plantor
- Kontrollera plantornas överlevnad redan på hösten
  
- ANDRA OCH TREDJE VÅREN
- Har skogsägaren missat grönsplantering den första våren, sätt i så fall plantor utan markberedning dubbelt så tätt som efter grönsplantering.





Figur 3.24. Diameter hos ett träd som uppnått ekonomisk mognad. Om trädet får växa vidare med samma årsring faller räntan på det egna värdet under den angivna nivån. Beräkningarna är gjorda med datormodellen Tree, som beräknar drivningsnettot. Värdena gäller för tall med kvalitet 3,3,4 och med pris enligt Norra Skogsägarna vintern 2001-2002.

## 4 JÄMFÖRELSE MED ANDRA METODER

### *Historik och framtidsvision*

Selektiv avverkning med uttag av stora träd i naturskog, tillämpas runtom i världen därför att det är ekonomiskt fördelaktigt. Polycykliskt skogsbruk, ett kontinuerligt skogsbrukssätt med många skördecykler under ett träds livstid, har visat sig långsiktigt fördelaktigt endast där den naturliga återväxten bibehåller skogens täthet. Även i de länder som nu berömmar sig av att "sköta sin skog uthålligt" tillämpade man denna metod fram till dess att naturskogarna blev utarmade. För att rädda de naturskogar som fortfarande finns kvar, arbetar forskare världen runt för att hitta former för naturskogsbruk, som kombinerar den goda ekonomin vid selektiv avverkning med bevarad täthet och biodiversitet (Appanah och Weinland 1993, Whitmore 1990, Vanclay 1992, Cedergren 1996). Dessa arbeten berör mestadels skogar i tropikerna, men i princip kan ekonomin förbättras radikalt även i nemorala och boreala skogar om fungerande former för polycykliskt skogsbruk kan utformas (Börset 1971, Janssen 2000, Lähde 1992, Hagner 1992b, Kalela 1986, Kuper 1994, Hanewinkel 2001).

Varje välutbildad skogsman är förtrogen med de stora skillnaderna i virkespris som finns mellan trädslag. I likhet med jordbrukare vill han optimera intäkterna genom att odla den mest välbetalda sorten i ett rent bestånd. Helst skall då alla träd vara lika stora och de skall mogna samtidigt, ty detta minimerar avverkningskostnaderna. Denna inställning gör att de flesta skogsmän är skeptiska till selektiva system. Emellertid visar historien att varje gång som konjunkturen nått botten, har skogsmän övergått till selektiva huggningar och lämnat de minsta träden som tillsammans med beståndsförnyringen fått forma nästa skogsgeneration. Det är huvudsakligen denna typ av "restskog" som vi fortfarande skördar i landets slutavverkningar. Vi har nu blivit varse att virkeskvaliteten i dessa skogar är mycket bättre än den som skapas genom plantering på kala hyggen. Detta är både alarmerande och uppmuntrande. Alarmerande, därför att landets sågverk måste klara sin lönsamhet, trots den sämre råvara som produceras i våra uppväxande kulturskogar. Uppmuntrande, därför att det visar oss att det är tämligen enkelt att skapa en bra sågtimmerkvalitet. De rent exploaterande huggningarna, som skedde under lågkonjunkturen på 1930-talet, gjordes mestadels i form av ren dimensionshuggning, där de kvarlämnade trädens egenskaper knappast beaktades.

Trots att restskogen ofta var så gles att endast 20 m<sup>3</sup> lämnades per hektar, fick man en beståndsstruktur i vilken även goda kvaliteter av tall och gran skapades. Vi vet att de träd som dominerade i restskogen blev kvistiga med låg kvalitet, men mellan dessa skapades uppenbarligen en miljö som var gynnsam för de mindre trädens kvalitetsdaning.

Selektiva system har runtom i världen mest kommit att utnyttjas som desperata åtgärder vid lågkonjunktur. Restskogar har skapats av träd som av en eller annan anledning inte gav inkomst. Bestånden blev mestadels ekonomiskt lågproduktiva, vilket berodde på att stabila gräsekosystem dominerade i luckorna, vilket gjorde att betesdjuren höll luckorna öppna. Världen runt har skogsutbildning innehållit

varningar för selektiva system. Tyvärr har lärare inte hållit reda på den egentliga anledningen till de dåliga resultaten och diverse mindre "vetenskapliga" förklaringar har introducerats. En sådan har varit att undertryckta träd är gamla och de därför inte är kapabla att växa, en hypotes som visat sig vara fel. En annan har varit att undertryckta träd är genetiskt sämre än dominanter, troligen en tes utan relevans med avseende på naturskog. En tredje har varit att skiktad skog ger låg produktion, en tes som produktionsforskare inte längre håller med om. En fjärde tes har varit att marken måste blottläggas genom kalavverkning för att näringsomsättningen skall komma igång, en helt felaktig tes, eftersom den största bruttoproduktionen av biomassa återfinns i välslutna bestånd. Näringsomsättningen har visat sig vara större under tät skog än i luckor.

Det selektiva system, som presenteras i denna skrift, är aktivt och det resulterar i största möjliga lönsamhet på både kort och lång sikt. För att lyckas helt måste kunskapen hos skogsskötaren vara oändligt stor, men han kommer långt genom att utbilda sig väl och att i lugn och ro välja träd som skall skördas. Skogbrukssättet innebär att man anpassar skogsskötseln till naturens förändring i tid och rum. I högre grad än vid åldersklassskogsbruket följer man ekosystemets egen dynamik med avseende på trädens individuella egenskaper och åldrande. Genom att principen innebär att en kunnig person anpassar skogsskötseln till ståndorten på varje punkt blir resultatet en stor variation i skogens struktur. Därmed erbjuds bättre möjligheter att bevara viktiga ekologiska nischer till frömma för biodiversiteten. Av detta skall bör behovet av totalfredade naturreservat minska när man tillämpar Naturkultur.

Skogsägaren kan bättre än hittills anpassa sig till industrins växlande efterfrågan av olika kvaliteter och sortiment, eftersom skogens råvaror, i högre grad än hittills, bör kunna lagras på rot istället för i virkesvältor.

Naturkultur kräver större manuell insats än trakthyggesbruket, när man jämför slutavverkning med plockhuggning, ty skördemogna träd skall urskiljas bland de omogna träden. Den selektiva avverkningen som sedan följer är också mer tidsödande än kalavverkning. Vid Naturkultur upprepas detta med 10-30 års intervaller. Emellertid är skillnaden i manuella insatser mindre än man tror, eftersom kalhyggesbruket resulterar i manuella insatser vid markberedning, plantering, och röjning, samt vid en eller flera gallringar.

Naturkultur ger emellertid väsentligt högre inkomster hos både skogsägare och skogsindustri på grund av grövre virke med högre kvalitet. Sammantaget resulterar därför denna typ av skogsbrukssätt i att sysselsättningen i skogsbygderna och skogsindustrin ökar.

En övergång till ett selektivt skogsbrukssätt underlättas av att den avverkningsteknik som nu finns i Sverige passar bra. Detta har vi redan kunnat konstatera i våra svenska fältförsök, anlagda 1989-1993. Dessutom pågår utveckling av teknik anpassad till selektiva avverkningssystem runtom i världen. Samtidigt utvecklas nya inventeringsmetoder, som passar utmärkt för ajourhållning av skog med upplösning på trädnivå: satellitbaserade navigationssystem, luftburen registrering på låg höjd med CCD-kameror, och datorbaserad bildtolkning. Redan tillgänglig teknik gör det

möjligt att samtidigt hålla reda på både var avverkningsmogna träd av stort värde finns, och var jaktpass och svampställen är belägna.

Samma teknik bör kunna användas för att på skogskartorna markera var evighetsträden finns, och förhoppningsvis kommer framtidens avverkningsmaskiner att automatiskt varna föraren när han närmar sig dessa träd. Erfarenheten säger mig dock att evighetsträden på ett varaktigt sätt även skall märkas väldigt tydligt i naturen.

Denna version av lärobok klargör resonemangen runt trädval och presenterar några ekonomiska exempel. Det bör påpekas att miljöaspekter och mångbruk inte behandlas i denna version annat än i förbigående. Det är också viktigt att påpeka att forskning runt selektiva system befinner sig i sin linda. Forskning om polycykliskt skogsbruk har påbörjats i Skandinavien helt nyligen. En fjärde mätning i en serie fältförsök där tio år förflutit efter avverkningen har sammanställts och publicerats av skogsstyrelsen Wikberg och Lundmark. (2008). Egendomligt nog tycks huvudförfattaren professorn Tomas Lundmark ha haft en negativ attityd till Naturkultur. Detta avspeglas, dels i att rapportens första sida ”pryds” av en bild av en trashuggen alskog, som inte förekommer någonstans inom försöksseriens ytor, dels i att försökens positiva resultat har döljts så mycket som möjligt.

Givetvis kommer många viktiga resultat att komma fram under de kommande åren, och de ger oss säkert anledning till att modifiera de rekommendationer, som ges i denna skrift. Fler vetenskapliga och praktiska tester bör genomföras så att resultaten kan generaliseras. Vi vet redan att urvalet av träd vid den selektiva hugningen i vår första stora fältförsöksserie var långt ifrån optimal.

Trots att skötselmodeller för selektivt skogsbruk kommer att förändras, rekommenderar jag var och en att starta egna försök. Sannolikheten att misslyckas på ett förödande sätt är inte stor eftersom detta skogsbruk ansluter tämligen väl till de naturliga processer som ändå pågår. Troligen kommer den som startat försök på egen fastighet att finna stort intresse i detta, ty det gäller att lära sig känna till dynamiken i den egna miljön. Det är spännande att se var beståndsföryngring etablerar sig, var groddplantor finns och var de har förmåga att utvecklas vidare. Den ur ekonomisk synvinkel viktigaste kunskap man kan förvärva, är i vilken skogsmiljö de mest välbetalda träden kan framställas.

Slutligen önskar jag tillägga att ett kontinuerligt skogsbruk med inriktning mot maximalt nuvärde ingalunda är detsamma som god miljövard och bevarande av biodiversiteten. Jag är dock övertygad om att Naturkultur är bättre än sådant skogsbruk som vi bedrivit i Sverige sedan andra världskriget, d.v.s. plantageskogsbruk.

Emellertid gäller att alla typer av mänskligt urval framkallar en ändring av genfrekvensen i ekosystemet. Detta stör tyvärr det naturliga samspelet mellan arterna och därför måste vi komplettera Naturkultur med restriktioner för att öka biodiversiteten (Hagner och Maluenda 1998).

## **Kalhyggesbruk och Naturkultur illustrerade**

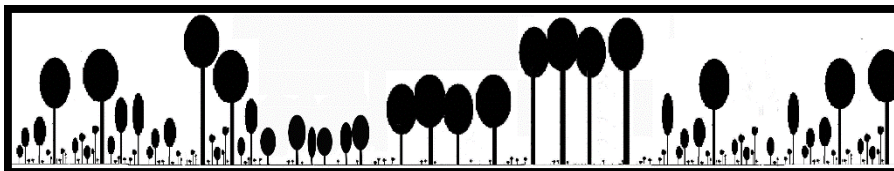
### **Naturlig skog är skiktad**

Om människan inte hindrar naturens krafter gör konkurrens mellan träd att stora och små träd står blandade. De största träden tar resurser från mindre träd och ojämnheten i trädstorlek ökar med tiden. Ojämnheten i trädslag, i mark, i snöfall, i stormar, i angrepp av insekter och skadesvampar gör att en naturlig skog är mycket ojämn. Denna naturliga ojämnheten kan skildras bäst av en koefficient som jag uppfunnit. Den kallas Disco och hur man beräknar den framgår av ”Mått på skogens skiktning”.

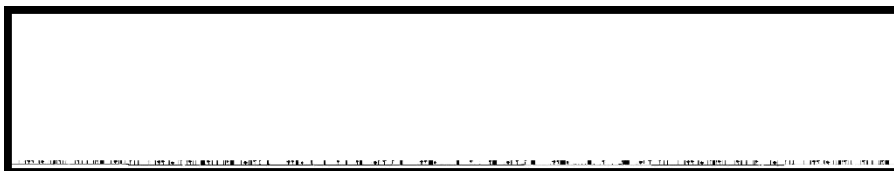
Även där skogen ”sköts” på vanligt sätt i Sverige blir den mestadels ojämn, som på figur 4.01. Riksskogstaxeringen visar att de flesta äldre skogar, som skall kalavverkas, innehåller väldigt många småträd. Det beror på att röjning och gallring är dyrt. De flesta skogsägare inväntar slutavverkningen som ger stora inkomster.

Det nedanstående resonemanget avser en skog på vanlig mark i mellersta Norrland.

### **Alternativet Kalhuggning**

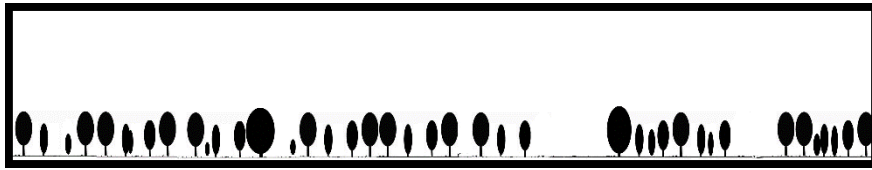


Figur 4.01. En fem meter bred remsa av skog i södra Lappland på ordinär skogsmark. De längsta träden är 20 m höga och hela området är 120 m brett. På vissa ställen är stora och små träd blandade medan motsatsen gäller på andra ställen. Detta är typiskt för de flesta s.k. slutavverkningsskogar. Där de stora träden står tätt finns det inte småträd eller plantor.

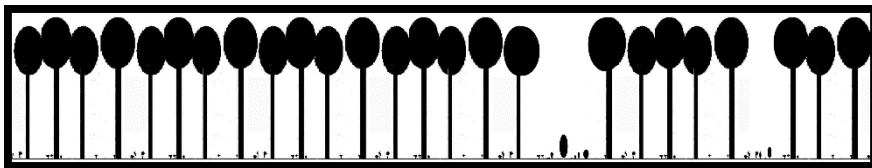


Figur 4.02. Kalavverkning följs av markberedning och plantering. De flesta småträd dödas av maskinerna och naturplantor dödas av insekter.

Vid kalavverkning tjänar skogsägaren pengar endast på träd med diameter över 10 cm. Om man räknar in kostnaden för den nödvändiga planteringen och hjälpplanteringen blir det inte någon nettoinkomst för träd med diametern 15 cm eller mindre. Huvudparten av träd som dödas i en kalavverkning av skogen i figur 4.01 ger följaktligen inget ekonomiskt bidrag till skogsägaren. Lämnar han småträd och plantor ersätter dessa större delen av återväxtkostnaden, och de växer ut till fina träd om de inte skadats av avverkningsmaskinerna.

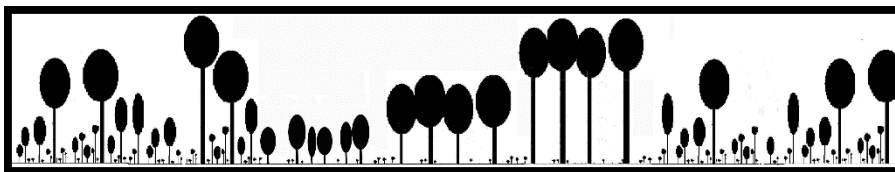


Figur 4.03. Trettio år efter kalhugning står en ny skog i form av planterade plantor. Varannan planta har överlevt på gynnsamma platser medan luckor bildats på ogynnsamma ställen. Denna ”skog” skall jämföras med den som visas i figur 4.10.

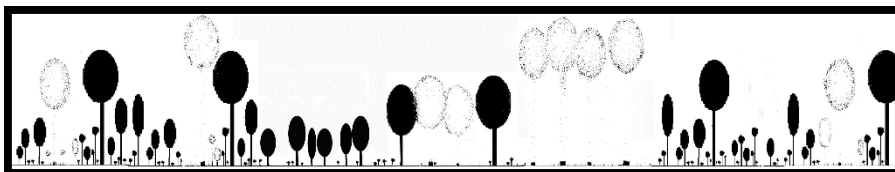


Figur 4.04. Hundra år efter kalavverkningen är skogen fullvuxen och färdig att skörda. Antalet träd är 557/ha. Tre fjärdedelar eller 78 % av de planterade träden togs bort innan de var fullvuxna. Detta skedde genom naturlig avgång och genom röjning och gallring.

#### Alternativet Naturkultur

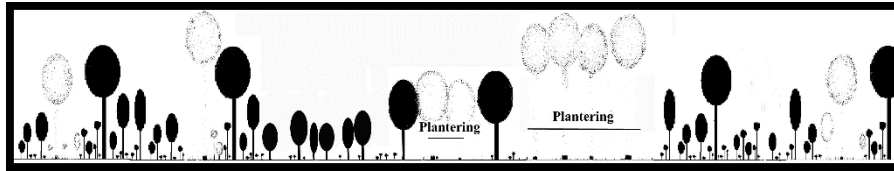


Figur 4.05. En skog i södra Lappland på ordinär skogsmark. Den står på en yta som är 5 m bred och 120 m lång. De längsta träden är 20 m höga. På vissa ställen är stora och små träd blandade medan motsatsen gäller på andra ställen. Detta är typiskt för de flesta s.k. slutavverkningsskogar. Där de stora träden står tätt finns det inte småträd eller plantor. De minsta plantorna som är många men så små att man inte kan se dem om man står upp.

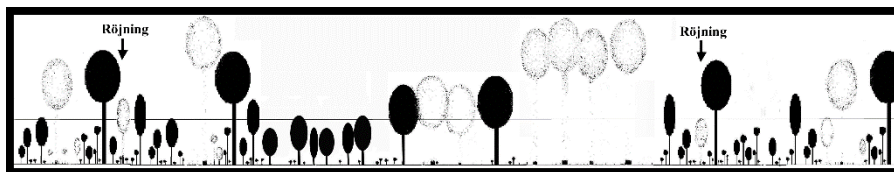


Figur 4.06. Vid befriande gallring enligt Naturkultur skördas de stora mogna träden. Även efter gallring ger de inte acceptabel ränta på sitt eget värde. Dessutom tas halvstora träd bort om de sätter ned tillväxten på det största trädet i samma

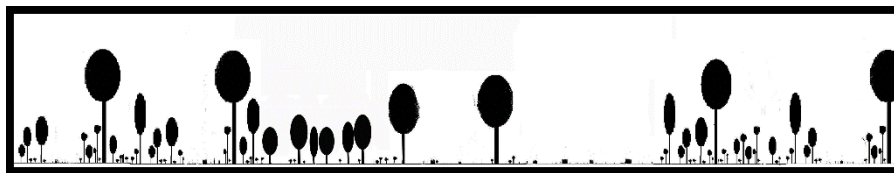
träddgrupp. En träddgrupp är 10 m i diameter. Vid gallringen dödas också en del småträd och plantor av maskinerna.



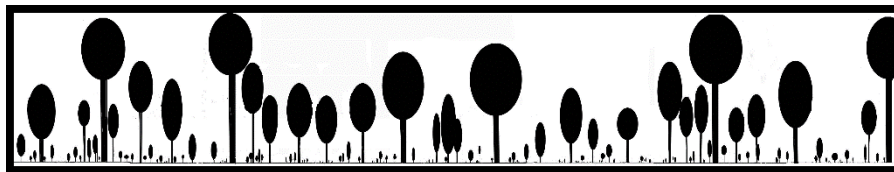
Figur 4.07. Efter gallringen förtätas skogen genom berikande plantering i luckor utan naturlig återväxt. Planter sätts inte närmare något träd än 4 m. På kortare avstånd än detta växer de planterade plantorna så långsamt att de sannolikt dör eller blir skadade. Den planterade arealen utgör 17 %.



Figur 4.08. Något år efter planteringen utförs en röjning bland träd som uppnått mer än 5 cm i diameter. Endast träd med skador eller träd som står för tätt röjs bort.



Figur 4.09. Efter befriande gallring, berikande plantering och röjning ser skogen ut så här. Det har gått tre år efter gallringen då fem fullstora och fyra halvstora träd skördades.



Figur 4.10. Sedan 25 år förflutit efter senaste gallringen finns det åter fyra fullvuxna träd att skörda. Dessutom bör en del halv vuxna tas bort för att lämna plats åt den största i varje träddgrupp. Denna skog är jämförbar i tid med den som visas i figur 4.03.

## **Nya kunskaper som påkallar en övergång till kontinuitetsskogsbruk**

Jag beklagar att jag måste upprepa påståenden, därför att felaktigheter har bitit sig fast i undervisning på universitet och skolor.

Volymtillväxten är på lång sikt ungefär densamma i flerskiktad som i enskiktad skog. Konkurrens mellan träd av olika storlek reducerar inte volymproduktionen.

Volymtillväxten är maximal om skogen i huvudsak består av träd som ännu inte nått full storlek.

Kraftiga gallringar minskar bladytan och sänker därför volymproduktionen.

Sammantaget resulterar det ovanstående i att maximal volymproduktion upprätthålls endast genom kontinuerlig gallring i skiktad skog med tämligen lågt virkesförråd, ca 50 m<sup>3</sup>/ha, såvida gallringsstyrkan hålls låg. Gallringarna skall därför återkomma med så täta intervall som ekonomin tillåter.

Virkeskvaliteten blir hög i sågtimret om träden växer hämmade så länge toppen befinner sig inom den del av stammen som skall bli bottenstock, dvs 5 m. I de flesta sågtimmerträd utgör nettot av bottenstocken nära hälften av trädets totala nettovärde. När toppen nått ovanför den del av stammen som skall bli kvistfri, bör kronan friläggas i sidled, ty då dör inte grenarna. Den gröna kronan, ovanför bottenstocken, bildar välbetalt sågtimmer med frisk kvist. Trädet växer fort på grund av stor bladyta.

Hög ålder hos små träd hindrar dem inte att växa till full storlek.

De genetiska anlagen i småvuxen naturlig återväxt är ungefär densamma som i dominant träd.

Markens produktionsförmåga underhålls bäst om den ständigt bekläds med ett aktivt växtsamhälle.

I så kallad vuxen skog finns mycket beståndsförnyring i form av utvecklingsbara plantor och träd.

Det finns luckor i beståndsförnyring som ibland är så stora att berikande plantering måste utföras om skogens volymproduktion skall upprätthållas.

Markberedning är aldrig nödvändig. Om plantor förses med insektsskydd och om de planteras ytligt i mossan den första sommaren efter gallringen, kan de klara angrepp av snytbagge och bastborre. Om planteringen sker i mossan senare än första sommaren, måste tätheten i plantantalet åtminstone fördubblas.

Markberedning bör uteslutas även därför att den dödar väldigt många naturligt födda plantor och småträd som blir kvar efter en kalavverkning. Om så kallade fröträd eller en skärm lämnas, överlever en mycket stor andel av de natursådda plantorna som finns i en s.k. slutavverknings-skog. Antalet är normalt ca 30 tusen per hektar.



Plantorna klarar sig om träd lämnas. Anledningen är att snytbaggar och tallvivlar äter barken på levande rötter och på färska grenar.

Dagens avverkningsmaskiner kan med acceptabel kostnadsfördyring användas vid befriande gallring.

Maskinförare måste fortbildas om de skall klara plockhuggning utan att framkalla stor skada på dominanter och rekryter. Träden är allra mest känsliga för barkskador under "savningstiden".

Maskinförare behöver inte undvika att skada återväxt, och småträd. Tvärsom bör han fälla träd rakt in i grupper av återväxt. Anledningen är att det i svensk skog vanligen finns återväxt i onödigt stort antal. Detta är ett viktigt påpekande, eftersom en maskinförare, eller skogsägare, kan få för sig att återväxt är den viktigaste delen av skogen. Halvstora och nästan fullstora träd är de viktigaste för den framtida ekonomin. Träden skall fällas i luckor med återväxt. Då uppstår inte fällskador på det fåtal träd som har skogens högsta nuvärde.

Märkning av träd inför en befriande gallring bör utföras av en specialutbildad person, som om möjligt uppnått certifikat i Naturkultur. Märkningen blir bäst om den kan ske i lugn och ro på barmark. Valet av träd kräver noggrann observation av gruppens träd och att trädmärkaren därefter använder alla sina kunskaper. Denna tankemöda kräver att trädmärkaren vilar minst 10 minuter varje timme. Det är dessutom önskvärt att trädmärkaren kan koppla av med andra arbetsuppgifter under halva arbetsdagen.

Markägarens inkomstbehov är avgörande för val av räntefot. Trädmärkning kan därför inte utföras förrän trädmärkaren intervjuat skogsägaren. I den intervjun skall även klarläggas vilka andra nyttheter än virke som skogsägaren värderar högt: hänsyn till rennäring, miljö- och klimatvård, fornlämningar, rekreation, estetik, m.m.

Vid märkning av träd enligt metoden Naturkultur skall hänsyn tas till det som omnämns i skogsvårdslagens 30 §. Om det visar sig att skogsägaren är ovillig att ta dessa hänsyn, bör den certifierade trädmärkaren avstå från uppdraget.

Vid märkning av träd enligt metoden Naturkultur bör man om möjligt upprätta vad som tidigare benämndes "stämplingslängd", dvs. ett register över de träd som skall skördas. Eftersom en certifierad trädmärkare är kapabel att bedöma virkesvärdet i de större träden bör han om möjligt notera egenskaperna hos de mest värdefulla träd som skall skördas. Denna stämplingslängd kan därefter användas för att via internet bjuda ut rotposten till högstbjudande. Detta är en fördel för både köpare och säljare.

Den ekonomiska konsekvensen av metoden Naturkultur är ett fördubblat netto av virkesodling. Anledningen är att skördat virke har större diameter samt förbättrad virkeskvalitet. Den större kostnaden för plockhuggning i stället för kalavverkning kompenseras omedelbart av större intäkter genom leverans av grövre virke. Efter befriande gallring står skogsägaren med en skog som åter levererar värdefullt

timmer inom en snar framtid. Han slipper stora kostnader för anläggning av ny skog, för skötsel av ungskog och för låggallring i äldre skog.

### ***Jämförelse med blädning***

Blädning skiljer sig från Naturkultur med avseende på arealberoende, beståndsstruktur och ekonomi. Vid blädning utgår man ifrån att skogen skall vara "fullskiktad" för att "fungera". Måttet "fullskiktad" syftar på diameterfördelningen inom ett visst skogsområde, ty det säger sig självt att en diameterfördelning inte kan beskrivas inom en liten areal. Av detta skäl är blädning ett trakthyggesbegrepp. Man skall alltså välja träd med ledning av vad som finns inom en trakt, eller ett bestånd. Vid trädvalet råkar man i stort bekymmer, vilket var och en som försökt bläda insett. På en viss punkt skall trädvalet styras av diameterfördelningen i skogen, dvs. av hur stora träden är även långt från den punkt där man för tillfället står. Man skall dels ta hänsyn till området där man redan fattat beslut, dels till området som återstår. För att klara uppgiften korrekt måste skogsägaren helst koordinatsätta och mäta diametern på alla träd i hela beståndet före ingreppet. Under arbetets gång måste han sedan föra kontinuerlig statistik över vad han redan har beslutat.

Praktiskt genomförd blädning har jag studerat genom att delta vid valet av träd när professor Erkki Lähde blädade i en av sina ytor. Han är specialist på blädning. Han utförde valet snabbt och effektivt, utan den minsta hänsyn till diameterfördelningen i beståndet. Han tog endast hänsyn till de träd som konkurrerade med varandra, dvs. inom det jag kallar trädgrupp. Han tog bort träd med defekter och förädlade därigenom skogens kvalitet. Han befriade de större träden från konkurrens av likstora träd, och förstärkte därmed skiktningen. Resultatet blev att de dominerande träden i fortsättningen lade på sig huvudparten av den producerade stamvolymen. Skillnaden till Naturkultur var liten, men till vägledning för valet av träd hade han inte någon strikt nedskrivna metodik.

På grund av det ovan nämnda problemet med att beskriva och utnyttja "ojämnheten i trädstorlek" har jag, i samarbete med professorn i statistik vid Umeå universitet, Hans Nyqvist, utvecklat en ny statistisk metod för att beskriva ojämnheten i beståndet. Det nya måttet, Disco, beskriver olikheten mellan närstående träd, varigenom man undviker problem förknippade med det tidigare använda begreppet diameterfördelning. Ytterligare förklaring lämnas i nästföljande kapitel.

Diametern hos ett träd kan beskriva dess med nettovärde, men bland träd med samma diameter är spridningen i nettovärde uppemot 300 %. Inkluderar man skador och röta är spridningen ännu större. Av detta skäl kan man påstå att en selektiv avverkning som bygger på trädstorlek som huvudkriterium blir ekonomiskt inoptimalt.

Naturkultur har nästan ingenting gemensamt med blädning, eftersom trädvalet inte har någonting med trädens storlek att göra, utan styrs av trädens värdeutveckling. Trädvalet på en viss punkt styrs i huvudsak av samspelet mellan de träd som konkurrerar om resurserna näring, vatten och ljus. Därför är begreppet "bestånd" helt irrelevant. De två arealnivåer som är aktuella i Naturkultur är: "fastigheten" och

“det område som utnyttjas av den lilla grupp av träd som konkurrerar med centrumträdet om ljus, vatten och näring”.

### **Orört**

Orörd skog som inte drabbas av katastrofer såsom eld eller storm blir allt tätare och stora träd dominerar vegetationen. I den hårda konkurrensen mellan dessa stora träd kan endast mindre träd av skuggtåliga träddarter klara sig under längre tid (Figur 4.11). Dessa småträd har anpassat sig till den låga ljusintensiteten och hårda näringskonkurrensen.



Figur 4.11. Den troliga utvecklingen i en naturskog som får stå orörd under lång tid. I den hårda konkurrensen kan inte beståndsförnyring av tall utvecklas. Det blir den skuggfördragande granen som successivt övertar dominansen och de ljuskrävande arterna tall och björk reduceras.

### **Exploaterat**

Om skog som fått stå orörd under lång tid exploateras genom att alla träd med kommersiellt värde avverkas (Figur 4.12); orkar endast ett fåtal av de friställda småträden anpassa sig till den nya miljön. Det uppstår luckor i trädbeståndet där gräs och annan hyggesvegetation etablerar sig. Efter perioden med djup depression under 1930-talet, då exploaterande huggningar av oskötta skogar bedrevs i Sverige, var skogsbyte med kor, får och getter vanligt. Skogsbyte förekom allmänt i decennier efter andra världskrigets slut. För betande djur är gräsrika luckor attraktiv mark, men betet ökar svårigheten för trädplantor att etablera sig i gräset. Resultatet blev att svenska skogar förblev lågproduktiva under tämligen lång tid, vilket framgick av riksskogstaxeringen.

Figur 4.12. Bildsekvensen är ritad för att förklara varför skövlande gallring i tät naturskog resulterar i långvarigt låg virkesproduktion.

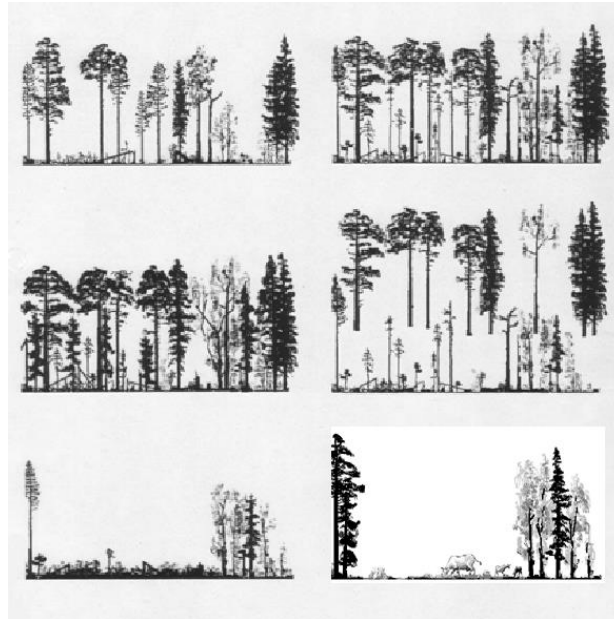
Om den översta vänstra skogen får stå orörd i 40 år ser den ut som överst till höger. Om den får stå orörd ytterligare 40 år ser den ut som till vänster i mittraden.

Beståndsförnygrad gran utvecklas under de gamla tallarna.

Till höger i mitten lyfts de stora träden ut ur den skog som visas överst till höger. Detta är en skövlande gallring, där alla träd som ger ett netto tas bort.

Nederst till vänster visas den gräsklädda lucka som kvarstod tio år efter gallringen. Den kraftiga miljöförändringen gjorde att huvuddelen av småträd och beståndsförnyring dog.

Därefter etablerar sig gräs som skapar ett gott bete för kreatur. Kor äter med god aptit små trädplantor som står inne i gräs och sork, getter och älg, som också utnyttjar den höga biomassaproduktionen i gräsekosystem, håller luckor öppna under lång tid.



Kallin (1923 och 1926) fann under sina forskningsresor i Sverige, att plockhuggen skog innehöll snabbväxande träd men att den på många håll var luckig. Återväxten var gles på vissa marktyper. Kallin nämner ingenting om skogsbetet. Det är möjligt att han, som utbildad skogsman, inte tänkte på att skogsbete hämmar återväxten av träd. Riksskogstaxeringen redovisade enbart att virkesproduktionen var låg medan regeringen givetvis borde noterat att bönderna ansåg att skogen var mycket produktiv genom dess avkastning av kött och mjölk. Virkesproduktionen var givetvis låg, sedd över hela arealen, men Kallin fann att de kvarvarande träden växte fort.

Under 1960-talet upphörde skogsbetet och de s.k. 5:3 skogar, som inte åtgärdades enligt statliga rekommendationer, förtätades på naturlig väg. De har alltsedan dess utgjort en högt värderad resurs för vår skogsindustri.

Tyvär har ovanstående förlopp misstolkats av lärare som undervisar om skogsbruk i Sverige. Den låga produktionen av virkesvolym som uppmättes av riksskogstaxeringar 1940-1960 i dimensionshuggna bestånd har förklarats med följande falska hypoteser:

\*\* skogsmark måste läggas kal ”för att det skall bli liv i marken”

\*\* små undertryckta träd kan inte växa därför att de är för gamla. De föddes efter en skogsbrand samtidigt med de stora träden.

\*\* små undertryckta träd är genetiskt sämre än de stora träden. Detta beror på att de små träden, som föddes samtidigt med de största träden, blev omvuxna av genetiskt bättre träd.

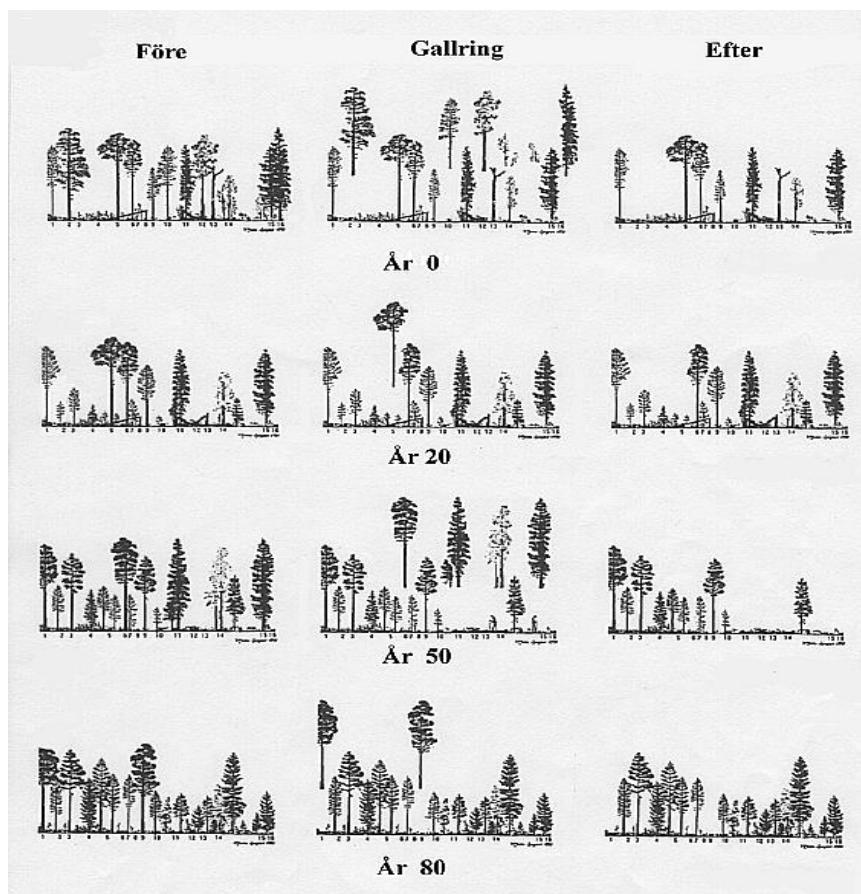
\*\* om man blandar små och stora träd gör konkurrensen att man får låg virkesproduktion

Alla dessa hypoteser har senare bevisats vara felaktiga.

### ***Intensiv skötsel***

Så långt fram som på 1970-talet ansåg staten det motiverat att ge speciella anslag för att skogsägarna skulle ”restaurera de glesa s.k. 5:3-skogarna”. Detta innebar kalhuggning, markberedning och plantering. I de fall man lät dessa glesa skogar stå orörda växte dock huvuddelen av friställda träd på ett acceptabelt sätt, dock först efter det att de lyckats återhämta sig (Kallin 1926, Näslund 1942, Bergan 1985). De skogar som vi idag med god ekonomi slutavverkar i Norrland, uppstod från de restbestånd som skapades under exploateringsperioden.

Misskött skog kan uppenbarligen ge tämligen god virkesproduktion om den lämnas till dess de självläkande krafterna har återskapat ett tätt ekosystem. Detta är betryggande, men med rätt skötsel av skog kan vi nå mycket bättre resultat (Figur 4.13).



Figur 4.13. Bilden illustrerar det tänkta förloppet vid tillämpning av Naturkultur. Befriande gallring utfördes fyra gånger under en tid av 80 år. Efter den gallring som gjordes vid 50 år ser man plantörer berika beståndet genom att sätta insektskyddade plantor direkt i mossan i högra delen av ytan. Vid övriga gallringar fanns tillräckligt med träd och beståndsförnyring för att upprätthålla full produktion. Skogen bestod under de åtta decennierna mestadels av små och halvstora träd och den stående volymen var låg. Det bundna kapitalet hade hög förräntning. Värdet per kubikmeter i skörden ökade i takt med att de mogna trädens kvalitet förbättrades.

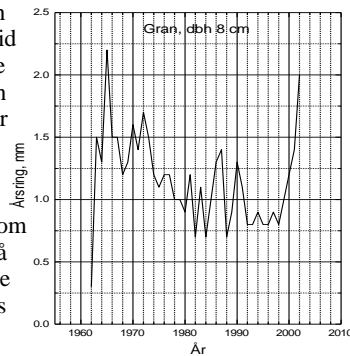
God skötsel innebär enligt min mening att vi skall hålla skogsmarken ständigt beklädd med träd eller med plantor som vi planterar där naturlig förnyring saknas. Detta program överensstämmer förvisso även med kalhyggesbrukets princip. Till skillnad från odling av endast en åldersklass i varje bestånd, med konkurrens mellan likstora träd, visar mina ekonomiska datormodeller att man bör eftersträva konkurrens mellan olikstora träd. Den stora vinsten med att beståndet hålls skiktat är att de större träden får växa tämligen fritt och behålla en stor bladyta. Då behåller de en stor årsring trots grov dimension. Detta medför att skogsägaren får god ränta även på värdet i stora träd. Han bör behålla de stora träden i skogen tills de inte längre ger acceptabel ränta på sitt eget kapital, men stora träd bör inte stå så nära varandra att de konkurrerar. Runt varje stort träd bildas en trädgrupp med ca 5 m

radie. Inom den hålls små träd tillbaka genom konkurrens från det stora trädet. Nästa stora träd står ca 10 m från det förstnämnda stora trädet.

Av detta skäl produceras grövre träd i en skiktad skog än i en plantageskog med likstora träd. Detta ökar skogsägarens nettointäkt, ty grova träd ger ett mycket högre netto per kubikmeter. Detta kommer sig av att avverkningskostnaderna per kubikmeter sjunker med trädets storlek, samtidigt som priset på sågtimmer stiger med diametern.

Exempel på att befriade träd kan reagera mycket snabbt på en friställning finns till exempel i ett praktiskt försök i Yttertavle utanför Umeå (Figur 4.14) (Hagner 2002b).

Figur 4.14. Årsringsutvecklingen hos en liten gran med 8 cm dbh som växte i en skiktad granskog vid kusten i Västerbotten. En befriande gallring skedde våren 1998 vid vilken den stående kubikmassan reducerades från ca 200 m<sup>3</sup>/ha till 100 m<sup>3</sup>/ha. Efter gallringen stod granen i konkurrens med större granar 12-28 cm dbh. Grundytan vid granens stam var 17 m<sup>2</sup>. Som regel dröjer det ett eller två år innan årsringen ökar efter gallring, men i detta fall kom reaktionen redan första året. Att reaktionen kom så snabb berodde troligen på att granen redan tidigare växt relativt bra med årsring nära 1 mm. Dess barmassa var också relativt stor.



### **Situationer där befriande gallring är ineffektiv**

Om skogen skötts traditionellt med upprepade låggallringar uppkommer en pelarsal med tätt stående likstora träd. Om trädslaget är gran är risken för stormskador efter gallring mycket stor. En tillämpning av metoden Naturkultur i ett sådant bestånd medför beslut om kalavverkning. Nuvärdet maximeras nämligen efter hänsyn tagen till risken för stormfällning.

## 5 NYA METODER

### ***Mått på skogens skiktning – Dissimilarity coefficient (Disco)***

En skiktad skog innehåller olikstora träd. Ojämnheten kan skildras genom olikheter i exempelvis diameter. Normalt använder man sig av diametermåttet i brösthöjd eftersom detta är enkelt att uppskatta. Hittills har vi skildrat graden av skiktning genom att mäta diametern på ett stort antal träd och statistiskt visa ojämnheten med en frekvensfördelning över diametern. Man har funnit att en naturligt växande skog, där människan inte varit inne och plockat träd, får en diameterfördelning kännetecknad av många småträd och få stora träd. Diameterfördelningen blir negativt exponentiell (Gammalfördelad), eller populärt uttryckt, den blir omvänt J-formad. Nackdelen med detta sätt att skildra en skiktad skog är att man behöver mäta många träd för att beskriva diameterfördelningen. Många träd står givetvis på en stor yta och det är inget som hindrar att alla små träd står i kanten på denna yta och stora träd står tillsammans i andra delar av ytan. I så fall är en fallande diameterfördelning inget bra mått på stark ojämnhet mellan närliggande träd.

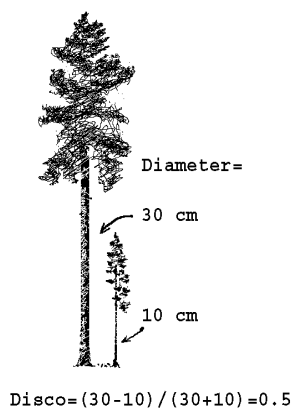
För att påvisa att skiktningen i ett bestånd verkligen gäller för närliggande träd, slog det mig att man bör jämföra storleken hos två träd som står intill varandra. Mitt förslag var att välja ett par granträd och helt enkelt dividera skillnaden mellan dem med summan för de två träden. Det absoluta värdet av detta tal  $ABS(d1-d2)/(d1+d2)$  ( $d1$ =diametern för träd nr 1 och  $d2$ =diametern för träd nr 2) kallade jag "dissimilarity coefficient" eller förkortat "Disco" (Hagner och Nyqvist 1998) (Figur 5.01).

#### **Det är lätt att räkna fel.**

Den matematiska fördelning som har Disco = 0.5 kallas Gammalfördelning. Denna innehåller talet 0 som lägsta värde. När Du mäter dina träd i skogen är det inte troligt att Du registrerar något träd med diametern 0. Har Du exempelvis talet 1 som minsta värde har Du "trunkerat" fördelningen med "1". För att då beräkna Disco måste Du börja med att minska alla värden med talet 0.99. Att Du inte skall subtrahera med 1.00 beror på att Du måste undvika division med 0. Detta uppstår annars när träden i paret har samma diameter.

Om Du bara har registrerat träd med diameter större än 7.5 cm måste Du förändra Dina värden genom att minska alla värden med 7.49. Detta innebär att Du "trunkerat" diameterfördelningen vid värdet 7.49. Fördelen med detta är att gammalfördelningen (fördelningen av diametrar i en naturlig skog) har en form som gör att Disco = 0.5 oavsett var Du trunkerar fördelningen.





Figur 5.01.. Dissimilarity coefficient (Disco) är det absoluta värdet av skillnaden dividerat med summan. Talet beräknas för par av träd som står nära varandra. Coefficienten är 0.0 när alla träd är lika stora och 1.0 när maximal ojämnheter föreligger. När skogen är naturligt fullskiktad blir medeltalet av disco hos många par = 0.5. (Hagner och Nyqvist 1998)

### Ett exempel

Var och en kan lätt beräkna Disco ute i skogen om man har en miniräknare till hands.  $Disco = Abs((d1 - d2) / (d1 + d2))$  där  $d1$  och  $d2$  är diametrar i ett par av träd som står nära varandra. Abs betyder det absoluta värdet, dvs. det positiva värdet av skillnaden. Sätter man  $d1 = 10$  och  $d2 = 20$  blir skillnaden ( $d1 - d2$ ) negativ. Därför måste man be datorn att använda det absoluta värdet för att disco skall bli positiv.

Den ”omvända J-kurvan” dvs. diameterfördelningen är i matematisk mening en negativ exponentiell fördelning, också kallad Gamma-fördelning. En sådan fördelning kan beskäras (trunkeras), dvs. ges ett nytt 0-värde, utan att resterande del avviker från en exponentiell fördelning. Detta är en fördel om man i skogen endast mäter träd med diametrar från 5 cm och större. I så fall startar man beräkningen med att minska varje värde med 4.99. Att man inte minskar med 5.00 beror på att datorn inte skall råka ut för division med 0, vilket i så fall resulterar i ”error”.

Diameter cm	Trunkering -4.999	Disco
12	7.001	0.75
6	1.001	
5	0.001	0.00
5	0.001	
7	2.001	0.80
23	18.001	
9	4.001	0.76
34	29.001	
15	10.001	0.54
8	3.001	
Sa		2.845641
Medeltal		0.57

Du mäter bara träd med diameter 5 cm eller större. Det första trädet, som Du väljer slumpmässigt har diametern 12 cm. Det träd som står närmast intill detta träd (och som har en diameter större än 5 cm) har diametern 6 cm. Ditt första trädpar har alltså diametrarna 12 och 6 cm. Efter trunkering med 4.999 har trädparet värdena 7.001 respektive 1.001. Disco är  $(7.001 - 1.001) / (7.001 + 1.001) = 0.7498$  dvs. avrundat 0.75. Detta värde finner Du längst upp i tabellens tredje kolumn. Talet visar att träden i paret hade mycket olika storlek. Nästa par i tabellen har samma diameter. Disco är 0 och detta visar att träden är lika grova. Medeltalet av de fem paren blev 0.57 vilket innebär att de slumpmässigt valda trädparen stod i en skog som var tämligen naturligt varierande, dvs. medeltalet låg ganska nära 0.5, vilket kännetecknar en naturlig skog.

Jag fann att Disco antog värdet 0.5 om skogen under längre tid stått utan mänskliga ingrepp. Detta skulle i så fall känneteckna en orörd naturskog. Vid senare studier visade det sig att så också var fallet både i en tropisk jungfrulig regnskog (Hagner 2001a), och i en barrblandskog som stått orörd under 70 år på frisk ristyp i Västerbotten (Hagner 1998c, Ekelund 1999). Av starkt intresse för dem som vill arbeta med skiktat skogsbruk i tall kan det vara glädjande att veta, att mina

mätningar i ett sedan 30 år plockhugget bestånd i Arjeplog, visade att även ett tallbestånd kan vara skiktat med ett disco nära 0.5 (Hagner 2003b).

Disco är mycket lätt att beräkna på en vanlig miniräknare när man står i beståndet, men glöm inte att minska alla värden med ett tal som är något mindre än den minsta diameter som Du registrerat.

### **Är beståndet gruppställt?**

I Excel kan man även lätt avgöra om gruppering i trädstorlekar förekommer i beståndet. Man jämför det korrekt beräknade Disco med ett Disco beräknat på värdena efter slumpmässig omsortering (Hagner och Nyqvist 1996). Skiljer sig de två medelvärdena beror detta på att grupper med likstora träd förekommer.

En låggallring Disco kraftigt medan en höggallring inte påverkar Disco särskilt mycket. En befriande gallring gjord i ett av försöken med Naturkultur visade att Disco påverkades i mycket liten grad av gallringen (Hagner 1998c, Ekelund 1999). Efter en exploaterande gallring i tropisk regnskog i Malaysia hade beståndet redan efter fyra år återtagit en fullskiktad karaktär med Disco nära 0.5 (Hagner 2001a). Noteras bör att den tropiska regnskogen innehöll tusentals trädarter.

Vid skogsskötsel kan man med hjälp av Disco lätt ta reda på om beståndet skall betraktas som skiktat eller inte. Eftersom de flesta skogar som fått utvecklas utan mänskligt ingrepp blir skiktade, kan man också normalt utgå från att ett bestånd som har ett Disco understigande 0.5 förmodligen kommer att utvecklas så att Disco ökar.

Avvikelse från detta förekommer troligen. I Österrike har jag sett ett fullskiktat granbestånd där halva beståndet lämnats utan ingrepp i 40 år, medan blädning fortsatt i den andra hälften. Resultatet var att de flesta småträd hade dött av konkurrensen från de stora granarna när gallring uteblev. Skiktningen hade minskat. Troligen kommer den att öka igen när naturlig självgallring bland de största träden har verkat under en längre tid.

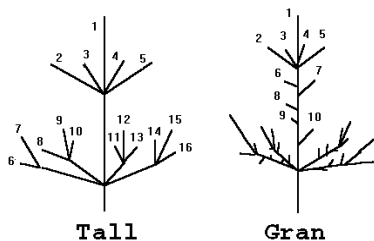
### **Frihetstal visar bottenstockens framtida virkeskvalitet**

Räkna då och då frihetstal på plantor och småträd (Figur 5.02, 5.03). Studera också beståndets struktur för att därigenom lära Dig vilken beståndstyp, som ger upphov till önskvärd kronform hos unga träd. Antalet grenar per grenvarv och grenarnas grovlek påverkar timmerstockens virkeskvalitet. De nämnda faktorerna påverkas av miljön runt trädet under den tid då toppen fortfarande befinner sig inom den del av trädet som kommer att användas som timmer. Läs mer om detta i kapitel VIRKESKVALITET

Figur 5.02. Två tallplantor som vuxit i helt olika miljö. Plantan till vänster har vuxit inne i ett tämligen tätt bestånd av stora träd. Den yviga tallen har vuxit helt fritt utan konkurrens från större träd. Från Vaartaja (1951).



0

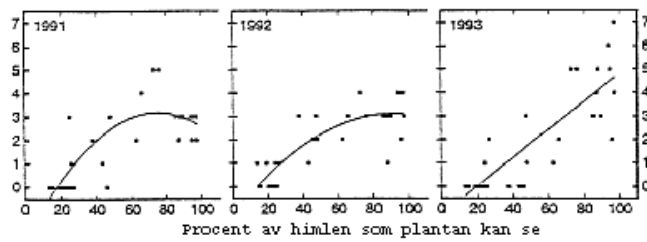


Figur 5.03. Frihetstal på tall är det antal nya skott som bildats ur toppknoppen för två år sedan. Frihetstal för gran är det antal nya skott som bildats på fjolårets toppskott. Antalet frihetstal skiftar hos tall från 1 till 70 och hos gran från 3 till 35, enligt mina egna observationer.

Med tanke på framtida virkeskvalitet kan man kanske säga att tall bör odlas så att frihetstalet hålls inom området 10-25. Någon motsvarande siffra för gran vågar jag inte ange. Forskning får utvisa vad som är lämpligt.

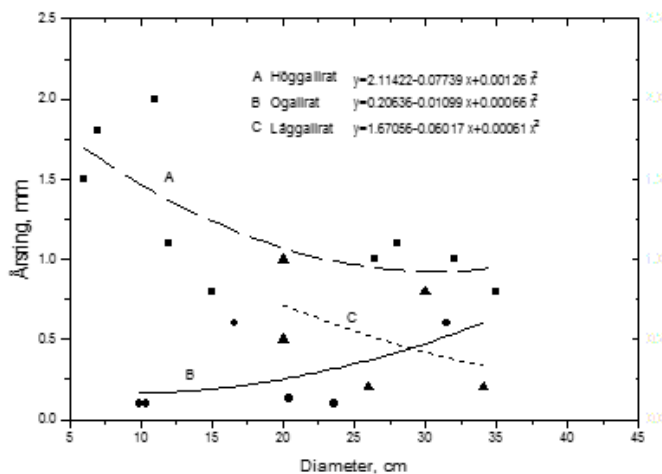
### **Planterade plantors morfologi - Frihetstal**

En intressant studie gjordes av knoppsättningen hos tallplantor. Det visade sig att tallplantor omedelbart efter planteringen anpassar sig till sin ljusmiljö. Knoppsättningen den första hösten blev reducerad i relation till den procent av himlen som syntes från plantans topp (Hagner, Molin 1994) (Figur 5.04). Denna hämning av knoppsättningen blev alltmer utpräglad under de kommande tre åren. Planterade plantor reagerar tydligen i allt väsentligt precis som naturplantor i motsvarande miljö.



Figur 5.04. Antal knoppar hos planterade tallplantor mätt vid slutet av första, andra och tredje vegetationsperioderna. Plantorna planterades våren 1991 i ett fältförsök strax norr om Umeå i Västerbotten. Tätheten i skogen vid plantan mättes med fish-eye lins i procent av himlen (180 grader) som kunde ses från plantans toppknopp (Hagner och Molin 1994).

### Lagom täthet.



Figur 5.05. Samband mellan diameter och årsring hos provträd i de tre bestånd som har behandlats med olika skogsskötselmodell.

Den höggallrade skogen hos Rune Holmström i Mullholm (se Naturkultur tillämpad under 40 år i fjällnära tallskog) har gett mycket större volymproduktion än de två andra ytorna. Det är givetvis önskvärt att finna en instruktion för skogsskötsel som leder till hög produktion av stamvirke. Skogsvårdslagens virkesförrådsdiagram är ett exempel på detta, men tyvärr är diagrammet missvisande.

I det höggallrade beståndet i Holmströms skog har tätheten sänkts så mycket att det funnits plats för hög tillväxt hos de små träden. I det låggallrade beståndet har även de mindre träden stor årsring men inga små träd finns kvar. I det ogallrade beståndet har de minsta träden ingen möjlighet att växa, på grund av hög stående volym och konkurrens från dominant träd.

Utifrån de ovan nämnda resultaten blir mitt förslag till instruktion följande.

\*\* Gallra så att Disco ligger nära 0.5, dvs. bibehåll eller skapa en fullskiktad skog.

\*\* Glesa ut skogen på ett sådant sätt att årsringen blir ungefär lika stor hos halvstora och stora träd. Av ekonomiska skäl finns det ingen anledning att ägna tid åt återväxtens tillväxt.

**\*\*Skapa avstånd mellan de dominerande träden, så att de inte konkurrerar med varandra.**

En mycket intressant effekt av denna instruktion är att det timmer som produceras får en jämn årsringsbredd från märgen till barken, vilket av sågverksägare anses idealiskt.

En annan gynnsam effekt av denna instruktion är att tätheten bland de större träden minskar till en nivå som framkallar inväxning underifrån. Principen för ”blädning” är gammal och den bakomliggande idén för blädning är att man ständigt skall få påfyllning av träd underifrån. Skall man lyckas med ett skuggfördragande träslag som gran, kan tätheten i det övre skiktet hållas mycket större än om man driver kontinuitetsskogsbruk på en tallmark. Varje träslag är unikt och det krävs stora kunskaper hos skogsskötaren för att lyckas skapa förutsättning för inväxning av det önskvärda trädslaget. Jag har utformat metoden ”frihetstal” enbart för tall och gran. Jag hoppas att andra utformar motsvarande för andra träslag. Frihetstalet kan användas för att avläsa hastigheten i tillväxt hos varje träd, stora som små.

Det bör också påpekas, att de elva försöksytor, som behandlats med blädning vart tionde år av SLU, under så lång tid som 60 år, visade sig ha träd som hade ungefär samma årsring oavsett diameter (Lundqvist 1989).

Den ovanstående instruktionen bygger på observation av årsringsbredd. Eftersom det är tidsödande och destruktivt att studera årsringar genom att analysera borrhål, finns det anledning att efterfråga andra sätt att bedöma tillväxthastigheten. Mitt första förslag är då att bedöma vitaliteten genom att granska barrskruden. Ett något besvärligare, men mer exakt mått, är frihetstalet i topp (se kapitel 7.7).

Rent allmänt är det mycket fördelaktigt, att den nämnda studien tyder på att det är optimalt med tanke på virkets kvalitet och på produktionen av virke i skiktad skog, att reducera tätheten så mycket att de halvstora träden har relativt god tillväxt. Detta medför att naturlig återväxt kan ha möjlighet att överleva, vilket reducerar behovet av berikande plantering. Skötseln av skogen förbilligas därigenom. Jag har valt bilden på bokens framsida för att göra det uppenbart att sådan skog även är gästvänlig att vistas i.

### ***RFID-chip kan förenkla virkestransporter och betalning för virke.***

Numera lagras stockens mått och kvalitet i skördarens dator. Ett litet RFID-chip kan lagra mängder av data och är inte särskilt dyrbart. Det används redan i USA för att notera vad kundvagnen i snabbköpet innehåller, och ersätter manuell personal vid ”kassan”. Skördaren skulle kunna märka varje stock med ett RFID-chip, som identifierar skogsägaren och noterar stockens egenskaper. I transporten kan i så fall stockarna från olika skogsägare blandas eftersom stockens ägare är känd. Om köparen automatiskt registrerar leverantören efter ett köp, kan skogsägaren få sin betalning. Sågverken röntgar timmerstockarna och skogsägaren bör få betalt i enlighet med vad som framgår av röntgenbilden. Detta avlastar virkesmätningens personal. Med ett sådant system, vars tekniska grunder redan finns, skulle virkestransporterna förenklas radikalt.



## 6 VIRKESKVALITET

### *Kunskap om trädval*

I ett selektivt system som Naturkultur, är kunskapen hos personen som väljer träda ute i skogen mycket betydelsefull (Vuokila 1982). Det är dessutom viktigt att personen får välja träd i lugn och ro och att han slipper hålla på med trädval under hela dagar. Arbetet är nämligen mentalt mycket krävande. Om han väljer träd på ett rent slumpmässigt sätt, vilket lätt blir fallet om han är uttröttad, blir intäkterna långt ifrån optimala.

Om den som väljer träd försöker maximera intäkten på kort sikt, avverkas de värdefullaste träden utan avseende på vad som lämnas. I värsta fall domineras den kvarvarande skogen av arter med lågt värde eller av träd med allvarliga defekter, såsom grova grenar, stamkrökar, sprötkvistar eller röta. Detta kan liknas vid att plocka morötterna ur ett land med ogräs. Resultatet blir inte en stor framtida skörd av morötter.

Det är glädjande för mig att kunna medverka till att kunskap får ett nytt värde inom skogsbruket. I kalhyggesbruket har man standardiserat åtgärderna över stora vidder och lyckats förenkla skogsskötseln till den grad att djup insikt i biologi och ekonomi inte längre ger utdelning. På skogsområden där vi övergår till kontinuerligt skogsbruk kan vi få stor ekonomisk utdelning av att rekrytera personer med gedigen kunskap. Som framgår av andra kapitel i denna bok finns dock en stor risk att man driver kontinuerligt skogsbruk, utan gedigen kunskap och därigenom sänker både volym- och värdeproduktion.

Jag vill varna för de skogsmän och skördarförare som har stort självförtroende, men liten kunskap. De kan beredvilligt åta sig att märka träd eller skörda enligt principen Naturkultur. Av detta skäl önskar jag att mitt system med ”Certifikat i Naturkultur” blir accepterat och välkänt. Endast de, som vid en teoretisk tentamen och praktiska prov i skogen, visat sig förstå hur man beräknar maximalt nuvärde för en grupp av konkurrerande träd, erhåller certifikat.

### *Positivt urval för kvalitet*

I Naturkultur genomförs den befriande gallringen så att de träd som lämnas har högt potentiellt värde. Detta är liktydigt med ett positivt urval av egenskaper såsom stamraket, finkvistighet etc. Eftersom arvbarheten hos sådana egenskaper är hög, medför Naturkultur en positiv selektion med avseende på virkeskvalitet.

Man har anledning att fråga sig om de praktiska erfarenheterna från långvarigt bruk av skiktad skog verkligen visar att man uppnår en hög timmerkvalitet. Jag vill då hänvisa till kapitlet ”Naturkultur i Tyskland” och konstatera att mängden specialtimmer, som skördades på de fastigheter som använde sig av skiktat skogsbruk, var 100 gånger större än på de fastigheter som bedrev åldersklassskogsbruk.

Lundqvist (1989) redovisade inte virkeskvaliteter i de svenska blädningssystemen, men om man använder hans diagram, som visar årsringarnas storlek över diametern, för att beräkna medeltal, visar det sig att årsringen hos träd >10 cm var tämligen konstant. Vid blädning står de största träden glest och växer fort, medan motsatsen gäller vid kalhyggesbruk. Den totala åldern hos fullmogna träd (omloppstiden) blir ungefär densamma vid de två brukningssätten, men virkeskvaliteten i den grövsta värdefullaste sågstocken blir helt olika.

Kalhyggesbruket ger timmer med stora årsringar nära stockens centrum och små årsringar nära barken. Naturkultur ger årsringar av samma storlek från centrum till bark. Den sistnämnda utvecklingen hos det enskilda trädet innebär att trädets egen volymtillväxt ökar exponentiellt, dvs. stiger allt fortare ju större diametern blir. Man kunde av detta skäl tro att skogens totala volymtillväxt alltmer överflyttas till de största träden. Detta stämmer dock inte därför att de största träden blir allt färre. I en skiktad skog med rätt struktur skapas mest stamvirke i de halv vuxna träden, se kapitlet VOLYMPRODUKTION.

I Norge har forskare noggrant analyserat virke från gran skördat sju gamla försöksytor som blädats under mycket lång tid (Eikenes et al. 1995). Från varje yta valdes fem avverkningsmogna träd >28 cm dbh. Styrka och böjhållfasthet i blädningssystemet var väsentligt bättre än virke från planterad skog i närheten. Forskarna konstaterade att blädning gav virke med jämn årsringsutveckling och hög kvalitet vad gäller hållfasthet och kvist. Någon ungdomsved kunde inte urskiljas i granarna från blädningssystemen. Trädformen blev annorlunda med väsentligt starkare avsmalning än i enskiktad skog.

I Västerbotten gjordes en jämförelse av den framtida kvaliteten i tallstockar från ett naturbestånd där en befriande gallring genomförts, med kvaliteten i tallstockar från ett kulturbestånd där två gallringar gjorts (Hagner 2000 c). Bestånden valdes så att diametern hos tallarna var ungefär lika stor, 20 cm. Tallarnas brösthöjdsålder var mycket olika, 125 år respektive 50 år. I båda bestånden bedömdes kvaliteten i bottenstockarna, när de uppnått 30 cm diameter, av specialister från virkesmätningssällskapet. Virkeskvaliteten var mycket högre i naturbeståndet (26 % första klass timmer) än i kulturbeståndet (0 % första klass timmer). Beroende på vilken skogsskötsel som tillämpades i framtiden fick bottenstockarna i kulturbeståndet ett framtida värde som var 65-80 % av värdet i naturbeståndet.

Slutsatsen av dessa studier är att en kombination av den hämning av ungdomstillväxten, som uppträder i en skiktad skog, och det urval man kan göra vid befriande gallring, har resulterat i väsentligt högre timmerkvalitet.

Det är i våra dimensionsavverkade naturskogar det nu finns en stor potential i form av kvalitetsdanade halvstora träd. Har dessa bestånd kalhuggits, tar det tyvärr ett sekel innan man återigen har skapat kvalitetsdanade halvstora träd. I mellanperioden får man nöja sig med skörd av grovkvistigt virke från de träd som fått tjänstgöra som förvuxna skärmträd i kulturskogarna. Detta förutsätter i sin tur att skogsskötarna omedelbart sätter igång med att skapa maximal skiktning i kulturskogarna. Om detta



inte sker, utan man fortsätter att som idag ”jämna ut krontaket”, så dröjer det ännu längre innan vackert timmer kan skördas i svenska skogar.

### ***Kvalitetsbedömning i skogen med sned laserscanning***

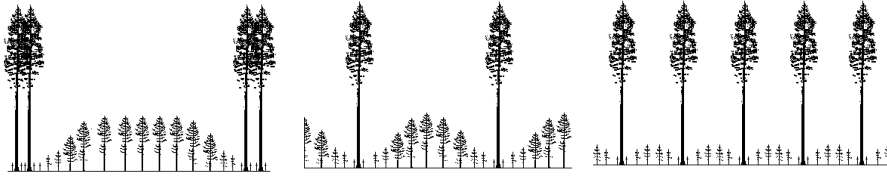
En väl fungerande bedömningsskala, som användes vid okulär besiktning av tallstammar, har publicerats av Agestam et al. (1998). Om samma bedömningsgrunder utnyttjas efter sned laserscanning från ett par lasrar på traktorn som skördar, kan kanske allt bekymmer med manuell märkning av träd upphöra. Traktorns dator, utrustad med datorprogrammen Tree och Group, kan bearbeta hela mängden med data, och visa vilka träd som skall lämnas. Lasern anger även koordinaterna för träden, vilket ger föraren besked. I en framtid är traktorn som skördar självgående, vilket gör att hela traktorn kan slippa tyngden av förarhytten. Den kan då även reglera sin egen position när den plockar ut de avverkade stammarna, för att därigenom slippa barkskador på kvarvarande träd.

### ***Konkurrensens för- och nackdelar***

Tidigare har vi konstaterat att det finns mycket naturföryngring i de bestånd vi normalt anser vara mogna för ”slutavverkning”. Vi har också funnit att vi efter befriande gallring kan berika beståndet genom utsättning av kulturplantor. Här skall vi nu diskutera hur man skall se på effekten av konkurrens från kvarstående träd.

Gallringens idé är att solljusets energi omvandlas till socker hos de träd som har mycket barr i fullt solljus. Om en liten planta växer mycket långsamt beror det på att andra träd har tagit hand om det viktigaste ljuset. Skogsägaren skall vara mycket nöjd med situationen, därför att högsta lönsamhet uppnås genom att större träd tar hand om resurserna, växer fort och kan skördas snart. Skogsägarens ekonomiska intressen gagnades bäst av att det största trädet, som han lämnade i gruppen, tog så mycket tillväxtresurser som möjligt från de mindre träden. Därigenom kan han i framtiden skörda resurserna i form av grovt virke, och det inträffar nära i tiden. Om planterade plantor dör bort, var investeringen i plantering naturligtvis meningslös, men skogsägaren skall vara nöjd med att naturen var klokast. Vi känner numera till att det vi kallar konkurrens egentligen är en effekt av att mycorrhizan prioriterar de träd som kan ge mycket socker, samt att den även resornerar långsiktigt, genom att hjälpa små träd som tillfälligt råkar ut för ljusbrist.

Ett annat exempel på det inskränkta tankesättet hos traktuggare, är de varningar för små hyggen som återfinns i många läroböcker (Figur 6.01). System med små hyggen anses resultera i nedsatt produktion beroende på att man längs kanten av hygget får en ”konkurrenszon” inom vilken plantorna på hygget växer långsamt. Författarna av läroböckerna såg uppenbarligen endast en sida av myntet. Konkurrenszonen uppstår givetvis som en följd av att de stora träden utanför hygget tar näringsresurser från plantorna.



Figur 6.01. I läroböcker varnas för produktionsförluster orsakade av konkurrenszonen i hyggeskanten. Detta synsätt bygger på antagandet att alla träd på hygget skall avverkas samtidigt i en slutavverkning, och då är det inte önskvärt att några träd är mycket mindre än de andra. Läroboksförfattaren har då inte insett att det virke som saknas i de små träden i huvudsak kan återfinnas i de stora träd som framkallat konkurrensen. Eftersom skogsägaren kommer att skörda de stora träden utanför hygget mycket tidigare än de nyplanterade träden, blir nuvärdet av virket skapat i konkurrenszonen större ju effektivare konkurrensen är (Jakobsson och Nilsson 2005). Utöver detta tillkommer att han får skörda de aktuella kubikmetrarna fokuserade till några få stammar i stället för i många små gallringsstammar. I princip gäller alltså att effektiv konkurrens, dvs. att stora träd har förmåga att ta tillväxtresurser från små träd, leder till att vi, av ekonomiska skäl, bör ha så små hyggen som möjligt. Med andra ord kan detta uttryckas så att skogsägaren bör eftersträva så stark skiktning som möjligt i bestånden. Avståndet mellan de stora träden bör alltså helst vara som bilden i mitten.

I konsekvens med detta bör konstateras att man vid befriande gallring aldrig skall avverka stora ekonomiskt omogna träd för att åstadkomma god tillväxt hos mindre träd. Den som märker träd för avverkning skall därför ägna den mesta energin åt att ”nästa-skörds-träd” får bästa möjliga utveckling.

Resonemanget förutsätter dock att det är samma potentiella virkeskvalitet i stora och små träd. Forskningsresultat (Valinger 1990) tyder på att ”fullvuxna” träd, dominanterna till vänster i figur 6.02, använder mindre del av sina fotosyntesprodukter till utveckling av stammen än ”halvvuxna” träd, dominanterna till höger i bilden. Med tanke på volymproduktionen är det därför bättre att skogen ser ut som till höger i bilden. Emellertid kan skogsägarens ekonomi eventuellt gagnas bäst av att skogen ser ut som till vänster, exempelvis om de stora träden är av mycket hög kvalitet och de just är i färd med att växa in i en högt värderad diameterklass.



Figur 6.02. Skärmträden till vänster är mogna träd inställda på förökning. Skärmträden till höger är omogna och inställda på fortsatt höjdtillväxt.

### **Lämplig konkurrens – Framtida virkeskvalitet**

Den övergripande målsättningen vid uttag av träd är att maximera nuvärdet i trädgruppen. Min erfarenhet är att vi lätt stirrar oss blinda på hur plantor mår och

överlever, när vårt intresse i stället skall vara fokuserat på de träd som skall skördas i nästa huggning.

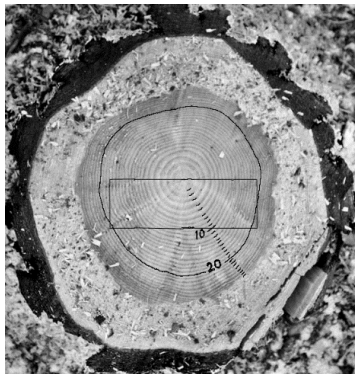
Icke desto mindre måste vi hålla kontroll över utvecklingen hos de små träden, ty deras grenbildning och stamtillväxt avgör det framtida värdet. När man planterar tall i en lucka är det bra att veta om de omgivande träden kommer att hämma detta ljusälskande trädslag i så hög grad att det unga trädet sannolikt dukar under. Tämmligen exakta uppgifter får Du under rubriken ”När är en lucka så stor ...”

Vi vet från många studier att de ”välrojdade” och glesa kulturskogar, som växer upp på våra kalytor, tyvärr inte innehåller annat än mycket kvistiga träd (Persson 1976, 1983). Vid provsågning av 22 stycken femtioåriga ungskogar av tall i Västerbotten visade det sig att kvaliteten i timret var mycket dålig (Nordström 2005). Kvistighet och mängden ungdomsved var stor.

Ungdomsved bildas i de första 20 årsringarna från märgen. Denna ved kännetecknas av tunna cellväggar. Mikrofibrellerna i cellens längdriktning har också större vinkel än i normala celler. Detta leder till dåliga egenskaper med stark svällning och krympning. En plankan med mycket ungdomsved är svag och slår sig vid torkning. Det önskvärda är att de första 20 årsringarna är smala. Då utgör andelen ungdomsved så liten del av plankan som möjligt.



Denna stock med 30 cm diameter under bark har 30 % ungdomsved.



En plankan på 50 x 150 mm har sågats efter märgklyvning. Den innehåller enbart ungdomsved.

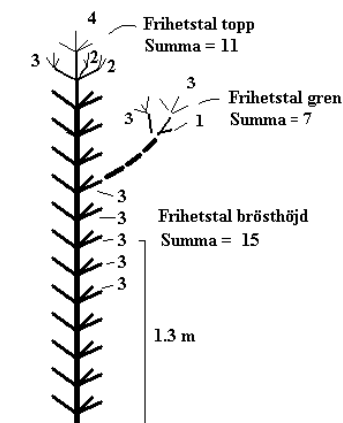
Om toppen på en tall har passerat manshöjd har redan virkeskvaliteten i den framtida bottenstocken i huvudsak fixerats, trots att bara 10 % av odlingstiden fram till skörd passerat. Med hjälp av frihetstalet i topp (Figur 6.03) kan skogsskötaren styra

utvecklingen hos de små träden. Den som vårdar skogen kan på liknande sätt bedöma hur utvecklingen sker av grenbildning genom att räkna frihetstalet på största grenen (Figur 6.03). Stort frihetstal medför att grenen lever länge och blir grov.

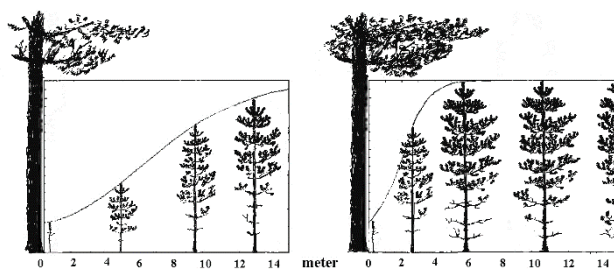
Han kan även använda frihetstalet i brösthöjd som ett historiskt dokument för att förklara den troliga kvistigheten i bottenstocken. (Figur 6.03).

Studier på riktigt mager mark (Hagner 2002 d) visade att man troligen måste sänka grundytan i överbeståndet till 5 m<sup>2</sup> för att få upp ungtallar med lämplig krontyp. Håller man skogen tätare än så blir småtallarna så gämliga att de sannolikt blir förstörda av snö, betning eller självgallring. På en medelgod mark i Västerbottens kustland tycktes 9-19 m<sup>2</sup> grundyta i överbeståndet av tall resultera i frihetstal på önskvärd nivå för små tallar (Hagner och Lundgren 2002).

En inledande studie av frihetstal på gren och i topp (Figur 6.03) visade att sambandet däremellan är svagt. Detta tyder på att man har anledning att studera båda måtten för att få en korrekt uppfattning om stockens potentiella kvalitet

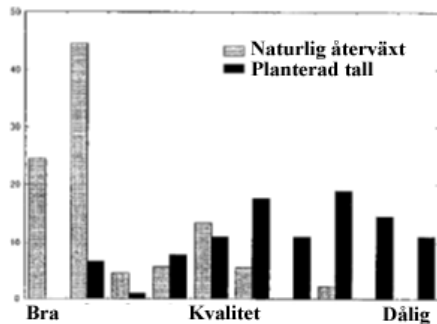


Figur 6.03. Tallens morfologi avgörs av hur många grenar som bildas per grenvarv samt av hur grova grenarna blir. Detta gäller för den del av trädet som skall bli sågtimmer. Frihetstalet i toppen skildrar hur många grenar det blir per grenvarv. Frihetstalet på största grenen avgör hur länge denna gren kommer att leva, vilket är liktydigt med hur grov grenen blir. Frihetstal i brösthöjd kan användas för att påvisa det historiska skälet till dagens sågtimmerkvalitet. Läs mera i Hagner 2002 d, e, och Hagner och Lundgren 2002.



Figur 6.04. Till vänster växer unga tallar intill ett kvarglömt fröträd på mager tallhed i Tornedalen. Intill fröträdet är konkurrensen så stark att den lilla tallen har frihetstalet 1. Frihetstalen ökar med avståndet: 5m = 10, 9m = 15, 11m = 20. Till höger växer unga tallar intill ett kvarglömt fröträd på bördig mark i Blekinge. Intill fröträdet är konkurrensen så stark att frihetstalen är 1 på den minsta tallen. Räckvidden av konkurrensen är mycket mindre än i

Tornedalen vilket syns på frihetstalen: 3m = 15, 6m = 25. Det högsta frihetstalet jag noterat på ett hygge i Småland var 52.

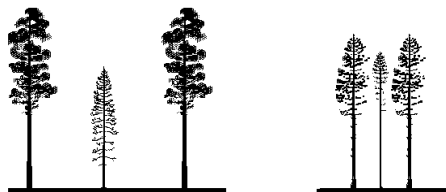


Figur 6.05. Agestam et al (1998) skapade en väl fungerande tiogradig skala för bedömning av tallars förädlingsvärde.

Om trädmärkaren registrerar förädlingsvärdet hos de större träden som skall skördas, kan skogsägaren få bättre betalt för sin rotpost, därför att köparen vet vad han betalar för.

Jäghagen (1997) ägnade hela sitt doktorandarbete till studier av konkurrensens inflytande på unga tallars överlevnad, tillväxt och potentiella timmerkvalitet. I ett fyrtioårigt planterat tallbestånd var den potentiella timmerkvaliteten bättre, med avseende på antal grenar, grendiameter, stamraket, hos de plantor som kommit efter i höjdtveckling i tidig ålder. Jäghagen sammanfattade sina rön på följande sätt. ”Studierna visar, att man med kunskap om konkurrensens inflytande på växtsättet hos tallplantor kan utforma bra alternativ till täta, jämna föröngningar. Dessa alternativ kan ge både acceptabel produktion och timmerkvalitet.”

Hög- respektive lågskugga bör nämnas i samband med resonemang om tallars morfologi (Figur 6.06).



Figur 6.06. Högskugga till vänster skapas av väsentligt högre träd. Lågskugga till höger skapas av träd av nästan samma längd (Oliver och Larsson 1990). Kronan hos tallar i högskugga förblir djup och stamformen blir konisk. En sådan tall kan klara snöbelastning och vind efter friställning. Tallen i lågskugga får en liten krona högst upp och slank stam. Den tål inte att friställas utan bryts ned av snö (Valinger och Lundqvist 1992,1993).

### **Hur behandlas en likåldrig jämn skog – Røjning - Gallring**

Idag förordas att man bör röja, helst i flera omgångar. Anledningen är att det är fördelaktigt att så snart som möjligt fokusera tillväxtresurserna i sådana träd som

kan ge inkomster, dvs. överleva till dess de ger ett netto. Vänder man på resonemanget är det ur skogsägarens synvinkel inte önskvärt att trädbiomassa förstörs genom självgallring.

Man skulle kunna tro att de plantor och träd som dött av trängsel skulle gödsla marken när de ruttnar ner och på så sätt öka produktionen. I bästa fall skulle man kanske inte ens förlora någon stamvolym på grund av självgallringen. Tyvärr visar många provtytor, som fått stå utan gallring, att totalproduktionen av friskt virke aldrig kunnat mäta sig med gallrade jämförelseytor. När man lägger samman stamvolymen hos döda stammar med den i levande stammar, blir totala volymen nästan densamma som i angränsande ytor, vilka varit så glesta att självgallring inte inträtt. Detta visar, tyvärr, att skogsägaren går miste om innehållet i sådana stammar som självdör. Av denna anledning är röjning och gallring motiverad. Den ökar inte totalproduktionen, men den ökar produktionen av gagnvirke.

Med hänsyn till biodiversiteten vet vi emellertid att död ved är gynnsam, både när den finns i form av stående och liggande trädstammar.

Den vanliga metoden för röjning och gallring är att likforma beståndet, såväl med avseende på trädstorlek som med avseende på förband. Man lämnar träd som står på så jämnt avstånd från varandra som möjligt och man tar bort de största och de minsta träden. I de rekommendationer om röjning som lämnas på Internet, sägs att man skall lämna ett jämnt böljande krontak. Anledningen till rekommendationen är uppfattningen att åtgärden leder till bästa möjliga ekonomi. Traditionen att likforma bestånden går tillbaka till Wretlind (1934).

I ett ungskogsbestånd finns alltid en olikhet mellan närstående träd i barmängd, virkeskvalitet, årsringsbredd, grengrovlek och grenantal. De största träden i ett ungt tallbestånd, vilka ofta kallas "vargar", har största barmängden, grövsta årsringarna, grövsta grenarna och längsta toppskotten. Lämnar man dem fortsätter beståndet sin höga tillväxt och vargarna uppnår snabbt en storlek som ger ett gallringsnetto. I dag kan även tämligen grovgrenigt tallvirke säljas som "friskkvistvirke" till möbelindustrin, såvida kvistarna inne i stocken är utan röta.

När dessa "vargar" fallit i första gallringen bör man helst ha kvar "framtidsträd" som kan ge högklassigt kvistfritt grovt timmer i bottenstocken. Detta förutsätter emellertid att de växte behärskade av större träd under den tid då deras topp befann sig under 5 meter, dvs. inom den del som skall bli kvistfritt virke. Skall man uppnå detta måste en röjning göras så att vargarna står glest, medan de små framtidsstammarna har god plats mellan vargarna.

Det är av ovanstående skäl lätt att förstå att en konventionell röjning, som friställer likstora träd av kategorin medhärskande, inte är idealisk vare sig med tanke på den fortsatta volymproduktionen, eller med tanke på den framtida virkeskvaliteten. Det allvarligaste är att bottenstocken, som vanligen svarar för 50-70 % av intäkten, kvalitetsdanas redan då träden är 1-5 meter långa. Därefter kan man inte göra mycket åt virkeskvaliteten i stammens mest värdefulla del. Eftersom röjning sker när träden är i detta höjdiintervall är kvaliteten i bottenstocken redan anlagd hos de större

träden. Det är bland de små träden man finner dem som kan ge fanér någon gång i framtiden, men det gäller att ge dem en hämmad utveckling intill dess att de passerat 5 m längd.

En noggrann studie som verifierar vad som sagts ovan gjordes av Jäghagen och Albrektson (1996). De fann att den potentiella timmerkvaliteten hos 35-årig tall var bättre, med avseende på grenantal, grengrovlek, sprötkvistfrekvens och stamraket hos träd som kommit efter i storlek redan två år efter planteringen. Deras slutsats var att man kan skapa kvalitetsdanade stammar genom att skapa storleksvariation i ett ungt tallbestånd, och att detta är ett gott alternativ till att skapa kvalitet genom att arbeta med hög stamtäthet i ungskog med likstora träd.

### **Felaktig röjning**

Den som följer anvisningarna i våra läroböcker, röjer med syfte att skapa ett jämnt krontak. Detta innebär att man tar bort både de största och de minsta träden. Volymproduktionen sätts tillbaka när de största träden med mest barr röjs bort. De små ungtallar, som har den största potentialen att i framtiden ge hög timmerkvalitet, tas också bort.

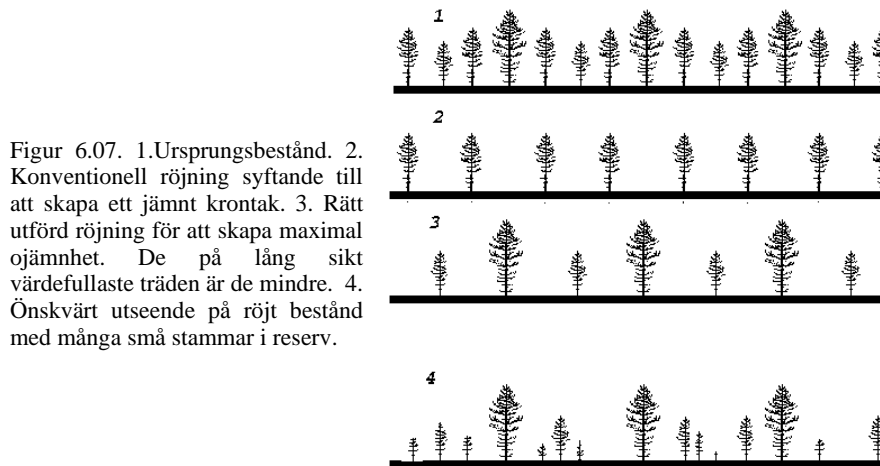
Anledningen till denna ointelligenta åtgärd, som ter sig egendomlig mot ovanstående vetenskapliga bakgrund, är att man fått för sig att det framtida beståndet enbart skall ha likstora träd, som skall skördas i en slutavverkning som fullvuxna timmerträd med hög virkeskvalitet. I realiteten sker en kraftig skiktning även efter röjningen. I tallbestånden sluter sig kronorna tätt och en kraftig kvistdöd sker hos alla träd. De grövsta förvuxna individerna får grova ruttna grenar som vallas in i virket, vilket som alla vet ger sämsta timmerkvalitet. De klenare får en kvistfriare stam och mycket högt ansatt krona. Sådana tallar brukar man kalla "borstviskare" på grund av likheten med det verktyg som man använder för att rensa pipan på gevär. Den som försöker glesa ut beståndet så att dessa "borstviskare" befrias, får uppleva att snön vanligtvis bryter dem. Tyvärr leder alltså den konventionella ungskogsskötseln till att man tvingas ta bort de klenare stammarna i flera på varandra följande gallringar.

Tallbestånd med denna konventionella skötsel jämfördes med ett tidigare "exploaterat" skiktat bestånd, i vilket man tagit tillvara de kvalitetsdanade halv vuxna tallarna (Hagner 2000 c). Det visade sig att bottenstockens virkesvärde i det förstnämnda beståndet låg på 40-80 % av värdet i det sistnämnda beståndet.

### **Rätt utförd röjning**

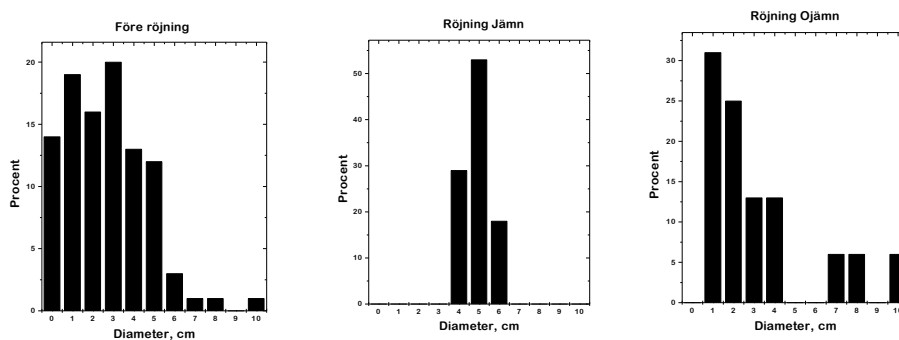
I en, enligt min mening, riktigt utförd röjning friställs träden rejält (Figur 6.07). Dominanterna, de vi kallar vargar, ges stor plats genom att medhärskande träd röjs bort. De små träden friställs så mycket att de kan behålla en djup krona. Den behövs när de småningom friställs genom bortgallring av dominanterna. Eftersom framtidsträden vid röjningen är tämligen små, 1 - 4 m långa, kommer en ansevärd del att skadas eller dö. Man måste därför lämna ett betydande antal reserver. Om de små träden skall få plats att utvecklas med frihetstal >10 måste dominanterna stå på

stora avstånd. Den som röjer måste innan han sätter igång skaffa sig lokal erfarenhet genom att studera i vilka situationer som småträäd får lämpligt frihetstal.



Figur 6.07. 1. Ursprungsbestånd. 2. Konventionell röjning syftande till att skapa ett jämnt krontak. 3. Rätt utförd röjning för att skapa maximal ojämnhet. De på lång sikt värdefullaste träden är de mindre. 4. Önskvärt utseende på röjt bestånd med många små stammar i reserv.

Min erfarenhet inskränker sig till ett enda försök som jag anlagt i Östergötland hösten 2001 (Hagner 2002 c). Vid röjningen i en cirkelyta med 5 m radie reducerades antalet stammar till 2100 st/ha (14 % av ursprungsantalet) både vid konventionell röjning och där ojämnheten maximerades (Figur 6.08). Slutenheten blev mycket lägre i det senare beståndet beroende på det stora avståndet mellan dominanterna. Dessa fick stor plats och har vuxit mycket fort.



Figur 6.08. Röjningsförsök i södra Östergötland anlagt 2001 (Hagner 2002 c). Diagrammen skildrar diameterspridningen i en och samma cirkelyta med 5 m radie (79 m<sup>2</sup>) efter tänkt röjning på två skilda sätt. I det ojämna beståndet är andelen stora stammar endast 18 %. Dissimilarity coefficient (Hagner och Nyqvist 2000) i det jämna beståndet var 0.06 och i det ojämna 0.34. I ursprungsbeståndet var koefficienten 0.45.



## 7 TEKNIK

Långsiktig produktionsforskning har visat att den reduktion av bladytan som blir följden av gallring, reducerar tillväxten av virke. Därför är det bra att gallra ofta, dvs. gallra med låg intensitet. Detta ställer nya krav på dem som utvecklar avverkningsteknik. Självt har jag studerat plockhuggning med helikopter på Borneo. Den finansieras av staten därför att den ökar värdetillväxten i restbeståndet, jämfört med plockhuggning med markbunden transport. När man så småningom utvecklat transport med luftskepp, kommer man att kunna skörda mogna träd kontinuerligt över hela fastigheter genom att lyfta stammarna rätt upp ur skogen. Givetvis blir virkesvärdet högst om man kan ”plocka russen ur kakan”.

### ***Nuvarande teknik med skogstraktorer***

Mina tolv stora försöksområden i Sverige anlades 1989-1993. De har avverkats med den teknik som råkade vara tillgänglig i trakten där försöket anlades. Ytorna gjordes tillräckligt stora för att man skulle kunna göra en jämförelse av kostnaden vid plockhuggning och kalavverkning.

Resultaten (Hagner 1992) visade att de skördare och skotare som användes var fullt användbara även vid plockhuggning. Två undantag fanns dock. I Härjedalen användes en engreppsskördare som var alltför liten för att greppa de stora fjällgranarna. Då måste manuell fällning och kvistning tillgripas med stark kostnadsstegring som följd. I en annan yta användes en tvågreppsskördare i såväl kalavverkning som gallring. Inte oväntat blev gallringen starkt fördyrad. Jämfört med kalhuggning noterades att man som ett medeltal, för alla de åtta storskaliga försök som granskades, fick 25 % fördyring av avverkningen (motsvarade 20 kr/m<sup>3</sup>) om endast 50 % av volymen skördades. Givetvis berodde den relativt ringa kostnadsfördyringen på att man vid plockhuggningen i "slutavverkningsbestånd" ökade medelvolumen per träd. I en doktorsavhandling (Persson 1992, Lagesson 1996) visade det sig att höggallring, jämfört med låggallring, ökade produktiviteten med 20-40 %. Ökningen var 39 % om träden som skulle gallras bort hade märkts ut i förväg. När träden inte var märkta var ökningen 22 %. Vid höggallring ökade således produktiviteten med 14 % om träden som skulle skördas var märkta i förväg.

Trots en ökad produktivitet vid Naturkultur, var alltså kostnadsfördyringen, jämfört med kalhuggning, 25 %. Att denna kostnadsökning ansågs vara acceptabel, berodde på att den ökade timmerandelen medförde väsentligt stegrade intäkter. OBS. I medeltal för de vetenskapligt anlagda försöken med Naturkultur blev drivningsnettot per kubikmeter, nästan exakt detsamma för kalavverkning som för den befriande gallringen.

Det bör påpekas att inkomsten per hektar blir lägre för Naturkultur beroende på att färre kubikmeter skördas per hektar vid plockhuggning än vid kalavverkning. Emellertid tyder allt på att den totala virkesproduktionen på fastigheten blir minst lika hög vid bruk av skiktad skog som vid kalhyggesbruk. Vid varje avverkningstillfälle skall man därför plocka ut lika många kubikmeter virke oavsett vilken metod som används. Ständigt bör skogsägaren skörda fastighetens hela tillväxt, varför arealen som plockhuggs blir ca dubbelt så stor som om

kalhyggesbruk tillämpas. Därför blir skogsägarens nettobehållning densamma vid de två typerna av avverkning. OBS. Detta har visat sig vara det svåraste att förstå för dem som utbildats i skogsbruk.

Även om denna första avverkning inte gav mycket större netto per skördad kubikmeter, beräknades att nästkommade befriande gallring skall ge väsentligt ökade dimensioner och högre nettoinkomst. Detta besannades i högsta grad vid den andra avverkningen i försöket i Södermanland. Där blev drivningsnettot vid andra avverkningen dubbelt så högt som vid första.

Vid den andra avverkningen i Södermanland, användes en helt annan och ny typ av skördare (Figur 7.01). WoodKing är ett skördaraggregat + liten skopa, som monteras i stället för den stora skopan på en vanlig grävmaskin. Denna enhet visade sig ha en väsentligt större räckvidd än vanliga skördare, 11 m i stället för 8 m. Den kraftiga armen och tyngden i maskinen gjorde det möjligt att under fallet lyfta tallar på 65 cm i diameter in i stickvägen. Nästan alla grenar placerades på stickvägen och mycket ringa fällskador noterades på kvarstående träd. Maskinens framkomlighet visade sig också vara mycket stor.



Figur 7.01. En skördare gjord för Naturkultur bör vara så stark att den enkelt kan hantera stora träd och så smidig att den kan vända på en mycket liten yta. Skördaraggregatet WoodKing, som monteras i stället för en skopa på en vanlig grävmaskin, har även en liten skopa som svängs fram som ett alternativ till skördaraggregatet. Med den skopan kan grävaren bygga sin egen väg och den kan med skopan gripa tag i underlaget vid klättring i brant terräng. En grävmaskin är en billig basmaskin, som också kan utnyttjas för andra arbeten än avverkning.

Vanliga skördare och skotare är användbara, såvida förarna har vett att se sig för. I merparten av de tolv stora försöksytorna med Naturkultur blev mindre än 10 % av de kvarvarande trädstammarna skadade. Vid en senare genomförd praktisk tillämpning av Naturkultur uppstod dock allvarliga skador (Hagner 2001b). Trots intensiva kontakter år 2000 med Norrskog i Jämtland, som önskade köpa virket och sköta avverkningen, skadades inte mindre än 46 % av stammarna så allvarligt, att sågtimret i bottenstocken kommer att nedklassas till lägsta klass. En ekonomisk beräkning visade att beståndets nuvärde troligen sänktes med minst 10-20 %. Detta trots att förlust av specialsортiment ignorerades. I jämförelse med hela avverkningskostnaden, ca 9000 kr/ha, motsvarade nuvärdeminskningen p.g.a. barkskador 4500 kr/ha. Markägaren kan därför anses ha fått avverkningen fördyrad med 50 %. Vid ett andra försök med Naturkultur har skador i nivån 3 % noterats. Det finns all anledning att varna för ansvarslösa förare i skördare och i skotare.

## Framtida teknik

Mitt tio år långa arbete med "Reduced Impact Logging" i Ostasien och Kanada innehöll studier av system där helikopter och heliumfyllda ballonger användes för virkestransport.

Jag har studerat virkestransport med helikopter på Borneo. Maskinen är mycket snabb för transport mellan stubbe och till bilväg. I medeltal tog en runda endast 120 sekunder. Jag blev emellertid övertygad om att de mogna träden inte bör fällas utan kvistas och barkas stående.



Jag har också provflugit Good Years luftskepp, 25 x 65 m stort. Min slutsats blev att ett luftskepp är så trögt att navigera, att det är oanvändbart för skörd av träd.



Mitt arbete utmynnade 2002 i förslag enligt figurena 7.02 och 7.03 (Hagner 2002f).

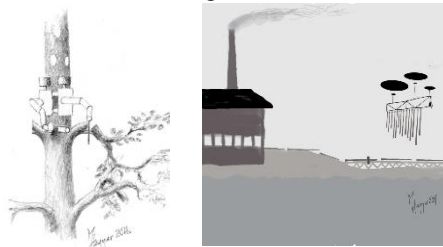


Figur 7.02. Mitt förslag år 2002 till luftburet systemet för avverkning i tropisk regnskog såg ut så här.



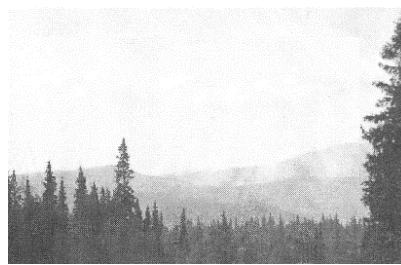
Figur 7.03. Under flygningen till kusten kopplar transportballongen sig till andra likadana ballonger och minskar luftmotståndet genom att bilda tåg. Utanför sågverket släpps timret i vattnet efter det att ballasttanken fyllts med vatten.

Jag och mina medarbetare tankar nu år 2019 att ett bra luftburet system för skörd av träd är obundet till vägar och det kan plocka träd överallt just när de nått ekonomisk mognad. Satellitnavigering med GPS, videokameror gör de luftburna drönarna autonoma. Trädstammarna kvistas stående av en robot, som av en drönare sätts i trädets topp. Samarbetande små tefat fyllda med heliumgas, sågar av stammarna vid marken och lyfter dem rätt upp till ett lager med hängande stammar. När lagret är fyllt lämnas stammarna utanför sågverket. Där röntgas de och ett chip i stammen berättar vilken skogsägare som är leverantören. Röntgenbilden visar var kvistar finns inne i stocken och datorn räknar ut hur stammen skall kapas och hur stockarna skall sågas. Markägaren får betalt i proportion till kvaliteten på stammen. Virkesmätningssällskapet ser till att systemet fungerar till allas belåtenhet. Ingen människa behöver granska stockarna.



Figur 7.04. En robot skär av grenen uppifrån. För att undvika att virket på stammen skadas görs två snitt, det första 50 cm från stammen. Vid sågverket placeras stammarna på röntgenbordet, och datorn avgör hur stammen skall kapas och stockarna sönderdelas. Ett chip i stammens

rotände visar vem som levererat den. Ersättning till skogsägaren utgår i proportion till stammens virkeskvalitet. Manuell virkesmätningen blir onödig.



Figur 7.05. Samma skog före (vänster) och efter (höger) plockhuggning med luftburen skördare. Inga fällskador uppkommer på de kvarställda träden. Ekosystemet förblir tämligen naturligt. Marken komprimeras inte av tunga hjul, och bäckarnas vatten förblir drickbart.

### Koldioxid

Plockhuggning i stället för kalavverkning ökar skogens bindning av koldioxid. Enligt egna beräkningar (Hagner och Ancker 2012), kan skogsbrukets emission av CO<sub>2</sub> från traktorer och timmerbilar reduceras till 1 % av nuvarande, om lyftkraften hämtas från luften, och behovet av bilvägar försvinner.

Figur 7.06. Lyftkraften i heliumgas är 1 kg/m<sup>3</sup>. Ballongen görs strömlinjeformad som ett tefat. Amerikanska forskare har drivit ett flygplan med en ljudlös elmotor utan rörliga delar. Den skapar kraftig ”jonvind” genom att jonisera en del av kvävemolekylerna i luften. Lasten kan hänga i en winsch med 100 m lång lina. Med denna teknik behöver tefatet aldrig landa för att lossa och

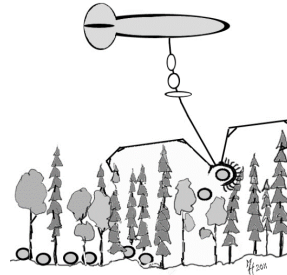


lasta. Om många tefat kan samarbeta för att lyfta tunga lass, kan tefaten massproduceras i några få storlekar.

Intensiteten i plockhuggning med luftburen teknik kan sänkas till ett minimum. Detta medför att volymproduktionen hålls på maximal nivå (Hagner och Holm 2003). Befriade träd råkar inte ut för chockartade förändringar. Ekosystemet kan fungera utan stora störningar.

**Annat exempel på användning av luftburen teknik.**

Figur 7.07. En spindelliknande robot hålls tyngdlös med en heliumfylld ballong. Den skördar en liten del av trädens tunna grenar och simulerar vanligt bete av insekter. Kvistar och barr skapar ensilage i plastskyddade ägg som läggs på marken. En transportballong fraktar sedan bort äggen. När vi skapat möjlighet att årligen beta skogen kommer denna typ av ensilage skapa möjlighet att producera stora mängder mjölk och kött.



## 8 SKADOR

### ***Mortalitet och skador***

Inget skogsbrukssätt kan modelleras utan hänsyn till mortalitet och skador. I vissa ekosystem, till exempel i den tropiska regnskogen, är mortaliteten för träd, >10 cm dbh, normalt 10 % per år, under några år efter en avverkning (Whitmore 1990). I Sverige var mortaliteten bland små plantor efter kalhuggning på tallhed hela 21 % per år (Sundkvist 1994). Mortaliteten är en följd av mekaniska avverkningsskador och av angrepp från insekter.

I de beräkningar som presenterats i denna bok ingick inga förluster av detta slag. Från en ekonomisk utgångspunkt är förluster bland stora träd som skall skördas i nästa omgång de viktigaste. Skador är kanske ännu viktigare än direkt mortalitet, ty de tillväxtresurser, som döda träd skulle ha utnyttjat, tas tillvara av granträd eller plantor. Skadade träd utnyttjar resurserna, men producerar lågvärdigt virke. Barkskador kan upptäckas med ögonen och korrigerad kan ske genom förtida avverkning. Rotskador är värre, eftersom de inte kan upptäckas med ögonen. Vid selektiva avverkningar är det därför mycket väsentligt att traktorer med många hjul och med lågt ringtryck kommer till användning. Av dessa skäl använder man helikopter för virkestransport efter selektiv avverkning i Canada, USA och i Malaysia.

### ***Solbränna***



Figur 8.01. En gran med solbränna på sydsidan av stammen. Bilden är tagen 2013 i Åliden, ett försök med Naturkultur anlagt 1991. Trots 22 år av solbelysning av den kala stammen har granen inte kunnat anpassa sig till den exponering den utsätts för.

Solbränna är typiskt för granar i solbelysta skogsbryn mot hyggen. I försöket Åliden, 3 mil norr om Umeå, kan man inte finna någon gran med solbränna mer än två trädlängder in i den höggallrade parcellen GLES, mätt från kanten av ett kalhygge, dvs. parcellen KAL. I GLES tog man ut 50 % av kubikmassan och i KAL tog man 98 %.

Att solen är upphovet till skadan är helt klart eftersom det alltid är enbart solbelysta stammar som drabbas, och den flagnande barken finner man på sydsidan. Jag har aldrig observerat motsvarande skada på något annat trädslag än gran. Det är endast granar som saknar skydd av

grenar med barr som är drabbade. Granar som växer upp friställda i skogsbryn behåller levande grenar ända ner till marken och drabbas inte av solbränna.

Gran med solbränna uppvisar ofta väldigt gles krona. Inom något år efter att granarna i en hyggeskant blivit friställda dör en hel del av dem. Skogsmän brukar säga att de ”torkar bort”.

Granar som fortfarande har grenar med barr på låg höjd, förtätar barmmassan snabbt genom att väcka liv i sovande knoppar i barken. Detta tycks vara det enda sättet för en gran att undvika långvarigt lidande av solbränna.

Jag känner inte till några vetenskapliga arbeten som förklarar solbränna, men har själv funnit att gran ibland har falska årsringar skapade av någon faktor som allvarligt stört cellbildningen i den innersta delen av årsringen. Min hypotes är därför att cellerna i granens kambium luras av vårsolen till aktivitet som minskar cellernas tolerans för det temperaturfall som inträffar en kall vårväll när solen går ner. Alternativt uppstår skadan av att cellerna värms upp alltför snabbt.

Denna skada är välbekant för alla skogsmän i dagens Sverige. Vi odlar gran i så täta bestånd att nedre delen av stammen saknar levande grenar redan vid halva omloppstiden. Kalhuggna områden gränsar ofta mot bestånd som skall odlas vidare under många decennier. Solbränna drabbar då kanträden som dör eller mår dåligt. Deras immunförsvar i form av kåda blir nedsatt, vilket leder till framgångsrika attacker av exempelvis barkborre.

Metoden Naturkultur skapar både glesare skog och träd med djup grön krona, och dessutom leder den till att kalhuggning inte förekommer. Problem med solbränna och nedsatt kondition hos gran bör därför reduceras och förhoppningsvis minskar också problemen med granbarkborre.

### ***Reduktion av bladyta***

I vår försöksserie har vi noterat skador vid vinteravverkning när mycket snö ligger i trädkronorna, vid s.k. upplega. Därutöver har det varit uppenbart felaktigt att avverka när temperaturen är så låg som -20°C. Grenarna är sköra och går av. Den assimilerande bladytan reduceras på de träd som befrias.

### ***Barkskador***

I den stora serien försök som anlades 1990 ligger procenten träd med barkskador på ungefär 10 %. Även i försöket utanför Umeå, där en tvågreppsskördare användes, blev skadorna inte fler. Detta visar att maskinförare med gott omdöme finns. I senare anlagda ytor, hos Martin Lundgren i Västerbotten och hos Glommens skogsägare i Norge, pressades skadenivån ner till 3 %. Emellertid uppnåddes bottenrekordet vid en avverkning genomförd av Norrskog i Jämtland, där 48 % av de kvarvarande träden hade barkskador. Efter diskussioner med skogsägareföreningens personal friställdes den entreprenör som misskött sig. Därefter gavs kvarvarande entreprenörer en kurs i gallringsteknik. När resterande plockhuggning genomfördes,

på samma fastighet i Jämtland, var skadorna nere på acceptabla skadenivån 5 - 10 %.

Den som vill fördjupa sig i dessa frågor hittar mycket värdefullt i en norsk doktorsavhandling av Granhus (2001). Tillsammans med Fjeld visar doktoranden att skador på träd >3 m var 6-18 %, men på beståndsföryngring 25-55 %, när avverkningen företogs med engreppsskördare + skotare. Skadorna på träd var hälften så frekventa när manuell fällning kombinerades med lunning bakom gårdstraktor. Dock gällde detta endast inom 4 m från traktorvägen. Tidigare undersökningar visar ungefär samma generella skadenivåer. Sannolikheten för stamskada på träd > 3 m vid mekaniserad avverkning fördubblades vid fördubblad avverkningsintensitet. Den var 1.4 gånger så stor intill traktorvägen som 6 meter därifrån, och 2.0 gånger så stor som 12 meter från traktorvägen.

I vetenskapliga studier av selektiv avverkning under sommaren, fann man att det blev betydligt värre skador på stammar och mark när vädret var blött (Dale et al., 1993, Persson 1993, Fjeld 1994).

### **Vind- och snöbrott**



Figur 8.02. En tall som stått fritt i hela sitt liv blir inte lång och den bygger en stor grönkrona ända nerifrån marken. Den klarar både vind och snöbelastning.

Träd är opportunist, dvs. de anpassar sig helt till sin miljö och tar chansen att växa ut i sidled så fort de får tillfälle (Figur 8.02). Detta innebär att träd som står skyddade för vind och snötyngd, inne i en tät skog, är dåligt rustade för den förändring som blir följden av en gallring. Med ökad gallringsstyrka måste man räkna med ökad risk. Detta gäller även i skog som står i vindskyddade lägen. Där har träden inte alls blivit utsatta för vindstörningar och har därför osedvanligt dåligt försvar mot vindpåverkan.



Figur 8.03. Tall är mindre känslig för vind än gran, men efter en stark gallring i ett bestånd utan underväxt kan skadorna blir mycket omfattande.



Figur 8.04. Stormen Gudrun drog fram över södra Sverige i januari 2005. Vi förstod att när vinden når orkanstyrka kan alla typer av skog jämnas med marken.

Figur 8.05 Över kalhygget med små plantor i förgrunden fick vinden stor kraft ända nere vid marken. Längs hela hyggeskanten fälldes alla träd och genom dominoeffekten spred sig effekten långt in i granskogen. Bakom det stormfasta skogsbrynet till vänster föll också träd, men där blev en del träd stående. Till höger om kalhygget blev skogen helt oberörd, därför att den stod skyddad bakom annan skog. Slutsatsen är att om vi inte blir utsatt för en orkan, som faller alla träd, överallt, så bör vi i första hand undvika att skapa hyggen, eftersom stormskadorna startar i hyggeskanter.



Figur 8.06. Exponerade kanter runt nyupptagna kalhyggen är upphovet till en stor del av våra stormskador (Laiho 1987). Där är vindstyrkan mycket stark ända nere vid marken. När skogen faller lyfts vinden över de träd som ligger och bromsas av de få träd som lyckats stå kvar, upprätta eller nedböjda. Till slut upphör stormfällningen.

Bakom vindhårdade skogsbryn runt åkrar, sjöar och myrar, förblir skogen stående. Vid gallring är det ytterst viktigt att inte minska den vindskyddande effekten av skogsbryn.

Två viktiga frågor att besvara är i så fall,

- hur brett är ett skogsbryn
- hur många år tar det innan skogen i en hyggeskant är stabil



Figur 8.07. Bredden på den stormfasta trädriddån i åkerkanten är en knapp trädlängd, dvs. 10-20 m.

Själv har jag inte funnit någon forskningslitteratur som visar bredden på ett fungerande skogsbryn, men mina praktiska erfarenheter säger mig att svaret är ungefär 15 m. Om jag testar denna hypotes på skogsbrynet i åkerkanten (Figur 8.07) så framgår det att den stabila trädriddån är smalare än en trädlängd. Måttet 15 m är därför ett riktmärke som jag tills vidare nöjer mig med.

Tiden det tar för träd i ett skogsbryn att härda sig mot vindens angrepp har studerats av många forskare, exempelvis Laiho (1987) och Ekelund (1999).

Trots omfattande studier av orsaker till stormskadorna efter Gudrun lyckades de svenska forskarna på SLU undgå att identifiera en av de största orsakerna till de omfattande skadorna, nämligen nyupptagna hyggen (Valinger et al. 2006). De finska forskare, som analyserade skadorna efter en motsvarande storm 1978 i Finland (Laiho 1987), blev helt klara på detta. De konstaterade att stormskadorna i stor omfattning var koncentrerade till kalhyggeskanter, men också att stormfastheten i hyggeskanten ökade med tiden.

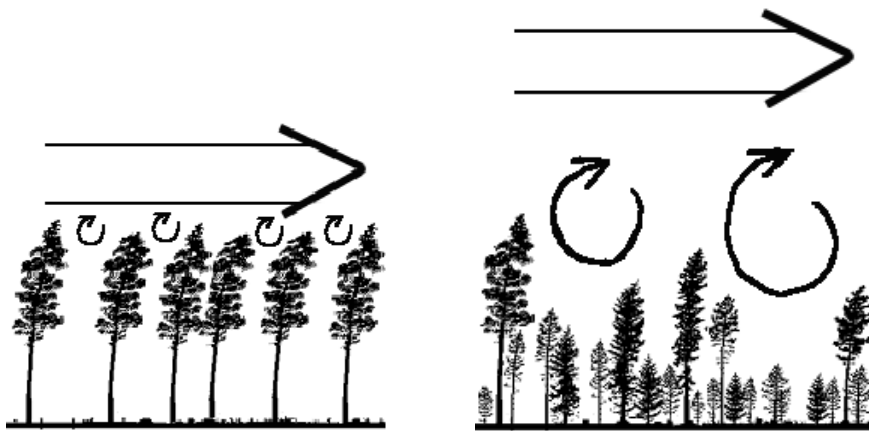
I den svenska undersökningen konstaterades, att skadorna i skiktad skog var mindre än i enskiktad skog. Bland rekommendationer om åtgärder för att mildra stormskador nämndes dock inte möjligheten att bruka skiktad skog.

I läroboken om vind och vindskador finns en artikel i vilken en meteorolog försöker förklara varför skiktad skog är mycket mindre utsatt för vindskador (Geiger 1961).

Vid låggallring, som är den vanliga vid åldersklasskogsbruk, lämnas de dominanta träden. Dessa har tidigare varit utsatta för vindens tryck och tål därför en friställning bättre än de träd som lämnas vid höggallring. De mindre träden som lämnas har inte varit utsatta för vindens tryck. De har också genom sin strävan att nå upp till ljuset, mellan större träd, fått en slank stam med högt uppsatt grönkrona. Sådana träd tål inte heller snöbelastning.



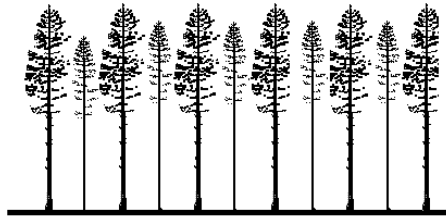
Figur 8.08. I den skiktade skogen faller snön de mindre träd som har de bästa förutsättningarna att skapa kvistrent timmer i första stocken. I synnerhet drabbas de som stått nära en lucka och av den anledningen fått en ensidig grönkrona. De längsta grenarna är vända mot luckan och snön böjer trädet ut mot luckan.



Figur 8.09. Meteorologer har sökt en förklaring till varför stormskadorna är färre i skiktad skog (Gardiner 1995). En hypotes är att turbulenta vindar skapas över en ojämn yta och att dessa vindar lyfter den laminärt framrusande luften. Kontinuerligt skogsbruk med skiktade bestånd har visat sig ge mindre problem med stormfällning (Ekelund 1999, Hanewinkel 2001)

I länder med mycket stora problem med storm och blötsnö, har man redan beslutat arbeta med skiktad skog i stället för enskiktad. Sådana länder är Wales, Skottland (Mason 2001), Tyskland och Danmark.

I våra försök, där vi genomfört befriande gallring i naturbestånd som tidigare dimensionshuggits, har vind och snö i huvudsak orsakat skada endast i kanten av kala hyggen (Ekelund 1999). Emellertid har vi noterat mycket stark vindfällning i de försöksled där man höggallrat mycket kraftigt (mer än 50 % av den stående volymen) och lämnat ett gles bestånd med enbart små träd. Jag tror därför att det finns en kritisk gallringsstyrka vid höggallring i skiktad skog. Dessutom kan man förvänta sig att känsligheten för storm- och snöskador är högre vid utglesning av täta bestånd än vid utglesning av glesa bestånd.



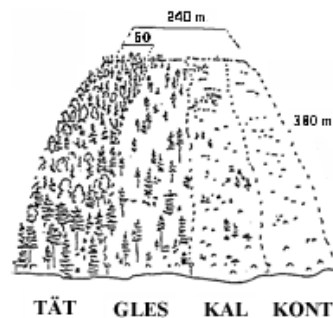
Figur 8.10. Särskilt vind- och snökänsliga är sådana träd som vuxit inklämda mellan nästan likstora träd (Valinger och Lundqvist 1992). De får högt uppsatt krona och klen stam, s.k. "borstviskor". En typisk situation där träd får denna form, är i tät kulturskog med träd av ungefär samma längd. Vid befriande gallring skulle man föredra att befria de mindre kvalitetsdanade träden, men detta är ingen bra skötselmetod på grund av att dessa bryts ned av snö.

Tyvär är stormkänsligheten efter utglesning mycket uttalad när gallring sker i äldre skog med tätt stående gran som ser ut som en pelarsal. I tidigare gallringar har man tagit bort alla mindre träd. Släpper man in vinden genom höggallring är sannolikheten stor att alla kvarstående träd blåser omkull. Om nuvärdet skall maximeras i en sådan skog visar sig kalhuggning vara det bästa alternativet.

### **Eget försök i närheten av Umeå.**

I ett försök (Hagner 2007) jämfördes kalhuggning med befriande gallring i tre olika intensiteter: 2 % (KAL), 50 % (GLES), 70 % (TÄT) av volymen lämnades kvar efter gallring. Försöksområdet omfattade totalt ca 9 hektar. Det ligger 30 km norr om Umeå. Parcellerna är långsträckta med sidorna 380 x 60 m och sträcker sig utför en sluttning. Skogstypen är frisk lingontyp med tallskog högst upp. Längst ned är det fuktig blåbärstyp med granskog.

Terrängavsnittet betecknas som "starkt utsatt för vind- och snöskador" enligt en modell utformad av Valinger och Fridman (1999).



Figur 8.11. Försöksyta 2057, Åliden, tre mil norr om Umeå.

Skador av vind och snö under sex år redovisades av Ekelund (1999). Han fann att skadebilden i tid och rum liknar den som tidigare redovisats av andra forskare: Bosshard (1967), Bryndurn (1986), Cremer, Carter and Minko (1983), Eriksson (1986), Hedeman-Gade (1936), Heger (1942), Heger (1948), Holmsgaard (1986), Kohler (1973), Maccurrach (1991), Meyfarth (1955), Persson (1972), Persson

(1975), Richter (1996), Valinger (1992), Valinger, Lundqvist and Brandel (1994), Valinger and Pettersson (1996), Valinger and Fridman (1999).

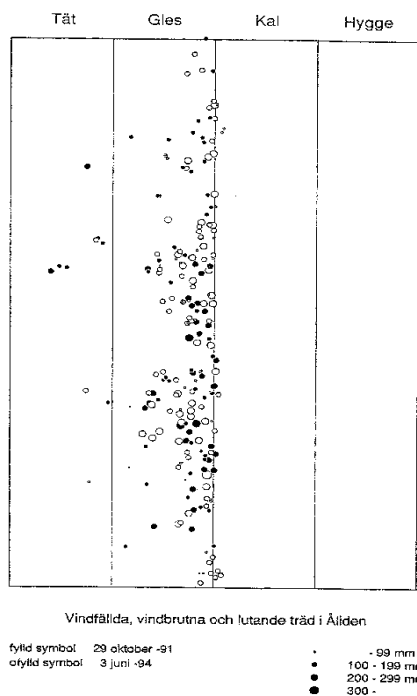
Studien koncentrerade sig till skadorna i GLES och TÄT.

Den befriade skogen hade en blandning av stora och små träd och var fullskiktad med en dissimilarity coefficient mycket nära 0.5. Detta tal kännetecknar naturlig skog.

Klimatet efter gallringen kännetecknades av ovanligt kraftig och byig vind. Dessutom förekom upplega av blötsnö i samband med kraftig vind. Frekvensen rotvälta träd avtog med tiden. Antal fällda träd per månad och hektar var 4.3 första året, 0.6 år 2-4, och 0.1 år 5-7.

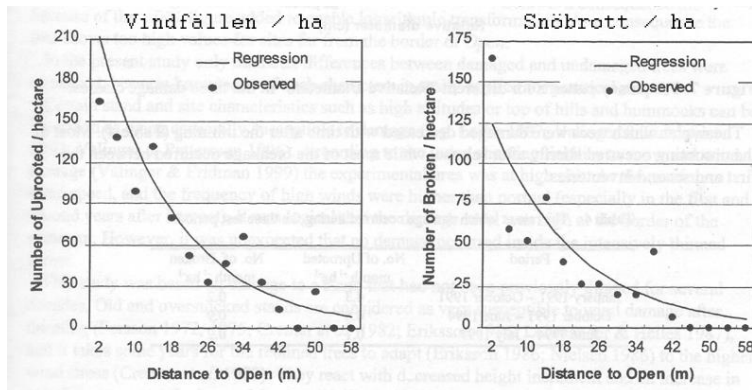
De träd som bröts och vältes tillhörde samma trädkategori: de största. För både rotvälter och snöbrott gällde emellertid att de allra största träden stormfälldes i något lägre frekvens än de medhärskande. De stormfällda träden hade lämnats på grund av att de inte var ekonomiskt mogna, och det värde de representerade var därför relativt blygsamt.

Den helt avgörande faktorn för skadorna var avståndet till hyggeskant (Figur 8.12 och 8.13).



Figur 8.12. Fältförsök 2057 Åliden gallrades och kalhögs vintern 1990-91. Vindfällda, vindbrutna och lutande träd registrerades i parcellerna Tät och Gles dels 29 oktober 1991, dels 3 juni 1994.

Där avståndet till hyggeskanten var större än 40 m orsakade vind- och snö mycket liten skada i denna skiktade skog (Figur 8.13). Detta resultat överensstämmer helt med vad Peltola and Kellomäki (1993) fann.



Figur 8.13. Vindfällnen och snöbrott under sex år i parcellen GLES. Distance är antalet meter från hyggeskanten, dvs. från KAL. Den vertikala skalan visar antal träd per hektar. Figuren hämtad från Ekelund (1999). Den kvarlämnade skogen var fullskiktad, såsom i en naturlig skog (Disco = 0.5) (Hagner och Nyqvist 1998). Mer än 40 meter från gränsen kunde praktiskt taget inga rotvälvor eller brutna träd observeras.

Intill de fällda träden fanns i allmänhet oskadade mindre träd och plantor, som genast kunde utnyttja överta de friställda tillväxtresurserna.

Slutsatsen är att om kontinuitetsskogsbruk tillämpas på stora områden, med intensiteter i den befriande gallringen icke överstigande 50 % av den stående volymen, är sannolikheten liten att värdemässigt allvarliga storm- och snöskador skall uppträda.

Den utredning som skogsstyrelsen gjort med hjälp av forskare på SLU (Valinger et al 2006), konstaterar att skiktad skog visat sig mer vindtålig än enskiktad skog. Kontinuerligt bruk av skiktad skog resulterar i att kalhyggen inte förekommer, dvs. att stormfällning i hyggeskanter inte uppträder. Finska studier efter en stor stormfällning påvisade att hyggeskanterna visat sig vara det mest uttalade problemet (Laiho 1987). Varje erfaren skogsman finner också detta som självklart. Det är därför synnerligen anmärkningsvärt att Valinger et al 2006, inte utgick från finnarnas resultat när de skulle beskriva effekten av stormen Gudrun.

Vid en resa i Småland efter att Gudrun dragit fram, konstaterade skogsgurur Lutz Fäser från Lybeck, att svenskarna inte hade lärt sig något alls. Det var efter han hört hur Södra anlägger sin nya skog.

## 9 GENETIK

Förädlat frö från svenska fröplantager ger enligt vetenskapliga redovisningar 6-8 % snabbare tillväxt. Eftersom jag själv, på 1960-talet, ansvarade för urval av plusträd, ympning och utplantering av fröplantager samt avkommeprövning, är det med glädje jag konstaterar att våra förhoppningar om ökad tillväxt infriades. Vi trodde emellertid på att tillväxtökningen skulle bli fyra gånger så stor som den nu blev, och att virkeskvaliteten i de framtida avkommorna skulle bli mycket bättre. Förädlade tallar odlade i frihet på kala hyggen skulle ge acceptabel kvalitet i rotstocken. Dessa förhoppningar infriades inte alls.

Om jag idag antar en tillväxtökning hos en förädlad tallplanta på 10 %, och jämför denna med värdet hos en natursådd tall som är 1.0 m lång, finner jag att de blir fullstora efter lika lång odlingstid. Det innebär att alla småtallar längre än en meter är att föredra framför bortröjning och nyplantering av förädlad material.

Vid tillämpning av Naturkultur är det mycket sällan som en trädmärkare tvingas välja domineranter och rekryter med storlek under brösthöjd, varför effekten av förädlad material såsom återväxt normalt inte behöver beaktas. När det gäller berikande plantering i luckor utan återväxt finns det emellertid ingen anledning att avstå från att använda förädlad material.

Emellertid önskar jag påpeka att det naturliga urval av gener som skett under miljoner år hos våra skogsträd, naturligtvis utgör en garanti för deras fortsatta förmåga att utstå konkurrensen från träd av ekosystemets alla trädslag. Det naturliga urvalet har även skapat resistens mot sjukdomar, snöfall och stormar. Resistensen gäller naturligtvis även för klimatförändring. Vårt urval av plusträd och vår metod för avkommeprövning medför sannolikt att vi skapat genotyper med oväntat svag resistens mot konkurrens, sjukdomar eller skadefaktorer. Om vi använder oss av de naturligt förekommande populationerna och skapar naturligt skiktade skogar, vilket blir fallet vid tillämpning av Naturkultur, utgör detta en slags garanti mot risker.

I detta sammanhang finns det anledning att nämna senaste nytt ”epigenetik”. Den stora pool av gener som ”inte är påslagna” kan tydligen ”slås på” när miljön förändras. Lysenko var en av västvärldens genetiker hånad forskare i Ryssland, som påstod just detta på Stalins tid. Detta innebär att alla varelser, som bär på många inaktiva gener, har en oväntat stor förmåga till anpassning. Detta kanske inte gäller för individen själv, men det tycks gälla för avkomman.

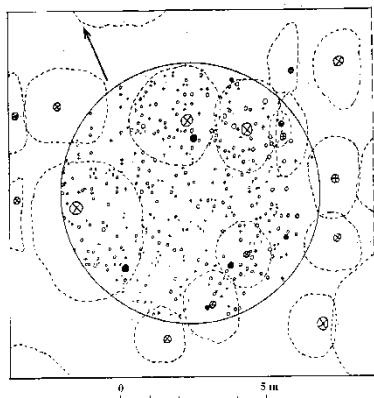
Vid Naturkultur väljer man det bästa trädet i varje trädgrupp såsom dominant. Eftersom detta urval, riktat mot hög virkeskvalitet, sker tidsmässigt nära tiden för avverkning, är effektiviteten i det urvalet oerhört mycket högre än urvalet av välformade plusträd. Min uppfattning är att en kunnig trädmärkares urval av god virkeskvalitet vida överträffar vad genetikerna kan åstadkomma med dagens skogsträdsförädling. Jag är medveten om att antalet individer i den population där urvalet sker, är oändligt mycket mindre än i den population som utgör basen för plustradsurvalet. Min uppfattning bygger emellertid på att urvalet i Naturkultur dessutom inriktar sig på rekryter och ibland på mindre träd som befrias genom röjning.

## 10 BESTÅNDSFÖRYNGRING

### Förekomst av beståndsföryngring

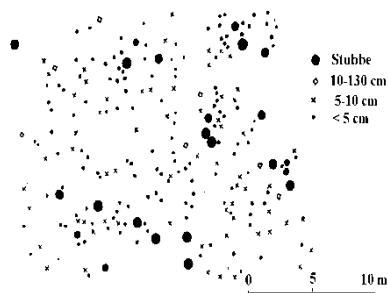
Med plantbank menar jag träd kortare än 1.3 m som förekommer i slutna skog. Det största antalet utgörs normalt av plantor 0-3 år gamla. Till skillnad mot vad de flesta skogsmän fått för sig, står dessa småplantor tätt även under kronan på stora träd (Figur 10.01, 10.02).

Rikligast plantbank hittar man dels på fuktiga, dels på torra marker. Även på friska ristyper finns ibland väldigt täta plantbestånd. Plantbanken är rikligast efter goda fröår (Figur 10.03).



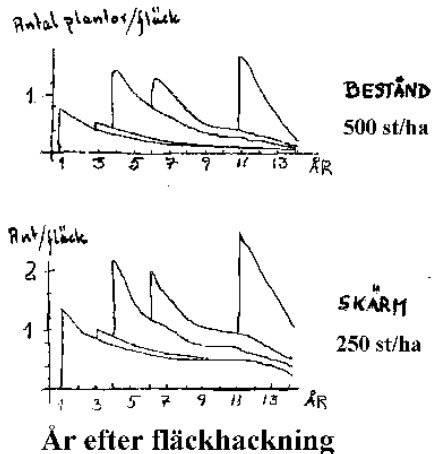
Figur 10.01. Karta över beståndsföryngring (Pöntynen 1929): levande granar (o) döda granar (+). Överbeståndets trädkronor (streckad linje): Tall (cirkel med x), Björk (cirkel med +), Asp (cirkel med \*), Stubbe (fylld cirkel). Min räkning på bilden visade 29 tusen levande granplantor per hektar, samt 16 tusen döda granplantor per hektar. Kan jämföras med riksskogstaxeringens 38 tusen per hektar (Kempe 1991).

Figur 10.02. Karta över naturlig föryngring som överlevt befriande gallring. Notera att beståndsföryngringen såväl till antal som till storlek står till synes slumpvis fördelade, oberoende av var de stora träden fanns. Blåbärsmark, Ruovesi södra Finland. (Vaartaja 1951).





ANTAL SJÄLVSÄDDA PLANTOR PER FLÄCK  
 Granskoq, Hedmarka 60°55' 500 m<sup>ö</sup>n  
 Skoklefeld S 1989 NISK Rapp 6/89

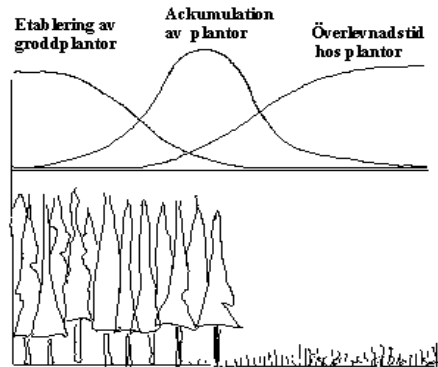


Figur 10.03. Observationer gjorda under 13 år i bestånd med två olika tätheter. Området ligger i Norge tämligen nära Värmland i Sverige. Humusen hackades bort i fläckar och varje fläck studerades år efter år. Varje ny planta markerades med en färgad sticka. Efter Skoklefeld (1989).

Skoklefeld fann genom studier av samma fläckar i skogen under en så lång tid som 14 år, att plantor successivt dog bort, vilket gjorde att antalet plantor minskade med tidsavståndet från ett gott fröår. Jämförelsen med två beståndstätheter visade att när konkurrensen från stora träd var lägre blev överlevnadstiden hos de små plantorna längre.

Jag har funnit "halveringstid" vara ett gott uttryck för överlevnaden hos beståndsförnyring. Egna studier (ej publicerade) i ett tätt granbestånd på Tönnersjöhedens försökspark i Halland, (Figur 10.04), visade att halveringstiden hos tallplantor var hälften så lång som för gran. Inne i den täta skogen hade antalet granplantor reducerats till hälften på 0.6 år. Trots att där fanns 18-80 tusen groddplantor per hektar, med stor variation mellan år, kunde man vid upprätt ställning inte se några plantor. När man däremot närmade sig kanten till ett tio år gammalt hygge, såg man en matta av småplantor. Tio meter från hyggeskanten fanns flera hundra tusen plantor/ha och halveringstiden var 2 år. I denna zon, som jag benämmer ackumuleringszon, fanns en miljö där balansen mellan överlevnad och tillförsel i form av groddplantor, resulterade i ett oerhört tätt plantbestånd. Fortsatte jag sedan ut på hygget så visade sig antalet naturförnygrade plantor vara mycket lågt, ca 2000 per hektar. Överlevnadstiden var dock lång, halveringstid 11 år, och återväxten till synes acceptabel ur skoglig synpunkt.

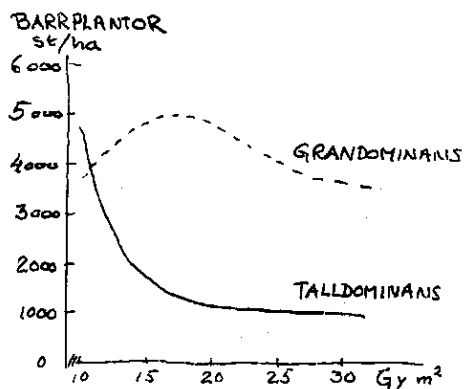
Eftersom inventeringar vid hyggeskanter på många ställen inom samma försökspark visade att mönstret upprepades utan väsentliga undantag, önskar jag illustrera den generella principen med figur 10.04.



Figur 10.04. Under några år studerade Hagner etablering och överlevnad hos beståndsförnyring i närheten av ett skogsbryn i Halland. Inne i täta skogen (37 m2 grundyta) var etablering av groddplantor mycket frekvent (20-80 000/ha) men halveringstiden för gran var 0.6 år och för tall 0.3 år. På hygget kunde man inte hitta många groddplantor, men de plantor som etablerat sig hade en lång halveringstid (11 år). I beståndets kantzon (5-15 m från hygget) var etableringen mindre än inne i beståndet men halveringstiden ganska lång (2 år). Där ackumulerades många årgångar och mängden plantor uppgick till över 400 000 / ha. Ute på hygget fanns 5 000/ha.

Dessa studier på Tönnersjöheden visade också att väderstrecket betydde väldigt mycket för den relativa andelen av tall och gran. På den sidan om ett öppet hygge som låg i solsken mitt på dagen, tycks granplantorna dö bort i mycket stor utsträckning. Andelen tallplantor var därför vid den nordliga sidan av hyggerna nära 90 %, medan det omvända rådde på den beskuggade sydsidan av hyggerna. Där var också antalet plantor totalt mycket större än på nordsidan. Överallt var naturförnyringen i hyggeskanterna så tät att den otvivelaktigt räckte för att skapa nästa skogsgeneration. Gick man in i den s.k. ackumuleringszonen något tiotal meter in i den täta skogen, var naturförnyringen så tät att den skulle framkalla stora röjningsproblem om alla plantor överlevde.

Eftersom mina observationer på försöksparken i Halland överensstämmer med vad man kan läsa i äldre litteratur från bl.a. Tyskland, torde mönstret kunna generaliseras för likartade miljöer. Jag har också registrerat detsamma i mina egna försöksytor med Naturkultur i Södermanland och Östergötland. Det finns i världslitteraturen väldigt många andra studier över frekvensen av beståndsförnyring som bekräftar det angivna mönstret (Figur 10.05).

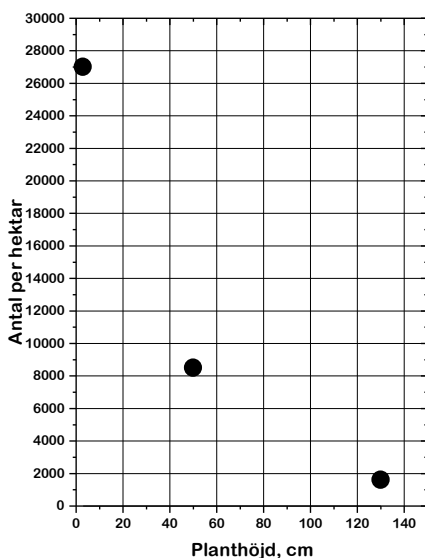


Figur 10.05. En landsomfattande inventering av 170 bestånd i Finland visade att antalet beståndsförnygrade plantor var stort i förhållande till det antal man normalt planterar efter kalavverkning. Anmärkningsvärt är att antalet plantor under granbestånd inte var proportionellt med grundytan. Från Räsänen et al. (1979).

Barrunderväxt i slutavverkningsmogna bestånd med stort förnygringsbehov

Landsomfattande inventering i Finland  
170 bestånd Medellängd ca 1 m

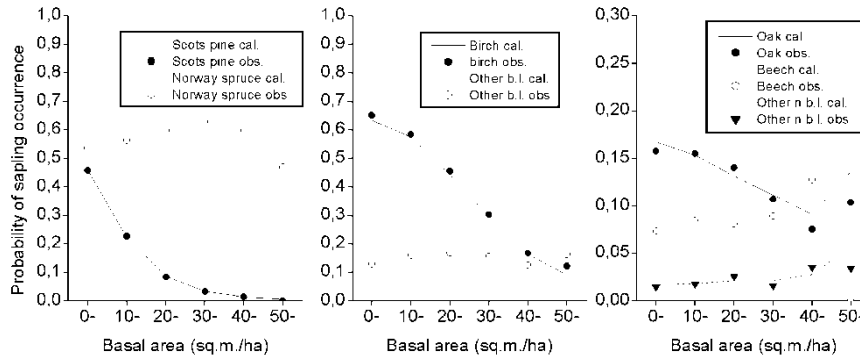
År 1997 fick jag Riksskogstaxeringen att utföra en inventering av mycket små plantor i "äldre skog" (Figur 10.06).



Figur 10.06. Studie av beståndsförnyring i äldre skog, huggningsklass C1-D2, genomförd av riksskogstaxeringen 1997. Medeltal beräknade på data från 30 st. slumpmässigt valda ytor i Sverige (radie=7 m). Punkterna motsvarar antal plantor i följande höjdklasser (övre klassgräns), -3 cm, -50 cm, 130 cm. Variationen var stor och var tredje yta saknade plantor i storleken 50-130 cm (Kempe 1997).

Det blev av kostnadsskäl relativt få ytor som studerades, men mina egna och andras studier bekräftar att de framkomna siffrorna var de förväntade. Själv brukar jag i undervisningen säga att man kan räkna med att finna ca 30 tusen småplantor per hektar i plantbanken, inne i s.k. slutavverkningsbestånd på frisk ristyp, dvs. på den vanligaste typen av mark.

Ur en pågående undersökning av riksskogstaxeringens ytor har Wikberg (2002) tillåtit mig att låna Figur 10.07.



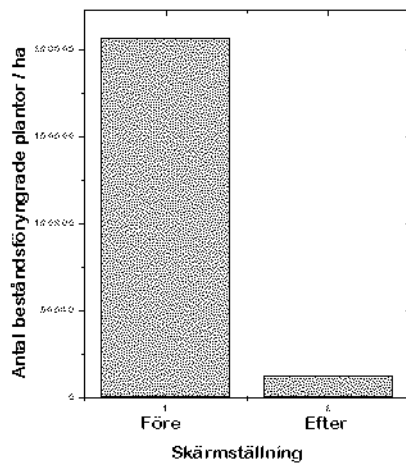
Figur 10.07. Sannolikheten att finna ett träd med 1-4 cm diameter i brösthöjd på en cirkelyta med 5 m radie (78 m<sup>2</sup>) (Från Wikberg et al. 2004). Den vertikala axeln skildrar sannolikheten att det finns en eller fler träd av denna storlek. Den horisontala axeln skildrar beståndets täthet i grundyta per hektar. Underlaget för beräkningarna är hämtat från riksskogstaxeringen. Det framgår klart att de ljusälskande arterna tall och björk minskar i antal när bestånden blir täta medan de skuggfördragande arterna gran och bok är frekventa även där skogen är tät. Andra uppgifter i detta arbete är att barrträd av denna storlek uppträder på 66 % av alla ytor (r=5m) och att det i medeltal i Sveriges skog finns 99 tallar och 351 granar av denna storlek per hektar.

Sambanden med grundyta i Wikbergs material bekräftar att beståndsförnyring av ljusälskande trädslag som tall och björk avtar i frekvens vid ökande grundyta, medan beståndsförnyring av ljusfördragande trädslag som gran och bok förekommer i en täthet som inte påverkas nämnvärt av grundytan. I glesa bestånd finns beståndsförnyring av björk, gran, tall och ek i riklig mängd. Frekvensen tall avtar snabbast vid ökande grundyta och björken intar en mellanställning. Granen är enastående med hög frekvens även vid så hög grundyta som 30-40 m<sup>2</sup>. Det är dock värt att notera att beståndsförnyring av tall förekommer så pass rikligt även vid grundytan 20 m<sup>2</sup> att den återfunns nästan på var tionde yta med denna täthet.

Jag lät mina studenter på Umeå universitet lägga sig i mossan i Stadsliden i Umeå och beräkna det totala antalet beståndsförnyring. Skogen var en vanlig äldre tät granskog på frisk ristyp 60 möh. Under en följd av år visade sig antalet växla mellan 30 000 och 1 000 000 per hektar. Då man talar om jämnheten, sett i skalan kvadratmeter, var gruppställdheten markant. På vissa punkter hittades tätt stående plantor och på andra håll inga plantor alls.

Betydligt rikligare beståndsförnyring hittar man i två helt skilda skogstyper, dels den som kännetecknas av fuktmosser, dels den som domineras av lav. Att beståndsförnyring av betydande täthet och vitalitet finns i äldre skog över hela landet har visats av Zajaczkowski et al (1995). De gjorde en ingående bearbetning av riksskogstaxeringens material.

Så till exempel fann Willén (1996) i ett examensarbete att det fanns över 200 000 plantor per hektar i tät skog som gränsade till försök med högskärm på dikade torvmarker. Försöken anlades och beskrevs av Hånell (1993). Han fann 15 000 plantor per hektar efter skärmhuggning (Figur 10.08).



Figur 10.08. Inventering gjord i oavverkad skog i närheten av den serie granskärmar på fuktig mark som Hånell studerade. Willén (1996) studerade beståndsförnyringen före avverkningen och Hånell studerade beståndsförnyringen efter skärmställning. Man kan fråga sig om det fanns anledning att ställa en skärm av stora granar för att framkalla återväxt, i bestånd som före avverkningen i medeltal innehöll flera hundra tusen plantor.

Eftersom metoden med högskärm syftar till etablering av återväxt, förefaller kunskap om beståndsförnyringens förekomst och riklighet i slutna skogar vara alltför låg. I stället för att på sådan mark lämna mogna stora träd i form av högskärm bör man enligt min mening lämna små och halvstora, ekonomiskt omogna träd, som skydd åt den rikliga beståndsförnyringen.

Ett exempel på rikligt förnygrad tallskog med lav var området nära Kvikkjokk, norr om polcirkeln på 300 möh. som besöktes vid Skogsvårdsförbundets exkursion 1984. Domänverket ansåg att området borde kalavverkas, markberedas och planteras. Vid exkursionen diskuterades problemet med samernas flyttled, vägbygge och markberedning. Jag observerade riklig beståndsförnyring och föreslog att man skulle skörda de ekonomiskt mogna större träden och lämna de omogna som skydd för den rikliga beståndsförnyringen. En skogsvårdschef påstod då att "Hagner måste ha politiska skäl för sitt förslag". Senare inventeringar gjorda av olika grupper av studenter från Umeå universitet respektive Lantbruksuniversitetet, visade att beståndsförnyringen höll 25 000 plantor per hektar i medeltal och i vissa områden över 200 000 per hektar. Uppenbarligen fanns det bristande kunskap om beståndsförnyring hos Domänverket.

I höjdlägen blir frekvensen beståndsförnyring lägre, och mina egna taxeringar på slumpvis valda platser i slutna skogar 1988, har bekräftat denna gamla kunskap. Trots detta är dock återväxten i plockhuggna fjällskogar så riklig att vissa forskare (Nilsen 1988) funnit att den skulle vara tillräcklig utan hjälp av kompletterande plantering. I Norge tillåter man fjällskogshogst i områden nära kalfjället, vilket innebär plockhuggning utan krav på berikande plantering.

De resultat som framkommit i min egen storskaliga försöksserie med Naturkultur, visar att beståndsförnyringen i höjdlägen innehåller luckor av sådan storlek att berikande plantering är motiverad (Hagner och Molin 1998). I försöket nära Sutme lappläger i Västerbotten, på 500 möh, var således 14 % av cirkelytor (3 m radie) utan vare sig träd eller naturförnyring efter att 56 % av fjällgranskogens volym hade skördats i form av stora träd. Sex somrar efter berikande plantering kunde inga nollytor (0 %) noteras.

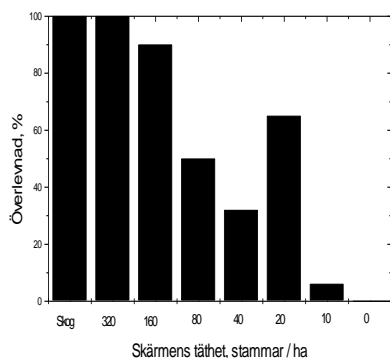
Det har länge varit klarlagt att naturlig förnyring rent generellt minskar med höjden över havet och med nordligheten (Hagner 1962). De flesta studier gäller naturlig förnyring som observerats på öppna hyggen.

### **Beståndsförnyringens överlevnad vid avverkning**

Ett skydd i form av träd behövs för att beståndsförnyring skall överleva (Figur 10.09).

En kraftig utglesning medför att ljus och fuktighet blir drastiskt förändrad, och många tror att detta är orsaken till att beståndsförnyringen dör. Att mortaliteten står i direkt proportion till utglesningen är bevisat (Figur 10.09). Ju öppnare bestånd desto bättre överlevnad (Jeansson och Laestadius 1981). Vi känner till att insekter som attackerar små plantor utvecklas i stor mängd om stark utglesning sker, och att detta gäller i hela landet ända upp mot Tornedalen (Sundkvist 1993, 1994).

På många håll i världen, där selektiva skogsbruksformer används, har man satt upp regler för hur mycket skogen får glesas ut. Ett huvudsyfte har varit att garantera att återväxt skapas på naturlig väg, d.v.s. att beståndsförnyringen överlever.



Figur 10.09. Beståndsförnyring av gran (20-50 cm) och dess överlevnad under de två första åren efter skärmställning. Observationen gjordes vid Asa försökspark i centrala Småland. Som beskrivning av tätheten kan nämnas att en fröträdsställning i södra Sverige bör innehålla 150 träd/ha och i norra Sverige 75 träd/ha. Efter Örlander (1991).

Med ledning av vad jag hittills noterat i den landsomfattande försöksserien med Naturkultur vill jag föreslå, att marken efter avverkningen fortfarande skall beskuggas till 50 %. Detta är ett mått som kanske kan rekommenderas från Småland till Medelpad. I kargare trakter kan man lämna glesare bestånd och i mildare klimat bör det vara tätare. Ett annat sätt att uttrycka detta kan vara ett antal träd som bör lämnas inom en radie av tio meter (Tabell 10.01).

Tabell 10.01. Minimalt antal träd, inom radien 10 meter, som behövs för att ge lämpligt skydd för beståndsförnyring. Detta förslag är preliminärt och grundar sig inte på några egna eller andras försök. Det kan tänkas gälla för bonitet T20. Tätheten motsvarar en grundyta på ca 10 m<sup>2</sup>/ha.

	Diameter i brösthöjd		
	10--20	20--30	40--
Alt. 1	0	0	2
Alt. 2	0	4	0
Alt. 3	16	0	0

### ***Beståndsförnyringens tillväxtreaktion efter friställning***

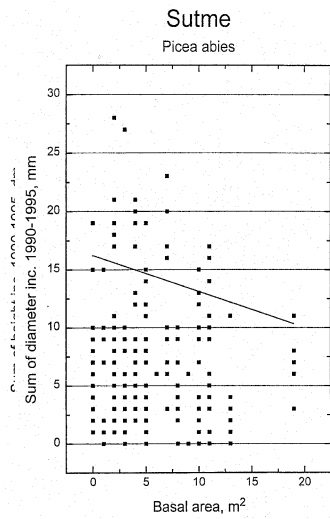
I våra försök med selektiv avverkning har vi konstaterat, att den beståndsförnygrade gran som har bäst utvecklingsförmåga i utglesade restbestånd, är den som före avverkningen hade långa toppskott. Ser man till dem som reagerar bäst efter total kallläggning, är det inte längre de som haft längsta toppskotten före avverkningen, utan sådana som hade mörkgröna barr och stora knoppar (Lesinski opubl.).

I försöket med Naturkultur anlagt i granskog vid Sutme lappläger, 500 möh i Västerbotten, var både diametertillväxten och höjdtillväxten hos ”beståndsförnyring” negativt proportionell med grundytan. I detta fall avser beståndsförnyring granplantor med diameter större än 6 cm i brösthöjd. Ju glesare restbestånd desto bättre var tillväxten. Detta gällde summan av tillväxten under de fem första åren efter gallringen (Figur 10.10).

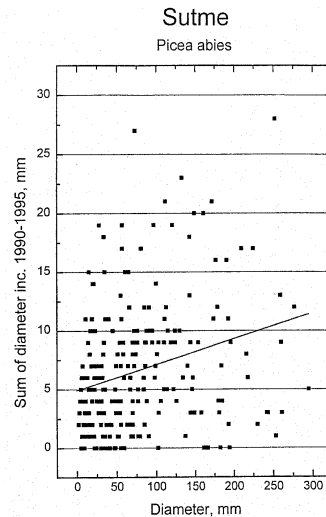
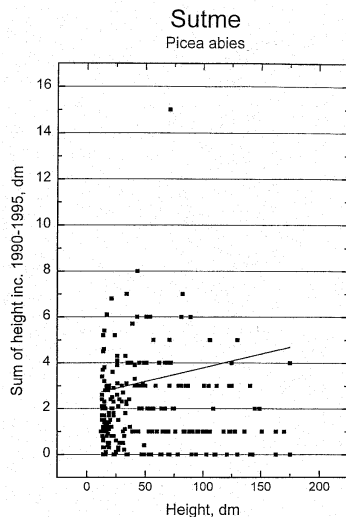
Större trädividider hade kraftigare reaktion i både höjd- och diametertillväxt än små träd (Figur 10.11).

Variationen kring regressionslinjerna var dock mycket stor, vilket betydde att man för det enskilda trädet knappast kunde förutsäga vilken tillväxt den kom att få efter friställning, om man utgick från trädstorleken.

Av erfarenhet vet vi att man inte kan räkna med stor höjdtillväxt hos de träd som är nästan färdigvuxna. Friställda träd förändrar även sin form när de känner sig utsatta för kraftigare vind. De får en mer konisk stamform.



Figur 10.10. Diametertillväxt och höjd under de första fem åren efter gallringen hos befriade plantor och träd minskade med ökande täthet (grundyta på x-axeln) i den omgivande skogen. Sambandet var statistiskt signifikant för diameter men inte för höjd (Hagner och Molin 1998). Data från fältförsöket vid Sutme lappläger, 500 möh i Västerbotten. Lägg märke till den stora spridningen mellan enskilda provtytor.



Figur 10.11. Diameter och höjdtillväxt under de första fem åren efter gallringen hos befriade plantor och träd ökade med ökande storlek hos träden. Sambanden var statistiskt signifikanta (Hagner och Molin 1998). Data från fältförsöket i Sutme. Observera den stora spridningen mellan enskilda provtytor.

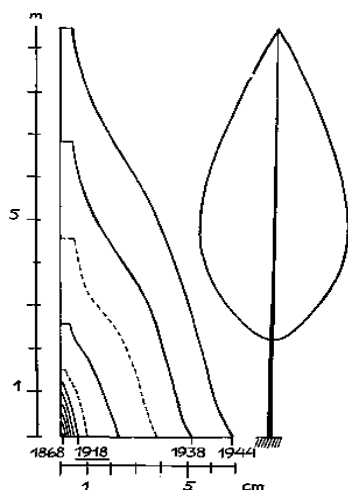
Den som önskar fördjupa sig i hur tillväxtreaktionen hos friställda granar blir efter gallring i norrländska skogar hänvisas till Näslund (1942). Han visade att friställda träd reagerar snabbare i diametertillväxt, max vid ca 10 år, än i höjdtillväxt, max vid 15 år, och att reaktionen blir snabbast på bördig mark. Näslund fann, i motsats till ovanstående, att den relativa ökningen av diametertillväxten efter gallring sjönk med ökande diameter hos trädet före avverkningen. Näslunds studier gällde 157 ytor och längre tid hade förflutit mellan gallring och mätning än ovanstående material från Sutme.





Figur 10.12. Granplanta med frihetstal 4 och tallplanta med frihetstal 3. Båda plantorna är hämmade i sin tillväxt av omkringstående vuxna träd.

Att friställd beståndsförnyring av tall reagerar på likartat sätt som gran, dvs. med kraftig tillväxt, har visats även av Vaartaja (1951) (Figur 10.13). Han studerade reaktionen även hos mycket små plantor och fann att små plantor (0.25 m långa) reagerade kraftigare än större plantor (2 m långa). Vaartaja fann också att plantor som tidigare stått i tät skog tog längre tid på sig att komma i full tillväxt än sådana som tidigare vuxit i gles skog. Såsom i Näslunds (1942) material fann han att beståndsförnyring på bördig mark reagerade snabbare än beståndsförnyring på mager mark.

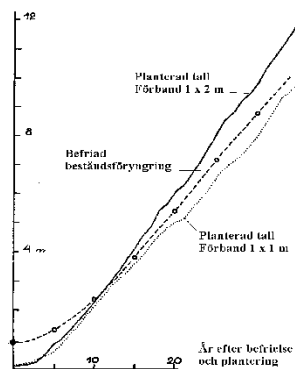
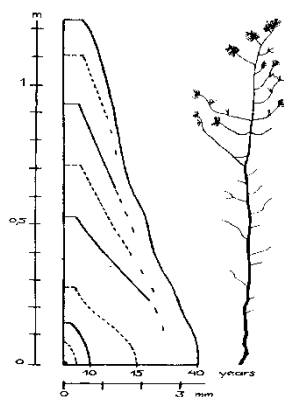


Figur 10.13. Stamanalys av tall som vuxit undertryckt i 53 år och sedan vuxit befriad i 26 år. Blåbärsmark, Tammela södra Finland. (Vaartaja 1951).

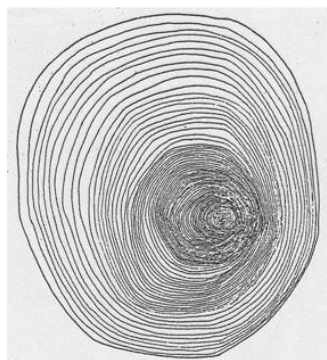
Såväl Vaartaja (1951) som Näslund (1942) och Jonsson (1995) konstaterade att den absoluta åldern hos gran och tall inte tycks påverka förmågan att växa efter friställning. Det skogliga uttrycket "hushållsålder" är ett bevis för detta. Hos gran har det i gångna tider varit så vanligt med marbuskkärna, att man vid åldersbestämning genom bormning myntade uttrycket hushållsålder. Man beslöt att förrättningsmannen skulle beräkna en ålder i brösthöjd, som om de grövre årsringarna utanför marbuskkärnan skulle ha börjat vid mörgen.

Av detta skäl vet vi att s.k. marbuskar har förmåga att växa ut till timmerdimension (Hagner 2003c). Ett exempel på detta är en gran i försöket med Naturkultur i Åliden strax utanför Umeå (Figur 10.16, 10.17).

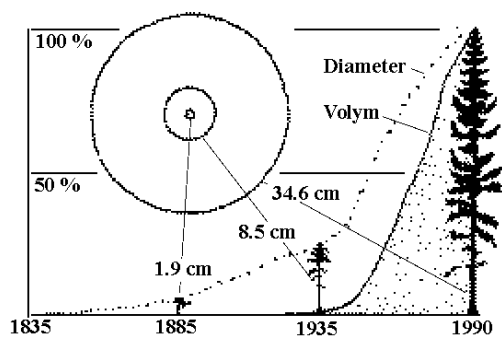
Figur 10.14. Höjdtillväxt hos planterad tall och hos beståndsförnygrad tall som befriats från konkurrens från ett överbestånd. Höjdtutvecklingen är i stort sett densamma och beror på inbördes konkurrens. Från Vaartaja (1951).



Figur 10.15. Analys av åldern hos en kraftigt undertryckt tall på Blåbärsmark, Ruovesi södra Finland (från Vaartaja 1951). Många årsringar var inte kompletta i nedre delen av stammen. Somliga årsringar saknades helt. Det går därför inte att åldersbestämna tallar som vuxit undertryckta i lång tid, genom att räkna årsringar vid stambasen



Figur 10.16. Beståndsförnyring med paraplyformad krona vilken vittnar om lång tid av kraftig konkurrens från överbestånd. Svag höjdtillväxt. Vid stambasen fanns 74 årsringar och de yttersta årsringarna vittnar om att granen vuxit mycket bättre de sista 10 åren. En första friställning kom redan för 20 år sedan. Från Kalela 1943.



Figur 10.17. Analys av årsringar i stubben på en gran avverkad 1990 i fältförsöket Åliden, Västerbottens kustland. Den nådde stubbhöjd 1835 och hade 50 år senare endast en diameter på 1.9 cm. Vid hundra års ålder var den stor som en julgran med diametern 8.5 cm. Efter en friställning strax före andra världskriget startade så snabb tillväxt att den kunde avverkas som en grov timmergran 55 år efter friställningen. Den var då nästan 19 meter lång.

Kalela (1943) gjorde ingående studier av beståndsförnygrad gran och beskrev förekomst och tillväxt. Hans regressionsanalyser visade att tillväxten hos beståndsförnyringen var direkt positivt korrelerad med luckans storlek och avstånd till luckans kant. Detta synes mig vara en logisk konsekvens av konkurrens. Kalelas resultat sammanfaller med mina resultat i fältförsöken med Naturkultur (Figur 10.10, 10.11).

### **Ödesdigert misstag rörande "Fröträd"**

Kunskapen om beståndsförnyring är tyvärr bristfällig bland skogsmän i Sverige. Vi som fungerat som lärare vid Sveriges Lantbruksuniversitet har dessvärre inte organiserat vår verksamhet så att ovanstående kunskaper kunnat tränga ut till studenterna. Fortfarande ser man därför läroböcker skrivna utan hänsyn till att de plantor som kommer upp under fröträd och skärmträd mestadels härrör från den plantbank, som fanns under beståndet före avverkningen. Detta gäller även i andra nordiska länder (Anon. 1994). En av dem som påpekat plantbankens existens var Lehto (1970) som fann av de plantor som fanns under fröträd av tall ofta hade hög ålder. Han fann att 32 % i södra Finland och 78 % i norra Finland var plantor som föddes före avverkningen. I ett svenskt examensarbete visades detsamma (Hagner 1987) Båda forskarna registrerade årsringarna i basen av ledande stammar. Denna åldersbestämning ger för låg ålder (Vaartaja 1951). Alltså är de funna procenttalen för låga. Yazdani och Lindgren (1988) studerade arvsanlagen i naturlig förnyring under två fröträdsställningar i Västerbotten. De fann till sin förvåning att endast 5 % av plantorna var avkomor till fröträden.

### **Ödesdigert misstag rörande snöskytte. Hyggesrensa ej.**

Den norske forskaren Kaasa (1971) utförde snöskyttestudier 1966-69 på 78 hyggen i sydöstra Norge. Svampen var ödeläggande på höjder 400+ möh. Värsta skadorna på kala ytor där man röjt och bränt. Täta fröträdsställningar med minst 50 träd/ha drabbades väsentligt mindre. Angreppsstyrka (i en hundra gradig skala); Små hyggen i tät skog, 3st = 35, Stora kalhyggen, 9st = 66, Gles fröträdsställning <50st/ha, 4st = 36, Tät fröträdsställning >50st/ha, 4st = 4.

Sjöström (1937), MattsonMårn (1944), Mork (1968) och Björkman (1948) anses alla förorda skärm eller fröträd för att minska snöskytteangreppen.

Kaasa säger sig funnit allra minst angrepp på tallar som växer direkt inne i buskage. Han kan tänka sig att buskagen hindrar snön att komma i så intim kontakt med tallbarrarna att svampen därför inte kan nå dit. Tidigare författare menar att närhet till stubbar och till toppar och grenar från avverkade träd minskar snöskytteskador. Mork anser sig ha sett att en stor ojämnhet i plantbeståndet leder till minskade angrepp. Denna undersökning styrker dessa observationer. Bränning anses desinficera området, men undersökningen visar att angreppen på brända ytor tillhör de kraftigaste = 57. Björkman menade att kraftiga gröna barr ger svampen tillväxstimulans. I Kaasas material är däremot angreppen större på låga boniteter och på ytor med långsammare tillväxt.

Kurkela (1965) visade att gödsling med kväve inte påverkade angreppsstyrkan. Däremot gav gödsling med en kombination av P och K (på torvmark) en minskad snöskytteskada. Ensidig P- gödsling ökade angreppet. Stoltenberg (1934) menar, och detsamma gör Kaasa, att frisk och välväxande föryngring är det bästa botemedlet mot snöskytte. Den kritiska perioden för tallplantor är när de är 35-150 cm långa.

Kaasa anser att man med tanke på snöskyttet inte bör röja bort lövkratt, grenar, toppar och vindfällan. Man bör inte heller försöka nivellera föryngringen (toppa). Snöskyttet synes växa bäst under ett sammanhängande obrutet snötäcke. Växtkraftiga plantor synes vara mer resistenta mot snöskytte än långsamväxande.

Själv gjorde jag en undersökning, tyvärr inte publicerad, där jag undersökte om Kaasas sanna iakttagelser om snöskytte kunde förklaras av att snöskytte i huvudsak sprider sig via diasporer och inte via tillväxt i snö. Diasporer är delar av en växt som för med sig själva svampen, till skillnad från små sporer som flyger med vinden. Barr som dödas av snöskytte sitter kvar på tallen till nästa vinter. Vi forskare infekterar nya träd genom att göra en bunt dödade barr som placeras i en ny tall som man vill infektera.

Jag sprutmålade kraftigt angripna småtallar med röd färg och ställde ut dem på ett alldeles kallt hygge på Svartbergets försökspark i Vindeln. På vårvintern blir det ibland skare med helt blank yta på vilken barr kan kana med vinden. Skaren saknas runt varje planta och buskage som sticker upp genom skaren. Där bildar solen en fördjupning.

Efter en dag med kraftig vind besökte jag området och hittade rödmålade barr i fördjupningar runt tallplantor som stack upp genom skaren. Det barr som åkt längst på skaren låg mer än 100 m från de sprutmålade tallarna.

Buntar med infekterade barr togs från de infekterade tallarna innan jag målade dem, och placerade buntarna på friska småtallar på samma hygge. Efter att snön smält visade det sig att dessa plantbuntar hade utvecklat mycel i de friska småtallarna.

Min slutsats är därför att min hypotes om att ”snöskytte sprider sig via diasporer med vinden”, inte kan förkastas. Experimentet bör upprepas och publiceras.

Den praktiska konsekvensen av detta är att hyggesrensning tyvärr motverkar sitt eget syfte. Skörd av träd genom kontinuerlig gallring verkar vara idealisk med tanke på snöskytte.

Björkman (1948), som lanserade iden med att alla hyggen skall hyggesrensas, gjorde korrekta observationer, dvs. mindre snöskytte bland träd än på det angränsande öppna hygget med djupare snö. Tyvärr utformade han en falsk hypotes. Han trodde att snödjupet var den springande punkten, medan skillnaden troligen berodde på vinden.

### **Sammanfattning om beståndsförnyring**

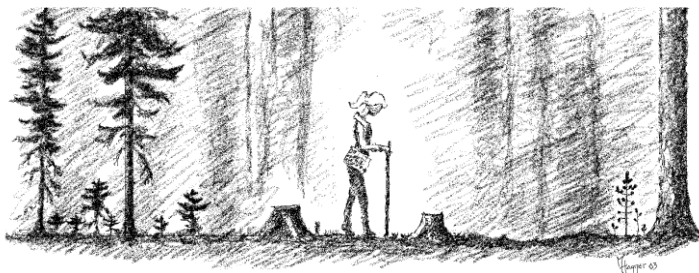
- Ordet beståndsförnyring borde egentligen användas för alla träd som är så omogna att de lämnas kvar vid gallringen, vanligen träd under 30 cm diameter. Nedan använder jag ibland termen "plantbank" för sådan beståndsförnyring som är kortare än 1.3 meter.
- I skog, även i tät fullstor skog, är frekvensen små plantor, 3+ cm, normalt mycket högre än frekvensen större plantor. Ju tätare skogen är, desto kortare är livstiden (halveringstiden), desto färre stora plantor förekommer.
- Beståndsförnyringen etableras oberoende av var de större träden står. Att man ser beståndsförnyring i luckor beror inte på att etableringen är bättre i luckor utan på att plantornas överlevnadstid och tillväxt är större i luckor.
- Beståndsförnyring är mycket riklig i de flesta skogar i Sverige. Med tanke på behovet för inväxning i trädskiktet är tätheten av naturplantor av gran, tall och björk mestadels betryggande. I sydligaste Sverige, söder om Dalälven, är tätheten ofta så stor att rikligheten blir ett problem vid kontinuitetsskogsbruk.
- Plantbanken är givetvis inte riklig av ett trädslag som är lågfrekvent i beståndet. Önskar man "byta trädslag" måste berikande plantering utnyttjas.
- Tätheten av beståndsförnygrade plantor växlar starkt inom skilda delar av ett bestånd och jag känner inte till att någon forskare har kartlagt vad som kännetecknar plantbeståndets luckstorlek.
- Variationen i plantbankens täthet mellan år är stark och den beror på
  - \*att fröfallet växlar starkt.
  - \*att mängden insekter och sniglar som äter frön och groddplantor fluktuerar
  - \*att "snömöglets" härjning bland småplantor växlar med snöförhållanden
- Man kan säga att det i tät barrskog från Mellansverige och söderut vanligtvis är mycket tät beståndsförnyring. Forskarnas kunskap om beståndsförnyring räcker idag inte till för att man skall kunna yttra sig om behovet av berikande plantering inom detta område.

- När man kommer längre norrut i landet har jag funnit att beståndsföryngringen vanligen är så gles och luckig att berikande plantering är nödvändig. I synnerhet gäller detta uppe i höjdlägen nära fjällen.
  - Vissa skogstyper har en stor bank av plantor. Sådana är fuktiga marker (utom de som bär en tät vegetation av Skvattram eller Odon). Torra marker med lav har mestadels en mycket tät matta av mycket små plantor. Vissa lingonristyper bär också på en tät plantbank.
  - Överlevnaden hos beståndsföryngring efter avverkning är direkt korrelerad med gallringens intensitet. Vid total kallläggning dör nästan all beståndsföryngring, i synnerhet om det tidigare trädbeståndet var tätt. Om skärmande träd lämnas överlever beståndsföryngringen i mycket större grad. Redan så glesa skärmar som fröträdsställningar har en mycket positiv effekt på överlevnaden.
  - Så kallad naturlig föryngring under fröträd och skärmar består ofta av beståndsföryngring och är inte avkommor efter frö- eller skärpträd.
  - Tillväxten hos beståndsföryngringen är direkt proportionell till det kvarvarande beståndets täthet. Det tar längre tid innan full tillväxt uppnåtts hos beståndsföryngring om trädbeståndet före gallringen var tätt än om det var glest.
- OBS. Slutligen måste det påpekas, att vid tillämpning av Naturkultur, är det önskvärt att beståndsföryngring hämmas av större träd. Man önskar alltså att beståndsföryngringen skall finnas i riklig mängd, men att dess tillväxt är liten.

## 11 BERIKANDE PLANTERING

### ***Sammanfattning om berikande plantering***

- Värdefulla forskningsresultat om berikande plantering har bl.a. publicerats av Braathe 1992, Skoklefeldt 1989, Fries 1990, Kuper 1992. De visar detsamma som vi funnit i våra egna försök, nämligen att planterade plantor generellt uppträder ungefär som naturplantor sedan de planterats i skog. Deras överlevnad och tillväxt gör att de kan bidra till virkesproduktionen på de platser där kvarvarande träd inte utnyttjar ståndortens hela produktionsförmåga.
- Det är viktigt att i detalj studera redan anlagda fältförsök för att ta reda på i vilken beståndsstruktur det är ekonomiskt rekommendabelt att investera i berikande plantering.
- Eftersom det är mycket svårt för en plantör att avgöra vilket trädslag som är lämpligast på en viss planteringspunkt, bör genpoolen i varje planteringspunkt utvidgas genom att flera trädslag sås i varje plantkruka.
- Nuvarande teknik för mekaniserad markberedning lämpar sig av ekonomiska och biologiska skäl inte för berikande plantering. Utvecklingen hos plantor satta direkt i humusen är acceptabel om de planteras redan första sommaren efter gallringen, och skyddas mot snytbagge. Tills mer vetenskaplig kunskap uppnåtts bör plantering utan markberedning tillgripas även vid plantering andra sommaren efter gallring, men då bör man fördubbla antalet plantor/ha. Eventuellt bör större plantor sättas.



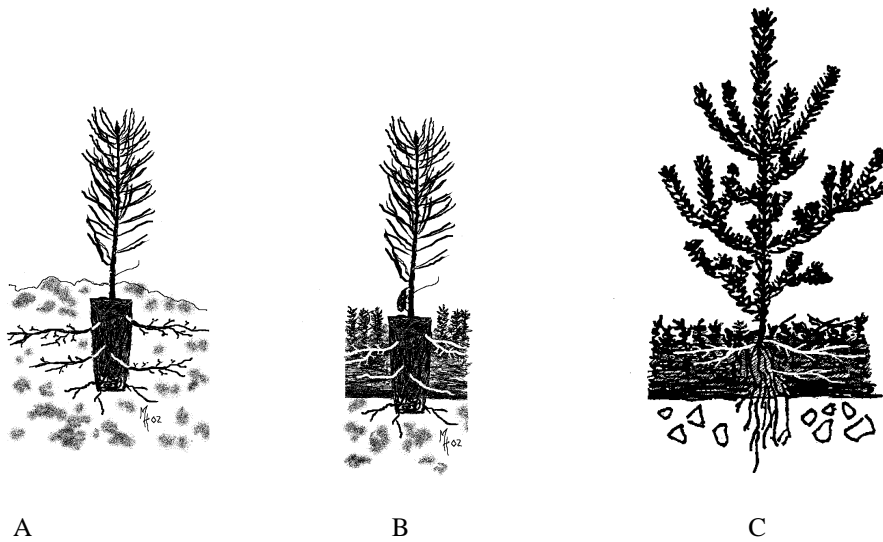
Figur 11.01. Flickan på bilden är på väg att sätta en planta i en lucka. Hon har uppenbarligen fått fel instruktion av markägaren, ty luckan är så liten att det är bortkastade pengar att utföra berikande plantering på denna plats.

### ***Grönrisplantering skapar miljövänligt lönsamt skogsbruk.***

Jämfört med konventionellt kalhyggesbruk innebär utnyttjande av återväxt i form av kvalitetsdanade små- och halvstora träd en oerhörd tidsvinst. Mellan dessa träd finns en mycket stor mängd natursådda småplantor som överlever tack vare det skydd som dessa träd skapar. Ett skäl till detta är att de barkätande insekterna gärna

äter bark på levande trädrötter i stället för på trädplantor. Med grönrissplantering, som sker första våren efter gallringen direkt i oskadat humustäcke, kan denna naturliga återväxt av träd och plantor lätt och snabbt kompletteras på den begränsade del av marken som saknar träd eller naturplantor. Befriande gallring i kombination med berikande plantering ger skogsägaren, dels en vinst i tiden, dels en stor miljövinst. Skogsmarkens kol frigörs inte och skogens upptag av CO<sub>2</sub> kan fortsätta.

I figur 11.02 B och C visas hur grönrissplanterade plantor skall placeras.



Figur 11.02.

A. Ettårig rotad planta satt på vanligt sätt i mineraljorden på markberedd mark.

B. Ettårig rotad planta planterad utan markberedning, såsom i försöken med Naturkultur. Övre delen av rotklumpen har satts i nivå med den levande mossan. Nedre delen av rotklumpen har då vanligen hamnat i mineraljorden. De yttigaste finrötterna har brett ut sig i förmultningsskiktet omedelbart under den levande mossan. Där finns högsta koncentrationen av näring. Naturligt sådda plantor och träd utvecklar alltid mest finrötter i detta näringsrika skikt och minst finrötter i mineraljorden.

C. Fyraårig omskolad planta planterad utan markberedning. På detta sätt planterades i försöken med Naturkultur södra Sverige. De svarta rötterna är de ursprungliga som i huvudsak hamnar vertikalt vid planteringen. De vita är nya adventivrötter som breder ut sig i det markskikt som bjuder på mest näring. OBS. Gran kan bilda nya adventivrötter från sovande knoppar. Tall har inte denna förmåga.

### **Faktorer av betydelse för insekters angrepp på plantor**

De viktigaste insekterna är snytbagge, tallvivel och bastborre. Gnag av de två sistnämnda är inte lätta att se. Tallviveln gör ett mycket litet hål i barken, men äter en stor del av kambiet innanför barken med hjälp av sin långa snabel. Bastborren håller sig mestadels dold nere i humusen där den äter rötternas bark. Alla tre insekterna äter gärna bark på rötter, vilket får en människa att tro att den skadade plantan torkat ihjäl.



Selander et al. (1990) studerade tidens inverkan på snytbaggarnas gnagfrekvens, och fann att angreppen var mest intensiva det första året efter en avverkning.

Selander, J. (1993) studerade noggrant en försöksyta med rader av planterade utan markberedning. Mycket olika plantstorlekar användes. Regressionsanalys användes för att utreda vilka faktorer som påverkade överlevnadstiden. De viktigaste var: Gnagets styrka (negativt), Planttyp (stor planta bra), Stamdiameter (positiv), Hyggesavfallets mängd intill plantan (positivt med stor mängd hyggesavfall).

Sydow v. och Örlander (1994) studerade relationen mellan skogens täthet och antal snytbaggar samt deras angrepp på planterade planter i Småland. Tre år gamla perimetrisbehandlade planter planterades utan markberedning i skog med olika täthet: 417, 326, 158, 79, 37, 16, 10, 0 stammar per hektar. Fällor för snytbagge sattes ut.

Insektsgnag och snytbaggetäthet var högst på kalytor och i glesa skärmar (<80 st/ha). I skärmar med 80-160 st/ha var gnagfrekvensen låg trots hög täthet av snytbaggar. Överlevnaden efter fyra år var 85 % under skärm och 70 % på hygge. Författarnas slutsatser var att man borde använda skärmar för att minska problemen med snytbagge.

Örlander et al. (2001) undersökte om snytbaggens angrepp påverkades av mängden färsk grenar från avverkade träd. Det visade sig att snytbaggegnaget reducerades till en tredjedel när färsk tallgrenar placerades på marken mellan plantorna.

Nordlander et al. (2003a) fann att snytbaggens angrepp på planter varierade starkt med avståndet till hyggeskant. På mitten av hygget var gnaget på planter ungefär dubbelt så stort som vid skogsbrynet på den solbelysta sidan av hygget.

Nordlander et al (2003b) studerade två ytor i södra Sverige, den ena hade en skärm av stora tallar, 136 st/ha, och den andra var helt kal. Författarna drog slutsatsen att det troligen var en alternativ födotillgång som gjorde att snytbaggarnas gnag på planter var mycket lägre under en skärmen. De trodde att barken på skärmträdens rötter utgjorde denna födoreserv.

Nordlander et al. (2003b) fann att skärmens skydd mot gnag av snytbagge sträckte sig vidare i tiden både till andra och tredje sommaren

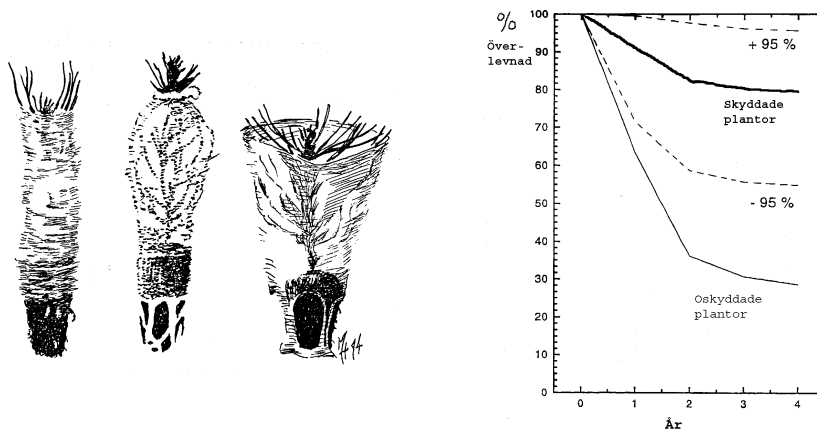
Wallertz (2005) undersökte varför snytbaggens skadegörelse är reducerad i närheten av träd. Hon fann att snytbaggen gnager bark på färsk trädrötter som finns i humustäcket. Detta skedde även på hygget det första året efter avverkningen. Snytbaggen äter bark även på blåbärets stammar nere i humusen. Tillförsel av färsk trädgrenar nära planterade planter reducerade angreppen på plantorna.

Min slutsats är att grönräplanterade planter skadas i liten omfattning när de planteras där det finns levande trädrötter. Arbetet visar också att plantorna om möjligt bör placeras intill grenar från nyligen avverkade barrträd.

### Grönrisplantering är nyckeln till fullständig valfrihet

Grönrisplantering gör det möjligt för skogsägare att fritt välja mellan olika skogsbruksmetoder, kalhyggesbruk eller olika former av kalhyggesfritt skogsbruk. Det är troligt att skogsägarna snabbt går över till hyggesfritt skogsbruk när de upptäckt att de gör en ekonomisk vinst. Utöver detta tillkommer att grönrisplantering i kombination med befriande gallring, är mycket fördelaktig med avseende på klimat, fornlämningar, rekreation och mångbruk. Skogsindustrin kommer inte att protestera när de får en bättre råvara.

VARNING. Det har visat sig helt meningslöst att genomföra grönrisplantering på öppna hyggen med plantor som **inte** försetts med ett effektivt skydd mot snytbagge (Hagner och Jonsson 1995). Överlevnaden efter fyra år blev då mindre än 30 % (Figur 11.03).



Figur 11.03. Under fyra år testades tre mekaniska insektsskydd, Bema, Strumpan och Struten, och ett kemiskt skydd, Permetrin, i 21 olika fältförsök spridda från Halland i söder till Västerbotten i norr (Hagner och Jonsson 1995). De skyddade plantorna jämfördes med plantor utan något insektsskydd. Plantering gjordes på kala hyggen den första sommaren efter avverkningen. Plantorna placerades direkt i humusen, dvs. utan någon markberedning, på det sätt som illustrerats i figur 11.02 B och C.

Söder om Dalälven användes stora omskolade plantor, medan planteringen norr om Dalälven gjordes med vanliga ettåriga rotade plantor.

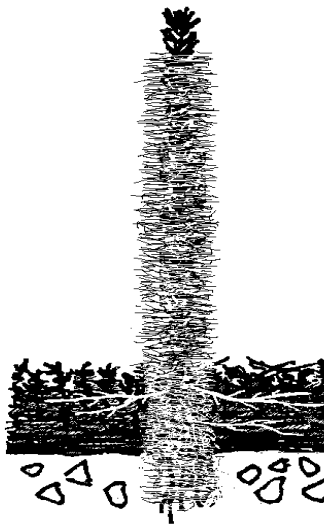
De fyra insektsskydden höjde överlevnadsprocenten från 30 % till 80 %. Denna förbättring innebär att ett helt undermåligt planteringsresultat förbättrades till ett mycket gott resultat, som till och med överträffade resultatet i 484 planteringar gjorda på normalt sätt efter maskinell markberedning (Ollas 1992).

Skyddet kan vara kemiskt. Idag använder vi i Sverige preparat som enbart får appliceras genom besprutning i plantskola. Där sker det antingen i speciella rum, eller genom att man sticker in ett rör med dysor i den kartong där plantorna förvaras.

Själv arbetade jag med mekaniska skydd under åren 1980-1999. Dels utvecklade jag egna skydd, dels jämförde jag med andras skydd. I fältförsöken med Naturkultur har vi använt Bemaskyddet gjort av en filt (Figur 11.07). Flera hundra tusen plantor med

detta skydd har fått acceptabel överlevnad och tillvuxit bra. Plantorna är nu upp till 10 m långa.

På grund av att kemiska medel är mycket billigare alternativ än mekaniska skydd, har tillverkarna av Bema, i likhet med dem som utvecklade andra mekaniska skydd, tvingats lägga ner verksamheten. Själv lät jag patentet på Bema förfalla i januari 2002 (Figur 11.07).



Figur 11.04. I ett fältförsök i Halland klippte vi alla grenar på omskolade fyraåriga granplantor. Därefter lindade vi in plantan, inklusive rotsystemet, i Bemafilt. Endast övre delen av toppskottet med några sidoknoppar lämnades ovanför filten. Plantan blev enkel att transportera och att plantera med plantrör. Plantorna planterades på färskt hygge utan någon markberedning. Det biologiska resultatet var gott efter ett år. Tyvärr var betningen av rådjur så intensiv att en stor del av försöket spolerades. Det visade dock att plantorna tålde beskärningen, och att angreppen av insekter i stort sett uteblev. Sidorötter trängde genom filten och grenar utvecklades ur sidoknoppar på toppskottet. Metoden kan troligen inte användas på tall eftersom plantor av det trädslaget inte har förmåga att bilda adventivrötter.

Under ett krontak blir attacken på plantor från snytbagge mindre intensiv än ute på ett hygge (Sundkvist 1994). Skador på naturliga plantor är i stort sett lika vanliga som på planterade plantor. Stammens diameter är helt avgörande för angreppets konsekvenser. Skärmens skyddande effekt finns trots att snytbaggetätheten i en skärm är lika hög (eller högre) som på hygge (Sydow och Örlander 1994). Även intill en hyggeskant minskar skadorna till hälften (Nordlander et al. 2003a). Skadorna reducerades till en tredjedel när färskt tallgrenar lades mellan planterade plantor (Örlander et al. 2001). Det kan alltså anses fullt klarlagt att snytbaggeskador reduceras starkt av att skärmande träd lämnas.

Plantor under skärm betas emellertid av rådjur, älg, hjort, tjäder och hare. När detta kombinerats med långsammare tillväxt på grund av de stora trädens konkurrens, har överlevnaden för tall blivit oacceptabelt låg i tät skog (Hagner och Molin 1998, Wikberg och Lundmark 2008).

### **Typ av plantor**

Våra stora försök med berikande plantering tyder på att man norr om latitud 60, ungefär vid Dalälven, borde kunna använda samma planttyp som på kalhyggen, dvs. ettåriga rotade plantor. Söder om Dalälven bör man använda omskolade stora barrotsplantor (Figurerna 11.02 C och 11.28).

I flera av våra försök har vi använt rotade plantor, där man sått plantbehållaren med två frön, ett tallfrö och ett granfrö (Figur 11.05). Tanken var att om en av plantorna förolyckades så skulle den andra utgöra en säkerhet. Den skuggtåliga granen, som är långsam i starten, domineras av tallplantan redan när plantorna kommer från plantskolan. Om båda plantorna överlever förblir granplantan så liten att den inte förorsakar någon tillväxtnedsättning hos tallen. Våra resultat med dubbelplantor är positiva, med 85 % överlevnad fem år efter plantering (Jäghagen et al. 1997). Gemmel och Örlander (1989) noterade också gynnsam effekt på överlevnaden genom plantering med tall och gran i samma rotklump.



Figur 11.05. Rotad dubbelplanta med både tall och gran. I försök med Naturkultur har dubbelplantor använts och visat sig ge god överlevnad oavsett grundyta i beståndet (Jäghagen et al. 1997). Dubbelplantan innebär en försäkring mot avgång. I det fall tallen överlever, utvecklas den så mycket snabbare än granen, att något behov av bortröjning av granen knappast uppstår. Denna erfarenhet grundar sig framförallt på studier av sådder anlagda på 1930-talet hos skogsbolaget Mo och Domsjö, där man normalt sådde blandfrö av tall och gran.

### **Redskap för plantering**

I vår försöksserie runt Sverige, där vi utfört grönriskplantering, har "Planteringsrör" och "Borr" använts. På det förstnämnda redskapet måste den fot som reglerar hur djupt plantan sätts, anpassas till ytligast möjliga plantering. Redskapet får inte tryckas ned, på vanligt "rejält" sätt. I stället skall man genom lätt sidovridning låta rörets näbb leta sig ned genom humustäcket. Sidorötterna som kommer ut från rotklumpens nedre del skall växa ut i humustäcket, inte nere i mineraljorden. Kalela (1954) visade att tallarnas finrötter i huvudsak utvecklas uppe i humusen, dvs ovanför mineraljorden (Figur 11.06).

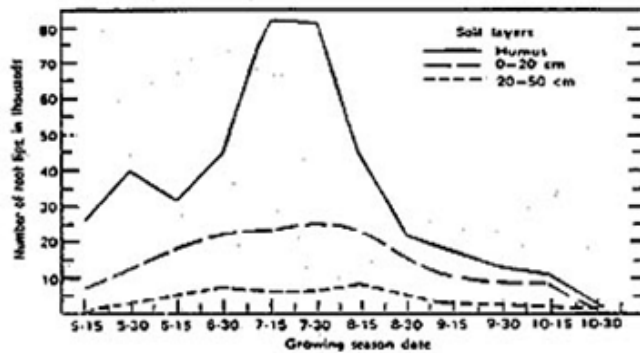


Figure 3.23. Number of root tips ( $m^{-2}$  surface area) in different soil layers in Scots pine stands in Finland during one growing season. (After Kalela, 1954.)

Figur 11.06. Denna figur har hämtats från Spurr och Barnes (1980). Kalela (1954) undersökte hur tätt tallens finrotsystem, i rotspetsar per  $m^2$ , varierade under året och i olika markskikt. Han fann att antalet rötter var mer än 10 gånger så högt mitt i sommaren som på senhösten. Tätheten var också 10 gånger så stor i humusen som 2 dm ner i mineraljorden.

Naturligt sådda plantor och vuxna träd placerar själva de flesta av sina finrötter i humustäcket (Figur 11.06). Detta gäller både gran och tall i Sverige. Under mina studieresor i världens skilda klimatzoner har jag iakttagit att trädens finrotsystem utvecklas så ytligt som fuktigheten tillåter. I tropisk regnskog, liksom i Kaliforniens dimbälte, där fuktigheten i markytan är stor, fann jag finrötter av träd uppe bland nyfallna blad och uppe på blottlagda stenar.

I humusen är det givetvis varmare än i mineraljorden, och i humusens förmultningsskikt finns det mest lättillgänglig näring. Granar som odlades i krukor fyllda med "Mor (humustäcke från svensk skog)" växte mer än dubbelt så snabbt som plantor satta i mineraljord (Hallsby 1994). Självt har jag lagt ut och följt mer än 80 fältförsök med plantor satta ytligt i humusen. Tillsammans innehöll dessa försök flera hundra tusen planterade plantor. De flesta försöken lades ut på färsk kalytor och var utspridda över hela landet (undantag östra Småland och Gotland). I endast någon procent av dessa försök fick plantorna synbara problem med torra (Hagner och Hansson 1987, Hagner och Jonsson 1995, Hagner 1998, Hagner et al. 2001).

### **Man vinner varken tillväxt eller överlevnad genom markberedning.**

Detta framgår av resultat från en landsomfattande försöksserie med Naturkultur utlagd 1989-1993. I dessa 12 försöksområden, med fyra parceller  $60 \times 280$  m, jämfördes fyra behandlingar:

KONT: Kalhuggning, markberedning, plantering 2 år efter avverkningen.

KAL: Endast småträd lämnade, 98 % av volymen bortgallrad, grönriskplantering

GLES: Plockhuggning av större träd, ca 50 % av volymen, grönriskplantering

TÅT: Plockhuggning av stora träd, ca 30 % av volymen uttagen, grönriskplantering

Det nordligaste området ligger i Gällivare och det sydligaste på norra Smålandsgränsen.



Figur 11.07. BEMA-skyddad och oskyddad tallplanta. På den oskyddade sitter tre snytbaggas som äter bark. Om stammen blir ringbarkad dör plantan. Snytbaggas blir rädda när de med antennerna nuddar de tunna plastfibrerna, troligen i tron att de stött på spindelväv.

BEMA-skyddade plantor, ca 250 000 st, sattes ytligt i mossan i försöksserien med Naturkultur 1990. Överlevnaden efter 10 år var praktiskt taget densamma som hos plantor satta i markberedd mark. Plantornas höjd var också densamma tio år efter avverkningen (Hagner 2008a).

Resultaten från de tolv försöksområdena har skildrats av mig under tiden 1990-2012 i en lång rad arbetsrapporter från institutionen skogsskötsel 1990-2001 och därefter i en rad rapporter från UBICON 2001-20015. Arbetsrapporterna finns på skogsbiblioteket, men tyvärr har SLU raderat serien från UBICON. Jag har därför lagt in denna serie på Kungliga Bibliotekets databas Libris.

Skogsstyrelsen har låtit två forskare skildra resultaten efter 10 år i åtta av försöksområdena (Wikberg och Lundmark 2008). Alla 8 områden ligger i Norrland. Tyvärr är deras framställning färgad av en negativ inställning till plockhuggning.

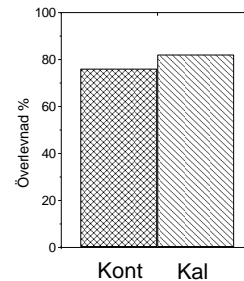
I det följande redovisar jag överlevnad och tillväxt hos plantorna i denna försöksserie. Jag gör det med siffror hämtade från skogsstyrelsens rapport men sammanställda på mitt eget sätt (Hagner 2008a).

OBS. Grönrisplanterade plantor är två år äldre än plantor satta i markberedd mark.

## Överlevnad

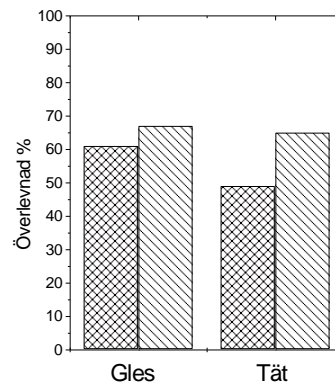
Grönrisplantering på kalhuggen mark, utförd bland kvarvarande småträd utan kommersiellt värde, gav i tre av fyra fältförsök något högre överlevnadsprocent än konventionell plantering på markberett och hyggesrensat hygge (Figur 11.08).

Figur 11.08. Överlevnadsprocent hos planterade plantor 10-12 år efter avverkning. Medeltal för alla försökslokaler där försöksleden kan jämföras.



Planterade plantor av den skuggfördragande granen överlevde bättre inne i tät skog än plantor av de ljusälskande trädslagen tall och contorta (Figur 11.09). I gles skog var skillnaden liten.

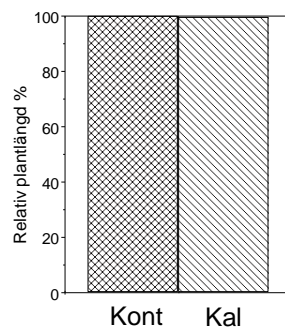
Figur 11.09. Överlevnadsprocent hos tall eller contorta (t.v.) och hos gran (t.h.).



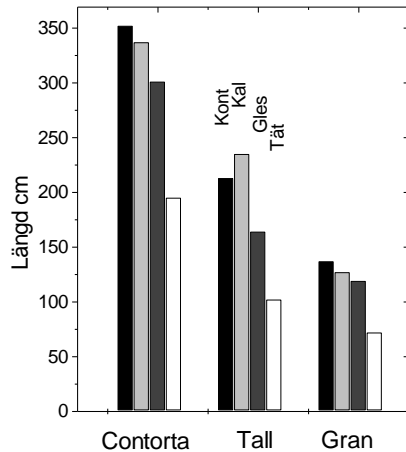
## Tillväxt

Vid tredje revisionen varierade längden hos planterade plantor alltifrån drygt en meter till fem meter. Jämförs den relativa trädlängden vid tredje revisionen i Kont med Kal i ett stort medeltal för alla block och alla trädslagen, så blir trädlängden praktiskt taget lika (Figur 11.10).

Figur 11.10. Den relativa plantlängden 10-12 år efter avverkningen. Ett medeltal över alla försökslokaler för tall, contorta och gran. Plantering efter markberedning på kalt hygge (Kont) jämförs med grönrisplantering utan markberedning på kalt hygge (Kal). För mer detaljerade uppgifter, se figur 11.11.



För alla trädslagen gäller att ökad konkurrens med befriade träd resulterade i försvagad höjdtillväxt (Figur 11.11).



Figur 11.11. Längden hos contorta, tall och gran 10 -12 år efter avverkning. Medeltal för alla försökslokaler där jämförelsen kunde göras.

På de två ställen där längden hos grönriskplanterade tallar kunde jämföras med längden hos tall planterad efter markberedning med högläggare (Barjasen) och med harv (Åliden), hade grönriskplanteringen gett längre träd än markberedningen.

Min uppfattning är att de positiva effekter på överlevnad och tillväxt, som man kan tillskriva markberedning, i huvudsak härrör från negativa effekter av skador orsakade av insekter. Plantor som nästan dör av insektsangrepp växer givetvis sämre än oskadade plantor.

De flesta försök, som anlagts av andra forskare, för att jämföra plantering i mineraljord med plantering i humus, har utförts så att plantering i mossan gjordes samtidigt och intill plantering i mineraljord. Detta missgynnade de plantor som placerades i humus, dels därför att de inte planterades direkt efter avverkningen (det tar ett år att organisera markberedning), dels därför att snytbaggen dras till områden som markberetts. Man tror att det är doften från alla skadade rötter och stubbar som lockar insekterna. Resultatet blev att angreppen blev mycket kraftigare på plantorna i humusen än på plantorna i mineraljorden. Skall en riktig utvärdering av vad markberedning har för effekt på överlevnad och tillväxt, måste plantering utan markberedning ske omedelbart efter avverkningen, och plantorna skall placeras ytligt i humustäcket. De måste dessutom ges ett heltäckande skydd mot snytbaggen.

I ett storskaligt försök i Rätan, Jämtland (SLU Skogsskötsel) har en korrekt jämförelse mellan grönriskplantering och plantering i markberedda fläckar genomförts. Resultat efter ett decennium föreligger. På bördig mark finns inte någon tillväxstimulans av markberedning alls. På normal frisk ristyp motsvarar



tillväxststimulansen ca 2 årsskott. På mager lavhed har tillväxststimulansen blivit mycket stor och torde uppgå till minst 7 årsskott.

Slutsatsen är att den försening som sker på grund av att markberedning skall organiseras, ca 1-3 år, ungefär motsvarar den tillväxtökning som uppnås på normal frisk ristyp. På marker med hög till normal bördighet har man alltså inte vunnit något i tillväxt, om plantorna satta utan markberedning planteras den första sommaren efter avverkningen. Detta har bekräftats även i den stora försöksserien med Naturkultur.

Försöket i Råtan har nyligen reviderats, dvs. efter flera decennier. Enligt uppgift från den som utfört inventeringen kvarstår de ovan nämnda resultaten.

### ***Man vinner inget genom att markbereda magra tallhedar.***

En försöksserie med spadvänd mark, anlagd på 1930-talet. Björn Elfving har i en stencil redovisat tallarnas storlek efter 70 år på Rosinedalsheden, Vindeln, Västerbotten. Det försprång som plantorna på spadvänd mark skaffade sig under de första 25 åren med förhöjd tillväxt, har under åren 25-70 förbytt i minskad tillväxt, så att de vid 70 års ålder är lika långa som tallarna på spadvänd mark. Vid omloppstidens slut, 120 år, torde träden på spadvänd mark vara mindre än träden på obehandlad mark. I så fall är den initiala stora fördelen av markberedning på en mager tallhed, en nackdel vid omloppstidens slut.

### ***Kostnaden för markberedning överstiger kostnaden för snytbaggesskydd***

Då en behandling med Permetrin i plantskolan kostar ca 20 öre, och en markberedningsfläck kostar 50-150 öre, uppnår markägaren en vinst genom att plantera utan markberedning. Min erfarenhet är att plantering ytligt i humusen är ett lättare arbete än att sätta plantor i mineraljord. Arbetskostnaden för de två typerna av planteringsmetod talar därför inte emot plantering utan markberedning.

### ***Markberedningens negativa effekter***

Markberedning ödelägger fornlämningar och renbete. Kraftig markstörning tycks även resultera i att kvicksilver kommer lös i vattnet (Eklöf et al. 2016). Markberedning medför också att humus förmultnar i rask takt, vilket medför en ansenlig frigöring av CO<sub>2</sub>. Det är därför inte bara markberedningsmaskinernas avgasutsläpp som bidrar till ökning av växthusgaserna. Jag finner det helt oacceptabelt att miljövärden, skogsstyrelsen, riksantikvarieämbetet och samerna inte uppmärksammar att markberedning kan undvikas på de flesta marker i Sverige. Detta har varit välkänt sedan 1950-talet, då grönriskplantering med DDT-skyddade plantor användes som standardmetod i Blekinge. I Norge, där DDT förbjöds först i slutet på 1980-talet, markbereddes 1987 endast 13 % av hyggena. I Sverige var situationen 1987 den omvända, ca 85 % av hyggena markbereddes. År 2012 markbereddes 95% av alla hyggen i Sverige.

### ***Missa inte att plantera den första våren***

Överlevnad och tillväxt hos plantor satta den andra och tredje våren efter en gallring är mycket sämre än när den sker första våren. Lindman och Nordström (1965) inventerade praktiska grönriskplanteringar utförda under sex år i Blekinge. Plantorna skyddades av DDT. Överlevnaden var över 90 % utom i 1963 års plantering.

I ett försök jämfördes plantering på färskt hygge med plantering på ett tre år gammalt hygge. Överlevnaden i juli den andra sommaren efter planteringen var 79 % på hygget som legat oplanterat i tre år, jämfört med 93 % på det färskta hygget. Medellängden var 48 resp. 65 cm och toppskott 5 resp. 10 cm.

På ett hygge, som grönriskplanterades 1955, tog plantorna slut efter att halva hygget planterats. Nästa vår planterades resten. Efter hjälpkultur 1961 på den hyggeshalva som planterats 1956 noterades vid inventering 1964;

	Överl %	Längd cm	Toppskott 1963
plantering 1955	92.5	232	46
plantering 1956	82.5	74	14

Min slutsats bekräftar att plantering utan markberedning på kalt hygge bör utföras redan den första sommaren efter avverkning.

Det största hotet mot planterade plantor är snytbagge, tallvivel och bastborre. Dessa insekter förekommer rikligt inne i en nygallrad skog, men i det följande stycket visas att insekternas angrepp reduceras starkt av att det finns färskta grenar och levande rötter från träd i närheten av den nysatta plantan.

Har Du missat chansen att grönriskplantera rekommenderar jag att Du fortfarande planterar luckorna utan någon föregående markberedning, men att Du halverar förbandet mellan plantorna, dvs. fyrdubblar antalet plantor per hektar.

Maskinell markberedning inne i skogens luckor förorsakar mer skada än nytta. Maskinföraren upptäcker inte beståndsförnygring och den tunga och dyra maskinen förorsakar både skador och stora kostnader.

Glöm alternativet med en klinga för markberedning på röjsåg. Mina egna studier av denna metod inne i en skog som behandlats med befriande gallring, visade att det var mycket få frästa fläckar som dög för plantering. Anledningen var sten och grova rötter. Plantorna blev därför vanligen satta med planteringsröret vid sidan av fläckarna.

### ***När är en lucka så stor att berikande plantering är motiverad?***

Av naturvårdsskäl kan vissa luckor lämnas öppna. Efter att hänsyn tagits till detta bör varje plats inom en skog, som inte utnyttjas av plantor eller träd, berikas genom plantering. I annat fall går produktionen av värdefullt virke på sikt tillbaka. Den som planterar skall bedöma var konkurrensen av stora träd är så liten att den planterade plantan sannolikt kan utvecklas till ett träd. Detta kräver stor kunskap om lokala

förhållanden. Ett bra sätt att bedöma detta vore att utgå från ett statligt krav på grundyta och poäng. Ett sådant system föreslås i kapitel ”Nya anvisningar till skogsvårdslagen”.

Beståndsförnygrade plantor av skuggfördragande trädslag, som till exempel gran, är normalt mer frekventa i äldre skog än ljuskrävande trädslag, som exempelvis tall (Räsenen et al. 1979, Wikberg 2002, Zajaczkowski et al. 1995). Ifall skogsägaren anser att en blandskog av tall och gran är väsentligt bättre än en ren granskog, måste berikande plantering med tall ske oftare än med gran.

### ***I hur tät skog kan man plantera?***



Figur 11.12. En av de största tallarna i parcellen Kont i ett fältförsök (2057) strax norr om Umeå, ca 150 möh. På frisk ristyp. Fotot taget 2011-08-30 när 19 växtsäsonger passerat sedan man utförde en vanlig plantering med tall på ett markerett kalt hygge. Frihetstalet i brösthöjd var 39 och i topp 36.

Figur 11.13. En av de största tallarna som grönriskplanterades i parcellen Kal där man skördade 93 % av kubikmassan och lämnade 12 m<sup>3</sup>/ha. Tallen har vuxit i 21 somrar efter planteringen och fått konkurrera med både beståndsförnyring och planterade granar. Frihetstalet i brösthöjd var 26 och i topp 26.



Figur 11.14. En av de 21 år gamla planterade tallarna i parcellen Gles, i vilken man tog 62 % av volymen vid gallringen och lämnade 69 m<sup>3</sup>/ha. I kanten mot parcellen Kal, som var nästan kal, fällde stormen många träd under de följande åren.



Eftersom grönsplantering utfördes med gran och tall i två meters förband (för varje trädslag) redan första våren efter gallringen, dvs. 1991, bildade de planterade plantorna ett nytt trädskikt i stormluckorna. Tallen som mannen håller i har frihetstalet i brösthöjd 25 och i topp 28.

Figur 11.15 Bilden visar de något mindre tallarna närmare den täta skogen i Gles. De har frihetstal omkring 20. I den miljö, som råder till höger växer tallarna tillräckligt bra för att överleva. De hämmas samtidigt tillräckligt för att i framtiden ge sågtimmer av högsta kvalitet, med relativt små årsringar nära märgen, dvs. liten andel ungdomsved, och med få och klena kvistar i bottenstocken. Fotot taget 2011-08-30.





Figur 11.16. En 21 årig planterad tall inom parcellen Gles. Frihetstalet i bröst höjd var 11 och i topp 11.

Figur 11.17. En planterad tall i parcell Gles som hamnat på en plats med mycket stor konkurrens från träd. Frihetstalet i bröst höjd var 7 och i topp 5.



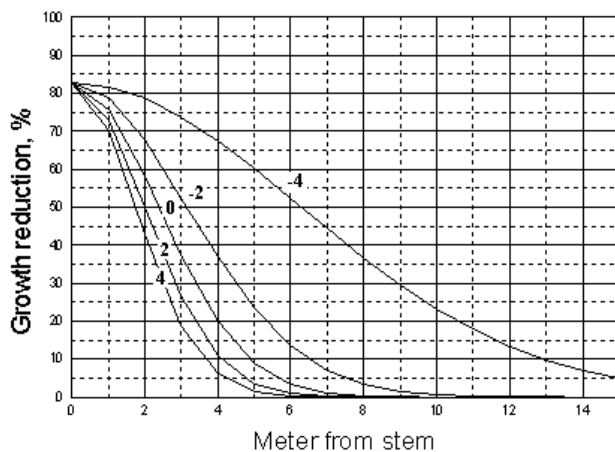
Figur 11.18. När 21 somrar passerat efter grönsplanteringen i parcellen Gles har de flesta planterade tallar dött. De planterade granarna överlever längre tid, men växer inte på platser nära tät skog. Mannen håller i stammen av en planterad tall som överlevde minst i tio år under grenverket på en stor gran.





Figur 11.19. Mannen sitter mitt i en 5 m bred väg som kalthöggs för att möjliggöra uttransport av virke. Denna "lucka" har inte varit stor nog för att de tallar och granar som planterades i traktorvägen skulle kunna växa.

Forskarna vet inte i detalj hur konkurrens mellan stora och små träd går till. Mycket talar för att det är mykorrhizan som avgör vilka träd och trädplantor som skall växa, överleva eller dö. Svampen kan troligen överleva i många tusen år, men är helt beroende av den energi som träden skapar i sina blad. Med sitt vittförgrenade nätverk av mycel når den alla delar av marken och medverkar till att frigöra näringsresurserna i all död biomassa samt i mineralkorn. Svampen ger näring till träden i samband med att den äter upp trädens små gaffelgrenade finrötter. Då kan den troligen gynna de träd som är kapabla att ge mest energi till svampen, och missgynna undertryckta träd som har det svårt. En kanadensisk forskare har visat att mykorrhizan även tycks kunna bidra med kolföreningar till små träd som får svårt med sin egen fotosyntes.



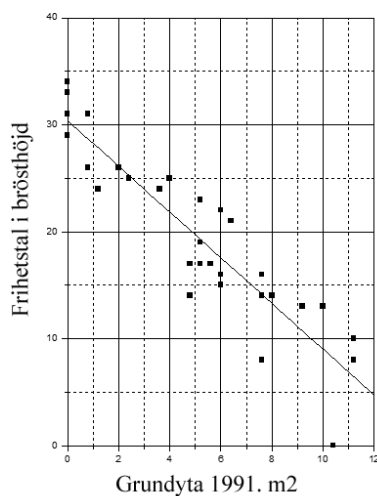
Figur 11.20. Tillväxtreduktionen i procent vid varierande bonitet i Sverige (SFI) (Hägglund and Lundmark 1981). Kurvorna har jag ritat med hjälp av funktioner som publicerats av Elfving and Jakobsson (2006).

Konkurrensens räckvidd har beskrivits för tall på ett föredömligt sätt av Elfving och Jakobsson (2006) (Figur 11.20). Exempel på tolkning av diagrammet är följande. På en bonitet = 2 minskar tillväxten till hälften (50 %) om en planta växer 2.0 m från stammen på en tall. På en mycket lägre bonitet = -4 hämmas tillväxten lika mycket 6.3 m från stammen på en tall.

De två nämnda forskarna fann inte något samband med storleken (13-25 långa) hos de fristående tallar som orsakade tillväxtnedsättningen i återväxten runt träden. Detta, samt de resultat som Nilsson och Gemmel (2007) fått vid studier av återväxtens av gran reaktion i luckor skapade i unga planteringar, har gett mig uppfattningen att det troligen är mykorrhizans räckvidd som avgör konkurrensens räckvidd.

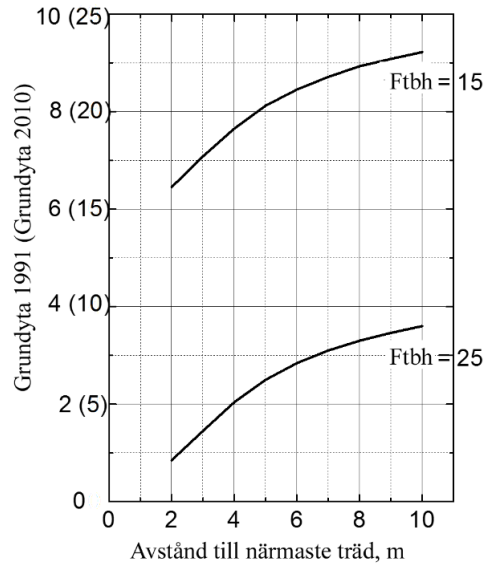
I den landsomfattande försöksserien med Naturkultur som anlades i början på 1990-talet finns nu mer än hundra tusen planterade plantor av gran och tall som vuxit i flera decennier inne i höggallrad skog. Plantornas reaktion på konkurrens från träd bör beskrivas bland annat med hjälp av höjd, diameter och frihetstal. Sådana data bör användas för att ge rekommendation för berikande plantering.

I ett opublicerat manuskript (Hagner 2010) har jag gett prov på hur tall utvecklats i luckor. Materialet är hämtat från försök nr 2057 strax norr om Umeå och det visas i figurerna 11.09 -11.16.



Figur 11.21. Samband mellan frihetstal i bröst höjd (registrerat 2010) och grundytan 1991 i det nygallrade beståndet.

Figur 11.22. Diagrammet visar hur grundytan 1991 och avståndet till närmaste träd inverkar på planterade plantors grenbildning, dvs. frihetstalet i brösthöjd (Ftbh).<sup>2</sup>



Min uppfattning är att tallar bör uppnå ett frihetstal på minst 15 för att ha en rimlig chans att utvecklas till bra timmerträd. Om de skall ge timmer utan många grova kvistar måste de vara så hämmade att frihetstalet inte överstiger 25. Diagrammet i figur 11.22 kan användas av den som genomför berikande plantering på följande sätt. Med relaskopet får han veta att grundytan i luckan där han står är 8 m<sup>2</sup>. Då är det meningsfullt att plantera tall på större avstånd från närmaste träd än 5 m. Sätter han tallplantor närmare träd än 3 m är det stor risk att de dör eller blir så skadade att de inte ger ett timmerträd. Är grundytan endast 2 m<sup>2</sup> kommer planterade tallar att få oacceptabelt många och grova grenar på större avstånd från närmaste träd än 4 m.

Dessa resultat grundar sig på mätning av enbart 30 planterade tallar, på en enda ståndort. Resultatet kan givetvis inte generaliseras för användning inom stora områden, men sambanden mellan grundytan, avstånd till närmaste träd och grenighet är mycket starka. De visar att likartade instruktioner kan utformas med hjälp av det material som nu finns tillgängligt i form av stora försöksområden. Givetvis är det angeläget att finna motsvarande samband även för gran. Nilsson och Gemmel (2007) har ett material som troligen går att använda för att utforma regler för berikande plantering av gran i sydligaste Sverige.

### **Plantera var?**

Sätt plantan intill stubbar, liggande träd och mellan djupa hjulspår. Undvik små svackor och traktorvägar. Enligt våra studier växer tallplantor speciellt bra när de placeras intill stubbar och intill kullfallna stammar (Figur 11.23).





Figur 11.23. Tallplantor satta intill stubbar och kullfallna trädstammar visade sig i ett stort försök växa signifikant bättre än andra plantor (Christensen 1994).

Förmodligen gäller detsamma för andra trädslag. Tidigare studier har visat att överlevnaden hos tallplantor är låg i små fördjupningar (svackor med radie 0.1-1 m) (Hagner 1985). Den enklaste instruktionen för plantörer har visat sig vara ”sätt inte plantor i små fördjupningar”. En väsentligt mer krävande instruktion är ”sätt plantorna intill stubbar och kullfallna träd”. En utomordentligt kunskapskrävande instruktion är ”sätt plantor där de sannolikt kan utvecklas till träd”.

En intressant och viktig kontrovers uppstår mellan markägare och plantör, om den senare är entreprenör vars inkomst är proportionell med hur många plantor som sätts per dag. Entreprenören tycker givetvis att relativt små luckor bör fyllas igen med plantor, och han lägger inte ned alltför stor möda på att hitta all beståndsförnyring. Markägaren torde ha annan uppfattning om luckornas storlek och om att återfinna beståndsförnyring. En annan kontrovers gäller om traktorernas körvägar skall planteras. Personligen har jag uppfattningen att samma körvägar sannolikt kommer att användas av traktorerna vid nästa avverkning, vilket innebär att det inte är meningsfullt att sätta plantor i traktorvägarna. Dessutom visar fältförsöken med Naturkultur att de ”luckor” som skapas av vanliga 5 m breda stickvägar, inte är stora nog för att ge plantorna tillväxtutrymme. Undantag gäller där traktorerna har sjunkit ner med sina hjul så långt att de skurit av möjligheten för träd att nå marken mellan hjulspåren. Då vittnar försöksresultaten om att plantorna utvecklas tämligen snabbt mellan spåren.

### **Kostnad för grönriskplantering**

Jag och min familj har planterat ca 30 ha i gallrad skog och redovisat erfarenhet och kostnader i en rapport (Hagner 2001d). I den landsomfattande försöksserien med Naturkultur som anlades i början av 1990 organiserades manuell plantering av mer än 200 000 plantor. Kunskapen om manuell plantering kan därför anses vara betryggande.

Skogsägaren har all anledning att utnyttja den första sommaren (Tabell 11.01). Har han inte utnyttjat den första sommaren tror jag, såsom jag nämnt ovan, att det trots allt är bäst att plantera luckorna utan markberedning, men då måste han minska förbandet mellan plantorna från 2.0 m till 1.4 m, det vill säga sätta dubbelt så många plantor per hektar.

Tabell 11.01. Kostnad för grönsplantering i ett bestånd efter befriande gallring. Dagsverkskostnad brutto 1500 kr/dv. Arbets hastighet plantör 0.49 dv/ha.

År	Arbetskraft	Behandling	Behandling kr/planta	Kostnad kr/planta	Plante-ring kr/planta	Antal plantor per ha	Kostnad totalt kr/planta	Kostnad totalt kr/ha
Första sommaren	Självverksam	Kemisk	0.25	1.10	0	100	1.35	135
Första sommaren	Anställd Plantör	Kemisk	0.25	1.10	7.35	100	8.70	870
Andra sommaren	Självverksam	Kemisk	0.25	1.10	0	200	1.35	270
Andra sommaren	Anställd Plantör	Kemisk	0.25	1.10	7.35	200	8.70	1740

## 12 VOLYMPRODUKTION



Figur 12.01. Martin Lundgren i sin provyta 20 möh. i Ånäset, Västerbotten. Han höggallrade 1996 och nu efter 17 år är det dags för nästa höggallring. ”Då skall jag plocka ut de två grövsta tallarna som inte längre ger god ränta på sitt kapital. Rekryter med ypperlig kvalitet ger mig stora inkomster i nästa gallring. Här har tillväxten varit 5.56 m<sup>3</sup>/ha och år vilket är oväntat bra”.

### ***Klok politik är anpassning till produktionen i det naturliga ekosystemet.***

Min förhoppning är att effekten av en mer naturnära typ av skogsbruk skall ge incitament till politiker att anpassa hela samhället till vad skogen uthålligt kan avkasta. Hittills har forskare och skogliga företag varit inriktade på att öka skogens produktion av nyttigheter utan någon tanke på att det naturliga ekosystemets alla organismer anpassats till att fungera tillsammans under miljontals år. Istider har avlöst varandra. Träden har tvingats flytta söderut när isen växte och norrut när isen drog sig tillbaka. Som art har tallen vant sig vid klimatförändringar.

Träden har hela tiden varit en viktig del i ekosystemet eftersom de är de största varelserna. Av det sistnämnda skälet har träden varit viktiga organismer i ekosystemet eftersom de omvandlat solens energi till livgivande socker. Fotosyntesens omvandling av solenergi till socker resulterar i det bränsle som driver ekosystemet. Inom detta system försöker varje art att få tag på så mycket energi som möjligt för att med den skapa en fertil avkomma. I kampen om energin har alla organismer blivit tvingade att ordna både destruktiva sätt (förgiftning av konkurrenter) och uppbyggande sätt (samarbete, som hos vissa arter av mykorrhizan).

Våra gener, som utformar vår kropp och vår livsföring, tycks vi ha gemensamma med många andra varelser. Människan och schimpansen har 98 % gemensamma gener. Senaste nytt inom forskningen är att andra delar av arvsmassan, som påverkas av yttre omständigheter, avgör vilka gener som skall vara aktiva. Jag utvecklar detta mer i detalj i ett kapitel om klimatförändring och trädens arvs massa.

Träden är de organismer som levererar den största delen av skogsekosystemets energi. Av detta skäl har alla organismer, som är beroende av denna energi, tvingats utveckla listiga strategier som gör att de garanteras en del av denna energi. Träden måste ha vatten och näring. Deras rötter kan ta upp detta direkt från en näringslösning i ett laboratorium, men i skogen har svamparna gjort sig nödvändiga genom att bjuda på ett långt bättre rotsystem. Svampens myceltrådar är oerhört mycket tunnare och mer finmaskigt än trädens och det kan därför nå mycket större yta av de korn som utgör skogsjorden. Trädet skjuter ut speciellt anpassade små gaffelgrenade rötter som svampen får äta upp, medan trädet får näring av svampen. Detta utbyte pågår i några få veckor varefter svampen erbjuds nya specialkonstruerade rötter. Detta är så omfattande att man anser att ett trädets finrotsystem byts ut fyra gånger under en sommar. De grova rötter, som vi kan se, är huvudkanalerna som förmedlar vatten och näring på väg upp till barren. Men de är också kanaler för socker ut till svampen. Transporten upp, av vatten och näring, sker i yttersta delen veden, medan transporten nedåt, av socker, sker i den innersta vita delen av barken.

Svamparna tar sockret med sig ut till mycelelets spets. Där levereras det till bakterier, som genast förökar sig genom delning och löser upp sin omgivning med den magsyra, som de lägger utanpå sina kroppar. Svampens mycel växer vidare och levererar energi på andra ställen. Bakterierna på förstnämnda ställe råkar ut för energibrist och dör. Då löser de upp sig själva med samma magsyra, och då kan svampen suga i sig näringslösningen. Det beskrivna systemet är i princip detsamma som vi arrangerat inne i vår kropp. Skillnaden är att vi inte utnyttjar svampar som mellanled.

Svampens mycel är mat för de minsta djuren: hoppstjärtar, spindeldjur och rundmaskar. Dessa äter även döda växtdelar och har en matsmältning som också liknar vår egen. Antalet arter av insekterna som kallas hoppstjärtar är bara några tiotal., men fossiler visar att de i stort sett likadana ut under ca 400 miljoner år. De förekommer överallt på jorden där växter finns. De är alltså så perfekt anpassade till sin miljö att alla genetiskt förändrade typer av hoppstjärtar har sorterats undan i konkurrensen de senaste hundra miljonerna år. Hoppstjärtarnas livstid är kort och mängden muterade individer följaktligen hög. Ändå ser hoppstjärtarna ut som de "alltid" har gjort.

Varje gång du sätter ner foten i skogen trampar du ihjäl massor av de nämnda små djuren och den kompression, som din sko orsakar, klämmer samtidigt ihop de gångar med syre som är nödvändiga för livet i marken. Nästan alla organismer behöver syre och rundmaskar, myror och växternas egna rötter skapar kanaler och luckrar jorden.

I vårt land har vi mulljord i de bördigaste områdena. Där svarar de jättelika dagmaskarna för både omblandning av växtdelar och mineral Korn. Maskarna sörjer för syreförsörjningen via sina grova gångar och för upptransport av mineral Korn.

Det sistnämnda beror på att maskar använder vassa sandkorn som tänder i sin muskulösa tarmkanal. Där tuggas döda blad genom tarmens rörelser så att bakterierna kan komma åt innehållet i bladens celler. Slutligen levereras maskens avföring på markytan.

Tyvär trivs inte stora daggmaskar i våra karga skogsmarker. Där försiggår det huvudsakliga livet i det luckra översta skiktet av humustäcket, som är barrskogarnas kompost. Det slutliga resultatet av allt liv ligger kvar som svart humus ovanpå den ostörda mineraljorden. Den vertikala omsättningen i karga skogstrakter är så liten att pollenanalyser av den svarta humusen har visat lager som ibland kan användas för att skildra vegetationens förändring sedan istiden, dvs. under de tio senaste årtusendena.

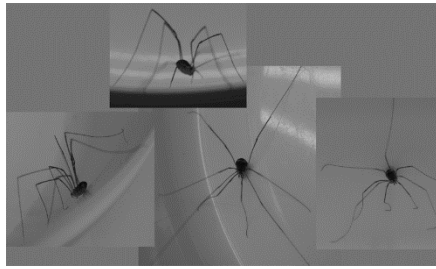
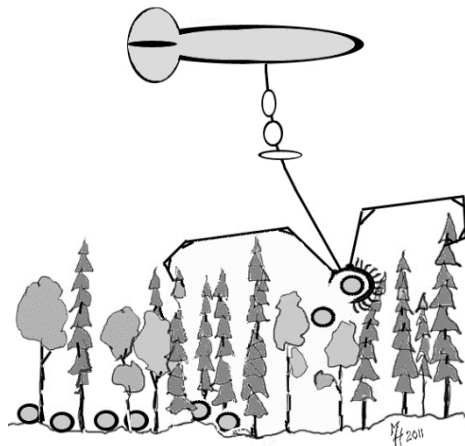
En lucka skapas när ett stort träd blåser omkull. Fåglar sköter sådden av sådana växter och kortlivade trädarter som trivs bra i luckor. Detta arrangeras elegant genom att dessa arter bjuder fåglarna på små frön med mycket socker och lite äggviteämnen. Fåglarna äter fröna i äldre luckor, men måste sedan flyga till nya luckor där insektslarver frodas under barken på det nyfallna trädet. Där får de sitt behov av larver med äggviteämnen, dvs. kväve, tillgodosett, och bajsar ut rätt sorts frön.

Jag berättar detta för att läsaren skall förstå vad ett ekosystem är. Tack vare fotosyntesen i växterna kan energi skapas för alla de varelser, som medverkar till att frigöra och transportera basnäringen, fosfor, kalium och alla spårämnen, från berg och mineralkorn. Bakterierna är de som svarar för det viktigaste jobbet, men alla andra organismer är nödvändiga för att växterna skall kunna underhålla sin tillverkning av ekosystemets drivmedel, dvs. sockret. Varje ekosystem är anpassat till den miljö som yttre omständigheter skapar. Tillgången till basnäring från berget avgörs av dess yta, som är stor om det finns sten, sand och lera. Sedan är det tillgången på vatten och värme som avgör bördigheten. Under flera hundra miljoner år har ekosystemets funktion förfinats och resultatet har blivit att systemet, som under rådande omständigheter producerar maximalt med socker.

Vill vi människor, som lever av socker och basnäring, dra största möjliga nytta av ekosystemet, måste vi lära oss att anpassa mun efter matsäcken. Vi bör lära oss att efterlikna den skörd som många andra stora varelser i det naturliga systemet åstadkommer. Ekosystemet är anpassat för bete av hjortdjur och insekter. Men vi måste komma ihåg att återställa basnäringen, dvs. fekalerna som kommer ur djurens ändtarm. Träden klarar angrepp av larver, som äter barr, och algar som äter kvistar. De klarar ekorrarna, som äter frön och knoppar. Många träd stryker med i snöbrott och stormar. De träd som dör genom angrepp av sjukdomar har troligen ett nedsatt immunförsvar, därför att skogens trädgårdsmästare, dvs. mycorrhizan, inte längre har intresse av att samarbeta med dessa träd. Det viktiga är att efterlikna den naturliga avgången, inte bara till sättet utan även till kvantiteten.

Jag presenterar här ett radikalt förslag illustrerat med bilder. Bilder över ett optimalt system för vertikal skörd av fullmogna träd finns i ett särskilt kapitel, men här presenteras hur vi skulle kunna skörda högvärdig biomassa för att med den mata våra idisslande köttproducenter.

Figur 12.02. Spindeln ”harkrank” har reducerat sin kroppsvikt och förlängt sina ben så att den kan krypa bland glest stående grässtrån. Den kan tjäna som modell för en likartad robot.



Figur 12.03. En spindelliknande robot hålls tyngdlös med en heliumfylld ballong vars position och lyftkraft regleras av propellrar i x, y och z-led.

Roboten kammar lös en liten del av trädens grönska och tunna grenar och tillverkar mjuka ägg med ensilage, som senare hämtas av en annan fritt flygande ballongrobot. Läs mer om det systemet i kapitel rörande skörd av virke.

I litet längre perspektiv tror jag att människan gör bäst i att söka sitt protein längre ner i näringskedjan än vi gör idag. Daggmaskar innehåller troligen bra köttprotein. På en vanlig äng med kossor lär köttproduktionen i form av daggmask vara hundra gånger så stor som köttproduktionen i form av kor. Med elström kan daggmaskar skördas på ett mycket enkelt sätt, eftersom de kryper upp ur mull om en elektrisk ström leds genom jorden. Skaffar vi högvärdig biomassa med hjälp av spindelrobotar, kan vi också skaffa fram protein genom intelligent utnyttjande av kompost med daggmask.

Anpassar vi skörden av biomassa till det ”naturliga” ekosystemets produktionsförmåga, så bör detta kunna fortgå uthålligt. Om de skördande robotarna är tyngdlösa påverkar de inte markens struktur, vilket är helt fundamentalt om ekosystemets produktionsförmåga skall upprätthållas.

Samma resonemang bör gälla för all skörd i ekosystemet, dvs. för skörd av virke, frukter, svampar m.m. Anledningen till att försöka åstadkomma detta är att säkerheten i produktionen då är maximal, eftersom ekosystemet fungerar uthålligt på det sätt vi vet att det fungerat i miljontals år. Den industri som förädlar produkterna kan känna sig säker, dels på att leveransen kan upprätthållas på angiven nivå, dels på att kostnaden för produkten är den lägsta möjliga. Naturen sörjer för framställningen utan kostnad för användaren. Alla konstlade sätt att öka produktionen framkallar extra utgifter, vilket givetvis måste betalas av användaren.

Vi vet att vi kan öka virkesproduktionen tre gånger om vi gödselbevattnar marken i en kontinuerlig process. Det kan vara frestande för en massaindustri att köpa det

framgödlade virket i en högkonjunktur vid brist på massaved. Tids nog skapar emellertid konkurrens från utlandets industrier, som anpassats till vad naturen ger av billig råvara, olönsamhet och nedläggning av den svenska industrin. En sådan avveckling av skogsindustrin har redan skett i Japan.

Klok skogspolitik innebär att ”rätta mun efter matsäcken”. Det är enklast att bli rik ”genom att minska kostnaderna i stället för att öka inkomsterna”. Regeringen skall, enligt min åsikt, styra industrins behov av virke så att den passar för den leverans av råvara som det naturliga skogsekosystemet långsiktigt klarar av. Skogsforskarnas uppgift blir att utforma icke-destruktiva skördemetoder, och att beräkna vilket uttag av biomassa som det naturliga ekosystemet klarar av. En viktig detalj i den sistnämnda uppgiften är att ge industrin besked om vilken dynamik som gäller i råvaruproduktionen i ett naturligt system.

### ***Fastighetens volymproduktion***

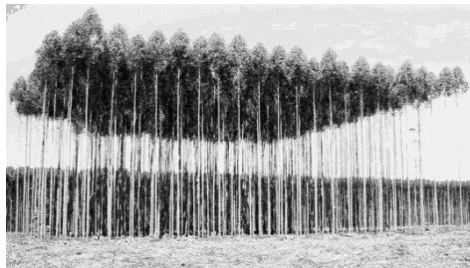
Det finns en risk att Naturkultur, som leder till skiktad skog, ger en lägre volymproduktion än trakthyggesbruk. I de beräkningar som presenterats tidigare har förutsättningen varit att volymproduktionen är densamma. Det finns vetenskapsmän (Elfving och Tenghammar 1995) som hävdar att bestånd som uppkommit genom vidareutveckling av tidigare undertryckta träd, har en lägre volymproduktion än de som uppstått efter plantering på kalhygge. Emellertid finns det också en rad undersökningar som redovisar god reaktionsförmåga hos undertryckta träd som friställts genom höggallring (Kallin 1926, Näslund 1942, Vaartaja 1951, Lindman 1984, Bergan 1985, Eriksson, 1986, 1992, Nilsen 1988, Nilsen och Haveraaen 1982, Axelsson och Eriksson, 1986, Kalela 1986, Hynynen och Kukkola 1989, Skoklefeld 1989, Lundkvist 1989, Elfving 1990a, b, Fries 1990, Lähde et al. 1991, Mielikäinen och Valkonen 1991, Eriksson och Kyrkjeeide 1992, Jonsson 1995, Pettersson 1995). Ämnesområdet har varit centralt under mycket lång tid och forskningslitteraturen i centrala Europa är oerhört stor. Jag har därför valt att endast presentera nordiska arbeten. Frågan är mycket komplicerad och den kan inte besvaras förrän våra försöksserier har följts under lång tid. Enligt min mening kan inte riksskogstaxeringens tillfälliga ytor användas för konstruktion av produktionsfunktioner, vilket hittills varit regel. Anledningen är att skogens och trädens karaktärer inte kan kopplas till produktionen så länge forskaren inte kan lyfta undan effekten av kraftiga varianskomponenter, såsom markens bördighet och huggningsstyrkan. Dessa två faktorer påverkar produktionen mycket starkt och på tillfälliga ytor kan man inte extrahera inflytandet av dessa. Att lägga in boniteten som kovariat, mätt enligt ståndortsfaktorer; täcker endast ca 70 % av varianskomponenten bördighet, varför 30 % blir kvar. Denna kvarblivna komponent är stor nog för att funktionens övriga variabler skall bli missledande. I särskilda arbetsrapporter (Hagner 2002g,h, Hagner och Holm 2003) har jag påpekat detta och med dem som grund (utan resultat) diskuterat med ansvarig professor. De nuvarande produktionsmodellerna styr enligt min mening skogsskötseln **fel**, då de ger besked om

- att trädens ålder är en negativ faktor (Det korrekta är att åldern har en obetydlig inverkan).
- att stående volym är en positiv faktor (Det korrekta är att motsatsen gäller. Faktorn är dock svag)

- att beståndsstrukturen inte spelar någon stor roll (Det korrekta är att skiktning är en positiv faktor).

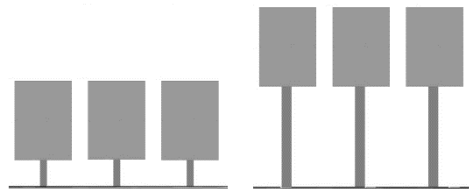
Genom en nyligen publicerad bearbetning av material från ett gallringsförsök i Jämtland (Hagner 2004) har jag visat att de två helt avgörande faktorerna för att behålla hög volymproduktionen är att bladmassan bevaras genom att gallringsstyrkan hålls låg, samt att de flesta träden ännu inte nått full storlek, dvs. skogen skall vara naturligt fullskiktad. Om dessa faktorer beaktats bör beståndets stående volym hållas låg. En ekonomisk analys av detta material visade att höggallring gav flera gånger högre nuvärde än läggallring.

Om produktionsforskarna tvingades samarbeta med ekonomer för att gemensamt skapa funktioner som kvantifierade värdet av det som naturen ger, i stället för volymen virke, skulle skogsskötseln styras rätt.



Figur 12.04. Mogen Eucalyptus i Brasilien. Virkesförrådet, som är mängden stamved, är en belastning för ekosystemet som kräver underhåll. Vid konstant bladyta innebär ökande virkesförråd att den virkesproducerande förmågan sjunker. (Foto Sune Linder).

Vi måste komma bort från den felaktiga och mycket kostsamma hypotesen att hög stående volym är liktydig med hög produktion (Figur 12.05).



Figur 12.05. Svenska skogsmän har i sin utbildning fått höra att det finns ett positivt samband mellan stående stamvolym och virkesproduktion (Lundqvist 1989, Elfving 1993, Chrimes et al. 2007). Virkesförrådsdiagrammet i anvisningar till skogsvårdslagen är också uppbyggt på detta antagande. De två bestånden på bilderna har lika stor bladyta och därmed lika stor fotosyntes. Respirationsförlusterna (andningen) är störst i beståndet till höger på grund av att de långa transportbanorna mellan rot och krona måste hållas vid liv. Det finns därför anledning att tro att nettoresurser för tillväxt är större i beståndet till vänster. I detta fall har i så fall beståndet med lägst stamvolym, den största volymtillväxten. Bladytan, som är den avgörande faktorn för produktionen, är, efter att ungskogen slutit sig och kvistrensningen börjat, ungefär densamma under beståndets senare utveckling. Det som händer är att bladytan lyfts allt högre upp (Figur 12.04). Gallring reducerar bladytan tillfälligt och sätter ned produktionen intill dess att bladytan åter blivit så stor att kvistrensning pågår. O'Hara et al (1999) visade att den levande delen av stammen, dvs. arealen splintved, (är starkt kopplad till bladytan) korrelerar väl med trädets stamvolymtillväxt.

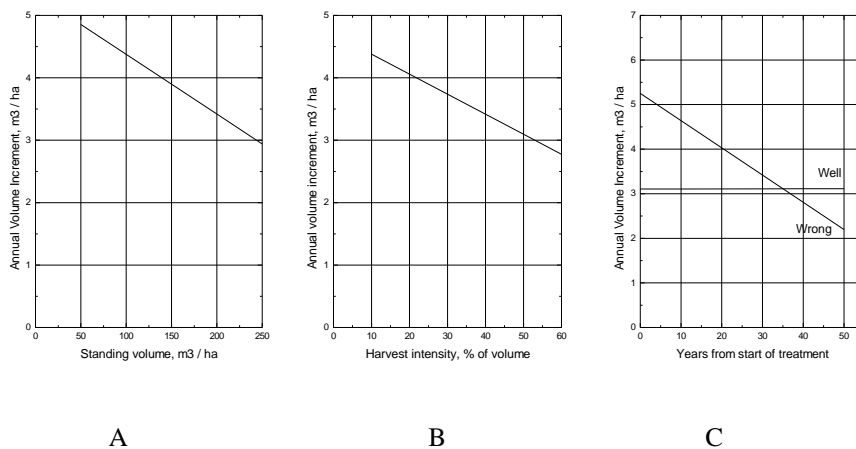


Min bearbetning av material som Lundqvists (1989) redovisat från elva ytor som blädats under lång tid (Hagner och Holm 2003) visar att produktionen efter avverkningen sänktes proportionellt med gallringsstyrkan (Figur 12.06 B). Det ligger alltså en risk i att gallra sällan, ty detta leder till kraftig gallring, dvs. stor reduktion av bladytan. Skogen hinner mestadels att sluta sig mellan gallringarna, vilket medför att undertryckta träd anpassar sig till en låg ljustillgång och svaga vindar. Eventuellt hinner underväxten dö. Detta äventyrar inväxningen efter en befriande gallring.

En mycket noggrann mångdimensionell statistisk analys av materialet från blädningssytor (Hagner och Holm 2003) visade att virkesproduktionen i de blädade ytorna var störst när den stående kubikmassan var lägst. Detta var mest uttalat i de ytor som hade fullskiktad skog. De ytor som gallrades på ett sätt som gjorde att beståndet blev alltmer enskiktat, visade på starkt försämrad virkesproduktion över tiden. Dessa resultat sammanfaller helt med de slutsatser som dragits ur ett helt annat material insamlat i ett gallringsförsök i Jämtland (Hagner 2004).

Slutsatsen av analyserna, översatt till praktisk handling blev följande. Om hög volymproduktion skall uppnås måste man:

- bevara den fullskiktade strukturen i beståndet, med glest stående dominanter.
- gallra ofta och svagt, dvs. reducera bladytan så lite som möjligt
- hålla låg stående volym, dvs. ge alla större träd möjlighet att behålla en stor bladyta, vilket innebär att de skall stå långt från varandra.



Figur 12.06. Hagner och Holm (2003) analyserade med multipel regressionsanalys data som Lundqvist publicerat (1989). Underlaget utgjordes av volymproduktionen i elva svenska försöksytor, som behandlats med blädning i 2-6 decennier. Produktionen minskade med ökande virkesförråd (A). Produktionen minskade med ökad gallringsstyrka (B). Produktionen höll sig konstant om fullskiktad struktur upprätthölls (C Well), men den minskade när gallringen ledde till enskiktad struktur (C Wrong).

I medeltal hade blädningssystemen producerat 94 % av idealboniteten. Eid (1992) valde slumpmässigt ut 47 fastigheter som länge bedrivit kalhyggesbruk och fann att produktionen låg på 70-90 % av idealboniteten. I 16 norska blädningssystem har man uppmätt en långsiktig (60 år) produktion på nivån 83 % av idealboniteten (Andreassen 1994).

Det är viktigt att notera att blädning inte omfattar någon berikande plantering. Andreassen (1994) visade att de blädade ytorna i Norge, som gett svagast produktion, uppvisade svag förnyring och dålig inväxning. För att upprätthålla hög volymproduktion är det alltså nödvändigt att luckorna har vital återväxt. Om detta inte är fallet måste plantering utföras.

Sammantaget visar alltså de norska och svenska försöken med blädning, att om berikande plantering får komplettera metoden, så uppnår man troligen en volymproduktion som ligger något högre än det man får vid trakthyggesbruk.

Andreassen och Öyen (2002) presenterade en multipel regressionsanalys av produktionen i sexton ytor i Norge som blädats under många decennier. I motsats till ovan redovisade resultat fann de att produktionen ökade med stigande volym i skogen. Tyvärr utförde de analysen med boniteten som den enda kovariaten, utan att ta hänsyn till gallringsintensiteten. Även i vårt svenska material leder en sådan bristande analys till samma felaktiga tolkning (Hagner och Holm 2003).

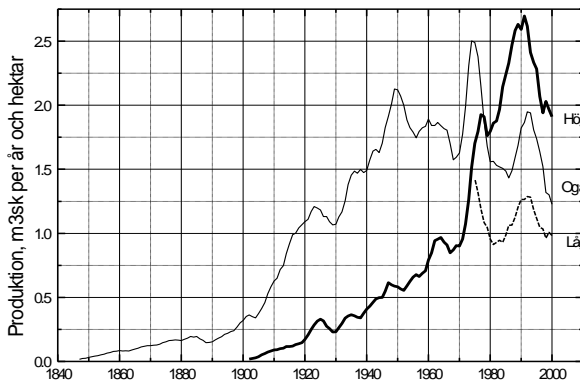
Slutsatsen av de ingående analyser som utförts av de svenska blädningssystemen, visade alltså att högsta volymproduktionen uppnåddes vid en beståndsstruktur som kännetecknades av glest stående dominanter över många små träd. I sådana bestånd var produktionen högst när den stående volymen var låg.

Öyen och Nilsen (2002) undersökte produktionen i 16 höjdlägesytor, som fjällskogshuggits och följts under 25 år. De fann att den stående kubikmassan hade ringa inverkan på produktionen, och att ökande gallringsstyrka inverkade negativt. Den yta som hade lägst grundyta efter gallring, tillhörde den fjärdedel av ytorna, som producerade mest under de 25 åren.

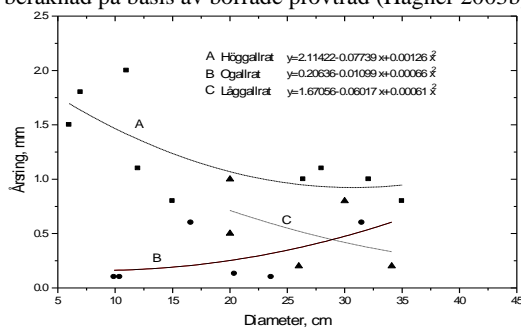
Ett mycket intressant material studerades av mig i Mullholm, Arjeplog 2003, och det presenterades vid en exkursion där bland annat skogsstyrelsen deltog (Hagner 2003). På fastigheten, med ren tallskog, kunde ett helt ogallrat bestånd jämföras med ett bestånd som låggallrades för 20 år sedan och ett tredje bestånd som höggallrades för 30 år sedan (se bilden på bokens framsida). Trots en mycket högre stående volym i det ogallrade beståndet var den löpande tillväxten lägre. Lägst var den i det låggallrade beståndet, som hade samma grundyta som det höggallrade. Vitaliteten i det höggallrade beståndet var mycket högre än i de andra bestånden och tillväxten var god på träd av alla storlekar (Figur 12.07).

Eftersom volymproduktionen under lång tid varit högst i det höggallrade beståndet med låg stående volym, kan man fråga sig om inte grunden till hög volymproduktion i skiktad skog är att små och halvstora träd är friställda så mycket, att de kan växa utan stor konkurrens (Figur 12.08). Vi vet att mindre träd som växer i stark

konkurrens (Valinger 1990) lokaliserar mer av sina tillväxtresurser till stammen än de större träden. De sistnämnda kan avsätta sina resurser till att breda ut sin krona och fokusera på reproduktion.



Figur 12.07. Årlig tillväxt skildrad som flytande medeltal för fem år i tre bestånd behandlade med olika metoder, Höggallrat (Hö), Ogallrat (Og), Låggallrat (Lå). Volymproduktionen är beräknad på basis av borrade provträd (Hagner 2003b).



Figur 12.08. Samband mellan diameter och årsring hos provträd i de tre bestånd som behandlats med olika skogsskötselmodell i Mullholm. I det höggallrade (A) beståndet har tätheten sänkts så mycket att det funnits plats för god tillväxt hos de små träden. I det låggallrade beståndet (C) har även de mindre träden större årsring, men inga små träd finns kvar i beståndet. I det ogallrade beståndet (B) har de minsta träden ingen möjlighet att växa, på grund av hög stående volym och konkurrens från dominant träd (Hagner 2003b).

### ***Virkesproduktionen minskar om den stående volymen ökar***

Intervju med Sune Linder, professor i skogsekologi och med Jan-Erik Hällgren, professor i skogsträdens fysiologi. Båda vid SLU 2011-03-25. Mats Hagner, professor em. i skogsförnyring, intervjuade.

#### **Sammanfattning**

#### **Intervju med Sune Linder, prof. em. i skogsekologi.**

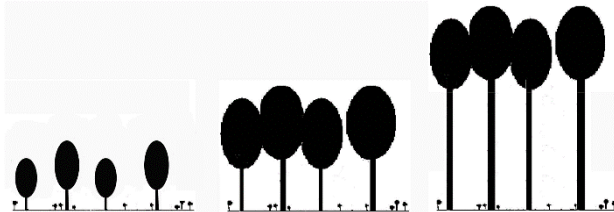
**Mats:** Med ökande storlek hos de största träden i en fullskiktad skog upprätthålls maximal bladyta av allt färre träd. Mängden socker förblir konstant medan mängden

stamved som förbrukar socker ökar. Detta får mig att tro, att överskottet för tillväxt minskar. Håller Du med mig?

**Sune:** Ja

**Mats:** Skogsvårdslagens virkesförrådsdiagram tvingar en skogsägare att upprätthålla en viss mängd stamved per hektar. Anser Du att diagrammet i stället borde föreskriva en viss minimal bladyta, eftersom det är tätheten av bladyta som avgör tillväxten och inte mängden stamved.

**Sune:** Ja



Figur 12.09 1. Energi från solen omvandlas i trädens blad till socker. Detta använder träden till att hålla liv i alla levande celler i krona, stam och rötter. Det kallas underhållsändning. Om det finns överskott på socker kan trädet använda det för tillverkning av ny ved, dvs. för tillväxt. Bladytan, som fångar solens strålar, är minst i ungskogen till vänster. Bladytan hos beståndet i mitten är tillräcklig för att fånga allt ljus. Bladytan kan inte bli större. När träden blir högre lyfts bladytan allt högre upp utan att produktionen av socker ökar. När stammarna blivit så långa, som i beståndet till höger, förbrukas en allt högre andel av sockret till andning i stammar, grenar och rötter. Då avtar tillväxten över tiden.

**Mats:** Finns det ett samband mellan mängden stamved och produktion av virke?

**Sune:** Sambandet är indirekt. Produktionen är direkt kopplad till bladytan hos beståndet, vilken i sin tur beror av bördigheten (temperatur och tillgång på näring och vatten). När träden är små och står gles har de tillsammans en låg produktion beroende på att bladytan som fångar solljuset inte hunnit bli maximal. När träden blivit stora nog för att ha uppnått den maximala bladytan är produktionen av socker i beståndet maximal. Vid fortsatt tillväxt lyfts den redan maximala bladytan allt högre upp. På magra marker uppnås inte full kronslutenhet, dvs. allt solljus kan inte tas upp i trädkronorna.

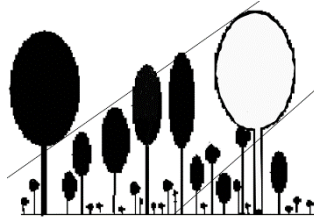
Stammar, grenar och rötter är en "tärande del" av skogsekosystemet. Den mängd socker som bildas i bladen ökar fram till den tidpunkt då maximal bladyta uppnås. Den del av sockret som finns tillgänglig för tillväxt minskar sedan när träden blir större och en allt större andel av sockret förbrukas av underhållsändningen. I en skog minskar därför tillväxten av virke efter att maximal bladyta har uppnåtts. Ju tätare ungskogen är, desto tidigare uppnås maximal bladyta.

Gallring reducerar bladytan och minskar mängden producerat socker. Om gallringsstyrkan är låg och beståndet har maximal bladyta före gallringen, blir återhämtningen snabb, eftersom det fortfarande finns många blad som fångar upp det ljus som skulle ha fallit på det bortgallrade trädets blad.

**Mats:** Har Du studerat skillnaden i dessa avseenden mellan en enskiktad skog och en fullskiktad skog?

**Sune:** Nej

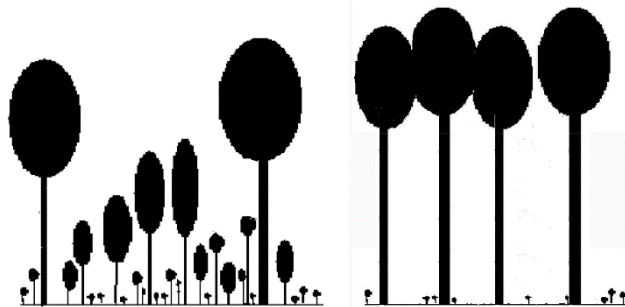
Figur 12.10. I en naturligt skiktad skog kan ett stort träd skördas utan att någon stor tillväxtnedsättning uppstår. Det beror på att bladen hos de mindre träden fångar det ljus som tidigare föll på det stora trädets blad.



**Mats:** Har Du anledning att tro att en fullskiktad skog skulle ha lägre maximal bladyta och lägre bruttoproduktion än en enskiktad skog?

**Sune:** Nej

Figur 12.11. Ett fullskiktat bestånd, med samma bladyta som ett enskiktat bestånd, har troligen en mindre mängd stamved.



**Mats:** Vi tänker oss två mycket olika bestånd men båda har maximal bladyta. Det första är ett fullskiktat bestånd med några få stora träd och många mindre träd av alla storlekar. Det andra är ett enskiktat bestånd med fullstora träd. Har det fullskiktade beståndet en lägre mängd stamved i kubikmeter per hektar, än det enskiktade?

**Sune:** Ja

**Mats:** Vi har två bestånd med maximal bladyta, men med väldigt olika skiktning. Är det möjligt att det fullskiktade beståndet, som dras med mindre underhåll av levande stamved, har större överskott av socker tillgängligt för produktion av virke.

**Sune:** Ja

**Mats:** Den ovan beskrivna fullskiktade skogen har inte några fullstora träd men trots detta maximal bladyta. Är det troligt att denna fullskiktade skog, trots sin lägre mängd stamved per hektar, har full produktion av socker?

**Sune:** Ja



Figur 12.12. Finns det tätt med plantor och träd skapar de tillsammans en maximal bladyta, oavsett trädens storlek. I en naturligt skiktad skog, med maximal bladyta, är överskottet av socker, som kan användas för tillväxt, troligen störst när träden är små. Produktionen av virke minskar i så fall när mängden virke ökar.

**Mats:** Med ökande storlek hos de största träden i en fullskiktad skog upprätthålls maximal bladyta av allt färre träd. Mängden socker förblir konstant medan mängden stamved som förbrukar socker ökar. Detta får mig att tro, att överskottet för tillväxt minskar. Håller Du med mig?

**Sune:** Ja

**Mats:** Skogsvårdslagens virkesförrådsdiagram tvingar en skogsägare att upprätthålla en viss mängd stamved per hektar. Anser Du att diagrammet i stället borde föreskriva en viss minimal bladyta, eftersom det är tätheten av bladyta som avgör tillväxten och inte mängden stamved.

**Sune:** Ja

**Mats:** Du har läst resultatet av en bearbetning av data från våra 11 blädningssytor. Några ytor blädades vart tionde år under sextio år. Under denna tid registrerades gallringsstyrka, virkesproduktion och skiktning. Jag och Sören Holm, som är statistiker vid SLU, analyserade materialet med multipel regression (Bilaga 1). Vi fann att volymproduktionen var störst i den skiktade skogen när:

- Gallringsstyrkan hölls låg
- Skiktningen var stark
- Mängden stamvirke var låg

Finner Du dessa resultat strida mot vårt tidigare resonemang?

**Sune:** Nej

**Mats:** TACK

Ovanstående text överensstämmer med vad som säs under intervjun.

Höör, dag som ovan

Sune Linder

---

**To:** Mats Hagner  
**Sent:** Monday, March 28, 2011 4:07 PM  
**Subject:** SV: Skogsvårdslagen

Bäste Mats Hagner,

Jag har granskat och studerat intervjun med professor Sune Linder och instämmer helt i hans bedömningar. Jag anser att svaren är, med dagens vetenskapliga kunskaper, den bästa bedömning man kan göra om trädens tillväxt och vad som är de viktigaste faktorerna. Hoppas det kan vara till hjälp att reda ut problem med bedömningar av hur man bör sköta skogen.

Hälsningar

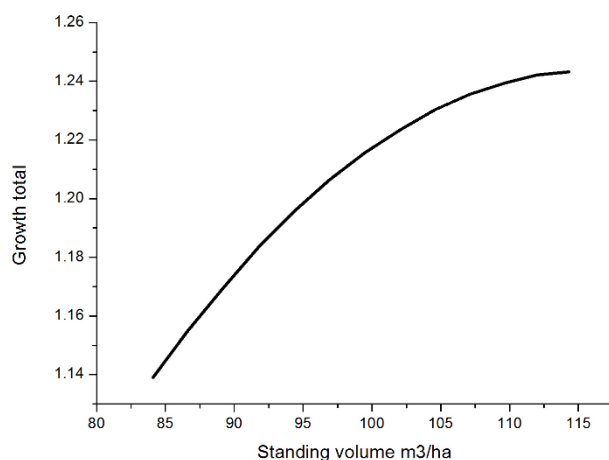
Jan-Erik Hällgren  
Prof. i skogsträdens fysiologi, SLU

### ***Den stora datormodellen Heureka innehåller en felaktig tillväxtfunktion***

Som framgår av ovanstående intervju med professorerna Linder och Hällgren, samt av den multipla regression som Hagner och Holm (2003) gjorde med data från SLUs långvariga försök med blädning, är det otänkbart att tillväxten av virke ökar i en skog som redan uppnått maximal bladyta. Det ökade underhållet (respirationen) av de levande delarna av trädstammarna blir en allt större belastning av skogsekosystemet. Mängden tillgängligt socker, alstrad vid fotosyntesen, för uppbyggnad av nya delar av trädstammarna blir allt mindre när virkesförrådet stiger.

Vi vet ju alla att höjdtvecklingen någon gång avstannar och förbyts i självgallring. Att en högvuxen granåker i 60-årsåldern på Flakaliden successivt övergått från en kolsänka till en kolkälla är därför förväntat.

Per-Erik Wikberg och jag testade Heurekas tillväxtfunktion på en yta som registrerats vid riksskogstaxeringen. Ytan torde ha uppnått en bladyta som redan var så stor att träden beslutat sig för att grenrensa sig på ett naturligt sätt.



Figur 12.13. En permanent rikstaxyta i Jokkmokks kommun. Frisk-fuktig Blåbär, Ståndortsindex 13, Lat 66,4, Alt 538. Tillväxt under 65 år beräknad med Heureka. Utan uttag av virke. Grundytan ökade från 14.4 till 16.0 m<sup>2</sup>. Heurekas tillväxtfunktion medför att tillväxten av virke ökar med 9 %, när virkesförrådet ökar med 35 %.

Vi testade Heureka på andra ytor på bördigare mark och resultatet blev likartat. Jag har i ett särskilt arbete (Hagner 2005) undersökt vad det kommer sig att Heurekas tillväxtfunktion blivit felaktig. Skälet är att de bakomliggande studierna är utförda med data från ytor som observerats endast vid ett tillfälle, medan funktionerna anses gälla för vad som händer över tid. Detta är ett felaktigt arbetssätt som man varnar för i de flesta läroböcker i statistik.

Eftersom forskare, doktorander, studenter, skogsmyndigheten samt skogsnäringens tongivande personer naturligtvis tror på att det stora Heureka-programmet är rättvisande, är det synnerligen angeläget att snarast möjligt korrigera detta ödesdigra misstag.

Skogsvårdslagens virkesförrådsdiagram är ju ett av bevisen på att den gamla föreställningen att produktion av virke ökar med det stående virkesförrådet. Jägmästarstudenterna får lära sig av Lars Lundqvist ("Lunkans lag") att tillväxten är lika med 3 % av virkesförrådet. Professorer i skogsekonomi publicerar arbeten som utgår från att ett positivt samband finns mellan tillväxt och virkesförråd. Skogsindustrin kostar nu (2017) på sig miljoner i en kampanj där man bland annat skryter med att "Sverige aldrig haft så mycket skog (egentligen så många kubikmeter/ha) som nu". I verkligheten innebär detta att vi aldrig tidigare lyckats sänka räntan på det arbetande kapitalet så lågt. Nettotillväxten av virke har troligen också sjunkit till en låg nivå.

Framstående produktionsforskare har funnit att den stående kubikmassan kan förändras inom vida ramar utan att den löpande tillväxten påverkas nämnvärt. Öyen och Nilsen (2002) hänvisar till Assman (1970), Langsaeter (1941) och Möller (1954). Den sistnämnde ansåg att fältförsöken visade att även efter en



reduktion till 30 % av maximal stående volym var den löpande tillväxten fortfarande 85 % av den maximala. Assman (1970) hänvisar till Carbonnier (1957) och konstaterar att den stående volymen inte har någon stark inverkan på den löpande tillväxten.

### **Slutsats**

Tillväxten ökar givetvis när stående volymen ökar, såvida bladytan samtidigt ökar på motsvarande sätt. På varje ställe i skogen där grenrensning pågår är bladytan emellertid maximal. Vid tillväxt lyfts den solfångande bladytan allt högre upp utan att bli större. På dessa ställen växer underhållet av levande celler och överskottet av de fotosyntesprodukter som behövs för tillväxt av trädstammar, blir allt mindre.

### ***Val av träd som lämnas vid plockhuggning***

Bland undertryckta små träd, och bland stora träd, finns det individer som växer långsammare än andra träd. Detta kan bero på intensiv reproduktion, arvsanlag, sjukdom eller på att det uppstått en disproportion mellan bladyta och biomassa i trädet. Vi vet nu att mykorrhizan troligen är den som avgör hur s.k. konkurrens mellan träd regleras. Svampen lever på det socker som träden, på den plats som svampen behärskar, är kapabla att leverera. Svampen finner att det är ogynnsamt att samarbeta med ett träd som bara kan försörja sin egen kropps levande celler med det socker som skapas i en liten bladyta. Detta gäller både undertryckta träd som råkar ut för s.k. självgallring, och stora träd, som genom trängsel med lika stora träd, tvingats reducera sin gröna krona alltför mycket.

När ambitiösa jägmästare gallrat bort alla småträd och skapat en tät skog med stora träd som står och trängs, kan hela beståndet råka in i ett läge när bladytan inte räcker till för att försörja alla levande celler i ekosystemet med socker. I Svartbergets försökspark i Västerbotten har man med master ovanför skogen, under en period på något decennium, konstaterat att en 60-årig granskog långsamt övergått från att vara kolsänka till att bli kolproducent. Hela skogen har råkat ut för att bladytan inte räcker till för att försörja all levande biomassa, i jorden och i träden, med livsuppehållande socker.

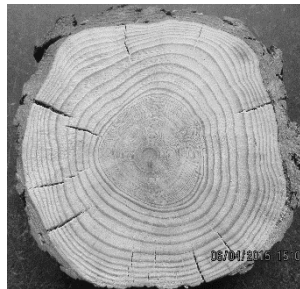
I en skog där de största träden står så långt ifrån varandra att de kunnat behålla en djup grönkrona, växer de med breda årsringar. Mellan dessa dominerar växer små träd som hålls tillbaka därför att mykorrhizan, som är mycket mer långlivad än träden, håller dem vid liv, därför att något av de små träden, en gång skall ersätta den närmaste dominanten. Vi vet inte tillräckligt mycket om svampar, men vi vet att de kan bli många tusen år gamla och täcka mycket stora områden med sitt mycel. Vi vet också att svampen kan överföra socker från ett stort träd till ett litet träd, om det lilla trädet råkar ut för tillfällig brist på ljus.

Våra nya kunskaper om ekosystemets funktion, dvs. att störst produktion av ny biomassa, uppstår när vi inser att biomassan skall vara så liten som möjligt i förhållande till bladytan. Detta har vi funnit också i de långliggande försöken med blädning (Hagner och Holm 2003). För enskilda granar i tät skog fann Cerny (1990) att tillväxten var störst hos träd med mest barr.

Vårt stora dilemma ligger i att det endast är ekonomiskt meningsfullt att skörda stora timmerträd och att dessa skall ha hög kvalitet. Vi vill ha både hög produktion av virke, vilket uppnås när små träd täcker hela marken med sina barr, och värdefull produktion av timmer, vilket uppnås när träden är fullstora. Den enda möjligheten är därför att odla de fullstora träden så glest att de har djup grön krona med mycket blad, samtidigt som små träd fångar ljuset mellan de stora träden. Vid skörd av stora fullmogna timmerträd, skall vi då se till att ställa ut nästa generation av dominanter så glest att de kan behålla en djup krona. Mellan dessa ser vi till att ha rekryter med potentiellt hög timmerkvalitet.

Återväxten av små plantor sköter sig själv på de flesta ställen. Både tall och gran kan invänta en friställning i många år (Figur 12.14).

Figur 12.14. En tall med 99 årsringar har stått undertryckt under de första 87 åren av sitt liv.



Ett exempel. Ett snöfall gör att en tredjedel av grenarna på ett stort träd i en skiktad skog försvinner. Den förlorade barmmassan gör att trädet växer långsammare än de omkringstående träden till dess att trädet återhämtat sig och skaffat sig full bladyta. Det ljus som skulle upptagits av det skadade trädet föll i stället på bladen i andra träd. Dessa ökade sin tillväxt i proportion till det skadade trädets förlust av tillväxt.

Detsamma gäller om genetiskt hämmade träd utnyttjar omgivningens basresurser i proportion till sin dåliga tillväxt. I vår svenska skog, har träden mestadels kommit upp efter en skogsbrand. Man kan lätt föreställa sig att granträden mestadels har blivit sådda samma år. De arvmässigt sämre individerna kan inte hävda sig i konkurrensen och blir omvuxna av sina grannar. Av detta skäl har man hävdats att skogens dominanter har en bättre arvs massa än de små träden. Detta resonemang skulle vara korrekt om det inte fanns andra faktorer än de arvmässiga som bidrog till att en skiktning uppstod i skogen.

Modern kunskap om skogens uppkomst efter en skogsbrand, visar att trädskiktets etablering är en tidsmässigt utdragen process. Vi vet också att mikroståndorten har mycket stor betydelse för den initiala utvecklingen hos små nysådda plantor. Min personliga slutsats är att den genetiska komponenten för tillväxt är så lågt korrelerad med trädstorlek i ett bestånd med naturligt ursprung, att man av detta skäl inte kan avråda från att använda höggallring.

Jonssons (1995) undersökningar av gallringsreaktionen efter höggallring visar också att de mindre träden har bäst förmåga att reagera efter en gallring, oavsett ålder. Det är viktigt att upprepa vad Jonsson fann: "The ability of pine and spruce to respond to thinning appears to be independent of the age of the trees". Åldern hos små träd inverkar alltså inte på deras förmåga att växa ut till fullstora träd.

Vid befriande gallring lämnas generellt mindre träd än de som avverkas, dvs. ett negativt urval genomförs. Bland de mindre finns genetiska dvärgar vars arvs massa blir kvar. Detta har varit ett av motiven till trakthyggesbruket med den lagstadgade (under tiden 1950-1993) regeln att de grövsta träden skall lämnas vid gallring. Emellertid vet vi nu, genom ett vetenskapligt försök med hög- och låggallring (Chrimes 2004) i en naturligt skiktad granskog i Jämtland, att man, efter ett gallringsuttag på 30 % av volymen, fick nästan dubbelt så hög virkesproduktion efter höggallring som efter låggallring.

### ***Positivt urval för tillväxt***

Vid befriande gallring lämnas sådana mindre träd som ser vitala och växtliga ut, medan mindre träd som ser ut att växa dåligt tas bort. Detta innebär ett positivt urval för tillväxt, dels därför att träd som ser vitala ut helt enkelt växer bra, dels därför att vitala träd normalt har större barmassa än andra träd. Barmassan är nämligen direkt korrelerad med tillväxten av stamvolym (Cerny 1990).

Vid plantering skall givetvis väljas sådant genetiskt material som ger störst nytta på lång sikt. Vi vet hur mycket förbättrad produktion som uppstår genom användning av frö från norrländska tallplantager. Enligt forskarna (Andersson et al. 2003) ökas volymproduktionen under en omloppstid med 6-8 %. Mina beräkningar visar att en natursådd planta som uppnått en längd över en meter bör behållas i stället för att ta bort den och plantera förädlade plantor. Denna beräkning förutsatte att de förädlade plantorna gav ett moget träd på 90 % av den tid som en oförädlad planta behöver (Hagner 2011). Fördelen med att utnyttja redan befintliga små och halvstora träd är alltså stor i jämförelse med värdet av genetiskt förädlad material.

## 13 EKONOMI

### ***Konflikten mellan virkesvolym, reproduktion och virkesvärde***

En växt bildas efter en framgångsrik reproduktion. Efter att den grott följer en tid av snabb och kraftkrävande tillväxt som är nödvändig för att den skall överleva i konkurrens med både växter och djur. Under denna tid är bildningen av reproduktiva organ nästan inställd. Först när växten blivit så stor att den inte riskerar att förlora kontakten med det livgivande ljuset, dvs. när den känner trygghet, kan den riskera satsning på produktiva organ.

Bristande trygghet kan framkalla en desperat satsning på reproduktion. Vi som arbetar med fröplantager av tall vet att vi tvingade fram en ombildning av de flesta barren till att bli hanblommor, efter att vi slitit sönder en stor del av rötterna med hjälp av dynamit.

#### **Stamvirke maximeras**

För att få en skog att producera så mycket stamvirke som möjligt, är det förmodligen bäst att se till att huvudparten av de solbelysta bladen sitter på träd, som upplever att de fortfarande måste satsa på tillväxt av stammen, dvs. höjdtillväxt. Detta är en kontinuerligt gallrad skog där man plockar de största träden och ser till att nya träd ersätter de som plockas bort. Skogen måste hållas tillräckligt gles för att självgallring inte drabbar de mindre träden, eftersom detta innebär förlust av stamvirke (Figur 13.01).



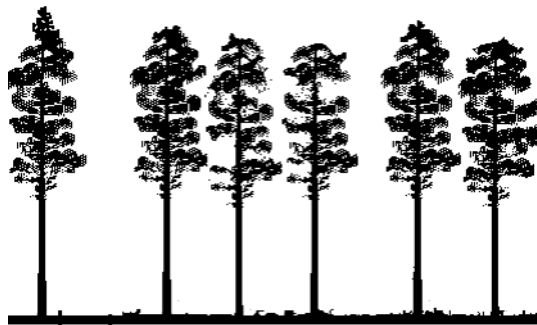
Figur 13.01. Skog som maximerar stamvirke.

#### **Reproduktion maximerad**

För att få en skog som producerar så mycket han- och honblommor som möjligt, är det förmodligen bäst att huvudparten av bladen sitter på träd som känner trygghet, dvs. att inte bli omvuxna i höjd. Detta uppnås endast när alla träden samtidigt har uppnått maximal längd. Tätheten bland träden får inte vara så stort att de riskerar att dö av trängsel. Ett långt träd har stora energikostnader för att hålla liv i den långa stammen. De levande cellerna i stammen måste hållas vid liv därför att de sköter transporten av vatten och näring till bladen. I denna skog upptäcker man inte några små och halv vuxna träd, eftersom alla nya groddplantor dör av brist på

ljus. Produktionen av stamvirke är förmodligen mycket låg eftersom alla träden är inställda på maximal produktion av han- och honblommor. Denna typ av skog kan endast skapas om en enda generation av träd odlas upp till full storlek, dvs. odlingen skall efterlikna bondens produktion av vete, där alla växterna skördas samtidigt och just när de maximerat sin reproduktion (Figur 13.02). Odlaren av äpplen vill ju också ha denna typ av skog.

Figur 13.02. Skog som maximerar reproduktion

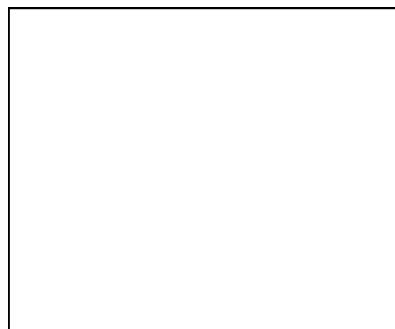


### Virkesvärde maximeras

För att få en skog som producerar så mycket virkesvärde som möjligt, är det förmodligen bäst om huvudparten av bladen sitter på träd med mycket grov stam. De mest högvärdiga produkterna som framställs av förädlingsindustrin är kvistfria tunna lister, och tunn kvistfri fanér. Denna typ av virke bildas på ytan av på tjocka trädstammar om dessa är raka och saknar grova grenar eller rester av grova grenar. För att sådana trädstammar skall skapas, krävs att de små träden hämmas i tillväxt åtminstone så lång tid att den nedersta stocken på 4-5 m hunnit bildas. Hämmningen av korta små barrträd gör att de bildar få och tunna grenar i varje grenvarv.

När trädets topp passerat 6 m höjd bör liten trängsel få dem att behålla grenar med levande barr, vilket skapar stor fotosyntes och energi för tillväxt. Om träden inte kan bli omvuxna i höjd och om de inte trängs från sidorna satsar de på att skapa stor bladytta genom att förlänga grenarna med gröna barr. De stora gröna och breda kronorna utsätts för stark påverkan av vind. Detta får träden att skapa stabilitet genom att göra stammarna grova. Den trygghet som denna typ av träd upplever, får dem att minska satsningen på tillväxt av grenar och övergå till produktion av han- och honblommor. Om produktion av virkesvärde är skogsägarens målsättning blir trädet ekonomiskt moget innan det satsar alltför mycket på reproduktion (Figur 13.03).

Figur 13.03. Skog som maximerar virkesvärde existerar inte idag.



### **Svensk skogspolitik**

Den svenska skogsvårdslagens första paragraf lyder så här:

*”Skogen ska skötas så att den uthålligt ger en god avkastning samtidigt som den biologiska mångfalden behålls”.*

Eftersom trädodling med tanke på skogsindustri och skogsägare är en i huvudsak ekonomisk sysselsättning, blir en konsekvens av politiken att den sistnämnda typen av skog är den ideala. Tyvärr existerar den inte.

Skogsträdsförädling bör kanske inriktas på framställning av träd som inte blir högre än 10 m. Skogsträdsförädlarna bör också åstadkomma träd med relativt liten fertil förmåga, därför att träden då kan odlas till grövre dimensioner, innan de blir ekonomiskt mogna.

Skogsskötarna måste lära sig att odla de korta träden i en skog vars struktur gör att de unga träden hämmas av de största träden tills deras topp nått ovanför 5 m. Skogsskötarna bör också lära sig att endast träd med rak och oskadad stam växer upp till full storlek, och att dessa står så glest att de stora träden kan skapa en bred krona med mycket barr.

### **Värdeproduktion i verkligheten**

Skogsskötaren som idag skall verkställa skogspolitik, som både syftar till avkastning av virkesvärdet och som värnar den biologiska mångfalden, står i en sådan vanlig skog som visas i figur 13.04. Var och en inser att skogsskötaren lätt kan bli frustrerad.

Figur 13.04. En helt vanlig skog i mellersta Sverige. De största träden blir ofta 20-30 m höga.



### ***Kassaflöde bör användas vid ekonomisk jämförelse mellan skogsbruksmetoder, i stället för nuvärde.***

Idag är den vanliga situationen att en skogsägare står i sin skog där hen sparar upp ett stort virkesförråd. De stora träden står tätt, med en del kläna undertryckta mindre träd. Både hen själv och skogsbruksplanen säger att beståndet är färdigt för en slutavverkning. En virkesköpare kan lätt övertala skogsägaren om fördelen med en kalavverkning, genom att visa att kalavverkningen kommer att ge större inkomster än en plockhuggning. Detta är helt korrekt, om de två talar om samma yta. Skogsägaren bör emellertid inte falla för frestelsen att göra snabba pengar.

Den nedan presenterade kalkylen är mycket förenklad och gäller för en enda hektar, på en mark som ger 5 m<sup>3</sup> per år och hektar. Vid beräkning av nuvärden har intäkter och kostnader under kommande 100 år diskonterats till angivet år. Räntan 3 % har använts. Ett exempel på diskontering är följande. Vi anser att 50000 kr intjänas om 100 år. Värdet av detta är idag, dvs. år noll;  $50000/(1,03^{100}) = 2602$  kr.

Tabell 13.01. Värden gällande för en enda hektar och för endast en omloppstid på 100 år. Kalhyggesbruk (KH) jämförs med Naturkultur (NK).

Femårs eriod	Produktion av virke		Uttag m <sup>3</sup> /ha		Drivningsnetto/m <sup>3</sup>		Kostn. Återv./ha		Netto/ha		Nuvärde	
	KH	NK	KH	NK	KH	NK	KH	NK	KH	NK	KH	NK
-5			335	97.5	150	150			50250	14625	45525	29666
0											-4819	16253
5	3	22.5					8000		-8000	-800		
10	11	25										
15	20.5	25	12		-167		2000		-2000			
20	22.5	25		97.5		150				14625		
25	25	22.5						800		-800	6941	19414
30	25	25	36		0				0			
35	22.5	25										
40	25	25		97.5		150				14625		
45	25	22.5						800		-800		
50	25	25									14532	21391
55	25	25										
60	25	25	69	97.5	100	150			6900	14625		
65	22.5	22.5						800		-800		
70	25	25										
75	25	25									20344	26267
80	25	25		97.5		150				14625		
85	25	22.5						800		-800		
90	25	25										
95	25	25										
100	25	25	335	97.5	150	150			50250	14625		

För alternativet kalhuggning (KH) gäller följande. Slutavverkning nästa år ger ett drivningsnetto på hela 50250 kr/ha. Anläggning av skog på hygget kostar 8000 kr. Röjning av ungskog kostar 2000 kr. Vid röjning och gallring skördas en tredjedel av virkesförrådet. Första gallringen vid 30 år ger inget netto. Andra gallringen vid 60 år ger 100 kr/m<sup>3</sup> i netto. Slutavverkningen vid 100 år ger 150 kr/m<sup>3</sup> i netto.

För alternativet Naturkultur (NK) gäller följande. Plockhuggning nästa år ger ett drivningsnetto på bara 14625 kr/ha. Plockhuggning kan upprepas vart 20:de år med skörd av en tredjedel av virkesförrådet. Eftersom tämligen stora träd plockas ut blir nettot 150 kr/m<sup>3</sup>. Detta är samma netto som vid kalhuggning, vilket överensstämmer med faktiska mätningar utförda av SLU (Hagner 1992a). Efter varje plockhuggning måste en berikande plantering utföras i tomma luckor. Den utförs genom plantering av insektskyddade plantor direkt i mossan. Denna enkla form av plantering har visat sig kosta 800 kr/ha, dvs. en tiondel av vad en fullständig återväxtåtgärd kostar på ett kalhygge.

Långsiktig tillämpning av Naturkultur resulterar i en successiv förbättring av sågstockarnas kvalitet. På sikt gör detta, att den som bedriver Naturkultur med hänsyn till trädens potentiella kvalitet förbättrar sitt netto väldigt mycket mer än vad den nedan presenterade kalkylen visar.

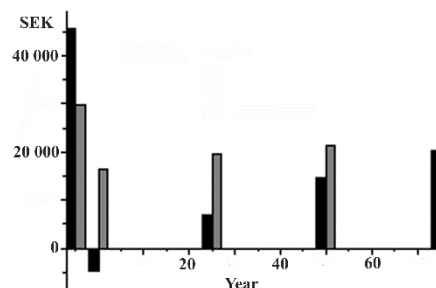
En ytterligare förbättring av nettot vid NK blir följden av en plockhuggning som tar hänsyn till konkurrensförhållandet mellan enskilda träd inom trädgrupperna.

Detta leder nämligen till att tillväxtresurserna fokuseras till de största träden, som därigenom kan skördas inom kort tid.

Vid beräkning av kassaflöde inom en hundraårsperiod utförs en enkel summering av intäkter och utgifter. För KH blir kassaflödet 47150 kr/ha och för NK blir kassaflödet 69125 kr/ha. NK ger alltså ett kassaflöde som är 147 % av kassaflödet för KH. Detta gäller utan hänsyn till varken den förbättring av sågtimmerkvaliteten, eller till den fokusering av tillväxtresurserna till stora träd, som följer av metoden.

En skogsägare som faller för frestelsen att kalavverka, får omedelbart en inkomst/ha som är 344% av den han får om han plockhugger. Som framgår av nuvärdesberäkningen bör han omedelbart försöka lura någon att köpa det kallagda hygget, eftersom det har ett negativt nuvärde på -4819 kr/ha. För att visuellt förklara hur förrådiskt det är att använda nuvärdesberäkning, vid jämförelse av olika skogsbruksmetoder, hänvisas till figur 13.05.

Figur 13.05. Nuvärden för KH (svarta staplar) och för NK (grå staplar) beräknade vid olika tidpunkter under en omloppstid på hundra år.



Vid beräkning av nuvärden har intäkter och kostnader under kommande 100 år diskonterats till angivet år.

### Viktigt tillägg

Om NK och KH resulterar i samma uthålliga volymproduktion per år och hektar, skall hela tillväxten på fastigheten givetvis skördas vid varje avverkningstillfälle. I det ovan visade fallet har två lika stora ytor, en enda hektar, jämförts. Detta visade att plockhuggning gav endast en tredjedel så stor inkomst som kalhuggning. Detta berodde emellertid på att skogsägaren plockade ut endast en tredjedel av den virkesvolym, som han borde göra med hänsyn till fastighetens totala produktion.

Hade hans förhandling med virkesköparen gått rätt till, skulle han därför ha jämfört sin inkomst från plockhuggning på 3 hektar, med kalavverkning på ett hektar. I så fall skulle han fått tillgodoräkna sig samma omedelbara nettoinkomst.

### Ett praktiskt exempel

Ett fältförsök beläget 3 mil norr om Umeå studerades 21 år efter anläggningen 1991. Skogen tillhörde Holmen AB och valdes slumpmässigt bland skogar som skulle slutavverkas inom kort. Skogen hade inte gallrats på flera decennier och bestod av gran och tall med ett visst inslag av björk. I fyra stora parceller (60 x 380 m) jämfördes Naturkultur med konventionell trakhuggning. Den förstnämnda metoden innebar att halvstora välformade träd befriades från konkurrens av mogna stora träd



genom höggallring. Valet av träd som befriades gjordes av en välutbildad skogstjänsteman hos företaget.

I två parceller TÄT och GLES lämnades 65 % (85 m<sup>3</sup>/ha) respektive 25 % (42 m<sup>3</sup>/ha) av den stående volymen. Den kvarstående volymen bestod av träd med tämligen lågt drivningsnetto. En gissning är att markägaren erhöll 70 % (TÄT), 90 % (GLES) av drivningsnettot vid kalhuggning.

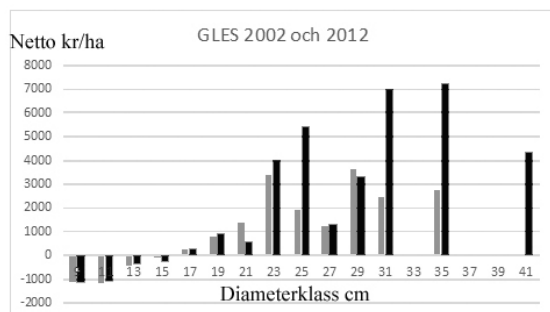
Förvånande för många är att drivningsnettot/m<sup>3</sup> blev detsamma som vid kalhuggning. Detta berodde på att andelen välbetalt timmer var större i det virke som skördades vid plockhuggningen.

Plockhuggningen blev ca 20 % dyrare per m<sup>3</sup> jämfört med kalhuggning, men detta komparerades alltså av högre intäkt från grovt virke.

Inventeringen, utförd av Zimmer (2013) efter 21 år, omfattade endast 4 provytor utlagda inom varje parcell, varför resultaten får anses som svagt representativa för hela området.

Tack vare att en kunnig person valde de träd som skulle lämnas, är virkets kvalitet i de kvarlämnade träden mycket bättre än vad som är vanligt i dessa skogar.

Storm och snöskador har blivit mycket sparsamma i den höggallrade skog som står mer än 40 m från en hyggeskant. Detta tyder på att sådana skador kan förväntas bli mycket låga vid hyggesfritt bruk av skiktad skog. Säkerheten vid virkesodling enligt Naturkultur kan därför anses som hög.



Figur 13.06. Tillväxtens effekt på drivningsnetto/ha (vid kalavverkning) under de senaste tio åren i parcellen GLES. Grå stapel gäller år 2002 och svart stapel gäller 2012.

Tillväxten i TÄT och GLES var 3.2 resp. 4.0 m<sup>3</sup>/år och ha under de 21 år som passerat efter gallringen. Under de sista tio åren har drivningsnettot av de befriade träden i GLES nästan fördubblats, från 18 tusen kr/ha till 31 tusen kr/ha. Den årliga värdestegringen motsvarar 5.67 % i TÄT och 5.49 % i GLES. Detta innebär att räntabiliteten på arbetande kapital är att betrakta som mycket hög.

Slutsatsen är att skogsägaren gjorde klokt i att avstå 10-30 % av den inkomst han skulle fått vid kalhuggning, och i stället betrakta de mindre träden som återväxt.

Den långsiktiga volymproduktionen blir ungefär densamma som efter kalhuggning (se kapitel VOLYMPRODUKTION), varför den markägare som tillämpar hyggesfritt, långsiktigt bör skörda lika mycket virke som den som bedriver

kalhyggesbruk. Detta innebär att skogsägaren kan upprepa sin plockhuggning och varje gång få ett drivningsnetto per kubikmeter som är minst lika högt som vid kalavverkning. På denna mark bör han, med 20 års intervall, kunna plocka ut 80 m<sup>3</sup>/ha. Till skillnad från alternativet kalhuggning slipper han praktiskt taget alla kostnader och bekymmer med återväxt och ungskogsskötsel.

Utsyningen av träd vid plockhuggning bör utföras av en certifierad trädmärkare, eftersom hen beaktar trädens olikheter i virkeskvalitet, och trädens inbördes konkurrens. Om så sker, kommer nettot per kubikmeter att öka successivt. I Tyskland har man på detta sätt, jämfört med kalhyggesbruk, uppnått 3.6 gånger så högt netto/ha (se nedan).

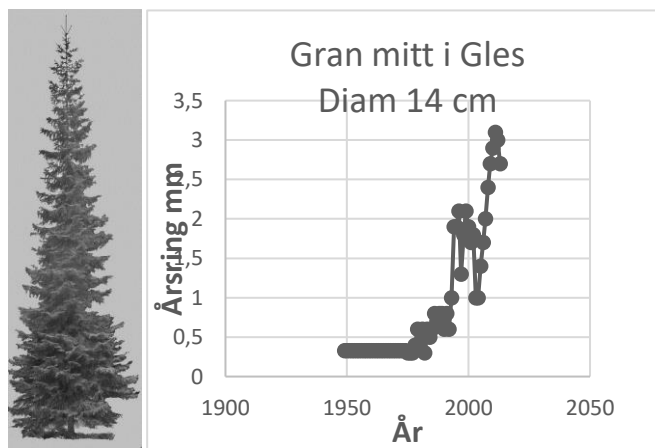
På grund av sämre möjligheter i Sverige att finna uppköpare av timmer med speciellt hög kvalitet, är min uppfattning att vi tills vidare får nöja oss med en fördubbling av skogsägarens netto.

### **En liten gran som skulle tagits bort genom underröjning i kalhyggesbruket**

Av oaktsamhet har Holmen AB gått igenom försöket, som beskrivits i föregående stycke, och utfört en underröjning 2013. Man avsåg att slutavverka området. Granen som beskrivs nedan växer mitt i pacellen GLES. Boniteten torde ligga på G20. Grundytan vid stammen var sommaren 2013 16 m<sup>2</sup>. Efter plockhuggningen för 22 år sedan, kanske grundytan var <10 m<sup>2</sup>.

På fotot nedan har jag rensat bort bilden av alla träd runt granen. Det täta grenverket upp till ca 3 m höjd, visar att granen haft mycket korta årsskott under denna trädhöjd. Ovanför denna nivå vittnar kronans form om att granen vuxit i höjden mycket snabbt hela tiden efter höggallringen. Det sista toppskottet visar också att den fortsätter att växa i höjden mycket fort.

Figur 13.07. Gran år 2013 mitt inne i GLES med diametern 14 cm och höjden ca 11 m. Vid gallringen 1991 hade den en diameter på 6 cm.

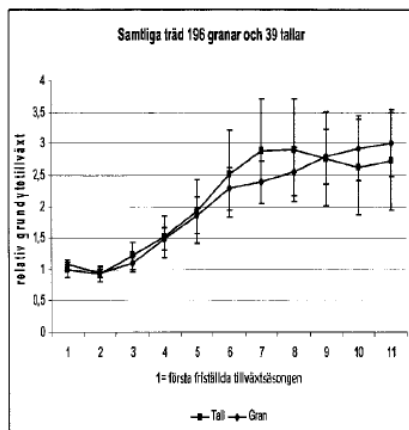


Borrprovet visar att granen efter att den nått upp till stället där borrprovet togs, på 1.3 m ovan mark, stått mycket undertryckt i två decennier, med årsringar på ca 0.3

mm, dvs. under åren 1949-1977. Om denna gran var 2 cm i diameter vid rothalsen och den haft 0.3 mm årsring sedan födseln, innebär det att den föddes 1916. Det första året efter gallringen 1991 minskade årsringen, för att sedan öka snabbt till 1.5 mm under kommande tio år. Under sista fem åren har den vuxit väldigt snabbt med årsringar på 3 mm, trots att grundytan vid granen är så hög som 16 m<sup>2</sup>.

Ekonomiskt sett skulle granen förorsakat en kostnad för underröjning år 1990 då granen hade diametern 6 cm. Om Holmen kalavverkade idag, vilket var avsikten innan SLU upplyste bolaget om försökets existens, blev drivningsnettot 8 kr ifall återväxtkostnader inte räknas med, men -4 kr om dessa kostnader anses vara oundvikliga.

Om bolaget i stället skulle tillämpa Naturkultur, hade man givetvis sparat en så vital och välväxande gran, som för tillfället ger 20 % ränta på sitt eget drivningsnetto (8 kr). Om bolaget räknar med 3 % realränta (ungefär som investering i aktier) bör trädet få växa vidare tills räntan på det egna värdet faller under denna nivå. Om man fortsätter med befriande gallringar bör årsringen kunna ligga kvar på 2.5 mm. I så fall uppnår granen en mogendiameter på 44 cm om 60 år. Drivningsnettot vid plockhuggning blir då 460 kr. Om bolaget således investerar 8 kr idag, genom att inte ta bort granen genom kalavverkning, får man 7 % ränta på denna investering under kommande 60 år. Holmens påbörjade kalavverkning av skogen i försöket var alltså ett stort misstag.



Figur 10. Relativ grundytetillväxt för totalt 196 granar och 39 tallar, oberoende av försöksled och diameterklass.

Figur 13.08. Figur hämtad från Ågren (2005). Prov tagna i 8 olika fältförsök belägna från kust till fjälltrakter (650 möh.) i Härjedalen, Jämtland och Västerbotten. Den visar den årliga tillväxten i grundyta under de första elva åren efter befriande gallring. Ökningen av tillväxten var större i små än i stora träd.

Näslund (1942) fann att man inte kan spåra tillväxten genom att titta på toppskottet. Endast hälften av träden visade ökat toppskott efter femton år.

### **Värdet av att en kunnig person väljer vilka träd som skall befrias vid plockhuggning**

Ett praktiskt exempel på det ekonomiska utfallet av selektiv avverkning hämtades från det fältförsök som beskrivits ovan (Hagner 2000c). Sex år efter plockhuggningen valde vi slumpmässigt ut 100 tallar. De hade en diameter i brösthöjd på 10-29 cm. En tjänsteman vid virkesmätningssällskapet ombads att

bedöma vilken kvalitet som skulle finnas i den första och andra stocken, när tallen nått en brösthöjdsdiameter på 30 cm. På den tiden klassades talltimmer i följande kvalitetsklasser: Special, Osorterad, Kvinta. Den fördelning han fann bland bottenstockarna var: Special 26 %, Osorterad 56 %, Kvinta 18 %. Detta skall jämföras med 1 % Special, vilket var vanligt i tidigare låggallrade slutavverkningsbestånd vid denna tid. Detta bevisar det stora värdet av att överlåta trädvalet till en välutbildad person.

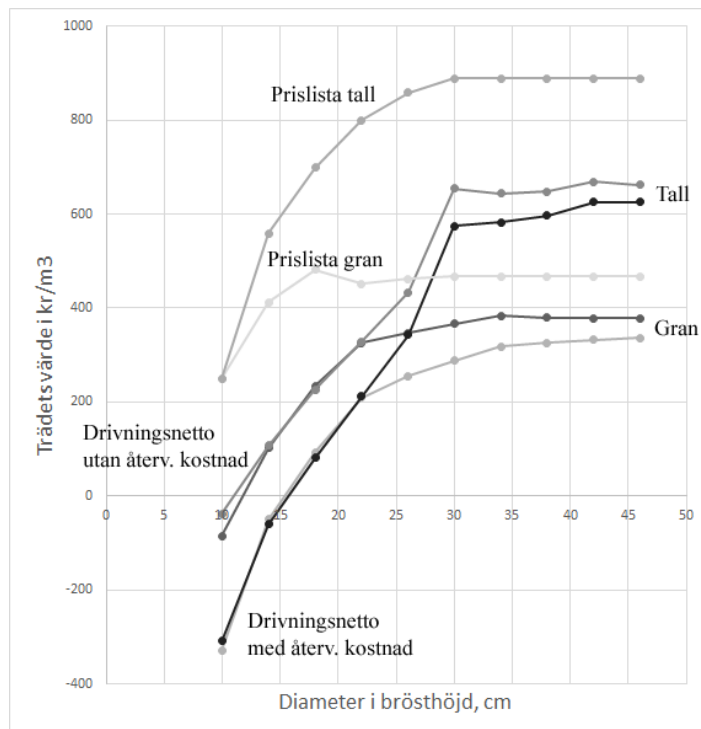
Med datormodellen Tree beräknades vad träden var värda idag och i framtiden. Om 3 % ränta valdes som bas, kulminerade nuvärdet för dessa tallar om 20-60 år (medeltal 38 år). Tallarnas virkesvärde skulle på denna tid i medeltal öka från dagens 248 kr/m<sup>3</sup> till 467 kr/m<sup>3</sup>. Om träden skulle ha tagits i den nu planerade slutavverkningen, skulle de i medeltal ha inbringat 39 kr/träd. Om de lämnades i 40 år (20-60 år) skulle bolaget tjäna 351 kr/träd, vilket motsvarar en ränta på 5.7 %.

Motsvarande bedömning gjordes i ett vanligt planterat tallbestånd med lika grova tallar som i det ovan beskrivna försöket med plockhuggning. Kvalitetsbedömningen gjordes även där av personal från virkesmätningföreningen. De fann 0 % Special och 0 % Osorterad. Nuvärdeförlusten på grund av en sämre kvalitet i kulturbeståndet visade sig uppgå till 20-59%, beroende på vilken typ av skogsskötsel man tillämpade. Ett likartat resultat har redovisats av Nordström (2005).

### ***Skogsägarens drivningsnetto i fokus***

Vid utformandet av Naturkultur har jag utgått från skogsägarens ekonomi, i bred bemärkelse. Detta innebär att den skogsägare som framförallt vill använda sin mark för upplevelsen av jakt tillsammans med kamrater, skall få hjälp att forma skogen för detta, även när det sänker avkastningen av virkesvärdet. Principen Naturkultur maximerar ”nyttan” på varje punkt i skogen.

Beträffande ”metoden Naturkultur”, där fokus ligger på virkets avkastning i pengar, har jag valt att använda skogsägarens drivningsnetto, dvs. den summa som köparen av virket betalar vid landsvägen, minskat med de kostnader för avverkning och terrängtransport som skogsägaren måste betala.



Figur 13.09. Värdet per kubikmeter hos träd i skogen beräknat med datormodellen Tree. De höga värdena för tall beror på att bottenstocken anses vara av högsta kvalitet. Virke från stora träd ger sågvirke som betalas mångdubbelt högre än massaved.

#### Prislista.

Köparens ersättning när virket ligger vid bilvägen anges som prislista. Kurvorna ger skogsägaren uppfattningen att det lönar sig bra att även avverka små träd med diametern 10 cm.

#### Skogsägarens drivningsnetto utan återväxtkostnad

Detta tillfaller skogsägaren efter att kostnaden för avverkning och terrängtransport dragits ifrån ersättningen för virket vid väg. Efter en måttlig gallring krävs ingen plantering, vilket gör att drivningsnettot blir positivt även för små träd som bara ger klenstimmer, dvs. träd med en diameter på minst 15 cm.

#### Drivningsnetto minskat med kostnaden för återväxt

Detta är vad skogsägaren har kvar sedan hen betalat kostnaderna för återväxt, dvs. markberedning, plantering och hjälpplantering. Ett nämnvärt netto får skogsägaren inte förrän det avverkade trädet ger sågtimmer, dvs. att det blivit minst 20 cm i brösthöjd.

Av figur 13.09 framgår tydligt att en skogsägare, som av en virkesköpare endast får reda på hur prislistan ser ut, lätt kan invaggas i tron att han skall kalavverka. Hen begriper troligen inte att hen får betala ur egen ficka för att bli av med träden som har en diameter mindre än 15 cm. Små och halvstora träd blir fullstora om de befrias från konkurrens från stora träd, varför skogsägaren tjänar oerhört med pengar genom att använda dem i stället för att först betala för en avverkning, därefter betala återväxtåtgärder på hygget, och slutligen vänta länge innan en lönsam avverkning kan ske.

Modern forskning har visat (Jakobsson och Nilsson 2005) att det är optimalt med tanke på skogens nuvärde, att låta stora träd ta tillväxtresurser från närstående mindre träd. Virket får skördas snart och i form av stora grova stockar. Då en blandning av stora och små träd enligt experterna, dessutom är optimalt även med tanke på långsiktig produktion av stamvirke per hektar (se ovan), finns det ingen anledning att vara tveksam till att utnyttja konkurrensen mellan träd av olika storlek.

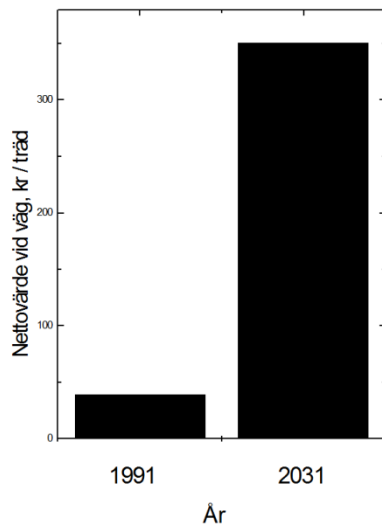
### ***Ekonomiskt omogna träd skall betraktas som "återväxt".***

Slutsatsen blir kortfattat att den ekonomiska avkastningen från virkesodling maximeras om träd, som fortfarande ger hög ränta på sitt eget drivningsnetto, betraktas som återväxt. Som ett extra plus tillkommer att kostnaderna för återväxt minimeras, därför att skogens egen förmåga till inväxning optimeras i de flesta av landets skogsekosystem, på grund av en riklig bank av småplantor (Kempe 1997).

### ***Virkesodlingens mål = raka, grova stammar utan kvistar***

Virkesodling är en långsiktig verksamhet där dagens gallring har inflytande på avkastningen av virke långt in i framtiden. När jag granskar prisrelationer mellan sågtimmer av olika kvalitet på slutet av 1800-talet, med nuvarande, slås jag av likheterna. Min uppfattning är därför att trädstammens största värde sitter i hållfastheten hos virket och i dess skönhet. Trots utveckling av biomassa till motorbränsle, nano cellulosa för pansarartade skivor, viskos för skimrande klänningar, och fingerskarvning för oändligt långa lister, kommer raka trädstammar utan deformation av grova barkdragande kvistar att betalas bäst. Den bäst betalda förädlingen av skog som kan utföras, sker därför när en virkeskunnig person noggrant synar de träd som tävlar om samma ljus och näring, och befriar de träd i gruppen som har högst framtida virkesvärde, från konkurrens av sämre träd.

En extra stor fördel med detta är att de träd som lämnas har uthärdat alla de påfrestningar som frön, plantor och småträd utsätts för i det naturliga ekosystemet. Skogsägaren tar en minimal risk genom att satsa på träd av lokalt ursprung som redan visat sig fungera tillsammans med alla de djur, växter, trädarter och sjukdomar som förekommer i det lokala klimatet med sin frost, snö och storm.



Figur 13.10. Nettovärdet per träd vid väg. Ett medeltal för ett hundra slumpvis valda tallar i ett fältförsök med Naturkultur i Västerbottens kustland. Dessa tallar hade lämnats oavverkade vid selektiv huggning vårvintern 1991. Då skulle skogsägaren ha tjänat 39 kr i drivningsnetto per träd. Om han i stället lämnar tallarna tills deras nuvärde (vid 3 % ränta) kulminerar vilket i medeltal inträffar 2031, får han ett drivningsnetto per träd på 351 kr. Räntan på investeringen 39 kr blir 5.7 %.

För att se vilket inflytande trädslaget skulle ha på det ekonomiska utfallet, gjordes en motsvarande beräkning på lika stora träd av gran. Dagens nettoinkomst skulle i så fall ha blivit 32 kr/träd, och genom att vänta med avverkningen i 40 år, vilket även skulle ha varit optimalt för gran, skulle inkomsten ha stigit till 248 kr/träd. Detta motsvarade 5.3 % ränta.

### **Datormodellerna Tree och Group**

Jag tvingades att själv utföra denna programmering därför att alla andra modeller för ekonomiskt utformad skogsskötsel utgick från idén att skog består av bestånd. De stora datormodellerna som ingår i nuvarande Heureka blir missledande vid kontinuerligt skogsbruk av denna anledning. Min egen idé bygger på den gamla uppfattningen att ett träd är moget för skörd först när räntan på trädets värde ligger under den ränta som skogsägaren kan få vid alternativ placering av sina pengar. Modellen Tree fungerar bra för att beräkna när ett träd är övermoget. Modellen Group utgår från att en grupp av träd konkurrerar med varandra om samma tillväxtresurser. Jag känner inte till någon som utvecklat en motsvarande modeller.

Modellerna Tree och Group är fortfarande primitiva i många avseenden, men de kan ha stort pedagogiskt och praktiskt värde för den som skall arbeta som konsult och märka träd. Själva tillväxtmodellen kan säkert förbättras. En svårighet är att modellen måste gälla för en skogsstruktur kännetecknad av få, glest stående dominanter. Tillväxtmodeller som andra gjort bygger på data från skog där dominerande träd står tätt. Presenterade kalkyler får ses mot bakgrund av denna brist. Vidareutveckling av tillväxtfunktionerna kommer att påverka tidpunkten för nuvärdekulminationen och alltså den tidpunkt vid vilken ett träd skall skördas. Det är en mycket viktig forskningsuppgift att förfina datormodellerna för val av träd.

Hur stora vinster man uppnår med det selektiva systemet faller tillbaka på valet av räntenivå, vilken väljs med hänsyn till skogsägarens alternativa penningplacering.

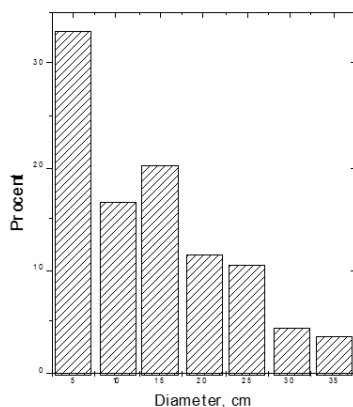
Om hen har mycket stor alternativ räntabilitet på pengarna, bör hen givetvis ta ut pengarna ur skogen genom att avverka intensivt och sänka det stående förrådet. Detta leder till avverkning av små träd och sekundärt till en sänkt nettointäkt per kubikmeter.

Se en utförlig beräkning grundad på ett verkligt fall av långvarig skogsskötsel enligt Naturkultur i följande kapitel.

### **Naturkultur tillämpad under 40 år i fjällnära tallskog**

På en fastighet Mullholm 4:2 vid sjön Uddjaure i Arjeplog, 430 möh, på latitud 65052', hade markägaren Rune Holmström höggallrat en tallskog 1973. Tallskogen skildras med det foto som pryder framsidan av denna lärobok. Bilden är tagen 30 år efter höggallringen. Följande hämtas från Hagner (2003b).

Uttaget 1973 var ungefär 60 m<sup>3</sup>/ha och efter gallringen stod det ungefär 32 m<sup>3</sup>/ha med träd i mycket varierande storlek. De största tallarna i restbeståndet 1973 hade en diameter på ca 29 cm. Sommaren 2003, då min studie genomfördes, var de största träden 35 cm i diameter och beståndet var mycket vitalt med god tillväxt på träd i alla storleksklasser. Det stod 463 stammar/ha (>5cm dbh) och diameterfördelningen visade att alla diameterklasser förekom i jämnt avtagande frekvens (Figur 13.11).



Figur 13.11. Tallskogen var mycket vital med Disco 0.41, dvs. en fullskiktad tallskog.

Ett Disco på 0.41 visade att träden av olika storlek stod slumpmässigt blandade om varandra. Under träden fanns beståndsförnygring med 1761 plantor/ha i storlekar 0.1-1.3 m. Den stående kubikmassan 2002 var 93 m<sup>3</sup>/ha.

Tyvär hävdar specialister i ämnet vid sin undervisning om kontinuitetsskogsbruk på SLU, att det inte finns några fullskiktade tallskogar i Sverige.





Figur 13.12. Den höggallrade ytan (H). Återväxten kommer inte alltid i luckor.

Figur 13.13. Den ogallrade ytan (O). Träden står så tätt att den naturliga förnyringen inte kan utvecklas.



Figur 13.14. Den låggallrade ytan (L) domineras av de stora träd som lämnades vid gallringen. De står tillräckligt tätt för att hålla tillbaka naturlig förnyring.

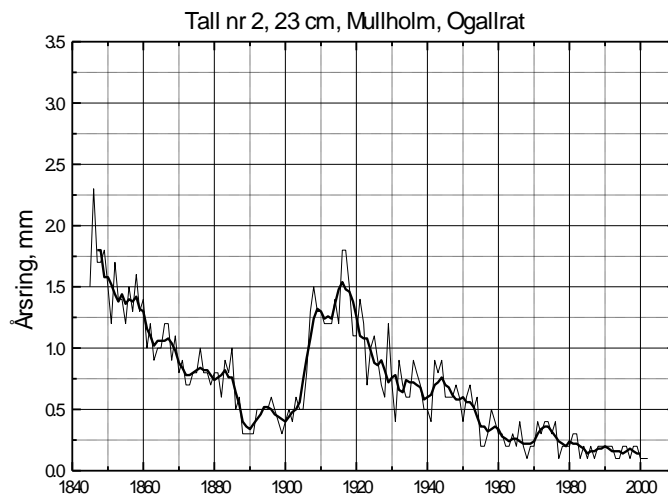
Det höggallrade beståndets grundyta och tillväxt (H) jämfördes 2003 med två andra bestånd i närheten: ett orört bestånd (O) som inte gallrats på hundra år, och ett bestånd som låggallrats (L) 1982. Boniteten bedömdes vara bäst i det ogallrade beståndet, och likvärdig i de två gallrade bestånden. Skillnaden i bördighet var troligen inte stor (Tabell 13.01).

Den löpande tillväxten, i % av det bestånd som behandlats i enlighet med skogsvårdslagen var, (H) 194 %, 156 % (O), 100 % (L), (Tabell 13.01). Under de sista fem åren var den löpande tillväxten: (H) 1.91, (O) 1.23, (L) 0.79. Slutsatsen blev att man fick den högsta löpande tillväxten genom en höggallring.

Tabell 13.02. Data från provytor och tre bestånd.

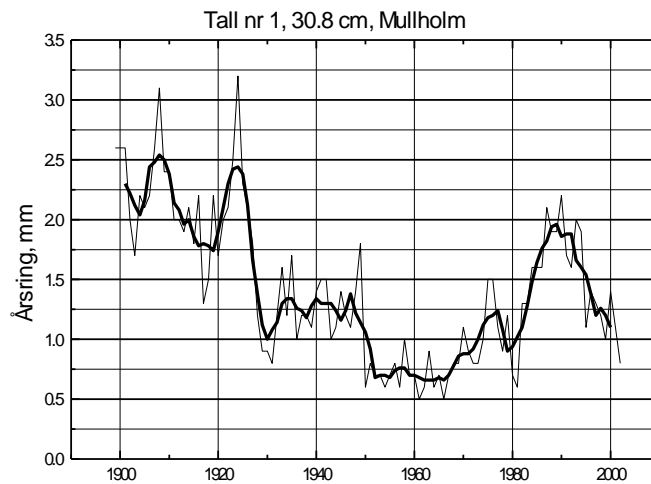
	Höggallrad 1973	Ogallrad	Låggallrad 1982
Grundyta i provyta, m <sup>2</sup> /ha	11.8		
Grundyta i bestånd, m <sup>2</sup> / ha	13.2	23.2	13.3
Stående volym i provyta, dbh >5cm, m <sup>3</sup> sk	80		
Stående volym i bestånd hösten 2002 m <sup>3</sup> sk/ha	93	155	101
Volym i beståndet efter gallringen, m <sup>3</sup> sk/ha	32		79
Volymtillväxt på provytan, 1973- 2002, m <sup>3</sup> sk/år,ha	1.79		
Volymtillväxt i bestånd de senaste fem åren, m <sup>3</sup> sk/år,ha	1.91	1.23	0.79
Volymtillväxt i bestånd efter gallring, m <sup>3</sup> sk/år,ha	2.12	1.7	1.09
Tidsperiod	(1973-2002)	(1973-2002)	(1982-2002)

### Årsring i ogallrat bestånd

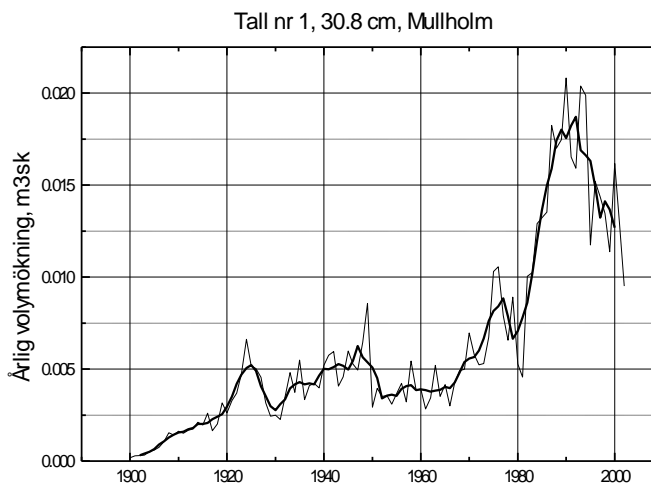


Figur 13.15. Årsringsutveckling hos en medhärskande tall i det ogallrade beståndet (O). Den grova linjen är flytande femårsmedeltal. Tallen nådde brösthöjd 1843 och växte fort med årsring över 2 mm i en relativt öppen skog. Denna tättnade omkring den lilla tallen, som bara växte med 0.4 mm årsring vid sekelskiftet då den hade 57 års brösthöjdsålder. Den var då en tall med 11 cm diameter och den måste ha haft mycket liten barmassa. Vid sekelskiftet friställdes den lilla tallen genom bortgallring av stora timmerträd, vars stubbar nu finns att se i beståndet. Tillväxten ökade fram till 1916 då den blivit 14 cm grov. Därefter tättnade skogen omkring den. Trots att tallen då nått upp bland de medhärskande träden blev konkurrensen så hård att dess årsring successivt minskade till 0.1 mm.

### Årsring i höggallrat bestånd



Figur 13.16. Årsringsutvecklingen hos en dominant tall nr 1 i (H). Brösthöjdsåldern är 105 år. Den grova linjen representerar fem års flytande medelvärde. Denna tall hade det alltså svårare med konkurrenter fram till 1973 då höggallringen gjordes. Därefter har den successivt återhämtat sig till en kulmination på hela 2.0 mm 1990. Därefter drabbades den åter av ökande konkurrens, trots sin dominerande ställning i beståndet.



Figur 13.17. Årlig volymökning hos tall nr 1. Den grova linjen beskriver fem års flytande medeltal. Vid jämförelse med föregående figur framgår klart hur stor effekt trädets storlek har på volymökningen.

## Ekonomiska konsekvenser på Holmströms fastighet

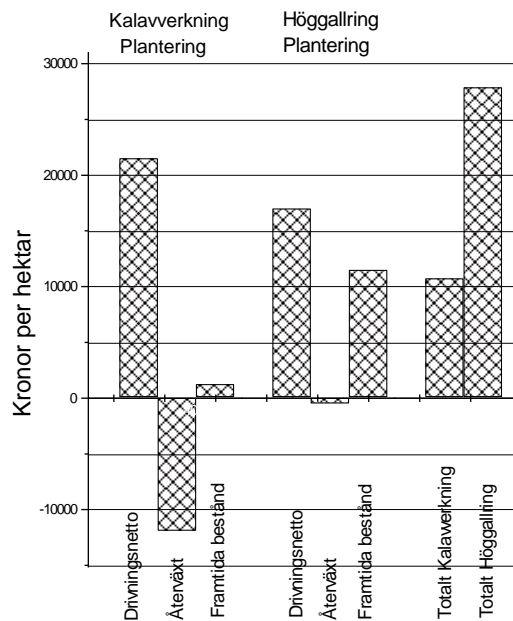


Figur 13.18. Rune Holmström har tagit upp ett kalhygge för tio år sedan i närheten av de beskrivna provytorna. Han har varit tvungen att utföra omfattande hjälplantering.

Hagner (2003b) jämförde ekonomin vid två alternativa behandlingar av samma skogsområde. Detta är egentligen inte rättvisande, eftersom en fastighetsägare alltid bör avverka den mängd virke som motsvarar skogens tillväxt på hela fastigheten genererar. Vid plockhuggning skördas en mindre mängd virke per hektar, varför en korrekt jämförelse av de två alternativen bör utgå från att plockhuggning sker på en större areal än kalhuggning.

Kalhuggning+plantering benämns som (KalP) och alternativet kvalitetsinriktad höggallring med berikande plantering i luckor som (HöggP). I jämförelsen gynnades KalP genom att: a) Den löpande tillväxten sattes till 110 %, b) Sågtimmerkvaliteten sattes lika i de två fallen, c) Drivningskostnaden sattes till 75 %.

Figur 13.19. Ekonomisk jämförelse mellan Kalavverkning + plantering och Höggallring + plantering.



Alternativet HögP gav ett totalt nuvärde som var 260 % av KalP. Den väsentliga effekten kom sig av ökad medelvolym hos skördade träd, minskade kostnader för återväxt och högt nuvärde på den gallrade restskogen.

Utöver den ekonomiska fördelen med alternativet HögP, borde följande fördelar ha kvantifierats: \*\*förbättring av virkets egenskaper, \*\*förbättrat mångbruk i form av renskötsel och jakt, \*\*bättre möjligheter att behålla biodiversiteten, \*\*bevarande av fornlämningar, \*\*minskat utsläpp av koldioxid.

### **Skogsvårdsstyrelsens inställning till Rune Holmströms skogsskötsel**

Rune som har provat alternativa metoder sade. ”Jag vill inte förstöra skogen och ekonomin med fler kalhyggen, eller med låggallring som också leder till kalhuggning”. Vid förfrågan 2003 hos skogsvårdsstyrelsen i Arjeplog sade tjänstemännen att skogsvårdslagen endast tillåter kalhuggning eller låggallring.

### **Skogsstyrelsens inställning 2003**

Tomas Thuresson, ansvarig för skogsskötsel hos skogsstyrelsen, deltog 2003 i en exkursion till de två områden som omtalas i detta och föregående kapitel. Han yttrade sig därefter i en skrivelse med diarienummer 598/01 0.09. Denna skrivelse, sändes till mig och till landets alla länsjägmästare. Där står ” *Den avverkning år 1973 som i rapporten beskrivs på fastigheten Mullholm var med dagens regler inte någon avverkning som främjade skogens utveckling. Den var i stället en föryngringsavverkning, som sannolikt var ändamålsenlig för återväxten av ny skog. Efter avverkningen har området troligen omfattats av återväxtskyldighet. Markägaren har uppfyllt denna skyldighet genom en kombination av beståndsrester, beståndsföryngring och nyplantering. Jag tror att avverkningen idag skulle anses tillåten och att återväxtmetoden och resultatet skulle godkännas*”.

Tyvär hade brevet ingen noterbar inverkan på länsjägmästarnas tolkning av lagen. Skogsstyrelsen och skogsvårdsstyrelserna var vid denna tid olika myndigheter.

### **Naturkultur tillämpad under 40 år i fjällnära granskog**

Kjell Olof Lindell i Arjeplog är fastighetsägare sedan 1962 med skogsmark på 500-600 möh. Han äger 350 ha varav 266 ha anses vara produktiva. Fastigheten ligger på höjdryggen mellan sjöarna Laisan och Hammarträsket. Eftersom fastigheten ligger bara fem mil söder om polcirkeln och 100-200 m under trädgränsen är klimatet kargt. Den uthålliga tillväxten, idealboniteten, torde ligga på ca 1-2 m<sup>3</sup> per hektar och år.

Den största delen av arealen är beskogad med gran i för trakten typiska lider med exponering huvudsakligen åt norr. Längst ner mot Hammarträsket övergår granskogen successivt till tallskog.

Kjell-Olof övertog fastigheten efter sin svärfar som tidigare skött skogsbruket genom successiva uttag av fullvuxna träd. Eftersom de luckor som skapats av honom uppvisade god föryngring tyckte Kjell-Olof att det inte fanns anledning att gå ifrån den principen. Eftersom Kjell-Olof även arbetade som tjänsteman åt skogsvårdsstyrelsen blev det naturligt, dels att göra noggranna skogsbruksplaner, dels att trygga återväxten genom plantering där detta behövdes.

Vid den berikande plantering han utförde satte han ett par plantor intill varje stor stubbe.

Eftersom Kjell-Olof har tillämpat detta skogsbruk under så lång tid har han hunnit återkomma med gallring med ca 20 års mellanrum. Detta skall ses mot bakgrund av att skogen har en låg bonitet.

Som typiskt exempel på hur smågranarna växer efter friställning nämner han. Jag avverkade en gran med diameter i stubben på 34 cm nu i vinter, 2001. När jag tittade på stubben visade det sig att när jag friställde denna gran 1976, för 25 år sedan, så var den bara 9 cm i diameter.

Enligt skogsbruksplanen 1962 fanns det på fastigheten 12000 m<sup>3</sup>, dvs. 45 m<sup>3</sup>/ha. Sedan dess har jag avverkat ca 14000 m<sup>3</sup>, dvs. 53 m<sup>3</sup>/ha, och jag har fortfarande kvar minst samma virkesförråd som då jag tillträdde. Gammelskogen som finns på en del av fastigheten, ca 6500 m<sup>3</sup>, har jag inte rört alls. Skälet är att jag har tänkt att mina barn skall kunna utnyttja den som resurs när de tar över efter mig. Detta innebär att det verkliga uttaget av virke har motsvarat ca 2 m<sup>3</sup> per år och hektar. Eftersom detta motsvarar idealboniteten kan man påstå att Kjell-Olofs skogsbruk därmed ligger över vad man generellt i Sverige anser sig kunna uppnå med trakthyggesbruk, vilket är 85 % av idealboniteten.

På frågan om det realistiska i att genomföra berikande plantering, säger Kjell-Olof att han studerat vad som hänt med de planterade plantorna. De kommer normalt igång med tämligen bra tillväxt och växer ofta ikapp den naturföryngring som finns i luckorna.

Sågtimmer säljer jag mestadels till ett lokalt litet sågverk och jag vet precis vilken typ av virke de vill ha. Detta blir till gagn för min ekonomi liksom för sågverksägaren som får det han önskar.

Ekonomi i mitt skogsbruk är god därför att min flexibilitet är maximal. Jag kan styra mina avverkningar helt efter mina egna behov. Jag behöver ju ved till uppvärmning, virke till gårdens underhåll, men också likvida medel till skoter, bil, och familjens utgifter. Nog håller jag mig underrättad om prisnivån på timmer och massaved och det påverkar mina uttag, men det är mina egna behov som i huvudsak styr mina avverkningar. Jag tror även att en professionell ekonom lätt inser att detta innebär maximal lönsamhet i mitt eget företag. Icke att förglömma är det stora personliga värdet jag får av att följa de enskilda trädens utveckling från massaved till värdefullt sågtimmer.

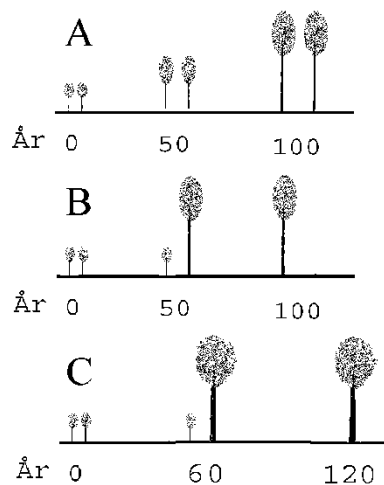
I ett höjdläge på 520-550 möh på Kjell-Olofs fastighet hade befriande gallring och berikande plantering bedrivits i 40 år (NY). Detta område jämfördes med en orörd granskog i närheten (GAM) (Hagner 2001c). GAM innehöll större träd dbh 11.8 cm (max 34 cm), NY dbh 6.2 cm (max 26 cm). GAM hade dubbelt så hög stående kubikmassa, 74 m<sup>3</sup>sk/ha, NY 30 m<sup>3</sup>sk. Disco var GAM 0.43 resp. NY 0.37, vilket innebär att trädstorlekarna varierade starkt i båda områdena. GAM hade 787 stammar/ha och NY hade 1372. Antalet småplantor/ha under brösthöjd var GAM

567, NY 799. Årsringen var hälften-tredjedel i GAM, vilket gav en löpande tillväxt på GAM 1.195 (100 %) m<sup>3</sup>sk/ha och år, NY 2.000 (167 %) m<sup>3</sup>sk/ha och år.

Ser man till de praktiska konsekvenserna av detta, visar det sig att ett intensivt skogsbruk med befriande gallring och berikande plantering under fyra decennier, ledde till ett bestånd med träd av mindre storlek och hälften så stor stående volym. Den löpande tillväxten i detta bestånd var dock 67 % högre än i det orörda tätta ursprungsbeståndet. Slutsatsen är att markägaren har tjänat ordentligt med pengar och samtidigt lyckats höja den löpande tillväxten (Hagner 2001c).

### **Konkurrens och skiktning är grunden till god ekonomi**

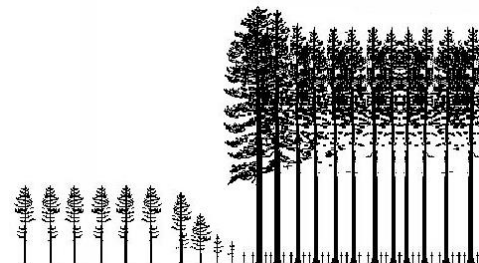
Figur 13.20. Om två ungtallar konkurrerar om samma näring kan det teoretiskt bli så att (A) den ena tallen delar lika med den andra och båda mognar efter 100 år, eller så att (B) den ena tar hand om all näring och blir fullstor redan efter 50 år. Därefter kan den andra tallen ta hand om all näring och blir mogen efter 100 år. Förutsatt att de mogna träden ger lika stort netto vid 50 och 100 år, blir nuvärdet i B mycket högre (269 %) än i A. Nuvärdesberäkningen grundar sig på 3 % ränta.



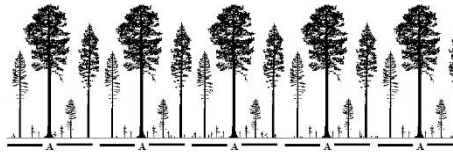
Skillnaden blir i realiteten större eftersom träden i B växer betydligt fortare. En snabbare tillväxt betyder högre förräntning vid en viss trädstorlek. Detta medför att den ekonomiska mognaden inträffar vid en senare tidpunkt då trädet är större. Ett grövre träd ger ett högre netto. Lägg dessa faktorer in i B får man C. Nuvärdet kommer därför att öka ytterligare.

Figur 13.20 visar att konkurrens och skiktning är gynnsam ur ekonomisk synvinkel, såvida man räknar med ränta och nuvärde. Tyvärr är de ekonomiska modeller man har utvecklat för beståndsskogsbruk inte anpassade för en rättvis värdering av konkurrensen mellan närstående träd. Av detta skäl blir fördelarna med skiktad skog ofta underskattade vid jämförelser mellan bruk av enskiktad och skiktad skog.

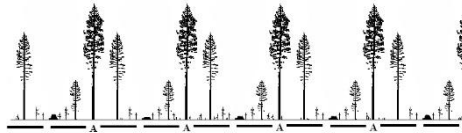
Figur 13.21. Jakobsson och Nilsson (2005) undersökte virkesproduktionen hos tall i området närmast kanten av hyggen. De fann att det stamvirke som saknades bland småträden i den s.k. konkurrenszonen, återfanns i de stora träd som stod närmast intill. Ingen produktion gick förlorad. De konstaterade också att överflyttning av virke till stora stammar innebär en ekonomisk fördel. Virket kunde skördas snart och i form av få stora stammar.



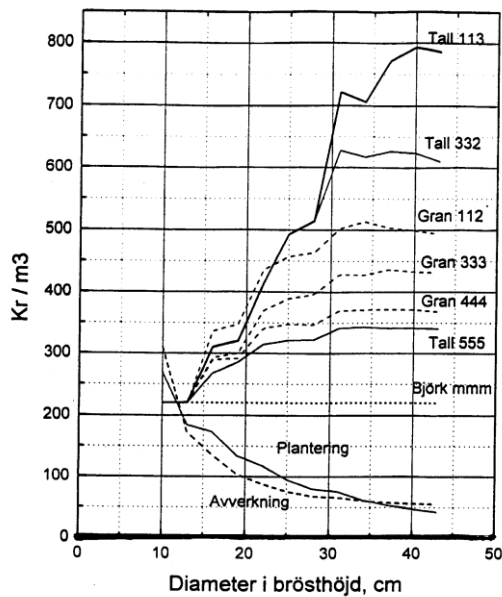
Figur 13.22. Det är följkattligen ekonomiskt optimalt att odla tall på ett sådant sätt att stora tallar överallt konkurrerar med mindre tallar. De stora träden skall stå så långt isär att de inte konkurrerar med varandra. Konkurrensens räckvidd, = A, har beskrivits av Elfving och Jakobsson (2006).



Figur 13.23. Efter att de fullmogna tallarna skördats överflyttas tillväxten till de största omogna tallarna, som konkurrerar framgångsrikt med de mindre tallarna inom räckvidden av A.



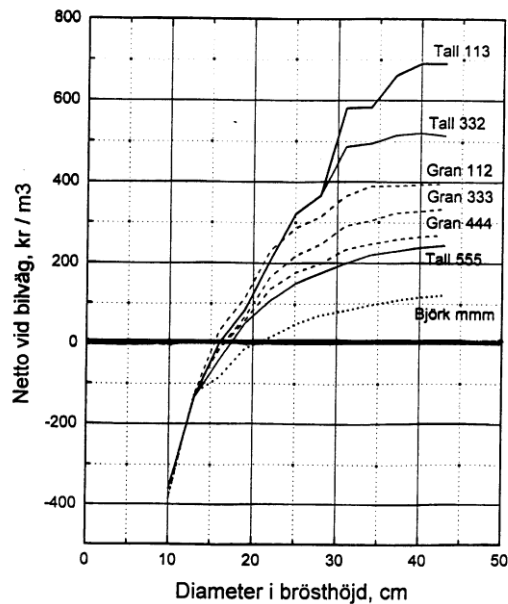
Den gynnsamma ekonomin i Naturkultur står på två ben. Trädstorlek och virkeskvalitet (Figur 13.24, 13.25). Stora träd ger virke som betalas mer per kubikmeter. Kostnaden per kubikmeter reduceras vid ökande trädstorlek både för fällning, kvistning, kapning och lastning. Planteringskostnaden har ett kvadratisk samband med trädstorlek medan volymen och priset har ett kubiskt samband. Därför minskar planteringskostnaden per kubikmeter vid ökande trädstorlek.



Figur 13.24. Intäkt per  $m^3$ ub av trädstammar och kostnad för plantering, samt för drivningen, dvs. avverkning+terrängtransport. Tall 332 syftar på kvaliteten i första, andra resp. tredje stocken. Kostnaden för plantering är utgiften om trädet skall ersättas med plantor (3 kr/st) på två meters förband. Trädet anses disponera en yta som står i direkt proportion till stammens grundyta. Eftersom detta är en kvadratisk term medan volymen är en kubisk term, minskar kostnaden för plantering ju större trädet är. Notera att återväxtkostnaden är ungefär densamma som hela drivningskostnaden.

Nackdelen med Naturkultur är främst att avverkningskostnaden per kubikmeter ökar. Detta beror på att skördaren måste undvika att skada kvarstående träd och på att terrängtransporten fördras genom att volymen per hektar minskar (Persson 1992, Dale et al. 1993, Fjeld 1994). Denna faktor kompenseras mer än väl av att de avverkade träden är större än vid åldersklasskogsbruk (Persson 1993) (Figur 13.23, 13.24, 13.25).





Figur 13.25. Netto efter att drivningskostnad och planteringskostnad dragits från trädstammens värde.

Notera att träd måste bli över 15 cm i brösthöjdsdiameter innan de ger ett netto till skogsägaren, såvida denne måste ersätta trädet med planterade plantor. Ett träd som bara ger massaved måste bli 20 cm innan nettot blir positivt.

Notera också att en tall av god kvalitet ger tre gånger så stort netto om den skördas vid 25 cm jämfört med 20 cm.

Om kostnaden för avverkning och plantering dras från inkomsten, ter det sig olönsamt att avverka träd klenare än 15 cm i diameter (Figur 13.24). Mot denna bakgrund är det förbryllande att medeldiametern vid slutavverkningar i norra Sverige ofta är så låg som 20 cm. Dessutom gäller att föregående gallringar, med skörd av enbart klena träd, ger litet netto.

### **Ekonomisk helhetssyn**

Endast den som fattat kurvornas innebörd, kan förstå den enorma ekonomiska betydelsen av att styra trädodling mot framställning av grova träd med hög kvalitet. Skogsägarens netto är det som skildras, men det gynnsamma är att det är i förädlingen hos skogsindustrin och hos slutanvändaren, som de största vinsterna uppstår.

Vetenskapliga studier av gallringar och av selektiva avverkningar visar att drivningskostnaden kan hållas på acceptabel nivå. (Dale et al 1993, Hagner 1992a). Ekonomiskt sett ger den extra inkomsten från ökad timmerandel god kompensation för den ökade kostnaden som uppstår vid plockhuggning. Dessutom slipper man i Naturkultur de dyra gallringarna som betungar trakthyggesbruket (Figur 13.26 - 13.30).

Låggallring, där de större träden i beståndet lämnas kvar, leder till sänkt räntabilitet på skogskapitalet. Endast två situationer kan motivera låggallring:

a) de stora träden som lämnas har mycket högre potentiellt värde per kubikmeter än de mindre som togs bort, b) de små träden har svårigheter att tillväxa efter friställning.

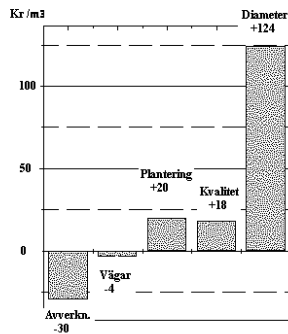
### Övergång från Kalhyggesbruk till Naturkultur

#### Förändringar

Märkning av alla träd före gallring  
Diameter i brösthöjd 22 till 26 cm  
Timmerkvalitet, 1:a, 2:a, 3:e stock: 4,4/4 till 3,3/3

#### Effekt:

Skogsägaren + 128 kr/m<sup>3</sup>  
Sverige skördar 70 milj m<sup>3</sup> x 128 kr = 9 miljarder kr / år



Figur 13.26. Ekonomiska förändringar som uppstår när kalhyggesbruk ersätts med Naturkultur. Avverkningarna blir dyrare därför att varje träd märks före gallringen. Upparbetning och terrängtransport blir dyrare när det gallras i stället för kalhuggs. Lägre virkesvolym skördas per hektar och större ytor berörs av avverkningar. Av detta skäl måste större andel skogsvägar underhållas. Planteringskostnaden minskar beroende på att beståndsförnyring kan utnyttjas. Timmerkvaliteten stiger när gallringen sker efter bedömning av varje träd. Dimensionerna ökar när det är glesare runt stora träd. Dessa växer snabbt och ger hög ränta på sitt eget kapital. Därför behålls de tills de uppnått grova dimensioner.

### Nationalekonomiska effekter

Eftersom ökningen av nettot i virkesodlingen beror på leverans av produkter med ett högre förädlingsvärde, kan man förmoda att även skogsindustrins förädlingsvinster ökar i motsvarande grad. En förändring av skogsbrukssystemet, från bulkproduktion med stor andel massaved, till ett selektivt system där enskilda trädskvalitet beaktas, ökar landets inkomster drastiskt. Indirekt bör detta kunna öka sysselsättningen i svenska skogsbygder och hejda försämringen av infrastrukturen.

Med Lycksele kommun som pilotfall beräknade Hagner (2004a) de årliga inkomstökningarna hos skogsägare och skogliga entreprenörer. Det förutsattes att endast hälften av skogsägare och entreprenörer bodde i Lycksele.

Skatteunderlaget ökade med 69 miljoner. Den s.k. multiplikatoreffekten gör detta till 138 miljoner som motsvarar 460 heltidsarbeten i Lycksele. Kommunens befolkning är 12 500 varav kanske 50 % är arbetstagare, dvs. 6 200 personer har heltidstjänster i kommunen. Om skogsbruket lades om skulle ytterligare 460 heltidstjänster kunna finansieras, dvs. en ökning av sysselsättningen med 7.4 %.

För att åstadkomma ett heltidsarbete brukar man räkna med att det krävs en investering på en miljon kronor. Detta innebär att man i Lycksele måste få någon att investera 460 miljoner kronor för att åstadkomma en ökning av sysselsättning motsvarande den man skulle kunna få med en ny typ av skogsbruk.

Det är alternativet Naturkultur som får den långsiktigt gynnsamma effekten på virkesodlingen. Detta alternativ kan dock tillämpas endast genom utbildning, vilket beror på att personal inom skogsbruket för närvarande är intrimmade på kalhyggesbruk.

Lycksele är lyckligt lottad genom att Harald Holmberg i Norrbäck under 20 år redan tillämpat Naturkultur på sina 800 hektar skog, och därigenom visat metodens konsekvenser. Hans rakryggade uppträdande i Lycksele Tingsrätt 2012 har gjort honom berömd inom hela Sverige. Harald är utbildad lärare och han har skapat en

kursgård i byn. Där har professorer och Lantbruksuniversitetet redan haft många kurser i den nya typen av virkesodling.

Om kommunen satsade 20 miljoner (4 % av 460) på utbildning i Naturkultur, tror jag att de flesta skogsägare skulle övergå till den nya lönsammare metoden. Det behövs alltså inga gigantiska belopp för att åstadkomma en väsentlig effekt på näringslivet i Lycksele. Dessutom kan en stor del av resurserna till utbildning sökas hos EU, vars medel är inriktade på utveckling av näringslivet i glesbygder.

### **Skövling**

Om plockhuggning utförs utan hänsyn till nuvärdesmaximering av trädgruppen, till exempel genom blädning, kan skogsägaren och nationen drabbas av stora förluster. Okunnighet, snikenhet och slöhet vid val av träd leder lätt till att en entreprenör plockar ut endast de stora träden som har högt värde, och lämnar stora missformade eller skadade träd. Termen "Befriande gallring" innebär att fokus skall ligga på det framtida värdet hos de träd som befrias genom plockhuggning.

Jag har personligen upplevt att landets största skogsägareförening "hjälppte" en okunnig skogsägare genom att låta en av sina entreprenörer "plocka russen ur kakan". Kvar blev en luckig skog med övertäta dungar av småträd som hölls tillbaka i sin tillväxt av riktigt usla stora träd.

Hårda gallringar sänker den löpande tillväxten och ökar risken för stormfällning. Vårdslös avverkning gör att kvarstående träd får bark- och rotskador. Underlåtenhet att genomföra berikande plantering leder till tillväxtförluster på sikt.

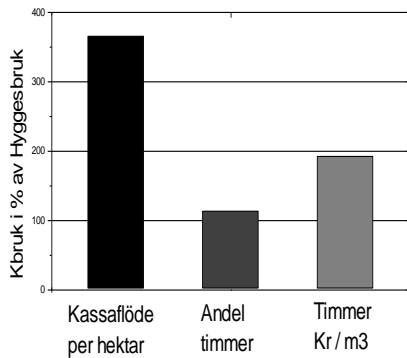
Risken för skövlande plockhuggningar är så överhängande att skogsstyrelsen har anledning att skapa ett regelverk som stävjar missbruk av kontinuitetsskogsbruk. Förslag till sådana regler återfinns i denna skrift. Den typ av hyggesfritt skogsbruk som skogsstyrelsen idag (februari 2015) beskriver i en egen broschyr, kommer enligt min mening, att leda till skövling av många fastigheter.

### **Naturkultur i Tyskland**

Janssen (2000) visade den stora vinst som noterats 8 år efter statens övergång till kontinuerligt skogsbruk, kallat Löwe, i Niedersachsen. Nettoinkomst av alla typer av virke: Gran (156%), Bok (138%).

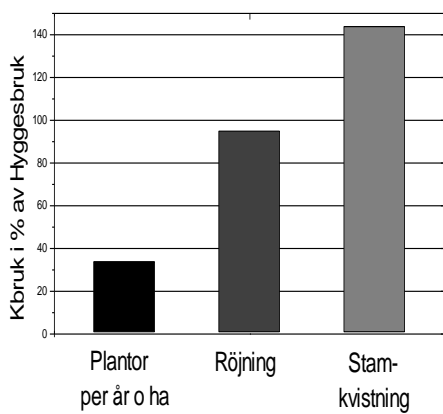
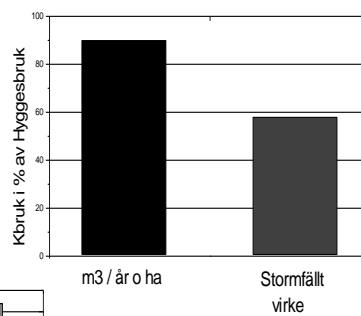
Hanewinkel (2001) analyserade kassaflödet som det framgick av 14 års bokföring hos fem företag i Tyskland. Två av dessa bedrev Naturkultur (Kbruk) och de andra tre tillämpade vanligt kalhyggesbruk. (Kbruk) gav något lägre kvantitet virke, vilket dock kan ha berott på skillnad i bonitet. Planteringsbehovet minskade till en tredjedel, röjningsbehovet var lika, medan man stamkvistade betydligt mer vid (Kbruk). Mängden stormfällt virke minskade vid (Kbruk) till nära hälften.

Kassaflödet per hektar var 3.6 gånger så högt vid (Kbruk), vilket berodde på att skörden innehöll högre andel timmer med mycket hög kvalitet. Leveransen av specialtimmer var hundra gånger så högt vid (Kbruk).



Figur 13.27. Kassaflödet/ha var 3.6 gånger så högt vid (Kbruk). Detta berodde på större andel timmer och på att kvaliteten i sågtimmer var mycket bättre.

Figur 13.28 Mängden skördat virke var något lägre vid Kbruk. Påtvingad skörd av stormfällt virke var nästan halverad.



Figur 13.29. Vid Kbruk minskade behovet av plantering till en tredjedel. Röjningskostnaden var ungefär densamma. Kostnaden för stamkvistning var betydligt högre.

### Slutsats av Hanewinkel

Economic productivity: "As far as economic profitability is concerned, the superiority of selection forests seems clear: whether an empirical or a model-oriented 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.

### ***Varuhus ersätter dagens skogsägareföreningar***

Om man låter trädmärkaren registrera kvalitet, diameter och längd hos bottenstocken hos märkta träd grövre än 20 cm diameter med en dataklave, kan en ”stämplingslängd” upprättas. Bottenstockens nettovärde utgör ungefär hälften av hela trädets värde. En virkesköpare har därför mycket stor hjälp av en sådan stämplingslängd när han skall lägga anbud.

Ett ”varuhus för virke” har skapats på Internet av finska skogsägareföreningar. Där kan virkesköpare lägga anbud på hela rotposten och där kan entreprenörer med skogsmaskiner erbjuda skonsam avverkning. Skogsägaren väljer sedan vilken köpare, och vilken entreprenör han accepterar.

Ett sådant system fördubblar troligen skogsägarens netto i förhållande till dagens svenska system. De svenska skogsägareföreningarna skapar inkomster i egna industrier, och har intresse av att dumpa priserna på råvaran. De finska föreningarna har inga egna förädlingsindustrier och kunde därför förbättra virkespriserna genom virkesförmedling via Internet. Om inte våra svenska skogsägareföreningar gör om sin verksamhet från grunden, kommer de nog att ersättas av ett förenklat system.

## 14 NATURVÅRD

### ***Pyrolys, människans uthålliga och positiva samspel med naturen.***

Kanske denna process, ”förkolning”, gör det möjligt för människan att bli något som liknar biet. Vår samhällsbildande kamrat biet har ett framgångsrikt sätt att frodas, nämligen att samla på nektar och pollen. Detta har pågått så länge att många växter är beroende av biet för sin existens. Kanske var biets föregångare, som kom på att destruktivt skörda pollen, en destruktiv faktor i ekosystemet. Det slumpade sig emellertid så att befruktningen förbättrades och småningom blev det gynnsamt för blommorna att locka till sig pollenskördaren genom att erbjuda söt honung. Ekosystemet har successivt anpassat sig till detta positiva samarbete, som nu blivit en nödvändighet för många arter.

På samma sätt skulle människan troligen kunna bygga upp en uthållig ökning av ekosystemens produktion av biomassa. Indianerna i Sydamerika har anvisat vägen med sin Terra Petra. Under många tusen år grävde de ner träkol i den sterila kvartssanden, som är en hel meter tjock i Amazonas djungel. Eftersom träkol inte ruttnar bort ökade kolförrådet och gjorde marken bördig. Nyligen genomförda försök i Sverige tyder på att svenska jordar också kan producera betydligt mer efter tillförsel av träkol. Detta fungerar troligen allra bäst om träkolet tillförs urin innan det placeras på åkern. Urin är viktigt den största delen av vår avföring. Den är steril och bör återföras till våra marker därför att den innehåller de näringsämnen som har störst effekt på växternas aktivitet.

I stället för att bränna biomassan i våra värmeverk, sänker vi utnyttjandet av energiinnehållet till 80 % genom att bränna enbart de lättflyktiga gaserna. Därefter laddar vi träkolet med urin och lyfter ut det till odlingsställena, på åker och på skogsmark. Detta innebär att vi återför kol till odlingsplatsen. Ekosystemet, som bör hållas nästan naturligt, svarar med ökad produktion av biomassa, som ger både ökad värme och mer mat. En mycket fascinerande framtidsbild, som dessutom innebär en eftersträvan svård långvarig bindning av koldioxid.

### ***Kvävefixerande bakterier***

Vissa bakterier har lyckats att direkt eller indirekt använda solenergi för att omvandla luftens kvävgas till molekyler som kan användas av levande organismer till att bygga upp aminosyror. Detta sker uppe träden där solljuset är rikligt. Andra bakterier utför samma viktiga uppgift nere i markens mörker med hjälp av det socker som skapats av bladen uppe i solljuset. Ett exempel är alens rotknölar i vilka trädet matar bakterierna med socker och på det sättet försör sig själv med kväve. Alen har på detta sätt skaffat sig så gott om kväve att den inte, liksom andra arter, suger tillbaka kvävet ur löven innan de fälls på hösten. Alen fäller gröna blad.

I hopp om att bördigheten skulle öka på lågproducerande tallhedar i Norrbotten har skogsmän planterat al. Detta trädslag finns redan naturligt utspritt i grupper på tallhedarna och analys av markens humus inne bland alarna visar på en mycket högre kvävehalt än där alen inte finns. På samma sätt har man konstaterat att lupin kan berika marken genom sitt samarbete med kvävefixerande bakterier. Då jag samlade

contortafnö i Yukon, i nordligaste Kanada, passade jag på att ta med mig lupinfrö som sedan såts av skogsmän i Sverige. Detta ångrar jag bittert. Dessa lupiner har spritt sig med stor kraft på tallhedar och berikar säkert marken med kväve. En mycket negativ konsekvens är emellertid att renar inte äter lupin och att växten förhindrar renlavens trivsel. En annan är att tallen inte tycks växa bättre i den kväveberikade marken. När jag vandrat runt och studerat tallarnas tillväxt inne i och i närheten av grupper med al har jag tyvärr fått uppfattningen att alens kväve inte tycks stimulera tallen. Jag får intrycket att ekosystemets aktörer på något sätt lyckas utestänga konkurrenter från det naturligt fixerade kvävet.

Jag vill på detta sätt råda andra forskare att avstå från introduktion av främmande arter i våra naturliga ekosystem. Vi måste i stället anpassa vårt eget antal och vår skörd av biomassa till en nivå som tillåter jordens ekosystem att fungera naturligt.

### ***Biodiversitet***

Ekosystemet på varje plats är anpassat till tillgången till näring från berggrund, vatten, ljus, och andra levande varelser, mikrober, växter och djur. Ekosystem har uppstått genom att gener har samspelat med varandra under miljoner av år. Samspelet, dvs. att vissa gener påverkas av förekomsten av andra gener, har gjort att vissa gener har blivit vanliga och andra ovanliga. Detta samspel är så komplicerat att vi människor, och våra datorer, aldrig kommer att kunna förklara samspelet. Här är ett teoretiskt, av mig påhittat, exempel med nära anknytning till en verklig situation.

Ett dött Vokträäd är den enda trädsort i den tropiska djungeln där fladdermusen Trubbnos kan överleva under dagarna, då de sover. Därför kan trädet med Dengonötter existera endast inom viss distans från ett dött Vokträäd. Dengoträdets blommor kan nämligen pollineras på natten endast av fladdermusen Trubbnos. Apan Dingo äter de läckra nötterna i Dengoträdet. Endast om antalet Dingo-apor är så få att de inte orkar äta upp alla nötter, klättrar de ner på marken och gömmer Dengonötter i jorden. Den stora varanen Viper lyckas ibland fånga en Dingo-apa som gömt en nöt i jorden, och då föds ett nytt Dengoträd. I annat fall kommer Dingo-aporna tillbaka och de hittar sina sparade nötter i marken. Varanen Viper lever i huvudsak av vildsvin som är vanliga i djungeln. Skall det sällsynta Dengoträdet finnas måste alltså ett ekosystem innehålla rätt antal Vokträäd, rätt antal Dingo-apor, rätt antal varaner och rätt antal vildsvin.

Man kan inte förvänta sig att kunnig miljöinriktad professor kan förstå hur man skall bevara det sällsynta Dengoträdet eller att man någonsin skall kunna programmera en dator som kan förklara samspelet i naturen. Vildsvin är väldigt vanliga i tropisk regnskog, vilket professorn vet. Han kan däremot inte ana att det är dessa vanliga vildsvin i regnskogen som måste bevaras, ifall man vill ha kvar några Dengoträd.

### ***Slumpmässigt valda evighetsområden = bioreservat***

För att lyckas med att bevara biodiversiteten är det nödvändigt att utesluta all mänsklig inblandning i valet av vad som skall bevaras (Hagner 2016). Ingen människa och inte heller någon dator kan programmeras för att förstå samspelet och de inbördes beroendena mellan arter i naturliga ekosystem. Samspelet mellan arter, dvs. mellan genotyper, måste få ske på ett "naturligt" sätt, dvs. slumpmässigt. Den

naturliga frekvensen av gener kan troligen beskrivas genom analys av vanlig humus, därför att den är den samlade resten av alla levande organismer i det skogliga ekosystemet. Att beskriva frekvensen gener är emellertid inte detsamma som att förstå hur den uppkommit.

För att bevara en naturlig genfrekvens måste man tillåta generna interagera med varandra. Detta kan ske enbart på platser där en stor mängd gener förekommer, dvs. där ett stort antal arter av växter, djur och mikroorganismer finns. Vi vet att antalet arter av mikroorganismer är stort inne i en enda stam av en grov asp, men vi vet också att omgivningen kring denna asp har påverkat vilka mikrober som finns där. Skall genfrekvensen, dvs. biodiversiteten, bevaras måste ett slumpmässigt valt område bevaras från mänskliga ingrepp. Tiden, under vilken området skall förbli ostört, måste vara mycket lång, och inte påverkad av människan. Detta betyder att vi tvingas avstå från ingrepp i oändlig tid, ifall samspelet mellan gener skall kunna förbli naturligt.

Det mest väsentliga är att området skall slumpas fram. Först måste emellertid markägaren få ange de områden som hen absolut vill bruka till annat. Exempelvis områdena närmast intill gården eller runt någon plats av särskilt stor betydelse eller värde. Därefter sker valet genom slumpmässig placering av en punkt på fastigheten. Denna punkt är det nordvästra hörnet i ett kvadratisk bioreservat. Arealen står i proportion till fastighetens storlek. Rostfria vinkelböjda metallbleck stampas ner i marken i varje hörn. Blecken förses med inskription om reservatets nummer och hörnets väderstreck.

### ***Lagstiftning om bioreservat***

Givetvis kommer en markägare att protestera om regeringen kräver att hen skall avsätta ett område för biodiversitet och samtidigt kräva att hen avstår från alla ingrepp under oändlig tid. Detta innebär konfiskering. Om markområdet är en liten del av en fastighet, t.ex. 5 %, kan man troligen enas om arealen. Då området måste ha en viss storlek för att fungera är det knappast meningsfullt att kräva att små fastigheter avsätter bioreservat. Kanske skall man kräva att endast den som äger mer än 100 ha skall göra en avsättning? Området bör inte tillåtas ha en rektangulär form, eftersom avståndet mellan centrum och gräns i så fall minskar, och reducerar biodiversiteten.

Om systemet skall fungera måste myndigheten, exempelvis länsstyrelsen, delta aktivt när urvalet av bioreservat sker. Utöver detta måste en nationell databas upprättas så att överträdelser kan beivras. För att detta skall fungera måste regeringen stifta en lag som reglerar både urvalet av bioreservat och bevarandet. All typ av exploatering bör förhindras. Djur, inklusive människa, bör inte förhindras att besöka bioreservatet, men regler för besökare och jakt måste upprättas.

### ***Naturkultur och vård av natur och miljö***

Min åsikt är att det finns vetenskapliga fakta som visar att en skog som sköts kontinuerligt med uttag av mogna träd ger både större inkomster från virke samt högre kvalitet på virke. En sådan skogsskötsel resulterar i att skogen får en naturlig blandning av stora och små träd, och en blandning av arter. Tillsammans innebär



detta att en skogsägare som tillämpar Naturkultur, skapar en skog som bevarar biodiversiteten i oerhört mycket högre grad än det konventionella kalhyggesbruket.



Figur 14.01. Naturhänsyn vid hyggesupptagning vid Högen, Jämtland 2011. Pilarna visar en högstubbe och två naturvårdsträd. Som framgår nedan dödas den rikliga beståndsförnyring, som vanligtvis finns i slutavverkningsskogen, när trädsiktet tas bort.

Detta gör att jag som professor i virkesodling känner det mycket angeläget att försöka inpränta dessa vetenskapliga fakta i dem som nu, genom ett renodlat plantageskogsbruk, förstör den biologiska mångfalden, mångbruket, skogens kulturspår och jordens klimat. Deras främsta argument för den konventionella skogsskötseln är nämligen en falsk uppfattning om att ekonomi och teknik tvingar fram kalhyggesbruk.

Figur 14.02. Vid markberedning med harv påverkas en stor del av markytan. Ännu ej upptäckta kulturlämningar, vilket är 95 % av alla, förstörs av traktoraggregatet som systematiskt bearbetar ca 20 % av marken. Samtidigt förstörs markbetet för renar i den hälften av Sverige där hänsyn till renskötsel är ett krav inskrivet i lag. Som framgår nedan, ger plantering utan markberedning långsiktigt lika god tillväxt och överlevnad hos planterade plantor.



I denna lärobok lägger jag, av ovanstående skäl, tyngdpunkten på att visa att det konventionella kalhyggesbruket bygger på falska hypoteser.

Skogsvårdslagens paragrafer 30 och 31 handlar om hänsyn till natur- och kulturmiljövård, samt om hänsyn till rennäringen. Min uppfattning är att råden i dessa paragrafer är viktiga och riktiga. Det finns all anledning att anpassa den gallring, plantering och röjning, som utförs i namn av Naturkultur, till dessa råd.

Utöver detta bör skogsägarens egna önskemål rörande skörd av svamp och bär, jakt, estetik, rekreation och kultur påverka vad som utförs på varje punkt i skogen.

### ***Bevara en naturlig struktur***

Mitt tio år långa arbete med "Careful logging" i Borneos regnskog, gav mig följande uppfattning om hur man skall försäkra sig om att biodiversiteten kvarstår, trots att man skördar delar av ett skogsekosystem.

En plockhuggning av regnskogens största träd, orsakade omfattande skador både på markens ytskikt och genom bildning av stora luckor. Fyra år efter skörden visade sig strukturen (dissimilarity coefficient för diameter) i den naturliga återväxten motsvara den som jag fann i intill liggande orörda regnskog (Hagner 2001a), dvs. ett värde nära 0.5. Det fanns inte heller någon antydning om "gap phase dynamics" (Whitmore 1990), dvs. att det skulle bildats grupper av likstora träd i luckorna.

Strukturen i svensk skog som stått opåverkad av gallring i många decennier har visat sig vara densamma som jag fann i den tropiska regnskogen (Hagner och Nyqvist 1998). Det verkar sannolikt att denna struktur kännetecknar skogsekosystem som är resultatet av arternas samspel under lång tid, dvs. en naturlig struktur.

Modern forskning (Clemensen et al 2013) visar också att kolförrådet i marken byggs på underifrån i högre grad än ovanifrån, dvs. med förna. Det är i huvudsak svamparna och rötterna som skapar den största mängden kol i marken, och dessa får sitt kol via fotosyntesen. Skall man sörja för en största möjliga bindning av koldioxid synes detta ske allra mest effektivt genom att ständigt ha marken beklädd med träd, dvs. tillämpa Naturkultur.

Om ett av syftena med "skogsskötsel" är att bevara biodiversiteten, finns det därför all anledning att behandla skogen så att den naturliga strukturen i diameter inte rubbas mycket. I dagens svenska trakthyggesbruk utförs både röjning och gallring på ett sådant sätt att variationen i trädstorlek skall bli så liten som möjligt. Av ovanstående skäl bör detta missgynna den biologiska mångfalden.

### ***Biodiversiteten påverkas av gallringsstyrka, och reduceras kraftigt av markberedning***

Bergstedt et al (2008) undersökte hur markvegetationen påverkades av kalhuggning, markberedning, plockhuggning och grönrisplantering i ett av Hagners stora fältförsök anlagt 1990. Studien gjordes 14 år efter behandlingen. Platsen var Dalkarlsberget i Härjedalen 650 meter över havet, latitud 61.

Försöksområdet var så stort att det inkluderade både en sluttning i SV med övervägande tallskog och en NO sluttning med övervägande granskog. Plockhuggning enligt Naturkultur utfördes i två olika intensiteter och detta jämfördes med kalhuggning, markberedning och plantering. Markberedning utfördes dels med hyggesplog, dels med tallriksharv. Försöket innehöll fyra fullständiga upprepningar.

Vid hög gallringsstyrka och kalhugning dominerades marken av lavar (*Cladonia* spp), björnmossa (*Polytrichum* spp), gräs (*Deschampsia flexuosa*) och björk (*Betula pubescens*). Några få arter hade väsentligt lägre förekomst på områden med hög gallringsstyrka, dessa var husmossa (*Hylocomium splendens*) och blåbär (*Vaccinium myrtillus*).

Markberedning hade en mycket stark effekt som skilde sig från gallringsstyrka. De flesta arter hade låg förekomst på markberedda områden. Dessa var: *Barbilophozia lycopodioides*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Pleurozium schreberi*, *Carex globularis*, *Empetrum nigrum*, *Cladina arbuscula*, *Sphagnum* spp. Endast björnmossa (*Polytrichum* spp.) var vanlig på markberedd mark.

Studien visade alltså att gallringsstyrkan påverkar markfloran, men det mest slående var markberedningens djupgående och långvariga effekt på markflora och biodiversitet.

### ***Slumpvis gallring i naturskog bevarar genfrekvensen***

Skall biodiversiteten bevaras anser jag att vi skall skörda på ett sådant sätt att den inbördes frekvensen av arter bevaras. Detta kan också uttryckas så att ekosystemets naturliga genfrekvens skall kvarstå efter skörd. Ovanliga arter skall skördas i samma proportion som vanliga arter.

Cyril Pinso var verkställande direktör 1996 i Rakyat Berjaja, det företag som jag samarbetade med under studierna av "careful logging" i Sabah, Malaysia. Han ställde sig mycket positiv till följande förslag. Vi märker de träd som skall skördas med en "paint ball gun". Den förses med datorstyrd fördelning av kulor innehållande röd eller grön färg. Rödmärkta träd skördas. Procenten röda avgörs av företagets ledning, exempelvis 20 %. Datorns slumpvalsgenerator har flera överliggande slumpvalsvågor så att det ibland blir var femte träd som märks rött. Ibland blir alla träd rödmärkta och ibland blir alla träd grönmärkta. En femtedel av skogens alla trädarter skördas men ibland uppstår små kala ytor och ibland blir det helt orörda områden. Biodiversiteten bevaras därför att alla arter finns kvar i den frekvens som kännetecknar naturlig skog. Cyril Pinso var mycket upprymd med tanke på att han då kunde sälja regnskogsvirke till Europa och säga att företaget var det enda i världen, som garanterat bevarade regnskogens alla arter.

Tyvärr kom förslaget aldrig att testas praktiskt. Cyril Pinso blev utbytt mot en annan direktör, efter att det parti som Cyril tillhörde, förlorade makten vid nästföljande val.

Jag hävdar alltså att alla "förståsigpåare" som anser sig "veta" vilka arter och vilka miljöer som kräver extra hänsyn och skydd, utgör en fara för den biologiska mångfalden. Mänsklig selektion förändrar genfrekvensen i ett naturligt ekosystem vilket är en nackdel.

Om man utgår från ett ekosystem, som redan utarmats genom kraftiga ingrepp av skogsmän, vilket i hög grad gäller svensk skog, är saken en annan. Då bör man beskriva hur en naturskog på platsen skulle ha sett ut, och vidta åtgärder som förändrar skogen i riktning mot det naturliga tillståndet. Detta bör ske med hänsyn till gener, diameter och luckighet.

## 15 KLIMAT

### Skogsbruk och CO<sub>2</sub>

Kalhyggesförespråkarna har stöd från forskare på SLU, skogsstyrelse och politiker i beslutande ställning. En oberoende forskare med djup insikt i ämnet är professor Anders Lindroth i Lund. Hans beräkningar visar att om Naturkultur skulle genomföras rakt av i Skogssverige skulle nettoupptaget i skogen öka med 45-90 miljoner ton koldioxid, alltså lika mycket eller mer än våra totala utsläpp idag (Lindroth 2007). Han skriver så här i Skogsaktuellt 2013-12-02.

*”Att skogen spelar en viktig roll i dag för klimatet är ställt utom allt tvivel och i den globala kolbalansen finns i dag inga tecken på att sänkan i skogen skulle börja närma sig mättnad utan snarare tvärt om, det finns tendenser till en svagt ökande kolsänka.*

*Skogens kolbalans består av två huvudkomponenter: ett upptag av koldioxid genom fotosyntesen samt en avgivning av koldioxid genom respiration. Respirationen består i sin tur av två komponenter: en som är relaterad till växternas metabolism samt en som består av den mikrobiella nedbrytningen av organiskt material. De två huvudkomponenterna, upptag genom fotosyntes och avgivning genom respiration, är nästan lika stora men normalt är fotosyntesen större än respirationen i ett slutet bestånd och då får vi ett nettoupptag av koldioxid, en så kallad kolsänka.*

*I dagens dominerande brukningsform, trakthyggesbruk, sker stora utsläpp av koldioxid under kalhyggesfasen på grund av mikroorganismernas nedbrytning av kvarvarande träddeklar och rötter. Efter tio-tolv år är systemet åter i balans det vill säga kolupptaget är lika stort som avgivningen, och därefter sker ett nettoupptag som är som störst i beståndets medelålder. Medelupptaget, sett över hela omloppstiden, är cirka 50 procent av det maximala. En intressant fråga i detta sammanhang är om det finns andra brukningsformer som undviker de stora kolförlusterna i samband med kalhuggning och kanske kan nå ett medelupptag som är högre än vid trakthyggesbruk och samtidigt ge andra miljöfördelar?*

*En tänkbar sådan alternativ brukningsform är någon form av kontinuitetsskogsbruk där enskilda träd eller grupper av träd avverkas på ett sådant sätt att beståndet bibehåller en relativt hög bladyta som gör att fotosyntesen kan fortgå efter avverkningen. Detta har den stora fördelen att de resurser i form av näringsfrigörelse som uppstår i samband med avverkningen kan tillvaratas av de växter som finns kvar. Det minskar dessutom risken för näringsläckage och det är även bra för biodiversiteten.”*

I en annan artikel (Lindroth et al 2009) skriver Lindroth att de stora stormar som ibland uppträder reducerar skogens upptag av koldioxid i mycket större omfattning än kalhyggesbruk. I sammanhanget bör beaktas att stormskador ofta uppstår i kanten av kalhyggen.

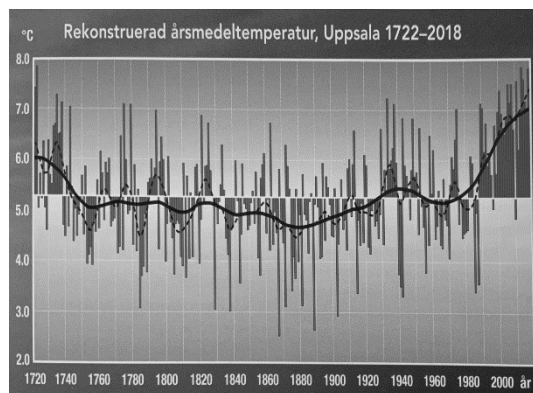
Min egen hypotes är att skogen upphör att vara en kolsänka när stora träd odlas mycket tätt. Det socker som skapas i de högt upptrissade små trädkronorna kan inte försörja alla mikrober i marken och alla levande celler i de långa trädstammarna. Immunförsvaret sviktar och självgallring drabbar de svagaste träden. Förruttnelsen, dvs. livet i svampar och bakterier som äter upp all skapad biomassa, avger lika mycket koldioxid som binds i de gröna delarna av ekosystemet. Jag tror därför att skogar som står orörda lång tid, inte är någon kolsänka, men inte heller någon kolkälla. Om marken är sådan att syrebrist uppstår bildas torv, och som efter lång tid blir brunkol, och slutligen stenkol. I sumpmark är ekosystemet kolsänka.

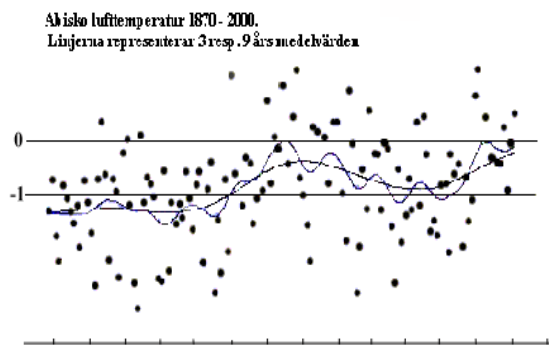
Skall människan skapa en aktiv kolsänka, kan vi skapa träkol och därefter sprida detta på våra marker där vi odlar grödor eller skogsträd. Träkol ruttnar inte på 1000-tals år och det är fyllt med hålrum som binder vatten och huserar mikrober. Träkol är ett idealiskt odlingsmedium, inte såsom avgivare av nyttigheter liknande gödsel, utan som behållare av vatten med syre. Vid förkolning av ved utnyttjar man endast 80 % av vedens energi till värme.

### **Klimatets svängningar**

Ser man till vad som händer över kort (Figur 15.01 och 15.02) och lång tid (Figur 15.03) så förstår man att oväntade faktorer kan vara betydelsefulla. Under alla omständigheter måste vi vara beredda på att framtida trädbestånd kommer att exponeras av väder som avviker från dagens, såväl i form av extrema år, som i långa trendavvikelser. Vår skogsskötsel blir misskötsel ifall vi använder arter och metoder som inte tål stora klimatförändringar.

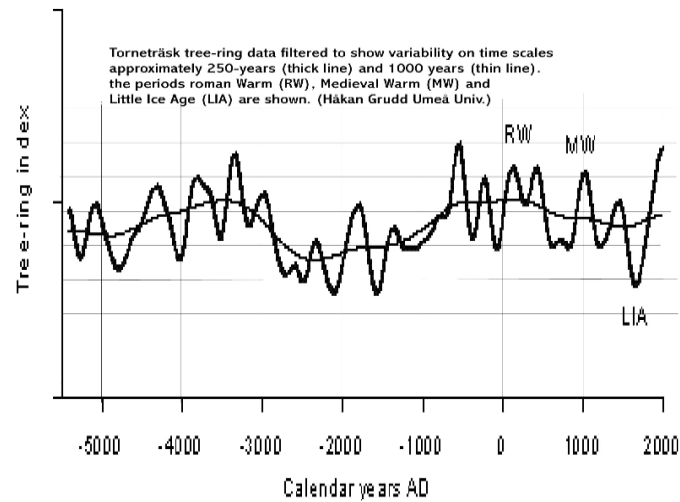
Figur 15.01 I Uppsala har en sjunkande temperatur 1720-1880 noterats. Då inleddes den industriella revolutionen och temperaturen ökade. Efter 1980 har en extrem höjning skett och lyft årsmedeltemperaturen från 5.3 till 7.0. Under senaste 30 åren har endast två år haft lägre temperatur än genomsnittet under föregående 300 år.



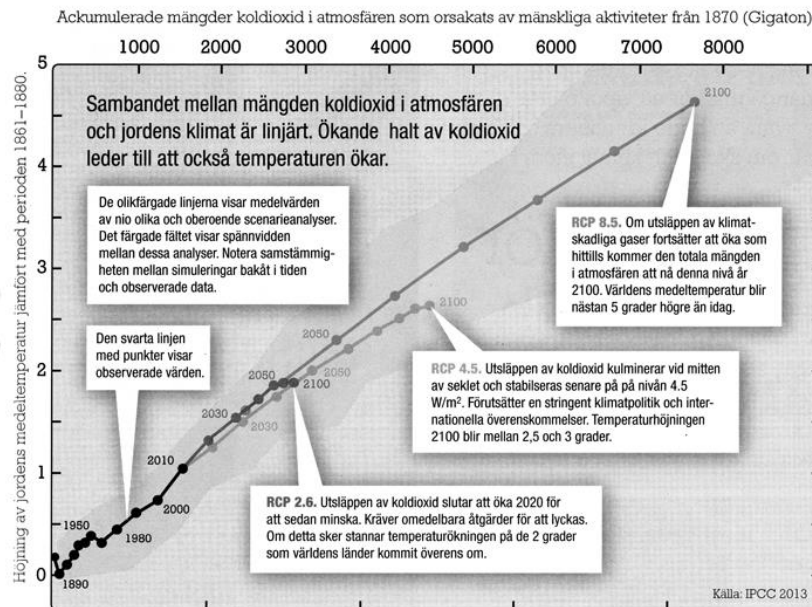


Figur 15.02.  
Årsmedeltemperaturen i Abisko under det senaste seklet.

Figur 15.03.  
Klimatet i Abisko sedan slutet av istiden. Den vertikala axeln visar värmen beräknad från storleken av årsringar hos tallar som legat på botten av Torne träsk. Efter hemsida: Abisko vetenskapliga station.



Figur 15.04. Om nuvarande utveckling av CO<sub>2</sub>-emission fortsätter, kommer Sverige att på sommaren år 2100 vara 5 grader varmare och ha 10-20 % mer nederbörd. Samtidigt kommer det i södra Europa vara 7-10 grader varmare och mycket torrare, - 30 % nederbörd (Bärring 2013).



Tyvär talar mycket för att det under senare årtionden är den metan som frigörs från permafrosna marker som orsakar den extrema temperaturökningen. I så fall har vi inte stora möjligheter att hejda ökningen. De tätbefolkade områden som nu hyser de flesta människorna blir obeboeliga. Som tur är kan de flytta norrut där markens bördighet ökar. Tyvärr förändras inte solens strålning i nordliga trakter. Dagslängden och solens intensitet begränsar odlingsmöjligheterna i norr, men vi får hoppas att tekniska framsteg möjliggör intensivodling i elbelysta växthus.

### **Klimatförändring, trädens arvsmassa och sjukdomar**

Lysenko var en rysk forskare som utsattes för mycket hån av oss genetiker i västvärlden. Han påstod att miljön påverkade arvsmassan. Nu visar det sig att han på sätt och vis hade rätt. De flesta gener tycks ligga inaktiva, som en reserv att utnyttja när den yttre miljön påkallar ett behov av förändring, dvs. anpassning till nya omständigheter. Jag själv, som i min doktorsavhandling kartlade klimatanpassningen hos tall och gran i Sverige och i Kanada, har fått uppfattningen att vi kanske inte skall oroa oss alltför mycket för den pågående förändringen av klimatet. Våra träds levnadsförhållanden kommer att ändras, men eftersom generna i träden varit med om hela 20 istider under den sista årsmiljonen, kanske oanvända delar av arvsmassan kan utnyttjas i en förändrad miljö. Jag belyser detta med två exempel.

I Kanada studerade jag andelen kottar i *Pinus contorta* som satt oöppnade i väntan på att skogselden skulle hetta upp dem. Dessa kottar kallas "serotina" och hålls

stängda genom att kåda låser de enskilda fjällen i kotten till dess att elden drar förbi. I den östra slutningen av Klippiga Bergen fann jag att nästan alla kottar var serotina nere vid kanten av prärien. Uppe vid trädgränsen var förhållandet omvänt. Detta är tydligen en lokal anpassning till frekvensen skogseldar, som är mycket vanliga i det torra klimatet vid prärien, men ovanliga vid den övre gränsen mot den iskalla tundran. Det förvånande är att avståndet mellan de två miljöerna är så kort att pollenmolnet från den ena miljön säkert når den andra miljön. Trots att gener från präriekanten flyger som pollen upp till trädgränsen och blandas in i avkomman som föds i kanten av tundran, uppstår det mycket olika populationer med utpräglad anpassning till den lokala miljön. Det vore intressant om någon forskare belyste arvbarheten i denna egenskap.

Ett annat likartat exempel är tiden för knoppskjutningen hos granar i en dal i Klippiga Bergen. En forskare fann att det var tre veckors avstånd mellan toppknoppen och sidoknopparna i dalens botten, där försommarfrosterorna var frekventa. Högt uppe på slutningen, där det sällan förekom försommarfrost, var tidsavståndet mycket litet. Detta visar att det är viktigt att granens toppskott inte dödas av frost. Populationerna hade kunnat anpassa sig till det lokala klimatet, trots att avståndet dem emellan var så litet. Pollen förflyttas lätt med vinden varför generna blandas. Detta tyder också på att det system som sköter på- och avslag av involverade gener, kanske är mer bundet till modern än till fadern.

Vi föds med en anpassning till den miljö som våra föräldrar levte i. Enäggstvillingar är ett exempel. Om tvillingarnas levnadsförhållanden blir mycket olika kanske deras barn inte liknar varandra lika mycket, som om tvillingarna förblir i samma miljö under hela livet. Detta skulle varit hädiska tankar för en genetiker under min aktiva tid på 1960-talet.

Arters arvsmassa tycks innehålla en oerhört stor kapacitet för buffring av ny miljö. Tidigare trodde vi att en population innehåller en stor mängd genotyper och att varje generation förändras genom att de genotyper som passat bäst skaffat flest barn. Detta är säkert sant, men nu tillkommer att det uppenbarligen finns en kapacitet till ännu snabbare anpassning. Hur denna fungerar återstår att utforska.

Jag önskar varna för en alltför stor tillit till så kallad avkommeprovning och till tester av exoters odlingsvärde i kortvariga fältförsök. Min egen erfarenhet gäller *Pinus contorta* som visat sig överleva och tillväxa snabbare än vår egen tall, *Pinus silvestris*. Själv är jag ansvarig för en del av de skogar med *Contorta* som anlades under 1960-talets slut. Som forskare i Kanada, tjänade jag pengar genom att sälja frö till Sverige av tall från Klippiga Bergens östliga slutningar.

Att *Contorta* växer bra i Sverige beror delvis på att den inte drabbats av de skadegörare som är vanliga i *Contorta*'s hemtrakter. Där är rostsvampen *Peridermium harknezii* och misteln Dwarf mistletoe så vanliga att en tredjedel av artens virkesproduktion anses försvinna till följd av angreppen. Här i Sverige drabbas inte *Contorta* eftersom dessa sjukdomar ännu inte finns i miljön. Den drabbas inte heller av älgens bete eftersom detta hjortdjur ännu inte hunnit vänja sig vid den citronlika smaken hos barren.



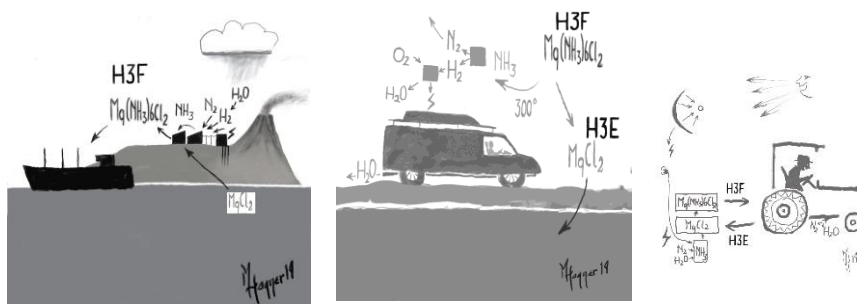
Våra duktiga forskare och vårt ivriga resande runt världen kommer troligen att ändra på detta. Jag har upplevt att en forskarkollega testade om svensk tall var känslig för den kanadensiska rostsvampen *P. harknezii*. Han hämtade sporer från Amerika och infekterade svensk tall i ett växthus i Stockholm. Växthuset var av alldaglig typ och det är enkelt att föreställa sig sjukdomen skulle ha spridit sig till omgivande tallskog om svampen skulle ha visat sig ha god förökningskapacitet.

Personligen lyckades jag stoppa uppbyggnad av ympade fröplantager av *Contorta* hos SCA på 1970-talet. Under ledning av en professor på SLU hämtade företaget grenar från Kanada. Dessa fraktades snabbt över Atlanten och ympades in på svenska grundstammar i Sundsvall. Det får anses som lyckosamt att vi inte fick in den fruktade dvärgmisteln innan projektet hejdades. Mistelns frö är mycket små och normalt hindras spridningen genom att fröna inte skjuts ut mer än fem meter från trädet.

Förr eller senare kommer säkert någon oförståndig resenär att ta med sig ”vackra tallplanter från Amerika” och plantera dem i sin trädgård i Sverige. Den största risken är att både rostsvampen och misteln kommer med bark på timmer eller massaved som importeras från Amerika.

### **Geotermisk energi från vulkaniska områden kan rädda klimatet**

Figur 15.05. Figurer hämtade från (Hagner och Brundin 2020). Vår berggrund är 3 mil tjock. Skalet vi kallar berg flyter på het magma. Skalet rör sig i kontinenter och har sprickor där magman kommer till ytan i form av vulkaner. På Island har man lärt sig att skapa elektricitet av denna hetta som kallas geotermisk energi. Danska forskare har utvecklat en kemisk metod för att enkelt binda energin till havssalt (Johannessen och Zink Sörensen 2005). Detta kan fraktas i form av bränslestavar i rumstemperatur till alla platser på jorden. Den som vill använda energin värmer upp stavarna till mer än 70 grader. Gasen som då bildas kan i en bränslecell omvandlas till elektricitet. Med lokal elektricitet kan bränslestavarna åter laddas med energi i form av ammoniak. Tekniken kan ersätta batterier.



### **Slutsatser**

Vi kan troligen räkna med att våra skogsträd har en god förmåga att anpassa sig till ändrat klimat. Det beror dels på att naturliga populationer innehåller en mycket stor genetisk variation, dels på att träden redan har reserver i form av sovande arvs massa som använts vid tidigare förändringar i klimatet.

Min åsikt är att vi i virkesodlingen bör göra oss oberoende av utländska trädslag. Risken för infektion av de sjukdomar som drabbar trädslaget i hemlandet är liten vid inledande tester i Sverige. Tillväxtresultaten överskattas av denna anledning. I värsta fall etablerar sig de sjukdomar som är vanliga i trädslagets hemland, hos oss i Sverige. Dessa sjukdomar kan kanske angripa våra inhemska arter.

Klimatets förändring med stigande halt av koldioxid är ett akut och mycket stort hot. Människan måste på något sätt sluta förbränna fossila bränslen. Personligen tror jag att den danska uppfinningen, som gör att vi kan använda geotermisk energi från vulkaniska områden, i stället för fossila bränslen, är det mest lovande.

## 16 SKOGLAGEN

### ***Statens inblandning gör verksamheten ineffektiv***

När jag arbetat i utlandet har jag ofta träffat skogsbrukare som tycker att staten lagt regler för verksamheten som gör bruket av skog besvärlig och onödigt kostsam. Syftet hos staten har varit lovvärt och inriktat mot att bibehålla en hög och värdefull virkesproduktion. Emellertid har reglerna ofta minskat skogsbrukarens frihet att välja metod för avverkning och skogsvård. Detta är mestadels onödigt eftersom hög volymproduktion kort och gott är liktydigt med stor bladyta per kvadratmeter skogsmark. Skall värdeproduktionen dessutom vara hög måste bladytan sitta på växter som producerar värdefull biomassa.

### ***Ägare med lokalkunskap sköter skogen bäst, men kunskapen försvinner hos skogsägarna***

Det finns anledning att hänvisa till att bönder tillåts att välja hur de skall använda sina åkermarker utan att statens tjänstemän detaljreglerar hur sådd och skörd skall bedrivas. Likaså bör man betänka de ödesdigra resultaten av den planstyrning som Sovjet tillämpade i alla typer av produktion. Alla sådana försök utmynnar så småningom i avreglering därför att den person som är beroende av produktens värde också är bäst på att anpassa verksamheten till de förhållanden som gäller lokalt.

Nu bor hälften av alla skogsägare i städer och de har ärvt sin fastighet. De tjänar sina pengar på annat än fastigheten, och tycker att det är enklast att överlåta skötseln till skogsägareföreningens tjänstemän. Ägarna får allt mindre lokal kunskap och de får inte lära sig något av tidigare ägare.

Skogsägareföreningarnas huvudsakliga inkomst kommer från virkesfärdlande industri: sågverk och massfabriker. Tyvärr gör detta att föreningarna gärna ser att priset på råvaran är så låg som möjligt och att man inte behöver betala extra mycket för virke med bra kvalitet. Tyvärr inser inte politikerna vad konsekvensen av detta blir. Vi ser att skogsbygderna utarmas genom odling av allt sämre råvara där priset för virket ligger lägre än nödvändigt. Denna utveckling är så allvarlig att skogssektorn kan råka ut för samma öde som den redan gjort i Japan.

### ***Ekosystemets naturliga dynamik***

Jag anser att skogsstyrelsen främst borde samarbeta med dem som producerar råvaran till industrin, dvs. skogsägarna. Industrin är givetvis intresserad av så låga råvarupriser som möjligt. Staten måste också se till att skapa en infrastruktur som gör det möjligt för skogsägaren att marknadsföra och leverera sina produkter. En skogsvårdslag skall inskränka sig till att upprätthålla skogsmarkens långsiktiga produktion av nyttigheter. Detta kan åstadkommas enbart genom att bevara skogsekosystemets naturliga dynamik. Eftersom arternas samspel utgör motorn och smörjmedlet i ekosystemet måste biodiversiteten bevaras genom att den naturliga genfrekvensen förblir ungefär konstant. Sällsynta arter skall förbli sällsynta. Vanliga arter skall förbli vanliga.

### ***Råvaran till skogsindustrin bör vara billig***

Under internationell konkurrens kan svensk skogsindustri överleva långsiktigt endast genom att få tillgång till en billig råvara. Detta sker enbart om ett naturligt skogsekosystem beskattas i så ringa grad att systemet fortsätter att fungera. Då det naturliga systemet anpassat sig själv till de varierande förhållandena, som rått under tidernas lopp, minskar riskerna i virkesodlingen ju mer naturlig skogen får vara. Kostnader för återväxt reduceras starkt därför att den naturliga återväxten är tillräcklig på de flesta marker, såvida ekosystemet förblir naturligt. Forskarna bör därför inrikta sig på att ta reda på hur skogsekosystemet skall beskattas utan att arternas samspel förändras. De skall ange vilka nyttigheter som kan skördas och beräkna kvantiteten av dessa nyttigheter.

### ***Staten skall se till att skogsindustrin hålls medveten om tillgången på råvara***

En industri som misslyckas med sin förädling ersätts ständigt av en industri som lyckas bättre. Denna process är önskvärd och får inte hindras genom statliga direktiv. Överetablering är dock oönskad och kostsam. Staten bör därför göra allt för att minimera uppbyggnad av industri som förbrukar mer råvara än en naturlig skog kan leverera. Ett aktuellt exempel på oönskad verksamhet är förslag till intensivodling och gödsling. Detta leder till stora kostnader, dyr råvara och på sikt nedläggning av förädlingsindustri.

### ***Nuvarande lag måste bytas ut mot något helt nytt***

Eftersom vi nu vet att det finns mycket stora fördelar med ett kontinuerligt skogsbruk, där olikstora träd blandas med varandra, måste nuvarande skogsvårdslag bytas ut mot någonting helt annat. Anledningen är att hela den nuvarande lagen är skriven i tron att skogsägaren använder kalhyggesbruk. Detta innebär att en enda generation träd odlas inom ett område som kallas bestånd. Skulle denna idé införas i jordbruket skulle bonden inte ha en enda äng.

### ***Utnyttja erfarenheter från Kalifornien***

Då jag haft förmånen att arbeta som skogsforskare både Norden, i Nord- och Sydamerika samt i Ost-Asien har jag haft anledning att försöka utforma ett regelverk som kunde bli generellt för alla typer av skog. Nedanstående förslag bygger på ett arbete av Hagner och Maluenda (1998) som genomfördes i Sydamerika. Vi medverkade när staten Guyana försökte finna former för skogsbruk som gagnade landet och för dem som brukade skogen. Hagner (1999) vidareutvecklade ett system som tillämpats i Kalifornien under lång tid.

### ***Varje punkt på skogsmarken skall vara produktiv***

Den grundläggande tanken bakom förslaget är att statens tjänsteman på ett objektivt sätt skall kunna avgöra om en viss punkt på skogsmarken utnyttjas till produktion av värdefullt virke. Metoden skall ge ett mått som visar om produktionen är acceptabel. Skogsägaren skall förstå vad han skall göra för att förbättra ett oacceptabelt tillstånd.

Principen beskrivs nedan i punktform och är anpassad till svenska förhållanden. Understruket nämns sådant som bör bli föremål för lokala förhandlingar mellan stat och skogsägare.

- accepterade arter är följande: gran, tall, björk, ek, lind m.fl.
- accepterade träd är så friska och oskadade att de kan ge värdefullt virke.
- varje punkt i beståndet skall hålla minst 10 m<sup>2</sup> grundyta av acceptabla arter
- om acceptabel grundyta inte kan uppmätas, skall 100 poäng uppnås inom en provyta med 3 m radie.
- om acceptabel poäng inte uppnåtts i provytan mäts poäng i åtta angränsande ytor.
- om nio cirkelprovytor med undermålig poäng hittas intill varandra finns en lucka i skogen som under alltför lång tid får nedsatt virkesproduktion.
- beskoga luckan genom plantering av acceptabla arter i 2 meters förband, men sätt inga plantor närmare kanträden än 4 m. Plantering skall utföras senast 3 år efter att en lucka uppstått.

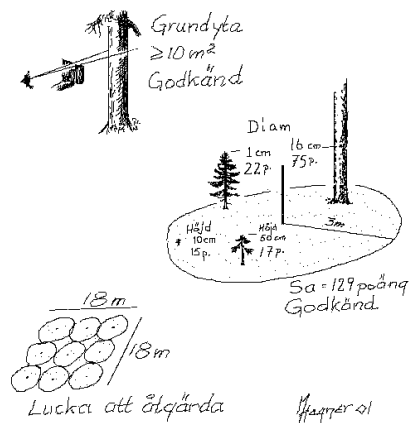
### ***Fastställande av lägsta nivå för acceptabel produktion – ny enkel metod***

Det är mycket enkelt att mäta grundyta med relaskop. Detta är ett redskap som är så enkelt att jag fick indianer i Sydamerikas regnskog, att på 20 minuter själva tillverka redskapet av en gren, och att använda det på rätt sätt.

Vid praktiskt genomförd kontroll i stor skala utnyttjar skogsvårdsstyrelsens tjänsteman satellit- eller flygbilder. Dessa kontrolleras med hjälp av helautomatisk bildanalys. Datorn underrättar tjänstemannen vilka skogsområden som kan vara så glesa att full produktion inte uppnås. Kontakt tas med skogsägaren som anmodas att förklara varför området hålls öppet. Om kontroll anses befogad besöks området, tillsammans med skogsägaren.

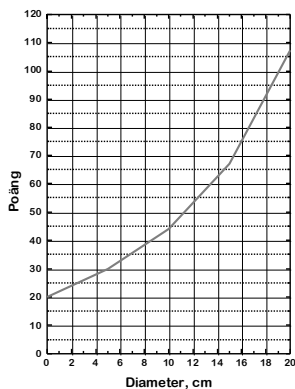
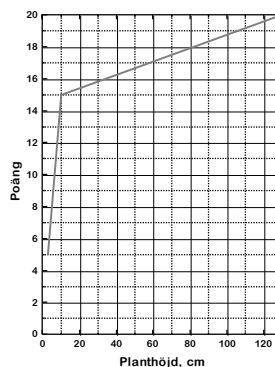
I ett glest område kan tjänstemannen med en enda blick avgöra om grundytan är stor nog, eller om den yta som ser kal ut har tillräckligt med plantor. Om han finner att grundytan kan vara för låg, lägger han ut en yta med 3 m radie (Figur 16.01). Inom denna ges poäng till träd och plantor i proportion till deras storlek (Figurer 16.02, 16.03).

En liten cirkelyta med 3 m radie är enligt min uppfattning inte att betrakta som en oacceptabelt stor lucka i skogen. Därför lägger tjänstemannen ut flera sådana ytor intill varandra (Figur 16.01) och finner han då en alltför stor gleshet i nio närliggande ytor, anser jag att det kan vara lämpligt att begära att skogsägaren åtgärdar området. Skogsägaren kan då välja att sätta plantor i luckorna, eller att rensa området från träd och göra en total skogsodling.



Figur 16.01. Grundytan, som i detta exempel fixerats till  $10 \text{ m}^2$ , mäts med relaskop. Om nivån underskrids etableras en provyta med 3 m radie. Inom denna yta räknas poäng för plantor och träd av godkända arter. Om poängen inte uppnår lägsta accepterade nivå, som här satts till 100 poäng, läggs ytterligare cirkelytor ut intill den första. Om nivån underskrids i nio intill varandra liggande ytor, åläggs markägaren att förtäta luckan.

Figur 16.02. Poängtal för plantor i längd från 3 cm till 130 cm. Endast den största av många plantor som står närmare varandra än 0.6 m ges poäng. Inom en cirkelyta med 3 m radie ( $28 \text{ m}^2$ ) bör det finnas 7 nyplanterade plantor (2500/ha) för att poängtalet skall nå upp till 100.



Figur 16.03. Poängtal för träd med brösthöjdsdiametrar från 0 till 20 cm.

## Förhandlingar mellan skogsägare och staten är nödvändiga

I diskussioner mellan alla berörda parter skall staten ta reda på vilka trädarter som skall anses producera värde. Liksom i jordbruket finns det arter som får anses minska värdeproduktionen, såsom ogräs. Skador och sjukdomar hos träden sätter också tillbaka värdeproduktionen och det bör finnas regler för vad som är acceptabelt.

Den virkesförädlade industrin i landet kommer alltid att lobba för att den bästa råvaran skall framställas i stor mängd på all skogsmark. Skogsbruk är en långsiktig verksamhet och en del markägare kan ha litet intresse av att försörja den dominerande industrin med produkter. Vissa markägare kan rentav ha en mot staten avvikande uppfattning om vad den framtida skogsindustrin behöver. Har denne rätt blir hans fastighet väldigt mycket värd i framtiden, vilket är lyckat både privat och nationellt. Av detta skäl finns det anledning att överväga alternativet att industrin får försöka styra skogsägarnas val av växter genom sin egen prisbildning. Industrin får ta eget ansvar och direkt påverka skogsägarna vad de bör odla.

### ***Myndighetens krav måste anpassas till bonitet.***

På svag mark är skogen glesare än på bördig mark. Det är både näring och ljus som avgör hur stor bladytan kan bli. Det blir forskarnas sak att ta fram ett samband mellan bonitet, grundyta och poängkrav. På svaga marker långt norrut i Sverige skall myndighetens krav kanske ligga på 50, medan kravet i sydligaste delen av landet kanske skall ligga på 150?

### ***Biodiversitet gagnas av totalt "missköta" områden***

Med hänsyn till biodiversiteten är det fördelaktigt att en viss del av svensk skog har starkt varierande täthet.

Om denna andel inte blir mycket stor kan nationens intressen inte anses skadas av de skogsägare som i ekonomiskt hänseende vanvårdar sin skog. "Misskötsel" är därför önskvärd på en del av skogsmarken. Frågan är om industrins efterfrågan av värdefulla produkter är tillräcklig för att förhindra att en oacceptabelt stor andel av skogsmarken missköts.

## 17 FORSKARE MOT STRÖMMEN

### *Naturkultur är en gammal metod*

Min svärfar Per Erhard Persson var timmerkörare med egen häst. Han bodde i Lidsjöberg i norra Jämtland, inte långt från fjällen. Det var Per som förhandlade med bolaget Holmen om ett pris på ett område som skulle avverkas. När dom kommit överens skaffade Per huggare och brosslare och ordnade skogskoja. Hade man inte tidigare avverkat i trakten skulle en skogskoja byggas, med eldplats i mitten och britsar i tillräckligt antal. Där bodde huggarlaget och köraren hela vintern.

Per fick 1958 en svärson med jägmästarutbildning, därför att jag gifte mig med hans dotter Inga-Märit. Då blev det heta diskussioner om hur skogen skulle skötas. Per hade alltid gallrat skogen genom att plocka ut de mogna träden. I den egna skogen hade han skördat de stora träd som gav bra virke till husbyggnad och till taktäckning. I byn hade man en egen cirkelsåg och takspån gjordes med en spånhyvel. Ved till uppvärmning skaffade man genom syrfällning av björk på våren. Per eldade också med barrved som han fick genom att plocka bort mindre barrträd som var skadade, rötangripna eller krokiga. Hur man skulle sköta skogen hade Per fått veta genom att arbeta tillsammans med sin far. Att de mindre träden som lämnades kvar, snart växte ut till full storlek hade Per själv konstaterat. Han och hans bröder hade skördat mogna träd på en del av fastigheten som de plockhuggit 20 år tidigare.

När jag som ung jägmästare påstod att det var bäst att ta bort alla träden och därefter plantera plantor, när man ändå var på plats, protesterade Per kraftfullt och sa: ”Det är mest lönsamt att låta alla halv vuxna träd med goda egenskaper stå kvar. Om jag skördar dem nu får jag bara massaved som betalas dåligt. De halv stora träden ger timmer efter bara några tiotal år, som ger stora pengar. Då behöver man ju inte heller kosta på sig plantering”.

Då berättade jag vad jag fått lära mig av professorerna på Skogshögskolan. Alla träd var födda efter en skogsbrand och ungefär lika gamla. De som hade bäst arvsmassa växte fortast och blev störst. De som hade sämre arvsmassa blev efter. ”Därför skall Du inte tro att de små träden, som kanske är hundra år, kan sätta full fart och växa lika bra som nya förädlade plantor. Sådana får vi nu från fröplantager”.

Per skrattade hjärtligt och länge åt mig. ”Man måste tydligen gå på skogshögskolan för att bli så dum. Jag har skördat stora vackra timmerträd i den skog där jag och pappa tidigare hade plockat stora träd.”

Som professor på Umeå universitet 1973 föreläste jag för mina studenter, full av entusiasm för kalhyggesbruk och skogsträdsförädling. Då sa studenten Karl Lennart Wendt till mig. ”Jag tror inte att det kan vara vettigt att plocka bort ett halv vuxet träd, bara för att det finns stora mogna träd i närheten. Jag skall tro på Dig om Du presenterar de vetenskapliga arbeten som bevisar Ditt påstående.”



Eftersom jag var övertygad om, att de professorer som undervisat mig, hade vetenskaplig grund för vad de sagt, gav jag Wendt beskedet. ”Jag skall gå till biblioteket och leta rätt på de vetenskapliga rapporter som redovisar resultat från sådana fältförsök, som ligger bakom dessa hypoteser. De måste finnas, därför att de ju utgör grunden till vår skogsvårdslag. Den tvingar ju alla att kalhugga skogen när de största träden har mognat”.

Jag gick till biblioteket, men kunde inte hitta annat än obevisade hypoteser. Dessa hade troligen varit värdefulla och hjälpt professorerna att få forskningsanslag. Jag fick bita i det sura äpplet och berätta för Karl Lennart Wendt och de andra studenterna, att jag inte kunnat finna några bevis. Jag tänkte på min svärfar och sa: ”Jag skall ta rätt på vad man gjort i andra länder och själv lägga ut försök för att testa de hypoteser som ligger bakom kalhyggesbruket. Tills vidare utgår jag själv från att små och halvstora träd i våra skogar kan växa fort efter att ha blivit befriade. Jag tror också att deras höga ålder inte hindrar detta”.

I mitt fall har den forskning jag själv bedrivit och studier av den forskning som andra publicerat, fått mig alltmer övertygad om att min svärfar Per Erhard Persson i Lidsjöberg, Jämtland, hade alldeles rätt. Som skogsägare ska man plocka ut stora träd som ju ger stora inkomster från timmer. Men man måste samtidigt se till att rensa bort både stora och små träd som har dåliga egenskaper om dessa hindrar de bra träden att växa. Jag kallar detta för ”befriande gallring”, vilket lägger fokus på vad slags träd man skall odla vidare.

Denna metod passar också för den skogsägare som inte bryr sig om virkesinkomster utan vill ha annan nytta av skogen. Naturkultur kan bara genomföras, om en person med stor kunskap om vad skogsägaren önskar, i lugn och ro markerar de träd som ska plockas bort. Oslo kommun tillämpar Naturkultur på sina 18 000 hektar runt staden. Kommunen vill först och främst skapa en skog som överallt ger stadsborna största möjliga nytta i form av utsiktspunkter, vandringsleder, skidspår etc.

Stora luckor bildas där många mogna träd står nära varandra. Jag tror att man optimerar verksamheten genom att plantera i stora luckor som saknar naturlig återväxt. Det är enkelt och billigt eftersom resultatet blir bra, om man sätter insektsskyddade plantor direkt i mossan. Men man måste göra det redan första sommaren efter avverkningen.

### ***Markägaren har rätt att bestämma över skötseln av sin mark***

I Sverige är markägarens rätt skyddad av lagar. Allemansrätten är unik för vårt land vilket gör svenskars uppträdande i exempelvis USA till ett problem. Där tror turister från vårt land att de har rätt att gå in i skogen var som helst, medan markägaren faktiskt har rätt att skjuta den som olovandes beträder hans mark. I Kanada gäller samma sak inne i städer, där villaägaren kan stå på sin förstubro och tydligt deklarerat för vem som helst att ”Du får inte komma in på min gård”. Gör besökaren det i alla fall har villaägaren full rätt att skjuta honom.

Följande åsikter är mina egna och stämmer inte helt med vad vår skogliga myndighet hävdar. Skogsmark kan producera virke men även biodiversitet, rekreation, jakttillfällen och svamp. Dessa nyttigheter kan ofta odlas fram samtidigt på en viss plats. Det är skogsägarens sak att avgöra vad han önskar prioritera. En skogsägare som skaffat sig utrustning för att tillverka brasved i små säckar, och lyckats säkra försäljningskanalerna, tjänar väldigt bra på förädling av träd med uselt sågtimmer. En annan har skaffat avsättning för rakstammiga klibbalar till en fabrik som gör trätofflor. En tredje tjänar mest pengar på ekoturism där ridning på islandshästar ingår. För honom är rastplatsen på Högberget med vacker utsikt över urskog runt den lilla Lomtjärnen en ytterst viktig del i inkomstkällan ekoturism.

Träd växer sig stora och konkurrerar ihjäl mindre träd i sin närhet. Intill utsiktspunkten på Högberget får inga stora träd stå kvar. Där skall kalavverkas, eller åtminstone röjas innan utsikten skymms av trädtoppar. Vid älgpasset vid Lomtjärnens spets i söder måste det kalhuggas i fyra gator med två meters bredd. I dalgången vid Sandbäcken måste de klibbalar som fått 4 m kvistfri bottenstock friställas, dvs. konkurrerande sämre träd måste gallras bort.

En trädmärkare som anlitas av markägaren för att märka de träd som är mogna att skörda, måste veta allt vad markägaren tjänar pengar på. Trädvalet måste anpassas till detta, men samtidigt måste trädmärkaren känna till vad skogsvårdslagen kräver av hänsyn till fornlämningar, biodiversitet och renskötsel. Överallt där markägaren inte har annat än generella önskemål om att tjäna pengar på virke, gäller att trädmärkaren lyfter undan konkurrensen från stora färdigvuxna träd och från små missformade eller sjuka träd för att därigenom gynna utvecklingen av träd med stort framtida värde. Detta kräver att han hanterar situationen inom varje liten grupp av träd som konkurrerar om samma tillväxtresurser.

### ***Jag kommer troligen att bli beskylld för att förorsaka trashuggna skogar***

För 100 år sedan skrev Uno Wallmo en bok i vilken han rekommenderade ett selektivt huggningssystem (Wallmo 1897). Han hade rest i centrala Europa och av forskare lärt sig kontinuerligt skogsbruk. I boken fanns anvisningar, bland annat om hur träd skulle väljas och om hur tätt det kvarvarande beståndet borde vara. På intet sätt rekommenderade Wallmo en skogsskötsel som kunde liknas vid dimensionshuggning. Trots detta fick jag i undervisningen till jägmästare på 1950-talet höra att det var Wallmos fel att dimensionshuggningarna under 30-talets lågkonjunktur gav upphov till lågproduktiva trashuggna restskogar. Dessa felaktiga anklagelser mot Wallmo kom inte bara från praktiskt verksamma skogsmän, utan även från forskare, som borde orkat läsa hans skrifter.

På samma sätt kommer många trashuggna skogar att uppstå genom plockhuggning i framtiden. I en del fall kommer man att påstå att huggningen gjordes enligt principen Naturkultur. Det första exemplet inträffade intill Vänern (Hagner 2016 b). Entreprenören Södra, som anlätades för att tillfredsställa markägarens omedelbara behov av inkomster, gallrade så att nettot maximerades vid gallringstillfället. De stora träden som hade högt timmervärde plockades ut. Kvar blev en luckig skog med

en blandning av små träd och stora träd med lågt värde. Vid urvalet av träd som skördades valdes träd med ett för stunden högt nettovärde. Gallringen var ”berikande” för skogsägaren, men endast på kort sikt.

Naturkultur innebär något helt annat. Gallringen är ”befriande” eftersom urvalet syftar till att befria sådana träd som har framtida högt drivningsnetto. Dessutom beaktas konkurrensen mellan närstående träd och hänsyn tas till om kostnader för plantering och röjning tillkommer. Utöver detta tas hänsyn till andra värden än trädens drivningsnetto, utsiktsplatser, jaktpass, viltvård, skydd av biodiversitet och fornlämningar m.m. Naturkultur, som maximerar nuvärdet i varje grupp av träd som utnyttjar samma tillväxtresurser, går bara att utföra på ett sätt, dvs. det sätt som maximerar nuvärdet, dvs. den totala nyttan. Endast en mycket kunnig person, med kapacitet att beräkna nuvärdet av alla nyttigheter i trädgruppen, kan lämna kvar de rätta träden. En certifierad trädmarkare kan utföra en ”befriande gallring”, dvs. befria de rätta träden och bedöma om berikande plantering och röjning av småträd måste komplettera gallringen. All annan typ av plockhuggning är inte optimal och kan inte betecknas med namnet Naturkultur.

### ***Bannlysning har drabbat forskare med intresse för kontinuerligt skogsbruk***

Erkki Kalela, finsk professor i skogsskötsel under 1950-talet, sammanfattade sina kunskaper i en lärobok, *Naturenlig Skogsvård* (Kalela 1986). Han rekommenderar selektiv avverkning och användning av beståndsförnyring. Ola Börset, norsk professor i skogsskötsel under 1960-talet, sammanfattade också sina kunskaper i en lärobok, *Skogsskjötel II*, (1986) och ville rekommendera selektiva metoder. Enligt vad han sagt mig resulterade detta i ett hot om avsättning. Erkki Lähde, finsk professor i skogsskötsel under 1990-talet, har publicerat en lärobok ”*Continuos Cover Forestry*” (2011). Tillsammans med sina forskarkollegor Pukkala och Laiho rekommenderar han blädning och användning av beståndsförnyring. Genom omorganisationer av skogsforskningsinstitutet och direktiv om förbud för Lähde att besöka de provytor han själv etablerat, lyckades inte etablissemanget förhindra Lähde att fortsätta sin forskning. Nu skriver man en ny skogsvårdslag i Finland.

### ***Fjällskogsdebatten 1984***

Jag och mina medarbetare på Umeå universitet, där jag förestod en institution 1970-1988, råkade väldigt illa ut under fjällskogsdebatten 1984. Då rekommenderade jag att man i fjällnära områden borde använda den beståndsförnyring som naturen ställde till förfogande gratis, och därigenom slippa skapa stora kala hyggen. På en tallhed utanför Jokkmokk, hänvisade jag till den befintliga beståndsförnyringen, och den skiktning som fanns i överbeståndet, och rekommenderade vid skogsvårdsförbundets exkursion, att man skulle skörda endast de mogna träden och successivt släppa fram de små plantorna. Svante Fahlgren, en välkänd representant för svensk skogsnäring, påstod då att min rekommendation måste grunda sig på politiska motiv. Att skogshögskolans forskare, under ledning av professor Fritz Bergman, senare inventerade ytan och fann 20 000 tallplantor/ha, och att flera olika generationer tall fanns representerade i överbeståndet, kunde inte förhindra att förtroendet för mig grusades. Mina forskningsanslag, som tidigare legat på ca 1

miljon/år, uteblev helt under fyra år. Följden blev att jag fick säga upp den grupp av unga forskare som jag lyckats samla omkring mig.

Stämningen var så hatisk mot mig att jag fick anonyma hotelser via telefonen. En röst sade att han visste att jag var kommunist och jag ville störta samhällsordningen. Jag borde passa mig så att inget allvarligt hände mig och min familj.

Vid skogsvårdsförbundets exkursion i Malå 1995, visade jag i en rapport att Wretlinds toppade bestånd i ekonomiskt hänseende inte kunde mäta sig med de naturligt skiktade bestånd som han lämnade såsom kontroll. Svante Fahlgrens son Christer Fahlgren, skogsvårdschef i Graningevarken, deklarerade på sitt frejdiga sätt, inför de hundra deltagarna i exkursionen, att han verkligen inte tänkte läsa min rapport.

### ***Censur och polisingripande mot forskarkollegor***

Under min tid vid SLU skrev jag första upplagan av denna skrift. Jag bad prefekten att kommentera innehållet. Han gav inga synpunkter på detta, men klargjorde för mig att innehållet skulle komma att väcka starka känslor inom Sveriges skogsnäring. I egenskap av prefekt hindrade Per Ove Bäckström mig av detta skäl att publicera resultaten från min stora försöksserie med Naturkultur i form av en rapport från institutionen skogsskötsel. Även i ett land som Sverige utövas alltså censur mot tjänstemän vid universitet. På institutionen skogsskötsel övertogs denna censur av nästa prefekt, som utan diskussion med institutionens samtliga forskare, drog in serien Arbetsrapporter från institutionen skogsskötsel. Anledningen var, enligt hörsägen från kollegor, att Mats Hagner skrev arbetsrapporter med ett innehåll som inte var acceptabelt för en del andra forskare vid institutionen.

### ***Inget arbetsrum och ingen möjlighet att använda SLU:s forskningsserver.***

Vid min pensionering 1999 begärde jag att få fortsätta min forskning i ett s.k. professor emeritusrum på institutionen. Trots praxis förvägrades jag ett rum. Förklaringen, som prefekten angav, var att jag framkallade psykosociala problem vid institutionen. Han tog bland annat bort mitt namn från institutionens hemsida vilket ledde till att ingen kunde nå min publikationslista via SLU. Mycket allvarligare, med tanke på fri forskning, var att prefekten, i samarbete med en forskare, utan att varsko mig, gick in på mitt låsta tjänsterum och stal min dator med allt forskningsmaterial. Först efter att polisen funnit den på forskarens kontor, och jag kopplat in en advokat, återlämnades datorn. Prefekten såg också till att strypa mina möjligheter att forska genom att utestänga mig från SLU:s dataserver.

Genom tillmötesgående från prefekten vid institutionen skogsekonomi på SLU, Peter Lohmander, fick jag åter ta del av den enorma nytta en forskare har av att arbeta på SLU:s server. Jag fick också lägga min hemsida bland hemsidor på institutionen skogsekonomi. Detta fick ett hastigt slut 31/12 2012, genom beslut av en ny prefekt på skogsekonomi. I samband med detta utförde ledningen för SLU:s bibliotek en censur. Mina elektroniska skrifter som funnits tillgängliga för allmänheten, både på skogsbiblioteket och via de svenska bibliotekens databas LIBRIS, gjordes oåtkomliga. På min fråga, ställd till den myndighet i Sverige som har ansvaret för biblioteksväsendet, om redan tillgängliga skrifter får censureras, och göras oåtkomliga. Jag fick svaret att en svensk myndighet har denna rättighet.



Figur 17.01 **Syndafloden**. Oljemålning av Mats Hagner 2013-03-04. Detta är vad Sveriges Lantbruksuniversitet vill berätta om professor Mats Hagner. SLUs ledning är övertygad om att Mats Hagner, likt näcken, lockar okunniga skogsägare ner i en flod av falska kunskaper.

I februari 2014 är läget i Sverige sådant att enbart studenter från SLU och från andra universitet vågat anmäla sig till en föreläsning och diskussion om Naturkultur, hållen i Folkets Hus i Umeå. Inbjudning har sänts till Generaldirektören Skogsstyrelsen, Rektor och Dekanus på SLU, SCA, Holmen, Sveaskog, Skogforsk, Skogssällskapet, Skogsägareföreningarna, RLF, Moderaterna, Folkpartiet, Centern, Krisdemokraterna, Socialdemokraterna, och Miljöpartiet. I inbjudan sägs att Naturkultur innebär att urvalet av träd sker enligt en princip som maximerar den långsiktiga avkastningen på varje punkt i skogen. I fyra rubriker framhålls att Naturkultur:

- \*\* Maximerar skogsägarens ekonomiska värde av sin skog.
- \*\* Fungerar överallt och för alla trädslag.
- \*\* Innebär positivt urval av träd och hämmad tillväxt hos förnygringen.
- \*\* Varning för att plocka russen ur kakan

Sistnämnda rubrik förklaras på följande sätt:

De flesta träd i skogen har defekter. Om man tillåter en virkesköpare att själv plocka de träd som han önskar köpa, lämnar han träd med lågt värde. Framtida tillväxt hamnar därefter i stora träd med dåliga egenskaper. Värdeavkastningen degenererar. Av detta skäl bör en skogsägare med ringa kunskap anlita en specialutbildad person med certifikat i Naturkultur för att märka de träd som skall plockas ut.

Den som är skogsutbildad förstår att denna varning är nödvändig eftersom skogsstyrelsen rekommenderar Volymbädning, vilket ger fullt utrymme för oseriösa entreprenörer att plocka russinen ur kakan.

Jag skriver till de nämnda organisationerna att ”Ni är ju väldigt angelägna att Era medarbetare håller sig uppdaterade. Det sägs ju att nyfikenhet och studier av avvikande uppfattningar kan vara värdefulla. Därför är det för oss oförklarligt att inte en enda av Era medarbetare har hörsammat bifogade inbjudan. Den handlar om vad en del vetenskapsmän anser som kännetecknande för ett framtida bruk av svensk skogsmark.”

Informationen är tydligen inte av intresse för professorn i skogshistoria, Lars Östlund, eftersom han varken tackat för inbjudan eller beklagat att han inte kan närvara. Man kan tycka att nutidshistoria borde vara relevant. Antingen är informationen i denna lärobok falsk i alla sina delar, eller så står den svenska skogshistorien vid ett ytterst avgörande vägskäl. Även en professor i skogshistoria borde inse detta och i så fall följa utvecklingen med ytterst stort intresse.

Att inte någon av alla de hundratals forskare och tjänstemän som inbjudits tänker delta, tror jag beror på att de inte vågar utsätta sig för studenternas frågor om vad de anser om alla de vetenskapliga resultat som presenteras i denna lärobok. Att administratörerna på SLU inte vågar delta beror säkert på att de inte är villiga att besvara frågor om varför universitet inte tillämpar de krav på utlämnande av allmän handling som finns uttalat på universitetets egen hemsida. Att skogsbibliotekets chef inte dyker upp beror säkert på att hon inte kan förklara varför Rapporter från UBICON inte får publiceras från och med 31/12 2013 och att tidigare elektroniskt tillgängliga rapporter författade av Hagner censurerats, dvs. raderats ur SLUs bibliotek.

### ***Jag har själv varit trångsynt***

Att många forskarkollegor vid SLU känt sig illa berörda av mina publikationer beror på att jag påvisat att deras undervisning och forskning endast omfattar plantageskogsbrukets idé, d.v.s. ett diskontinuerligt skogsbruk med bestånd av ungefär lika gamla träd. De flesta jägmästare har fått denna grundfilosofi djupt rotad genom den ensidiga utbildning som meddelats på SLU under ett halvt sekel. Detta har också lett till att skogsvårdslagens anvisningar är skrivna utan hänsyn till att skogsbruk kan bedrivas kontinuerligt. Eftersom jag själv utbildades till jägmästare i denna anda (1956-60) och under tiden 1968-1973 själv undervisade studenter på Umeå universitet med trakthyggesbruket som ledstjärna, vet jag väl vad en sådan trångsynthet leder till.

Trots uppriktiga försök från makthavare och forskare, att försöka vara objektiva, lyckas man inte dölja sin aversion, när en forskare dyker upp och kullkastar det man trott på och undervisat om.

### ***Roten till missförhållandena är ett demokratiskt system för anslagsfördelning***

Det som drabbat mig och min forskargrupp beror inte på illvilja hos forskarkollegor eller skogsmän i näringen. Alla arbetar med samhällets bästa för ögonen och de använder den kunskap de har. Vi är alla människor som drivs av vår övertygelse, vilket är bra. Det jag beskrivit ovan är därför en helt logisk följd av hur människor beter sig. Den springande punkten är, att om vi i forskarvärlden skall kringgå de konserverande effekterna av vedertagna hypoteser, måste framförallt systemet för anslagstilldelning förändras. Det otäcka med dagens situation är dels att undervisningen vid universitet förblir konservativ, dels att det är omöjligt att få forskningsanslag till sådana projekt som ligger vid forskningsfronten, såvida de strider mot vedertagna hypoteser.

I mitt fall är det en enda framsynt man, Per Sköld, som via en privat stiftelse, Carl Tryggers Stiftelse, tillät min forskargrupp att genomföra ”originell” forskning under många år. Från statliga forskningsråd fanns ingen möjlighet till finansiering eftersom ansökningar bedöms av en stor mängd personer, vilka naturligtvis, som grupp, styrs i sin bedömning av vedertagna hypoteser. Det låter bra att ett ”demokratiskt system” införts vid fördelning av statliga forskningsmedel. Tyvärr utgör detta ett obevekligt hinder för oss forskare som råkar syssla med ”originell” forskning.

### ***Vi formar vår värld utifrån idéer***

Det finns anledning att klargöra hur hypoteser uppstår och slår rot i ett kollegium såsom skandinaviska skogsmän. Idéhistoriskt är detta utomordentligt intressant. För mig står det helt klart att vårt trakthyggesbruk motiverats av några få hypoteser som aldrig verifierats av forskarna. Likafullt har dessa hypoteser fortfarande en helt avgörande inverkan på undervisningen vid SLU. Bakom åldersklasskogsbruket finns följande

#### **Felaktiga hypoteser**

- *stor virkesvolym är positiv för tillväxten,*
- *om stora och små träd får konkurrera med varandra sänks tillväxten,*
- *skogsmark måste läggas kal för att bli vital och produktiv*
- *höggallring är, per kubikmeter, så mycket dyrare än kalavverkning, att nettot blir mycket lågt. Därför är det lika bra att skörda alla träd, om de större träden är mogna.*
- *höggallring leder till lägre tillväxt än låggallring*
- *små träd som är gamla kan inte börja växa,*
- *små träd i en skog med stora träd, är lika gamla som de stora,*
- *små träd har sämre arvsanlag än stora träd,*

- *gamla träd kan inte växa lika bra som unga träd,*
- *markens produktionsförmåga försämras om den inte läggs kal och sveds av eld,*
- *markberedning, dvs. mineraljordens blottläggande, är nödvändig för att planterade plantor skall överleva,*
- *markberedning ger högre tillväxt och de mogna träden kan skördas inom kortare tid.*

I denna bok diskuteras därför dessa *vilsledande* hypoteser i flera sammanhang.

### ***Metod för mätning av den skiktade skogens kvalitet***

Risken med ett system som Naturkultur är att penninghungriga skogsägare använder namnet som täckmantel för skövlande dimensionshuggning. Därför är det ytterligt viktigt att skogsstyrelsens tjänstemän skaffar sig metoder för mätning av den skiktade skogens kvalitet. I kapitel ”SKOGSLAGEN, ger jag förslag till metoder som bör kunna förenkla och effektivisera de skogspolisiära uppgifterna. Redan under förarbetena 1990 till vår senaste skogsvårdsplan rekommenderade jag detta system, men tyvärr var tiden inte mogen.



## 18 FORSKNINGENS FINANSIERING

Nedan nämns forskaren med ”han” vilket dock skall tolkas könsneutralt.

### **Bakgrund**

Det följande utgör syntesen av mina erfarenheter, som byggts upp under ett helt liv i forskningens tjänst. Jag emigrerade till Alberta i Kanada på 1960-talet där jag fortsatte min forskargärning, som inletts hos Föreningen Skogsträdsförädling, vid Sundmo försöksstation i Västernorrland. I Kanada hamnade jag i ett radikalt annorlunda system för forskning. Jag fann det hårt men rättvist. Nedan nämnda förslag utgör i stort sett en kopia av det system som vi tillämpade i Kanada.

Det svenska systemet bygger på tron att en demokratisk beslutsordning är den bästa, dvs. att många skall vara med att fatta beslut om vad som skall utforskas. Det kanadensiska systemet bygger på tron att det är forskaren själv, som skall avgöra vad som bör utforskas. Båda systemen innehåller ett mått av självsanering, dvs. att forskare som utför ett mindre bra arbete bör få minskade resurser eller tvingas ägna sig åt ett annat yrke.

### **Negativa effekter av den svenska forskningspolitiken**

Min erfarenhet är att det svenska systemet leder till svägerpolitik och nedbrytande konkurrens mellan forskarkollegor. Det förhindrar öppen diskussion mellan forskare. En forskare som får en bra idé har ingen fördel av att förmedla den till forskarkollegor, eftersom det råder konkurrens om medlen. Vid konkurrens om medlen drar en forskare nytta av att sprida nedsättande omdömen om en kollega. Den tid som går åt för att söka forskningsanslag samt för att redovisa resultat till anslagsgivaren är i stort sett ineffektiv tid. Ju sämre forskaren är i sitt vetenskapliga arbete desto mer av tiden går till spillo.

Det kanadensiska systemet som genomsyrar de följande förslagen lider inte av dessa svagheter.

### **Svenska skogsforskare saknar förståelse av multidimensionell analys**

Enligt min erfarenhet lider en betydande andel av svenska forskare av undermåliga kunskaper om multidimensionell analys och förståelse av vad partiell korrelation är. Nivån är så låg att de inte borde få publicera några rapporter förrän de visat godkänd kunskap i ämnet. Tentamen måste utformas så att den inte bara visar förmåga att använda datorernas program, vilket de flesta behärskar, utan framförallt förmåga att förstå innebörden i och resultatet av multivariata analyser.

### **Gör inte tjänstemän av odugliga forskare**

Inom verksamheten skall finnas två typer av personer: tjänstemän och forskare. Tjänstemännen behöver inte ha kunskap om forskning, men om organisation av verksamheten. Forskare som visat bristande vetenskaplig förmåga bör inte utses till tjänstemän. I det nuvarande svenska systemet administreras forskning i huvudsak av tjänstemän som tidigare tröttnat på sin verksamhet som forskare. Detta är inte fördelaktigt.

Forskare skall anställas endast om de uppnått forskarcertifikat.

### ***Forskarcertifikat***

För att få anställning som forskare vid universitet eller statligt forskningsinstitut skall krävas certifikat. Detta uppnås när forskaren genom skriftliga prov visat sig ha kunskaper inom nedan nämna områden, samt med sin underskrift ha accepterat den arbetsordning som nämns i det följande.

### ***Statistik***

De allra flesta samband är resultatet av många samtidigt påverkande faktorer.

För att uppnå certifikat skall forskaren visa sig kunna

1. Använda multidimensionell statistisk och att tolka resultaten
2. Förstå innebörden och värdet av sådan analys

### ***Forskningsetik***

Forskaren skall vid publicering bilägga det material som behövs för att kontrollera resultaten, eller utan motstånd och tidsspillan, bistå den som önskar göra egna analyser för kontroll av resultaten. För sådan kontroll krävs utlämning av det bearbetade och sammanställda material som utgjorde underlag för de analyser och för de resultat som presenterades i publikationen.

### ***Arkivering***

Forskare vid universitet eller statligt forskningsinstitut skall arkivera sådant material som nämns i föregående punkt, på ett sådant sätt att materialet lätt kan återfinnas av den forskare som önskar kontrollera publicerade resultat. Detta innebär att materialet lätt skall återfinnas även när en forskare flyttat eller avlidit.

Det skall även stå varje forskare i världen fritt, att basera egen forskning på sådant material, dvs. fortsätta det arbete som en annan forskare avslutat.

### ***Obligatoriska seminarier***

För att minimera behovet av att genom studier av vetenskapliga artiklar bygga upp sin kunskap, bör forskare inom närliggande ämnen tvingas delge varandra nya viktiga forskningsrön vid "ämnesvidgande seminarier". Vid anställning skall anges vilka ämnesområden detta avser.

Vid seminariet presenteras resultat av såväl egen som andras forskning.

Forskare skall tvingas delta i ämnesvidgande seminarier.

### ***Tilldelning av statliga forskningsmedel***

Med forskningsmedel avses i det följande det totala värdet av egen och medhjälparens tid, lokaler, material och pengar.

En forskare har ansvar för att på egen hand uppnå sådan kunskap inom sitt ämne att han förstår var forskningsfronten ligger.

Genom att forskaren är den som har kunskap om forskningsfronten inom sitt ämne, är han troligen den som bäst kan avgöra vad hans forskningsmedel skall användas till. Han skall därför inte behöva förklara, varför han vill satsa sina medel på det sätt han finner bäst.

Forskningsmedel ställs till förfogande efter att forskaren presenterat en formellt godkänd plan för sin forskning inom kommande treårsperiod. En ny plan utformas vid ingången av varje treårsperiod, och godkänns av tjänsteman efter att hänsyn tagits till utfallet av nedanstående granskning.

### ***Kontroll av forskarens verksamhet***

Forskare skall arbeta efter ett treårigt skrivet program, utformat av honom själv. Detta skall innehålla uppgifter om mål, forskningsmedel, resultat i form av vetenskapliga manuskript eller produkter, samt tidpunkt för dessa.

Manuskript skall, före publicering, godkännas med namnunderskrift av tre forskare som är insatta i ämnet. Dessa tre forskare utses med lottens hjälp bland kollegor inom samma ämnesområde.

En gång per år skall, med lottens hjälp, utses tre forskarkollegor. Dessa skall på en blankett fylla i svar på femtio poängsatta frågor rörande forskarens framsteg inom sitt eget program, samt rörande forskarens förmåga att delge kollegor och studenter sin kunskap. Forskarkollegorna skall fylla i svaren först efter att ha läst programmet, och efter att personligen ha diskuterat ärendet dels med forskaren, dels med dem som deltagit i hans seminarier och undervisning.

Efter ifyllandet skall blanketten visas för den forskare som har bedömts och denne skall med sitt namn bevittna att han uppfattat innehållet.

Blanketten skall arkiveras hos en statlig myndighet och poängtalen skall summeras och vara offentligt tillgängliga.

Vid fortsatt anställning skall forskningsmedel utgå i proportion till poängtalet.

Fortsatt anställning som forskare skall upphöra om poängtalen är för låga. Forskaren skall i så fall fråntas sitt certifikat.

## 19 FORSKNING FÖR FRAMTIDEN

På en global marknad gäller att en produkt som skördas på ett billigt sätt i skog som uthålligt levererar denna produkt, utan artificiella dvs. dyrbara insatser, utgör den billigaste råvaran. Industrin som utnyttjar denna råvara och som anpassar sitt råvarubehov till den långsiktiga tillgången till denna råvara, lyckas bäst i den globala konkurrensen.

### ***Skogsekosystemets produkter***

Skogsekosystemet levererar virke (1) som kan omvandlas till sågvara, papper och energi. Den sistnämnda delen kan omvandlas till elektricitet, drivmedel och värme. Om biomassan förkolnas i stället för att brännas kan träkolet (2), som också innehåller askan, återföras till skogsmarkens kompost. Detta ökar troligen ekosystemets långsiktiga produktion. En annan mycket viktig produkt, eller ekosystemtjänst, är bindningen av koldioxid (3) dels genom fotosyntes, dels genom ackumulering av kol i marken (4). Två andra tjänster är rent vatten (5) och ren luft (6). Ekosystemet levererar foder åt renar och andra köttproducerande betesdjur, och produkten är kött (7) och hudar etc. (8), som skördas både i domesticerade system och genom jakt. Jakt måste inräknas bland den generella produkten som kallas rekreation (9). Många skogar kan skattas på växter som används för framställning av mediciner (10). Utöver de nämnda nyttigheterna tillkommer bland annat bär och svamp (11), som vid insamlingen ger ett enormt rekreativvärde. Jag har tidigare nämnt att skogens träd säkert tål att man låter en luftburen robot "beta" på samma sätt som insekter och djur redan reducerar skogens bladyta. Detta grönfoder kan samlas och användas för att få kor att växa, dvs. producera både mjölk och kött (12).

Människors välbefinnande ökar bevisligen vid vistelse i skog. Nyligen har man funnit att skogsdoften är den viktigaste faktorn. Skogsskötsel måste anpassas till detta i trakter där befolkningen bor tätt. Skogsskötseln måste omedelbart förändras så att kulturminnen (13) inte råkar ut för den pågående systematiska förstörelsen genom maskinell markberedning, dikning och stubbrytning. Skogsskötseln måste inte minst anpassas till biodiversiteten (14) som ofta innebär avsteg från maximal skörd av övriga produkter.

Eftersom vi långsiktigt kan uppnå maximal produktion av råvaror ur våra skogsekosystem endast genom kunskaper om det naturliga skogsekosystemets funktion, uttryckt som långsiktig produktionsförmåga och dynamik, tvingas vi att helt överge det konventionella åldersklassbruket och anpassa vår skörd genom att använda selektiva metoder som inte stör dynamiken i det naturliga systemet. Det är fullt möjligt att med känd teknik utforma lämpliga sätt att skörda skogens produkter.

### ***Forskningsuppgifter***

Med denna skrift har virkesodlingen fått en "vetenskaplig ryggrad" genom att urvalskriterierna definierats och beskrivits, såväl areellt som temporalt. Kriterierna gör att urvalsproblemet kan delas upp i sina delar och därmed beskrivas tekniskt, biologiskt och ekonomiskt. Två matematiskt grundade datormodeller har formats,

och med dem har simuleringar kunnat genomföras. Eftersom virkesodlingen enbart är en del av ekosystemets tjänster måste datormodellerna nu utvidgas och byggas ihop så att samtidig hänsyn kan tas till alla nyttigheter.

Personligen är jag stolt över att redan i början av 1990-talet ha anlagt en landsomfattande försöksserie i vilken olika kombinationer av gallringsintensitet och berikande plantering kan studeras i detalj. Det finns redan en stor databas med uppgifter som kan utnyttjas för studier av både befriade träd, beståndsförnyring och kulturplantor. Forskningen om selektiva system har kommit igång, både med belysande av produkt nr 1, och 14 (Bergstedt et al. 2008). Men allt är i sin linda.

Hittills gjorda polycykliska modeller bygger i huvudsak på uppgifter framtagna från bestånd som inte sköts alls eller som sköts enligt trakthyggesprincipen. Den grundläggande skillnaden mot tidigare är att ingreppen vid avverkning nu kommer att leda till att närstående träd får maximal storleksdifferens. Utöver detta gäller att de kvarlämnade dominanterna bör ha en hög relativ bladyta/biomassa.

En annan fundamental skillnad blir att återväxt är liktydig med alla de plantor och träd som står kvar efter en avverkning. Eftersom avverkningar inriktas på mogna träd, som skall fraktas ut ur en tät skog, blir luftburen, dvs. vertikal uttransport av hela stammar viktigare än förr. Då vinner man fördelen av att efter röntgenanalys av hela stammar kunna placera kapställena ekonomiskt optimalt. Uttryck som "bestånd, åldersklasser, omloppstid" kan inte användas i denna nya typ av skogsbruk. Skogen måste mätas, taxeras och beskrivas på ett helt nytt sätt.

Datormodellerna bygger på de uppgifter om konkurrensens räckvidd som Elfving och Jakobsson (2006) uppmätt hos tall i Sverige. Detta är en stark förenkling som jag förtydligat på ett matematiskt sätt i min rapport om avstånd mellan dominanter (Hagner 2012 Rapp 2). För att bestämma det ideala måttet på radien i trädgruppen måste man på varje punkt i skogen, som är helt unik för varje trädgrupp, veta både räckvidd och styrka hos konkurrensen för varje trädslag som ingår i gruppen. Boniteten har stor inverkan på konkurrensens räckvidd. Utöver detta gäller att prislistan över diameter och virkeskvalitet, modifierad med hänsyn till avverknings- och kostnad för terrängtransport, ger en unik priskurva över diametern för alla ingående träd. Det är troligt att ett ovanligt värdefullt träd bör ges extra mycket utrymme att växa. Dessa uppgifter bör ligga bakom en ekonomisk beräkning som slutligen resulterar i en uppgift om den rätta radien på trädgruppen. Datorns förslag måste dessutom bygga på slumpvisa förändringar i virkespris och transportkostnader. Datorn skall alltså räkna ut ett resultat som är ett medeltal av en stor mängd upprepade beräkningar gjorda efter förändring av slumptalen. På sikt måste vi finna oss i att artificiell intelligens ersätter manuell trädmärkning.

Med tanke på de ekonomiska fördelar som kan vinnas genom en omläggning till Naturkultur skulle jag förordas en forskningsprioritering ungefär enligt följande.

#### **Slå samman de två datorprogrammen Tree och Group**

♦Eftersom virkeskvaliteten inverkar mycket starkt på värdet av ett träd, vilket framgår av Tree, bör detta påverka beslut om plockhuggning inom trädgruppen.

Samtidigt skall årsringsbredden hos varje träd i Group, som nu är lika för alla träd, justeras med ledning av den stående kubikmassan i gruppen. Små träd har mindre årsring än stora träd när tätheten i skogen är stor.

Inled arbetet med helt datoriserad gallring som kan tas i bruk så snart som data från laserscanning blivit tillräckligt detaljrik. När drönare lyfter sig själva med hjälp av heliumgas och analyserar större träds egenskaper genom scanning i sidled är en realitet, finns det ingen anledning att bekosta manuell trädmärkning.

#### **Ekosystemtjänster utöver virke**

- ◆ Vidareutveckla datormodeller för trädval med hänsyn till andra nyttigheter än virke.

#### **Konkurrensens räckvidd**

- ◆ Fördjupade studier rörande konkurrensens räckvidd hos olika trädslag och vid olika kombinationer av trädslag
- ◆ Fördjupade matematiska och ekonomiska beräkningar av optimal radie i trädgrupp

#### **Lokal bördighet dvs. bonitet**

- ◆ Utveckla en koordinatbaserad databas för bördighet. Den skall nu kunna laddas ner, via GPS+Internet, till datorn hos trädmärkaren eller till avverkningsmaskinen i skogen. Den skall bygga på uppgifter om nordlighet, altitud, rörligt vatten, aspekt, jordmån, berggrund, jordmån etc. Underlaget för databasen skapas genom analys av data från permanenta ytor som beskrivits av riksskogstaxeringen.

#### **Röta**

- ◆ Mängden röta i granar och lövträd har oerhört stor inverkan på det potentiella värdet av virket. Arbeten med mikrovågor har gett lovande resultat på Chalmers. Om möjligt bör denna mätning ske i samband med marknära laserskanning.

#### **Vitalitet och virkeskvalitet**

- ◆ Konstruera en laserskanner som monteras på ett drönar-luftskepp. Den bör kombineras med en värmekamera som gör det möjligt att analysera trädets förmåga att försörja sig med vatten (Hagner 1969).
- ◆ Om laser och värmekamera ger detaljerade upplysningar om de omgivande trädstammarnas yta, grenighet, och rakhet, kan en modell av varje trädstam konstrueras i datorn. Denna modell kan i datorn omformas till en uppgift om vitalitet och framtida virkeskvalitet. Detta kan omformas till värdet hos stockarna i varje trädstam.

#### **Datorbaserad gallring**

- ◆ Till grund för ett datorbaserat förslag gällande vilka träd som skall skördas vid gallring skall ligga uppgift om räntabilitet (mognadsgrad) hos varje träd. För att beräkna detta krävs bl.a. data om: skogsägarens räntekrav, virkesprislista, avverkningskostnad, kostnad för terrängtransport/m, avstånd till bilväg, bonitet, varje träds art, konkurrensens räckvidd, storlek, vitalitet, virkeskvalitet, årsring efter gallring.

### Övrigt

- ◆ Om lasern arbetar med både grönt och rött ljus, kan mängden gröna blad beskrivas. Samtidigt kan det stående virkesförrådet beräknas. Uppgifter om bladyta (fotosyntes) och virkesförråd (respiration) kan kombineras till en beräkning av skogens lokala volymproduktion.
- ◆ Undersök i vilken beståndsstruktur varje trädart ger bästa möjliga virkeskvalitet.
- ◆ Vidareutveckla den skala för mätning av ett träds värde utifrån kvalitetsegenskaper, som publicerats av Agestam et al (1998).
- ◆ Undersök hur inväxning av önskade trädarter skall åstadkommas i skiktad skog.
- ◆ Gör instruktion för grönrisplantering i skiktad skog. Relation till grundyta och avstånd till närmaste träd är viktigast.
- ◆ Studera direktplantering i mosstäcket när skogsägaren har försuttit möjligheten till grönrisplantering.
- ◆ Belys hur genetiskt förädlad material bör utnyttjas i Naturkultur.
- ◆ Beskriv hur praktisk tillämpning av olika selektiva metoder inverkar på nuvärdet av alla nyttigheter.
- ◆ Beskriv hur dagens avverkningsteknik påverkar mark och kvarvarande träd.
- ◆ Utveckla Virkesbörsen till ett system som marknadsför de träd som märkts för skörd. Foto på enskilda träd med speciella egenskaper bör ingå.
- ◆ Kvantifiera de produkter som kan skördas uthålligt i ett naturligt skogsekosystem utan att skogens produktionsförmåga av nyttigheter reduceras. Dessa uppgifter är nödvändiga för att landets förädlingsindustri skall anpassas till råvarutillgången.

## 20 TACK

Min hustru Inga-Lis Johansson har stött mig i svåra stunder och glatt hjälpt mig med ytterst värdefulla råd. Som administratör på SLU har hon varit en professionell hjälpare.

Värdefulla synpunkter på det första manuskriptet av denna bok lämnades år 1998 av Gustaf Egnell, Liv Hagner, Olle Hagner, Stig Hagner, Göran Hallsby, Per Hansson, Oddvar Haveraaen, Per Holgén, Bengt Jonsson, Yngve Jonsson, Jerzy Lesinski, Peter Lohmander, Owe Martinsson, Martin Molin och Dan Rydberg.

De största delarna av manuskriptet har tillkommit efter dessa personers granskning. Senare har jag fått råd av Harald Holmberg och Åke Wikström. Nils Fagerberg och andra bland de som uppnått certifikat i Naturkultur har gett mig mycket att beakta. Även personer i Föreningen Naturbruk har gett mig goda råd. Av dessa vill jag speciellt nämna Torbjörn Jonsson. Mina många besök i Oslo, där Gjermund Andersen och Knut Johansson är framträdande, har gett mig många värdefulla intryck.

De nämnda personerna kan inte göras ansvariga för någon del av det nuvarande manuskriptet.

## 21 REFERENSER

- Agestam, E., Ekö, P.-M. & Johansson, U. (1998) Timber quality and volume growth in naturally regenerated and planted Scots pine stands in SW. Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 204, 1-14.
- Albrektson, A. (1998) Ger Naturkultur anständig produktion? *Skogen*.6, 46-46.
- Andersson, B., Elfving, B., Ericsson, T., Persson, T., Gregorsson, B. (2003) Performance of improved *Pinus sylvestris* in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*.18, 199-206.
- Andreassen, K. (1994) Development and yield in selection forest (Utvikling og produksjon i bledningskog). Meddelelser fra Skogforsk ISBN 82-7169-697-1.47,5, 1-37.
- Andreassen, K., Öyen, B.-H. (2002) Nye tillvekstmodeller for granskog behandlet med bledningshogst. In: Öyen, B-H (red) Modellering av skogsproduksjon for økologisk og økonomisk forvaltning. Aktuelt, Skogforsk, NLH.02, 10-12.
- Anon. (1994) Foryngelse av barskog. Skogsbrukets kursinstitutt ISBN 82-7333-08-4.1-54.
- Anon. (1998) Certifiering av skogsbruk. *Sveriges Skogsvårdsförbund* ISBN 91-7646-040-1 1-50.
- Appanah, S. Weinland, G. (1993) Planting quality timber trees in peninsular Malaysia - a review. Forest Research Institute Malaysia, Kepong, Kuala Lumpur, Malyan Forest Record 38:1-221.
- Assman E. (1970) The principles of forest yield study. *Pergamon Press, New York* 1-506.
- Axelsson, J. Eriksson, L. (1986) Utvärdering av gallring. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsteknik, Rapport 166.
- Bannwarth, M. (2009) Carbon balance of coniferous forests in response to different harvesting strategies: A model based analysis. SLU, Department of Ecology, University of Hohenheim, Institute of Soil Science and Land Evaluation, Master thesis in Environmental Science: Soil, Water, Biodiversity E-level, 30 ECTS credits Uppsala.1-35.
- Barnes, B.V., Spurr, H.S. (1964) *Forest Ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Bärring, L. (2013) Bråttom om klimatförändringen ska kunna bromsas. *Skog och framtid* 2, 11-13.
- Bergan, J. (1990) Overlevelse, høydeutvikling og skader hos gran (*Picea abies* L.) Karst.) plantet i markberedningshauger og urørt vegetasjon i høyereleggende skog i indre Helgeland. Norsk Institutt for Skogforskning Rapport.6, 1-19.
- Bergan, J. (1985) Bestandsdata for naturlig gjenvekst og plantning av gran på småbregnetype i Grane i Nordland. Norsk Institutt for Skogforskning, Rapport.12, 1-23.
- Bergstedt, J., Hagner, M., Milberg, P. (2008) Composition of vegetation after a modified harvesting and propagation method compared with conventional clear-cutting, scarification and planting: evaluation 14 years after logging. *Applied Vegetation Science*.11, 159-168.
- Bosshard, W. (1967) Erhebung über die Schäden der Wintersturme 1967. *Schweiz Z Forstw* 118, 806-820.
- Braathe, P. (1992) Investigations concerning the development of regeneration of Norway spruce which is irregularly spaced and of varying density. 3 Supplementary planting. (Undersøkelser over utvikling av glissen gjenvekst av gran. 3. Suppleringsplanting. Skogforsk, Communications of 45.4:1-64.
- Bryndurn, H. (1986) Influence of silviculture treatment of crops on the risk of windblow. In: Minimizing Wind damage to Coniferous Stands. Proceedings. Commission of the European Communities. General Science, Research and Development. Bruxelles. 35.



- Börset, O. (1971) Naturlig foryngelse av gran. Et aktuelt alternativ under spesielle forhold. *Norsk Skogbruk* 11/12:.
- Cajander, E. (1943) Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Über den Höhenzuwachs der Fichtenpflanzenbestände nach der Befreiung. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*.19.5, 1-58.
- Carbonnier C. (1957) Ett gallringsförsök i planterad granskog. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift* 55, 463-476.
- Cedergren, J. (1996) A silvicultural evaluation of stand characteristics, pre-felling climber cutting and directional felling in a primary dipterocarp forest in Sabah, Malaysia. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria*, Dissertation ISBN 91-576-5207-4 9:1-37.
- Cerny, M. (1990) Biomass of *Picea abies* (L.) Karst. in midwestern Bohemia. *Scandinavian Journal of Forest Research*.5, 83-95.
- Christensen, L-B.L. (1994) Shelterwood properties influencing the growth and survival of planted Scots pine seedlings. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Examensarbete.7, 23.
- Clemensen K.E., Bahr A., Ovaskainen O., Dahlberg A., Ekblad A., Wallander H., Stenlid J., Finlay R.D., Wardle D.A. and Lindahl B.D. (2013) Roots and Associated Fungi Drive Long-Term Carbon Sequestration in Boreal Forest. *Science* 339, 1615-1618.
- Cremer, K.W., Borough, C.J., McKinnel, F.H., Carter, P.R., (1982) Effects of stocking and thinning on wind damage on plantations. *New Zealand Journal of Forest Science* 12, 244-268 ISSN 0048-01.
- Cremer, K.W., Carter, P.R. and Minko, G. (1983) Snow damage in Australian Pine plantations. *Aust For ISSN 0004-9158* 46, 53-66.
- 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.
- Chrimes D., Elfving B., Lundqvist L., Mörling T. and Valinger E. (2007) Stand development after different thinnings in two uneven-aged *Picea abies* forests in Sweden. *Forest Ecology and Management* 238, 141-146.
- Dale, Ö., Kjöstelsen, L., Aamodt, H.E. (1993) Mekaniserte, lukkede hogster. In Aamodt, H. ed: Flerbruksrettet driftsteknikk. Forest operations for multiple use. Skogforsk, Rapport.20, 3-23.
- Eid, T., (1992) Alternativ ressursbeskrivelse i skogsbruksplaner (An alternative resource description in forest management plans). *Aktuelt fra Skogforsk* 13, 21-33.
- Eikenes, B., Kucera, B., Fjaertoft, E., Storheim, O., N, Vestöl, G., I. (1995) Virkeskvalitet i fleraldret skog. Rapport fra Skogforsk.24, 1-30.
- Ekelund, M. (1999) Wind- and snow damage in an uneven-sized conifer forest in Sweden thinned from above. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Examensarbete.2, 1-19.
- Eklöf et al. 2016. Managing Swedish forestry's impact on mercury in fish: Defining the impact and mitigation measures, *Ambio* 15(S2): 163-174.
- Elfving, B. (1990a). Granplantering under gles högskärm i fjällskog. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Stencil 1-8.
- Elfving, B. (1990b) Höjdsiktning och virkesproduktion. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 5:22-27.
- Elfving, B. (1993) Volymtillväxtfunktioner för tall och gran, avsedda att belysa begreppet produktionsslutenhet. Skogsstyrelsen, Stencil nr 598/01009.1-10.
- Elfving, B. (2009) Influence of retained trees on growth of the new stand. PM for Heureka, Appendix 18.1.
- Elfving, B. Tenghammar, L. (1995) Varför ökar tillväxten? Fakta Skog, 18, pp 4. ISSN 1400-7789.

- Elfving, B., Jakobsson, R. (2006) Effects of retained trees on tree growth and field vegetation in *Pinus sylvestris* stands in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*.21,7, 29-36.
- Eriksson, H. (1986a). Hög- eller låggallring. Nya gallrings- och gödslingsförsök - bakgrund till försöksserien och förelöpande resultat. (New thinning and fertilization experiments - background to the experimental series and preliminary results. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 2:3-19.
- Eriksson, H. (1986) Windthrow damage in forests in relation to stand treatment - present state of knowledge in Sweden. In: *Minimizing Wind damage to Coniferous Stands. Proceedings. Commission of the European Communities. General Science, Research and Development. Bruxelles.* 36-39.
- Eriksson, H. (1992) Högallring, utarmar den skogen? *Skog & Forskning* 4:52-57.
- Eriksson, L.O., Kyrkjõeide, P.A. (1992) An approach for modelling the relations between silviculture, wood quality and economic yield. In Hagner, M. ed: *Silvicultural Alternatives. Proceedings from an internordic workshop, June 22.25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences* 35:130-136.
- Fjeld, D. (1994) Time consumption for selection and patch cutting with a one-grip harvester. *Skogsforsk, Meddelser*.47.7, 1-28.
- Fries, C. (1990) Utveckling hos beståndsförnygrad gran och kompletteringsplanterade granar och tallar i ett kärvt klimatläge. Development of advance growth of Norway spruce and supplementary planted spruce and Scots pine in a harsh climate. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Rapporter.30, 1-40.
- Gejger, R. (1961) Das Klima der bodennahen Luftschicht. Serie; *Die Wissenschaft*, 99-0103009-9;78
- Gardiner, B.A., (1995) The interactions of wind and tree movement in forest canopies. In *Wind and Trees. Cambridge University Press, Cambridge ISBN 0-521-46037-9* 41-59.
- Granhus, A. (2001) Partial cutting in Norway spruce: impacts on advance regeneration and residual stand. Agricultural University of Norway, Department of Forest Sciences Doctor scientiarum theses ISSN 0802-3220, ISBN 82-575-0461-0.13, 1-34.
- Gammel, P., Örlander, G., (1989) Dubbelplantan. Tall och gran i samma odlingskruka. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 1.
- Grelle A. (2019) Hur kan en skog förvandlas från kolsänka till kolkälla? *Meddelande Institutionen för ekologi, NJ, Enheten för ekosystemekologi SLU* 1-4.
- Hadden D. and Grelle A. (2017) Net CO2 emissions from a primary boreo-nemoral forest over a 10 year period. *Forest Ecology and Management* 398, 164-173.
- Hadden D. (2017) Processes Controlling Carbon Fluxes in the Soil-Vegetation-Atmosphere. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae, ISBN (electronic version) 978-91-576-8782-1, [http://pubepsilonsluse/13947/7/hadden\\_d\\_170109.pdf](http://pubepsilonsluse/13947/7/hadden_d_170109.pdf)* 4.
- Hägglund, B., Lundmark, J.-E. (1981) Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. National Board of Forestry, Jönköping, Sweden.1-3, 1-244.
- Hägglund, B., Lundmark, J.-E. (1987) Del 1, Definitioner och anvisningar. Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. Del 1, Definitioner och anvisningar. pp 1-53. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Hagner M. (1969) Thermal mapping of conifer seedlings, a useful method in pathological and physiological research. *Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie* 61.4, 322-331.
- Hagner, M. (1985) The influence of microenvironment upon survival and growth in *Pinus sylvestris*. In: *Proceedings from a meeting with research group IUFRO S1.05.12. Univ Alaska and USFS, Agr.For.Exp.Stn.*

- Hagner, M. (1991) Överlevnaden hos plantor skyddade mot snytbagge (Field tests with different types of casings meant to protect coniferous plants from *Hyllobius abietis*). Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapport.61, 1-38.
- Hagner, M. (1992a) Biologiskt och ekonomiskt resultat i fältförsök med plockhuggning kombinerad med plantering. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapport 63:1-52.
- Hagner, M. (1992b) Editor. *Silvicultural Alternatives*. Proceedings from an internordic workshop. June 22.25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Reports 35:1-214.
- Hagner, M. (1994) Forskningsläge i juli 1994 inom projekt Naturkultur. Befriande gallring kombinerad med berikande plantering. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst Skogsskötsel, Arbetsrapport 84:22.
- Hagner, M. (1995a) Ekonomiskt utfall av befriande gallring med berikande plantering. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapport 97:1-13.
- Hagner, M. (1995b) Grönrisplantering - en praktisk metod på vanliga marker. Fakta Skog.4, 1-4.
- Hagner, M. (1996) Naturkultur, Befriande gallring, kombinerad med berikande plantering. Instruktion med kommentarer. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapport.120, 1-39.
- Hagner, M. (1997a) Möjligheter att mildra virkesodlingens inverkan på Skogens Kulturmiljövärden. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapporter.125, 1-16.
- Hagner, M. (1997b) Rök för ökad ojämnhet. Professorns tips för bättre ekonomi. SkogsEko.2, 24-25.
- Hagner, M. (1998a) Enrichment planting without soil treatment. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Working papers.133, 1-18.
- Hagner, M. (1998b) Relation between standing volume and volume increment in plots managed with single tree selection over long time. A critical review of a dissertation presented by Lundqvist 1989. Revised 2000-03-27. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Working papers.135, 1-20.
- Hagner, M. (1998c) Stand structure before and after a selective harvest. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Working papers.132, 1-6.
- Hagner, M. (1999a) Ny skogsvårdslag, ett förslag. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapport.141, 1-6.
- Hagner, M. (1999b) TREE01. A description of a computer model for choice of tree. En beskrivning av en datormodell för val av träd. Available on internet: <http://go.to/Mats.B.Hagner>. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen skogsskötsel, Arbetsrapport.144, 1-4.
- Hagner, M. (2000a) Anvisningar till skogsvårdslagen utgör ett hinder för ett ekonomiskt och naturvänligt mångbruk av skog. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapport.158, 1-18.
- Hagner M. (2000b) Naturkultur i Jämtland. Praktisk tillämpning av ett nytt skogsbrukssätt. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2000-2003, ISBN 978-91-983932-2-4 ISSN 1654-4455, UBICON Rapport, 5, 1-14.*
- Hagner, M. (2000c) 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. (2000d) Group02. Present value of a group of trees. Description of a computer model. The Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Working paper.155, 1-4.

- Hagner, M. (2000e) Jämförelse mellan kalhyggesbruk, högskärm och Naturkultur genom datorsimulering. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapport.161, 1-27.
- Hagner, M. (2001a) Differences in dimensional structure of a virgin and a selectively logged tropical rain forest. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Working Paper.163, 1-17.
- Hagner, M. (2001b) Barkskador vid befriande gallring i norra Jämtland. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst Skogsskötsel Arbetsrapport.167, 1-8.
- Hagner, M. (2001c) Produktion i utglesad fjällgranskog. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst Skogsskötsel Arbetsrapport.165, 1-14.
- Hagner, M. (2001d) Erfarenheter av berikande plantering utförd i praktisk skala. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst Skogsskötsel Arbetsrapport.166, 1-7.
- Hagner, M. (2001e) Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien på exkursion till Barksäter, Södermanland. Ämne Naturkultur. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Arbetsrapport.169, 1-29.
- Hagner M. (2002a) Frihetstal på gren hos tall och en jämförelse med frihetstal i topp. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2000-2003, ISBN 978-91-983932-2-4, ISSN 1654-4455, UBICON Rapport 3, 1-5.*
- Hagner M. (2002b) Naturkultur i Yttertavle. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2000-2003, ISBN 978-91-983932-2-4, ISSN 1654-4455, UBICON Rapport 15, 1-9.*
- Hagner M. (2002c) Rövning i tall med jämförelse mellan minimering och maximering av ojämnheten i diameter. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2000-2003, ISBN 978-91-983932-2-4, ISSN 1654-4455, UBICON Rapport 8, 1-9.*
- Hagner, M. (2002d) Frihetstal i en skiktad tallskog på mager mark. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Arbetsrapport.173, 1-5.
- Hagner, M. (2002f) Propelled balloons for harvesting and transporting timber. *Forestry.75,4, 495-499.*
- Hagner, M. (2002g) Samband mellan stående volym och tillväxt i rikstaxytor kan inte användas för rekommendation om slutenhet. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen skogsskötsel, Arbetsrapport.179, 1-11.
- Hagner, M. (2002h) Sambandet mellan tillväxt och stående volym framträder först efter att hänsyn tagits till bonitet och huggningsstyrka. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen skogsskötsel, Arbetsrapport.180, 1-12.
- Hagner M. (2003) Future Forest Technology. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2000-2003, ISBN 978-91-983932-2-4, ISSN 1654-4455, UBICON, Rapport 5, 1-9.*
- Hagner M. (2003b) Struktur, produktion och ekonomi i tallskog som under lång tid behandlats med kvalitetsinriktad höggallring i Arjeplog. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2000-2003, ISBN 978-91-983932-2-4, ISSN 1654-4455, UBICON, Rapport 12, 1-33.*
- Hagner, M. (2003c) Margranar kan växa upp till timmerträd. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapport.188, 1-9.
- Hagner, M. (2003d) Markberedning, kan och bör undvikas. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Arbetsrapport, ISSN 1654-4455, UBICON Rapport 7 2003.184, 1-7.
- Hagner M. (2004a) Nationalekonomiska konsekvenser av ett byte till ett alternativt skogsbruk kallat Naturkultur. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2004-2005, ISBN 978-91-983932-4-8, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 14, 1-13.*
- Hagner M. (2004b) Naturkultur, Ekonomiskt skogsbruk kännetecknat av befriande gallring och berikande plantering (<http://libris.kb.se/bib/9416040>). *Mats Hagners bokförlag, Umeå, ISBN 91-631-5010-7, 1- 124*
- Hagner M. (2005) Riksskogstaxeringens ytor bör inte användas till utveckling av prognosmodeller för volymproduktion. *Ebook Scientific reports from Umeå*

- Biology Consulting Years 2004-2005, ISBN 978-91-983932-4-8, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 21, 1-8.*
- Hagner M. (2007) Stormskador blir små och betydelselösa vid kontinuitetsskogsbruk. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2006-2007, ISBN 978-91-983932-6-2, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 7, 1-10.*
- Hagner M. (2008a) Berikande plantering i försök med Naturkultur. Överlevnad och tillväxt, med och utan markberedning. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2008-2009, ISBN 978-91-983932-7-9, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 7, 1-9.*
- Hagner M. (2008b) Volymproduktion efter befriande gallring i tallskog nära polcirkeln. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2008-2009, ISBN 978-91-983932-7-9, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 6, 1-12.*
- Hagner M. (2009) Naturkultur i Piellovare. Tillstånd och utveckling i försöket 15 år efter avverkningen. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2008-2009, ISBN 978-91-983932-7-9, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 5, 1-23.*
- Hagner M. (2010a) Suitable density of dominants in a multi-storied pine forest and an instruction for enrichment planting. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2010-2012, ISBN 978-91-983932-3-1, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 2, 1-13.*
- Hagner M. (2010b) Insektsskyddade plantor satta i ostörd skogsmark överlevde och växte bra om de planterades direkt efter avverkning. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2010-2012, ISBN 978-91-983932-3-1, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 1, 1-19.*
- Hagner M. (2011) Vinsten med att använda naturlig återväxt i stället för förädlade plantor. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2010-2012, ISBN 978-91-983932-3-1, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 1, 1-6.*
- Hagner M. (2012) Avståndet mellan dominanter bör vara så stort att rekryter utvecklas väl. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2010-2012, ISBN 978-91-983932-3-1, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 2, 1-5.*
- Hagner M. (2013a) Ekonomiskt resultat av Naturkultur. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2013-2017, ISBN 978-91-983932-1-7, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 7, 1-10.*
- Hagner M. (2013b) LTA Timber Transport System. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2013-2017, ISBN 978-91-983932-1-7, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 8, 1-6.*
- Hagner M. (2015) Avstånd mellan dominanter vid kontinuerlig gallring i skiktad skog. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2013-2017, ISBN 978-91-983932-1-7, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 8, 1-5.*
- Hagner M. (2016a) Evighetsområden för biodiversitet. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2013-2017, ISBN 978-91-983932-1-7, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 8, 1-3.*
- Hagner M. (2016b) Skogsstyrelsens form av hyggesfritt är detsamma som att skumma grädden och lämna blåmjölken till skogsägaren. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2013-2017, ISBN 978-91-983932-1-7, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 10, 1-8.*
- Hagner M. (2016c) Det mentala språng som krävs av den som väljer att bedriva kontinuerligt bruk av skiktad skog. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology*

- Consulting Years 2013-2017, ISBN 978-91-983932-1-7, ISSN 1654-4455*  
*UBICON Rapport 11, 1-6.*
- Hagner, M (2017-2022). En mängd rapporter publicerade på Kungliga Bibliotekets databas Libris.
- Hagner, M., Hansson, B. (1987) Överlevnad och tillväxt hos tallplantor med insekts- och uttorkningsskydd planterade direkt i humustäcket på nyavverkade hyggen. Umeå universitet, Skoglig produktionslära, Rapport.138, 1-35.
- Hagner, M., Molin, M. (1994) The correlation between crown closure and the temporal changes in morphology of planted *Pinus sylvestris* L. The Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture.manuscript, 1-6.
- Hagner M. and Molin M. (1998) Liberation thinning combined with enrichment planting. A full scale test in a mountain forest in northern Sweden. Biologic and economic results after six years. *Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Working paper 129, 1-75.*
- Hagner, M., Jonsson, C. (1995) Survival after planting without soil preparation for pine and spruce seedlings protected from *Hyllobius abietis* L. by physical and chemical shelters. *Scandinavian Journal of Forest Research.10, 225-234.*
- Hagner, M., Lundgren, M. (2002) Sambandet mellan grundtyta och morfologi hos unga tallar. Frihetstal i topp och i brösthöjd. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapport.176, 1-6.
- Hagner, M., Nyqvist, H. (1996) A permutation test for testing tree size segregation in forests. In: Collani, E Göb, R Kiesmuller, G Eds Proceedings of the 4th Wurzburg-Umeå conference in Statistics Wurzburg Research group on quality control.pp201-208.
- Hagner M., Nyqvist, H. (1998) A coefficient for describing size variation among neighbouring trees. *JABES (Journ Agric Biol Environm Statistics) 3,1, 1-21.*
- Hagner, M., Maluenda, G. (1998) Sustainable forest management in tropical forests of Guyana. Proceedings from a workshop Oct 1997. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Reports.44, 1-97.
- Hagner, M., Molin, M. (1998) Liberation thinning combined with enrichment planting. A full-scale test in a mountain forest in northern Sweden. Biologic and economic results after six years. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Working papers.129, 1-75.
- Hagner, M., Lohmander, P., Lundgren, M. (2001) Computer-aided choice of trees for felling. *Forest Ecology and Management.151, 151-161.*
- Hagner, M., Lundgren, M. (2002) Sambandet mellan grundtyta och morfologi hos unga tallar. Frihetstal i topp och i brösthöjd. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen Skogsskötsel, Arbetsrapport.176, 1-6.
- Hagner M. and Holm S. (2003a) Effects of standing volume, harvest intensity, and stand structure on volume increment in plots managed with single tree selection over long time. *Ebook Scientific reports from Umeå Biology Consulting Years 2000-2003, ISBN 978-91-983932-2-4, ISSN 1654-4455 UBICON Rapport 2, 1-18.*
- Hagner, M. and Holm, S. (2003b) 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. and Brundin, A. (2020) Handheld-hydrogen produced using geothermal energy can replace fossil fuels/ Ebok Libris Kungl. Bibl. ISBN: 9789198478532
- Hagner, O. (1987) Naturliga föryngringar vid skogsodlingsgränsen i trakten av Gällivare - En undersökning av tillstånd och produktion (latitud 67.2-67.8, 300-400 meter över havet). Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Examensarbete.2, 1-25.

- Hagner, S. (1962) Naturlig föryngring under skärm. Statens Skogsforskningsinstitut, Meddelande.52,4, 1-263.
- Hallsby, G. (1994) Growth of planted Norway spruce seedlings in mineral soil and forest organic matter - plant and soil interactions with implications for site preparation. Dissertation Department of Silviculture, Swedish university of Agricultural Sciences.1-27.
- Haveraaen, O. (1981) Vekst hos furu etter rydding av gran underbestand. Norsk Institutt for Skogforskning.9,
- Hanewinkel, M. (2001) Financial results of selection forest enterprises with high proportions of valuable timber. Results of an empirical study and their application. Schweizerische Zeitung für Forstwesen.8, 343-349.
- Haveraaen, O. (1981) Vekst hos furu etter rydding av gran underbestand. Norsk Institutt for Skogforskning 9.
- Hedeman-Gade, E. (1936) I vad mån kan skogsvården motverka stormskador. *Skogen* 8, 157-161.
- Heger, A. (1942) Waldbauliche Planung und Forstschutz. *Thar Forstl Jb* 93, 555-586.
- Heger, A. (1948) Die Sicherung des Fichtenwaldes gegen Sturmschäden. *Neuman Verlag, Radebeul und Berlin* 1-76.
- Holgén, P., Hånell, B. (1997) Skärmskogsbruk i Sverige: finns det några begränsningar? Fakta Skog.5, 1-4.
- Holmgren, P. (1994) Topographic and geochemical influence on the forest site quality, with respect to *Pinus sylvestris* and *Picea abies* in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9, 75-82.
- Holmsgaard, E. (1986) Historical development of wind damage in conifers in Denmark. In: Minimizing Wind damage to Coniferous Stands. Proceedings. Commission of the European Communities. General Science, Research and Development. Bruxelles. 2-4.
- Hunt, J. (1987) Mechanical site preparation. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Arbetsrapporter.21, 1-35.
- 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.
- Hånell, B. 1993. Regeneration of Norway spruce on highly productive peatlands - clear cutting or selective cutting? *Scandinavian Journal of Forest Research*.8, 518-527
- Hägglund, B., Lundmark, J.-E. (1981) Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. National Board of Forestry, Jönköping, Sweden.1-3, 1-244.
- Hägglund, B., Lundmark, J.-E. (1987) Del 2. Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. Skogsstyrelsen (Jönköping). 1-70.
- Jäghagen, K. (1997) Impact of Competition on Survival, Growth, and Tree Characteristics of Young Conifers. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences. *Silvestria*.32, 1-29. *vestria*.32, 1-29.
- Jäghagen, K., Albrektson, A. (1996) Induced competition among Scots pine seedlings and its effect on future timber quality. *New Forestry*.12, 163-174.
- Jakobsson, R. (2005a) Growth of Retained Scots Pines and Their Influence on the New Stand. Swedish University of Agricultural Sciences, Doctoral thesis, ISBN 91-576-7033-1.34, 1-33.
- Jakobsson, R. (2005b) Inverkan av evighetsträd och beståndskanter på virkesproduktionen. Fakta Skog.5, 1-4.
- Jakobsson, R., Nilsson, M. (2005) Effect of border zones on volume production in Scots pine stands. Paper IV in Ph D thesis: Growth of Retained Scots Pines and

- Their influence on the New Stand. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 34, 1-12.
- Jakobsson, R., Elfving, B. (2004) Development of an 80-year-old mixed stand with retained *Pinus sylvestris* in Northern Sweden. *Forest Ecology and Management*.194, 249-258.
- Janssen G. (2000) From forest devastation to close-to-nature managed forest, a precept of rational and economically sound forestry. In: *Sustainability in Time and Space. Congress Report, Pro Silva Europe, Fallingbostal, Germany* 35-53.
- Jeansson, E., Laestadius, L. (1981) Markberedning, naturlig förnygring och beståndsförnygring vid återbeskogning i Sovjet. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Rapport.6,
- Jentzen M., Kullgren E. and Hultén E.-L. (2016) Skogspraktikan. *Visto förlag ISBN 978-91-87523-13-7*, 1-135.
- Johannessen T. and Zink Sörensen R. (2005) Handheld hydrogen - a new concept for hydrogen storage. *tce, the chemical engineer* 29-32.
- Johansson, K. (2012) Utfordringer och muligheter med nye data. Oslo kommune Power point.
- Johansson K., Persson A. (1997) Wood properties of naturally regenerated and planted Norway spruce (*Picea abies* (L. Karst.) on a productive site in southwestern Sweden. Paper IV in Dissertation. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* ISBN 91-576-5303-8 19:1-35.
- Johansson, S., Johansson, T. (1972) Tillväxteffekter vid undergröning. Skogshögskolan, Skogsskötsel, Examensarbete .
- Jonsson, B. (1995) Thinning response functions for single trees of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* Karst. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10:353-363.
- Jäghagen, K., Hagner, M., Molin, M. (1997) The effect of selective logging intensity on survival and initial increment of advance growth and planted seedlings. Paper IV in Ph.D.Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences. *Silvestria*.32, 1-22.
- Kaasa, J. (1971) Furuforyngelsesproblemet på steder med snöskytteherjinger. *Tidskrift for Skogbruk* 79, 276-291.
- Kaasa, J. (1973) Planteavgang ved foryngelse av norsk furu (*Pinus sylvestris*) og vrifuru (*Pinus contorta*). *Tidskrift for Skogbruk* 81, 437-445.
- Kalela, E. (1943) Höjdtvecklingen hos granplantor efter utglesning av överbeståndet. Detta är min översättning av titel på finska och tyska. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*.19.5.
- Kalela, E. (1954) Über Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände im Laufe der Vegetationsperiode. *Acta Forestalia Fennica*.1-41.
- Kalela, E. (1986) Naturenlig skogsvård. pp 1-56. Helsingfors Distriksskogsnämnd, Printaco ISBN 951-99767-6-0.
- Kallin, K.-E. (1923) Förnygring och tillväxt i dimensionshuggna bestånd. Skogsinstitutet??
- Kallin, K.- E. (1926) Förnygringsstudier i Norrlands skogar utförda under åren 1922-1924. Norrlands Skogsvårdsförbunds Förlag, Stockholm.1-183.
- Kardell, L. (1985) Tagel, skogen och landskapet. En tioårig försöksserie. Sveriges Lantbruksuniversitet Landskapsvård Rapport.36
- Kardell, L., Eriksson, L. (1987) Kremlor, Riskor, Soppar - Skogsbruksmetodernas inverkan på produktionen av matsvampar. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift.2, 3-24.
- Kardell, L., Eriksson, L.L.A. (1993) Luckbländningsförsök i Uppsalatrakten 1976-1990. Förnygringsresultat och upplevelsevärden. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst för Landskapsvård, Rapport.54, 1-120.



- Kaunisto, S., Tukeva, J. 1986. Kasvatustiheyden vaikutus männyn istuustaimikoiden kehitykseen turvemialla. Effect of tree spacing in the development of pine plantations on peat. *Folia Forestalia*.646, 1-36.
- Kellomäke, S., Väisänen, H. (1986) Effects of stand density and site fertility on the branchiness of Scots pines at pole stage. A study based on models. Kasvatustiheyden...tarkastelu. *Communicationes Instituti Forstalis Fenniae*.139, 1-38.
- Kempe, G. (1997) Pilotstudie angående plantrökning i äldre skog. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skoglig resurshushållning och geomatik, Stencil.1-8.
- Kinnunen, K. (1982) Männyn kulvo karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa. Scots pine sowing on barren mineral soils in western Finland. *Folia Forestalia*.531, 1-24.
- Klensmeden, U. (1984). Stamvis blädning - Några studier på två försöksytor i Dalarna. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Examensarbete.6,
- Knutsson, L. (1988) Andel självföryngring och skador i 20-åriga tallkulturer. Skogsmästarskolan, Examensarbete.6, 1-23.
- Kohler, O. (1973) Bruchschäden als Betriebsfaktor im Fichtelgebirge-dargesteht. *Allgemeine Forstzetschrift* 28, 657-660.
- Kuper, J.H. (1992) Toepassing van kleinschalige oogst bij de exploitatie van multifunctioneel bos, waarin natuur één der functies is. In: Natuurontwikkeling in bosbedrijven. Wageningen, Dorschkamp Rapport 677.
- Kuper, J.H. (1994) Sustainable development of Scots pine forests. Wageningen Agricultural University Papers 94-2:1-317.
- Lageson, H. (1996) Thinning from below or above. Implications on operational efficiency and residual stand. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria*.14, 1-25.
- Laiho, O. (1987) Metsiköiden alttius tuulituholle Etelä-Suomessa. Susceptibility of forest stands to windthrow in Southern Finland. *Folia Forestalia* 706:1-24.
- Laiho, O. (1992) Understoreys in the forests of Finland. *Silvicultural Alternatives* Edit: Hagner, M Proceedings from an internordic workshop Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture Rapporter.35, 100-103.
- Lakari, O.J. (1915) Studien uber die Samenjahre und Altersklassenverhältnisse der Kiefernwäldern auf dem nordfinnischen Heideboden. *Acta Forestalia Fennica, Akademisk avhandling*.5 1, 1-211.
- Langsaeter A. (1941) Om tynning i enaldret gran- og furuskog. *Meddelelser fra Det Norske Skogsforsöksvesen* 27,8, 131-216.
- Larsen, J.H. (1990) Om desimeringen av våre fornminner. Noen resultater fra arbeidet med registrering av fornminner for Det økonomiske kartverket i 1980-årene. Universitetets Oldsaksamling Årbok 1989/90 Oslo.47-60.
- Leemans, R. (1991) Canopy gaps and establishment patterns of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in two old-growth coniferous forests in central Sweden. *Vegetatio*.93, 157-165.
- Lehto, J. (1970) Tukimuksia männyn uudistamisesta Puhjois-soumessa siemenpuuja soujuspuumenetelmällä. (Studies conducted in northern Finland on the regeneration of Scots pine by means of the seed tree and shelterwood methods. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*.67 4, pp1-140.
- Leikola, M. (1982) Naturlig föryngring av barrskog. *Tidskrift for Skogsbruk*.114-121.
- Lesinski, J., Sundkvist, H. (1992) Morphological diversity in advance growth of conifers native to Sweden. In Hagner, M. ed: *Silvicultural Alternatives*. Proceedings from an internordic workshop, June 22.25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Reports 35, 104-110.
- Leth-Larsen, B., Nielsen, S. (1987) Danmarks oldtid- efter naturgassen. I: Danmarks laengste utgravning. Arkeologi på naturgassens vej 1979-86. Köpenhamn.37-68.
- Lind, T. (2000). Strategic forestry planning. Evaluation of variable spatial aggregations and forest landscape. *Silvestria*.149, 1-28.

- Linder, S. (1985) Potential and actual production in Australian forest stands. In Landsberg J & Parsons W (eds) Research for Forest Management. CSIRO, Melbourne.
- Lindman, J. (1984) Fjällskogsbädning - Tillväxtstudier i fyra bestånd. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Examensarbete 5.
- Lindman, B., Nordström, S. (1964) Om orsakerna till snytbaggeangrepp på grönnrisplanteringar i sydöstra Sverige. Skogshögskolan, Institutionen för Skogsentomologi, Examensarbete.2, 1-13.
- Lindman, B., Nordström, S. (1965) Grönnrisplantering. Skogen. 52,4, 68-71.
- Lindroth A. (2007) Låt skogen göra jobbet. *Sydsvenskan* se Nov. 26,
- Lindroth, A. (2013) Ser inte skogen för träden. *Skogsaktuellt* December 02,
- Lindroth A., Lagergren F., Grelle A., Klemedtsson L., Langvall O., Weslien P. and Tuulik J. (2009) Storms can cause Europe-wide reduction in forest carbon sink. *Global Change Biology* 15, 346-355.
- Lindström, A., Hellquist, G., Gyllberg, B., Långström, B. (1986) Field performance of a protective collar against damages by *Hylobius abietis*. *Scandinavian Journal of Forest Research*.1, 3-15.
- Lohmander, P. (1990) Economic two stage multi species management in a stochastic environment. The case of selective thinning options and stochastic growth parameters. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsekonomi, Arbetsrapport.112, 1-30.
- Lohmander, P. (1992) Continuous harvesting with a nonlinear stock dependent growth function and stochastic prices: Optimization of the adaptive stock control function via a stochastic quasi-gradient method. *Silvicultural Alternatives*. Hagner, M. pp 198-214. The Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Umeå.
- Lohmander, P. and Helles, F. (1987) Windthrow probability as a function of stand characteristics and shelter. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2, 227-238 ISSN 0282-75.
- Lundgren, M. (1999) Naturkultur. En skötselmetod med inriktning mot kvalitetsproduktion i skiktade bestånd. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen skogsskötsel, C-uppsats 20 pp.1-46.
- Lundmark, T., Hällgren, J.-E. (1987) Effects of frost on shaded and on exposed spruce and pine seedling in the field. *Canadian Journal of Forest Research*.
- Lundmark, T., Wikberg, P.-E. (2008) Naturkultur. Utvecklingen i försöksserien de 10 första åren. Skogsstyrelsen, Rapport 23, 1-30.
- Lundqvist, L. (1989) Blädning i granskog. Strukturförändringar, volymtillväxt, inväxning och föryngring på försöksytorna skötta med stamvis blädning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Avhandling 1-105.
- Lundqvist, L. (1992) Blädning. *Skog&Forskning*.4, 4-9.
- Lundqvist L., Ahlström M., Axelsson P., Mörling T. and Valinger E. (2019) Multi-layered Scots pine forests in boreal Sweden result from mass regeneration and size stratification. *Forest Ecology and Management* 03,
- Lähde, E. (1992a) The background ideas to new trends in silviculture. In M. Hagner Ed: *Silvicultural Alternatives*. Proceedings from an internordic workshop. June 22-25 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Reports 35:17-19.
- Lähde, E. (1992b) Natural regeneration of all sized spruce dominated stands treated by single tree selection. In Hagner, M. ed: *Silvicultural Alternatives*. Proceedings from an internordic workshop June 22.25 1992. Swedish University of Agriculture Sciences, Dept of Silviculture, Reports.35, 117-123.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y., Saksala, T. (1991) The structure of advanced virgin forests in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*.6,4, 527-537.
- Maccurrach, R.S. (1991) Spacing: An option for reducing storm damage. *Scott For* 45, 285-297.

- McRoberts, R.B., Cohen W.B., Næsset E., Stehman S.V. and Tomppo E.O. (2010) Using remotely sensed data to construct and assess forest attribute maps and related spatial products, Scandinavian. *Journal of Forest Research* 25, 340-367.
- Maltamo, M., Peuhkurinen, J., Malinen, J., Vauhkonen, J., Packalen, P. & Tokola, T. (2009). Predicting tree attributes and quality characteristics of Scots pine using airborne laser scanning data. *Silva Fennica*, 43, 507521.
- Mason, B. (2001) Resistance of irregular forest stands to wind damage and some implications for natural regeneration. IUFRO-Symposium: Uneven-aged Silviculture: Tradition and Practices List of Abstracts.1, 1-33.
- Mattsson, S. (1991) Plantering direkt efter slutavverkning. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Resultat 19, 1-4.
- 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.
- Munthe, (2003) (Trolig titel: Gårdsjöförsöket, partiklar i markvatten). *SLU*
- Möller C. M. (1954) The influence of thinning on volume increment. Results of investigations. In: *Thinning. Problems and Practices in Denmark. State University of New York, Coll Forestry, Tech Pub* 76, 5-32.
- Meyfarth, H. (1955) Schnee und Sturmschäden im Thüringer Wald. *Forst u Jagd* 5, 53-56.
- Næsset, E. & Økland, T. (2002). Estimating tree height and crown properties using airborne scanning laser in a boreal nature reserve. *Remote Sensing of Environment*, 79, 105115.
- Nielsen, C. (1986) Experimental research on wind stability in Norway spruce in relation to spacing and thinning. In: *Minimizing Wind damage to Coniferous Stands. Proceedings. Commission of the European Communities, General Science, Research and Development. Bruxelles.* 40-41.
- Nilsen, P. (1988) Fjellskogshogst i granskog - gjenvekst og produksjon etter tidligere hogster. Norsk Institutt for Skogforskning Rapport.2/88, 1-26.
- Nilsen, P. Haveraaen, O. (1982). En analyse av tilvekst i gamle granbestand. Norsk Institutt for Skogforskning, Rapport 13:1-38.
- Nilsson, S. (2000) Skärmhuggning och blädning i högproduktiv fjällnära granskog - försöket i Skikkisjöberg, Västerbotten. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen skogsskötsel, Examensarbete.6, 1-27.
- Nilsson, U., Örländer, G., Karlsson, M. (2006) Establishing mixed forests in Sweden by combining planting and natural regeneration - Effekts of shelterwoods and scarification. *Forest Ecology and Management*.237, 301-311.
- Nilsson, U., Gemmel, P. (2007) Growth in supplementarily planted *Picea abies* regenerations. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22, 160-167.
- Nordlander, G., Örländer, G, Langvall, O. (2003a) Feeding by the pine weevil *Hylobius abietis* in relation to sun exposure and distance to forest edges. *Agricultural and Forest Entomology*.5,
- Nordlander, G., Bylund, H., Örländer, G, Wallertz, K. (2003b) Pine weevil population density and damage to coniferous seedlings in a regeneration area with and without shelterwood. *Scandinavian Journal of Forest Research*.18, 438-448.
- Nordström, G. (2005) Kvalitet hos talltimmer från förstagallringar som kommer att göras på SCA:s eget skogsinnehav de kommande 10 åren. En provsågning vid Holmsunds sågverk. Quality of Pine Timber from First Thinnings. A Test Sawing at Holmsund Sawmill. Swedish University of Agricultural Sciences, Institutionen för skogsskötsel, Examensarbete 3, 1-27.
- Näslund, M. (1942) Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsanstalt*.33, 1-212.

- Ohara, K., Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y., Saksa, T. (1999) Leaf area and tree increment dynamics on a fertile mixed-conifer site in southern Finland. *Ann For Sci.*56, 237-247.
- Oliver, C.D. and Larson, B.C. (1990) *Forest Stand Dynamics*. McGrawHill, London. pp 467
- Ollas, R. (1992) Avgångar och skador i 1989 års planteringar. Skogsstyrelsen, Skogsvård.4, 6.
- Örlander, G. (1991) Överlevnad hos beståndsförnygring efter skärmhuggning. I Agestam, E. Red.: Halvtid för Sydsvensk Skogsforskning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Enheten för Sydsvensk Skogsforskning, Arbetsrapport.1, 1-129.
- Örlander, G., Nordlander, G., Wallertz, K. (2001) Extra food supply decreases damage by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Scandinavian Journal of Forest Research.*16, 450-454.
- Öyen, B.-H., Nilsen, P. (2002) Growth effects after mountain forest selective cutting in southeast Norway. *Forestry.*75,4, 401-410.
- Peltola, H. and Kellomäki, S. (1993) A mechanistic model for calculating windthrow and stem breakage of Scots pine at stand edge. *Silva Fennica* 27,2, 99-111.
- Persson, A. (1976) Förbandets inverkan på tallens sågtimmerkvalitet. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsproduktion, Rapport.42,
- Persson, A. (1983) Den nya skogens kvalitet. Exkursionsguide, Sveriges Skogsvårdsförbund (Stockholm).
- 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.
- Persson, J. (1993) Rottne 2000 beståndsgående engreppsskördare. Skog Forsk, Resultat 7:1-4.
- Persson, P. (1972) Vind- och snöskadors samband med beståndsbehandlingen - inventering av yngre gallringsförsök. Skogshögskolan, institutionen för skogsproduktion. *Rapporter och Uppsatser* 23, 1-205.
- Persson, P. (1975) Stormskador på skog - Uppkomstbetingelser och inverkan av skogliga åtgärder. Skogshögskolan. Inst. Skogsproduktion. *Rapporter och Uppsatser* 36, 1-294.
- Petrini, S. (1934) Ett 25-årigt försök med naturförnygring i Norrländsk råhumusgranskog. Meddelande från Statens Skogsförsöksanstalt 27:7:224-288.
- Pettersson, F (1995) Effekter av olika röjnings- och gallringsåtgärder på beståndsutveckling i tall- och granbestånd. Redogörelse från SkogForsk 5, 1-46.
- Pukkala, T., Lähde, E., Laiho, O. (2011) Metsän jatkoiva kasvatus (Continuous cover forestry). Bookwell, Porvoo ISBN 978-952-61-0304-4.1-229.
- Pöntynen, V. (1929) Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksina raja-karjalan valionmilla. Suomalaisen kirjallisuuden seuran kirjapainon OY Helsinki.1-190.
- Richter, J. (1996) Sturmschäden in Fichtenbeständen. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 167, 234-238.
- Räsänen, P., Pohtila, E., Rautiainen, O., Laitinen, E. (1979) Valtakunnallinen metsänuudistamisen inventointitutkimus aloitettu metsätutkimuslaitoksessa. *Metsä Ja Puu.*2, 4-9.
- S:son-Wigren, C. (2005) Lutz låter naturen göra jobbet. *Skogsland.*49, pp7-9.
- Selander, J. (1993) Survival Model for *Pinus sylvestris* Seedlings at Risk from *Hylobius abietis*. *Scandinavian Journal of Forest Research.*8, 66-72.
- Selander, J., Immonen, A., Raukko, P. (1990) Resistance of naturally regenerated and nursery-raised Scots pine seedlings to the large pine weevil. *Hylobius abietis* (Coleoptera, Curculionidae). *Folia Forestalia.*766, 1-19.
- Skoklefeld, S. (1989) Planting og naturlig foryngelse av gran under skjerm og på snauflete. Planting and natural regeneration of Norway spruce under shelterwood and on clear-cut area. Norsk institutt for skogforskning, Rapport.,6, 1-39.

- Spurr S.H. and Barnes B.V. (1980) Forest Ecology. *John Wiley & Sons, New York* 1-687.
- Sundkvist, H. (1993) Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå. pp 1-33.
- Sundkvist, H. (1994) Extent and causes of mortality in *Pinus sylvestris* advance growth in northern Sweden following overstory removal. *Scandinavian Journal of Forest Research*.9,2, 158-164.
- Sydow v, F., Örländer, G. (1994) The influence of shelterwood density on *Hylobius abietis* (L.) occurrence and feeding on planted conifers. *Scandinavian Journal of Forest Research*.9, 367-375.
- Söderberg, U. (1986) Funktioner för skogliga produktionsprognoser - Tillväxt och formhöjd för enskilda träd av inhemska trädslag i Sverige (Functions for forecasting of timber yields - Increment and form height for individual trees of native species in Sweden). Sveriges Lantbruksuniversitet, Avdelningen för Skogsuppskattning och Skogsindelning, Rapporter- Skog.14, 1-251.
- Thörnqvist, T. (1990) Ungdomsved i barrträd. Juvenile Wood in Coniferous Trees. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skog-Industri-Marknad, Rapport 10:1-149.
- Vaartaja, O. (1951) Alikasvosasemasta vapautettujen männyn taimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. On the recovery of released pine advance growth and its silvicultural importance. *Acta Forestalia Fennica*.58.3, 1-133.
- Valinger, E. (1990) Inverkan av gallring, gödsling, vind och trädstorlek på tallars utveckling. Influence of thinning, fertilization, wind and tree size on the development of Scots pine trees. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Avhandling.1-27.
- Valinger, E. (1992) Effects of thinning and nitrogen fertilization on stem growth and stem form of *Pinus sylvestris* trees. *Scand J For Res* 7, 219-228.
- Valinger, E., Lundqvist, L. (1992) En analys av snöbrottskador på Örnsköldsviks skogsförvaltning, MoDo. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Arbetsrapport.64, 1-22.
- Valinger, E., Lundqvist, L. (1993) Rätt skötsel ger lägre risk för snö- och vindskador i tallbestånd. *Skogsfakta*.11, 1-4.
- Valinger, E., Lundqvist, L. and Bondesson L. (1993) Assessing the Risk of Snow and Wind Damage from Tree Physical Characteristics. *Forestry* 66, 249-260.
- Valinger, E., Lundqvist, L. and Brandel, G. (1994) Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in *Pinus sylvestris*. *Scand J For Res* 9, 129-134.
- Valinger, E. and Pettersson, N. (1996) Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in *Picea abies* in southern Sweden. *Forestry* 69, 25-33.
- Valinger, E., Fridman, J. (1999) Models to assess the risk of snow and wind damage in pine, spruce and birch forests in Sweden. *Environ Manage*
- Valinger, E., Ottosson Löfvenius, M., Johansson, U., Fridman, J., Claeson, S., Gustafsson, Å. (2006) Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun. Rapport 8. Skogsstyrelsen, Rapport.8, 1-58.
- Vanclay, J. (1992) Modelling regeneration and recruitment in a tropical rain forest. *Canadian Journal of Forest Research* 22:1235-1248.
- Whitmore, T.C. (1990) An Introduction to Tropical Rainforests. S: Oxford University Press (Oxford) 1-226.
- Vuokila, Y. (1982) Mesien teknisen Laadun kehittäminen. The improvement of technical quality of forests. *Folia Forestalia*.523, 1-55.
- Wallertz, K. (2005) Pine weevil *Hylobius abietis* feeding in shelterwood systems. Lic thesis Southern Swedish Forest Research Centre, SLU.
- Wallmo, U. (1897) Rationell skogsafverkning. Praktiska råd till såväl större som mindre enskilde skogsägare, samt svar på en fråga för dagen. CE Frizes Kongl Hofbokhandel, Stockholm, pp 288.

- Werner, F., Årman, J. (1955) Stormfällningens dynamik - en studie. Skogsvårdsföreningens Tidskrift.53.3, 311-330.
- Wikberg, P-E (2002) Manuscript. Skogsskötsel, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Wikberg, P.-E., Elfving, B., Kempe, G. (2004) Modelling understory sapling density and distribution in Swedish forests. In: Occurrence, Morphology and Growth of Understory Saplings in Swedish Forests..Summary and three articles. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Silvestria, ISBN 91-576-6706-3.322, 1-21.
- Wikberg, P.-E., Lundmark, T. (2008) Naturkultur. Utveckling i försöksserien de 10 första åren. Skogsstyrelsen, Rapport 23, 2008.1-29.
- Willén, E. (1996) Ljusinsläpp och skogsförnyring i granskärrar. SLU, Skogsskötsel, Examensarbete.2, 1-34.
- Wretling, J. (1934) Bidrag till belysande av förnyingsbetingelserna på övre Norrlands tallhedsmarker. Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift.
- Yazdani, R., Lindgren, D. (1988) Genspridning hos tall vid naturlig förnyring under fröträd. Skogsfakta., 1-4.
- Zajaczkowski, J., Lesinski, J., Hagner, M., Näslund, B.-Å. (1995) Frequency of advance growth in Swedish forests: Analyses of The National Forest Survey Data. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Silviculture, Manuscript., 1-23.
- Zimmer, S.-E. (2013) Effekter av höggallring i flerskiktad skog - beståndsutveckling i ett fältförsök med Naturkultur. *Examensarbeten, Skogens ekologi och skötsel, Sveriges Lantbruksuniversitet* 4, 1-24.
- Ågren, D. (2005) Tillväxtreaktion på kvarlämnade träd i Hagners "Naturkultur" försök. Growth response of retained trees in Hagner's "Liberich" experiments. *Swedish University of Agricultural Sciences, Institutionen för skogsskötsel, Examensarbete* 15, 1-28.
- Örlander G. (1991) Överlevnad hos beståndsförnyring efter skärmhuggning. I Agestam, E. Red.: Halvtid för Sydsvensk Skogsforskning. *Sveriges Lantbruksuniversitet, Enheten för Sydsvensk Skogsforskning, Arbetsrapport* 1, 1-129.
- Öyen B.-H. and Nilssen P. (2002) Growth effects after mountain forest selective cutting in southeast Norway. *Forestry* 75, 4, 401-410.

### **SKOGLIGA INNOVATIONER OCH NYHETER**

\*Naturkultur (NK) är ett helt unikt skogsbrukssätt som kan tillämpas i alla världens skogar. Omedelbart.

\*NK utgår från trädgruppens egenskaper, inte beståndets. Optimering sker för de få träd som utnyttjar samma tillväxtresurser. Radien i trädgruppen är ca 5 m.

\*På varje punkt maximeras i första hand nyttan av andra resurser än virkesvärdet, i andra hand virkesvärdet.

\*De största träden skall stå så glest, på ca 10 m avstånd, att de inte konkurrerar med varandra. Detta är ekonomiskt optimalt.

\*Trädvalet sker med tanke på värdeutvecklingen hos de träd som befrias vid gallringen.

\*Vetenskapliga försök med blädning som följts under många decennier visar att högsta volymproduktion uppnås om: kraftiga gallringsingrepp undviks, skogen hålls naturligt flerskiktad, virkesförrådet hålls lågt, 50 m<sup>3</sup>/ha.

\*I äldre svensk skog finns i medeltal 30 tusen plantor/ha. Dessa plantor kan utnyttjas endast om kalhuggning undviks.

\*Berikande plantering i luckor sker direkt i mossan, första sommaren efter gallringen.

### **EFFEKTEN AV NATURKULTUR**

\*Skogsägarens nytta maximeras på varje punkt i skogen.

\*Virkesodlingens netto fördubblas; återväxtkostnaderna minskar drastiskt och inkomsten ökar p.g.a. ökad andel timmer med förbättrad virkeskvalitet.

\*Klimatet, biodiversiteten och markvården gagnas.

### **ARBETSSÄTT**

*Skörda mogna träd och befria ekonomiskt omogna träd med goda egenskaper. Se till att det träd Du skall skörda nästa gång har god kvalitet och slipper konkurrens från träd i samma storlek.*

Utgå från skogsägarens målsättning: miljö, ekonomi, jakt och rekreation. Anpassa gallringen efter den unika situationen på varje punkt där du står.

**ISBN 978-91-527-3719-4**