DST 4/04

Stormstabilitet af gran

Debat om måldiameterhugst og hugstmodel i gran

Dansk Skovbrugs Tidsskrift

89. årgang, hæfte 4. Udgivet af Dansk Skovforening

December 2004

Stormstabilitet i rød- og sitkagran

ved hugst fra toppen og måldiameterhugst

Af Christian Nørgaard Nielsen, Merete Morsing, Niels Heding og Jens Peter Skovsgaard, Skov & Landskab, KVL

Denne artikel er skrevet som et led i udførelsen af projektet "Dimensionshugst i bøg og rødgran/sitkagran", som støttes økonomisk af Vemmetofte Kloster, Stiftelsen Sorø Akademi, Carlsen-Langes Legatstiftelse, Skov- og Naturstyrelsen, Produktudviklingsordningen for Skovbrug og Træindustri, samt Skov & Landskab.

Hvad er hugst fra toppen og måldiameterhugst ?

Der eksisterer mange forskellige opfattelser af begrebet "hugst fra toppen". Vores opfattelse gengives derfor kort:

Hugst fra toppen
Hovedprincippet for hugst fra toppen er, at der løbende hugges blandt bevoksningens største træer med det formål at øge den andel af træproduktionen, som falder i store dimensioner. Dette hæver den producerede vedmasses gennemsnitlige dækningsbidrag.
Hugst fra toppen medfører over hele omdriften normalt en forbedring af vedkvaliteten, fordi de grovgrenede træer fjernes i de tidlige hugster, og fordi tilvæksten efter hugst flyttes til mindre træer med smallere årringe i ungdomsveddet og mindre grene. Dette giver sammenlagt en højere vedkvalitet over hele omdriften og dermed flere kubikmeter A-træ.

Måldiameterhugst
Måldiameterhugst er en speciel udgave af hugst fra toppen. Hugsten føres ikke blot blandt de dominerende træer, men det er yderligere et krav, at midtdiameteren (ofte omregnet til brysthøjde-diameteren) har nået en vis nedre grænseværdi, som sikrer, at det aflagte tømmer falder i en specifik pris-/diameterklasse.
For eksempel på Frederiksdal og Lindenborg skovdistrikter udvises i de ældre bevoksninger således kun rødgran og sitkagran med en diameter i brysthøjde større end 36 cm. Dette sikrer, at tømmeret falder i midtdiametergruppen 26+ cm.
De to hugstmåder minder om hinanden, men måldiameterhugsten er mere stringent i kravet om, at alle hugsttræer skal have nået en bestemt prisklasse. I praksis fører måldiameterhugsten også til mere hyppige, men svage indgreb, mens en hugst fra toppen uden specifikke diameterkrav let medfører stærkere indgreb. Endvidere kan hugst fra toppen føres i alle bevoksningsaldre, mens måldiameterhugst sigter imod at producere mere stort træ hen mod omdriftens slutning.
Denne artikel beskriver to danske hugstmodeller (Juncker-hugst og Heding-hugst)

Figur 1. Måldiameterhugst medfører, at en større del af bevoksningens samlede produktion består af stort tømmer. Fotografiet viser rødgran og sitkagran skovet i marts 2004 på Frederiksdal. 90% af skovningen er over 26 cm på midten.

samt en mere skematisk og stærk hugst fra toppen. Træernes sundhed og stormfaldsrisiko ved disse tre hugstmåder vurderes.

Referencerammen for stabilitetsvurderingen

Stabilitetsvurderingen beror på en vurdering af, hvordan de omtalte behandlingsmodeller påvirker fem stabiliseringsmekanismer (tabel 1), som er udførligt beskrevet tidligere (Nielsen 2004, 2001b og 1990). De fem mekanismer kan kort sammenfattes i følgende hovedpunkter:

- *Mekanisme 1, reduceret rodkonkurrence i ungdommen*: Høj rodkonkurrrence forud for den første tynding bevirker, at rod-

Tabel 1. En oversigt over de stabiliseringsmekanismer, som påvirkes stærkt af hugstmåden. (Nielsen 1990, 2001).

Stabiliseringsmekanismer		Tidspunkt	Medfører stimulering af	
			enkelttræ-stabilitet	social stabilitet
1	lav rodkonkurrence i ungdommen	ungdom	+	–
2	biomasseakkumulering	hele tiden	–	+
3	lukket kronetag	alderdom	–	+
4	uforstyrrede tilpasningsmekanismer	alderdom	–	+
5	solitær tilpasning	hele tiden	+	–

systemet udvikler en svagt forgrenet arkitektur. Dette har en negativ virkning på udviklingen af "træk-rødder" ("bardunrødder") gennem hele resten af omdriften.
- *Mekanisme 2, biomasseakkumulering*: Jo mere af omdriftens stammeproduktion, som fjernes i tyndinger, desto flere af bevoksningens ankre kappes. Stød fra fældede træer optager ikke destruktiv stormenergi fra kronetaget, og tyndinger medfører tab af forankringsaktiv rodbiomasse.
- *Mekanisme 3, lukket kronetag, social stabilitet*: Et lukket kronetag, hvor trækronerne rører hinanden har to positive effekter. Dels trænger vinden ikke så dybt ned i kronerummet (nabolævirkning), dels yder træerne fysisk støtte til hinanden ("står skulder ved skulder"). Det hindrer træerne i at svaje voldsomt i stormvejr.
- *Mekanisme 4, uforstyrrede biomekaniske tilpasningsmekanismer*: Træer i bevoksninger tilpasser deres rod/top-forhold, rodsymmetri og rodstivhed til den givne vindstruktur, som er bestemt af nabotræernes lævirkning. Ved fjernelse af et tyndingstræ skal alle nabotræerne tilpasse sig en ny vindstruktur.
- *Mekanisme 5, solitær tilpasning*: Træer, som er udsat for en særlig stærk vindeksponering, oplever afrivning af rødder af både 1. og 2. orden, hvorefter en mere stabil rodarkitektur udvikles (f.eks. kabelrødder).

Junckerhugst i nåletræ

Junckers særlige hugstmåde i nåletræ blev praktiseret på Overgård, i Trinderup plantage samt i et distriktsforsøg i Trend skov. Dybest set var Junckers primære mål at hæve sin kapital i skoven så hurtigt som muligt, men hans særlige udhugningsteknik er i dag stadig interessant, fordi den muliggør en hurtig konvertering af nåletræ til løvtræberigede bevoksninger.
Juncker førte en hugst fra toppen, ligeså snart der kunne aflægges småtdimensioneret tømmer (11-15- og 16-20-tømmer), og han huggede helst hvert år. Hugsterne blev derfor hyppige, men de enkelte ind-

greb blev svage og fordelt uregelmæssigt i bevoksningen.
Eftersom hugsterne blev indledt meget tidligt og fortsat i et forceret tempo, blev grundfladen og den stående vedmasse holdt på et meget lavt niveau [1] (10-15 m^2 per ha). Dette medførte, at bevoksningerne tidligt fik åbnet kronetaget stærkt, hvilket gav en gunstig jordbundsudvikling og gunstige foryngelsesvilkår (rigeligt lys, vand og næring).
Desuden tillod hugstmåden, at vinden kunne gribe dybt ned i kronetaget. Dette gav grantræerne tid til at tilpasse sig den gradvise fristilling, hvilket er vigtigt i relation til træernes stabilisering.
Det, at Junckers nåletræer blev fritstillet ved en lav højde, medførte givetvis, at træerne opnåede en væsentlig grad af "solitærtræ-tilpasning". Træerne opnåede således en biomekanisk stabilitet i lighed med skærmtræer (Nielsen et al. 2002).
I modsætning til en traditionel skærmstilling skete fritstillingen gradvist, hvilket har givet Junckers træer en langstrakt og stabil tilpasning af rod/top-forhold og rodmorfologi. Den lange tilpasningsperiode gør sådanne bevoksninger rimeligt stormfaste.
I distriktsforsøget i Trend skov så man efter 1981-stormen, at de fleste træer i Junckers parceller stod uskadte, mens den traditionelle distriktshugst blev mere eller mindre ødelagt af stormen.
Endvidere viste det sig, at træerne i Junckers parceller ikke led af topdød efter stormen, men fortsatte væksten. De fleste findes den dag i dag. Derimod led tilbageværende graner i de normalt huggede bevoksninger af tilvækststagnation og død i årene efter stormfaldet i 1981 (oplyst af skovejer Hans Kieldsen).
I øjeblikket er Juncker-hugsten især interessant, fordi den fremstår som en stabil konverteringsmodel. Desværre har markedet for nåletræ ændret sig, så det er tiltagende vanskeligt at opnå et positivt dækningsbidrag ved at indlede hugsten så tidligt, som Juncker gjorde. For at opnå den fysiske og fysiologiske stabilisering, som Juncker-hugsten medfører, skal man indlede tyndingerne, så snart de dominerende træer har nået en brysthøjdediameter på omkring 20 cm.

Hedings måldiameterhugst på Frederiksdal

Måldiameterhugsten tjener flere formål:
(1) Det vigtigste er at forbedre det økonomiske udbytte ved, at de bedst betalte store sortimenter udgør en større andel af bevoksningens samlede træproduktion i sammenligning med renafdriftsystemet.
(2) Behandlingen afføder en langstrakt foryngelsesfase, hvor foryngelse kan udvikle sig i takt med, at bevoksningen bliver lysere og lysere.
(3) Hvis denne behandling praktiseres i hele skoven, så forbliver skovens kronetag sluttet, og bevoksningsrande opstår sjældent (Heding 2000, 2001a, b, 2003, 2004). Hugstformen er derfor velegnet til at konvertere til naturnære skov- og bevoksningsstrukturer (Nielsen & Larsen 2001b, Nielsen et al. 2002).
Rødgranbevoksningerne på Frederiksdal er specielle derved, at de er anlagt med et stort planteantal (10.000 per ha) og svagt tyndet. Den svage tynding skyldes uvilje imod hugster, som ikke giver et overskud. Der er dog anlagt stikspor, og der er foretaget en række mindre tyndinger, hvor der er aflagt rafter til et lokalt salg.

1) Dette begejstrede renteregningsfolket p.g.a. den høje forrentning af en ringe kapital.

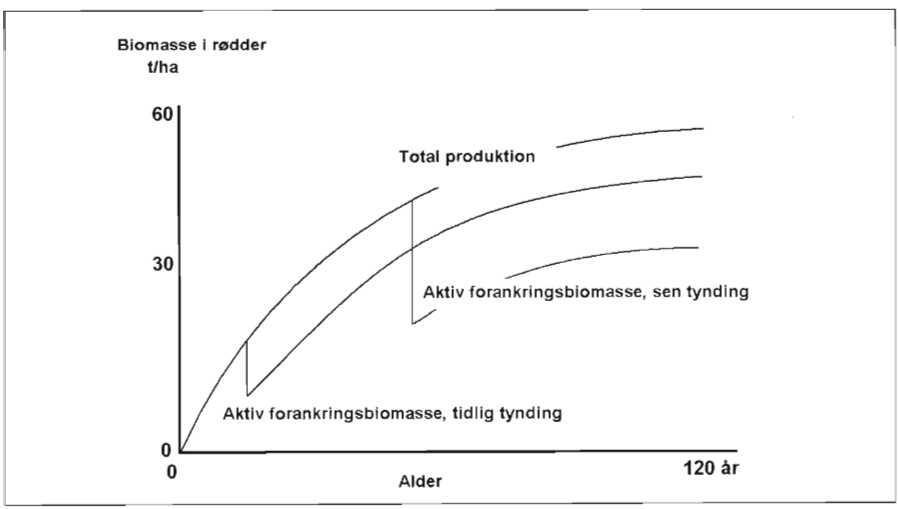
Det vil sige, at måldiameterhugsterne (måldiameter mindst 36 cm i brysthøjde) er påbegyndt på et tidspunkt, hvor stamtallet er over 1.000 træer per ha. Dette er årsagen til, at bevoksningerne nu er meget tætte og har usædvanligt høje stamtal, grundflader og stående forråd.

Almindeligvis er kombinationen af manglende ungdomshugster og sene tyndinger den værst tænkelige cocktail for en granbevoksnings stormstabilitet. Men der er en række særlige forhold i Hedings behandling, som har forbedret stabiliteten:

- *Meget stor akkumulering af forankringsbiomasse*: Den store grundflade og stående masse medfører, at der på bevoksningsniveau er fastholdt en meget stor mængde "forankringsbiomasse". Dette er en af de vigtige stabiliseringsmekanismer bag D→A hugst og tyndingsfri drift, se figur 2.
- *Generelt høj social stabilitet*: Det store stamtal og den svage, spredte hugstmåde medfører, at kronetaget (særligt i de mellemaldrende bevoksninger) er sluttet. Den sociale stabilitet er derfor rimelig høj.
- *Forstyrrelserne af træernes sociale stabilitet og biomekaniske forankring er små*: Tyndingshugsterne er svage og fordelt som punktvise indgreb i bevoksningen. Hugsternes indflydelse på den sociale stabilitet gennem åbning af kronetaget er spredt, da der aldrig fældes flere træer, som står tæt på hinanden. Dette betyder, at nabotræer til de fældede træer kun har mistet den sociale støttevirkning på én side, men stadig er fastholdt i et socialt støttesystem i de øvrige retninger.

Samtidig bevirker de svage og spredte indgreb, at vindstrukturen i kronetaget kun ændres lidt, hvilket indebærer at

Figur 2. Akkumulering af aktiv forankringsbiomasse i en tidlig henholdsvis sen hugst af hveranden række.



Figur 3. Stort plantetal kræver stærk stamtalsreduktion, hvor en stor del af forankringsbiomassen går tabt. Billedet viser en bevoksning i Rude skov med mange stød. Bevoksningen er etableret med en planteafstand på 1,25 m x 1,25 m.

Figur 4. Lille plantetal betyder tynding af færre træer. Derved forbliver en større rodmasse aktiv i forankringen af bevoksningen. Billedet viser en bevoksning i Rude skov med få stød. Bevoksningen er etableret med en planteafstand på 2,5 m x 2,5 m.

forstyrrelsen af træernes biomekaniske stabilitet også er beskeden. Herved adskiller Hedings hugst sig markant fra traditionelle tyndingshugster, hvor træernes sociale støtte nedsættes.

Der skoves hvert år eller mere realistisk hvert andet år. Skover man hvert andet år, bør udtaget begrænses til cirka 20 træer eller cirka 30 m^3/ha per gang. Dette svarer i begyndelsen nogenlunde til bevoksningens tilvækst.

Hugsten føres således, at man undgår stærke lokale forstyrrelser. Det indebærer, at nabotræer aldrig fældes samtidig, og at et blivende træ aldrig blottes på mere end én side ad gangen. Typiske "ankertræer", som står i udkanter, langs spor eller i vestenden af en stormfaldskile bevares af hensyn til stabiliteten.

Det anbefales stærkt at lade vrag-træer og døde træer stå for at øge de sociale støtte-effekter i kronerummet – med mindre der findes udbredt svækkelse blandt bevoksningens træer, som udsætter disse for angreb af typograf og andre barkbiller.

Stabilitetsmæssig optimering af Junckers og Hedings modeller

Tilpasning til jordbunden

Man skal ikke være blind for, at Hedings succes med måldiameterhugst på Frederiksdal uden stormskader muligvis også kan tilskrives den usædvanligt dybe rodudvikling på kuperet, gruset morænejord. Hvis måldiameterhugst i rød- og sitkagran udføres på mindre dybgrundet jord, bør man fokusere endnu mere på stabilitet, end Heding har gjort. Måldiameterhugst på fladgrundede jorder må betegnes som risikabelt, og uden en kombination med rumlig stabilisering bør det undgås. Der gives i det følgende en vejledning til, hvordan stabiliteten kan optimeres med Junckers og Hedings hugstmåder.

Ungdomsstabilisering og opbygning af enkelttræstabilitet

Man bør anvende de stabiliseringsmekanismer, som kan optimere træarkitekturen i ungdommen (Nielsen 2001).

Den enkelttræstabilitet, som træerne kan bibringes i ungdommen gennem reduktion af rodkonkurrencen og gennem stærk vindbelastning, har en positiv effekt på træernes stormstabilitet i resten af omdriften. Dette kan opnås ved at nedbringe stamtallet til højst 2.000 træer per ha ved en bevoksningshøjde på 6-8 m. På dette tidspunkt gennemføres også randstabilisering og eventuelle interne stabiliseringsbælter, eller der anlægges stabiliseringsgrupper – se Nielsen 2001.

Ved 12 meters højde bør stamtallet være reduceret til cirka 1.000 træer per ha. En sådan stamtalsreduktion sikrer, at træernes kroneandel er ca. 50 %, og at der opnås en forholdsvis høj enkelttræstabilitet. Disse bevoksningsmål opnås gennem stor planteafstand, flisninger eller tynding. En del af den nødvendige stamtalsreduktion gennemføres ved indlæggelse af stikspor og tynding i kulisserne.

For at opnå den sociale differentiering, der er en forudsætning for at kunne føre måldiameterhugst over en lang periode, bør man undgå en udpræget hugst fra neden. Krukkehugst skal tilstræbes. Særligt tætte grupper skal tyndes selektivt for at undgå dannelsen af homogene grupper, som ikke senere kan tyndes af hensyn til stormfaldsfaren.

Tidspunktet for indføring af måldiameterhugst efter 12 meters højde

Herefter må man beslutte sig til enten Junckers eller Hedings hugstmåde.

Juncker-hugsten – med en lille måldiameter – kan iværksættes allerede ved den første regulære tynding ved 15-18 m og herefter fortsættes kontinuert. Gennem disse tidlige, løbende hugster holdes grundfladen på et lavt niveau.

Hedings måldiameterhugst medfører imidlertid, at bevoksningen efter reduktionen til cirka 1.000 træer per ha går ind i en behandlingsfri fase, hvor træerne gror uforstyrret, indtil de største har opnået måldiameteren på 36 cm. Bevoksningens grundflade vil i denne periode øges til anseelige højder, skønsvist 50-55 m^2 per ha.

Et skrækscenarium: Skematisk hugst fra toppen

Hugst fra toppen bør så vidt muligt tilrettelægges under hensyn til den optimering af bevoksningens og de enkelte træers stabilitet, som vi har beskrevet oven for. Hugst fra toppen gennemført som skematiske indgreb kan være en meget risikabel praksis.

Skrækscenariet kunne være: Højt plantetal (3.500 planter per ha), udskydelse af første hugst, indtil den kan give et positivt dækningsbidrag (diameter i brysthøjde på 20 cm for de dominerende træer) og efterfølgende maskintyndinger med lange og eventuelt uregelmæssige mellemrum, hvor der hugges fra toppen med store udtag (30-40% af grundfladen per gang).
Den manglende regelmæssighed i tyndingerne kunne fx forårsages af tilpasning til konjunkturer og marked, eller varierende likviditetsbehov. De store udtag kunne fx skyldes reduceret mandskabsstyrke eller hensyn til skovningsmaskinernes effektivitet. Man risikerer derved at tynde hårdt med fire til otte års mellemrum.
Da driften på mange ejendomme er baseret på en stærkt reduceret funktionærstab, udføres skovningerne med skovningsmaskine uden den forudgående udvisning, der kunne sikre en rumlig differentieret behandling.
Den fysiske og fysiologiske stabilitet i dette eksempel er ringere end ved traditionel hugst fra neden.

Hugstpraksis og stabilitet: En sammenfattende vurdering

Bevoksningsbehandlingen har afgørende betydning for stormstabiliteten i forhold til bevoksningshøjde, træart og jordbund. For eksempel er høje bevoksninger, der har været behandlet stormfaldsmæssigt korrekt, ikke nær så udsatte for stormfald som tilsvarende eller lavere bevoksninger tyndet uden samme hensyn. Orkanens rasen over Sønderjylland i 1999 viste, at 25 m høje granbevoksninger, som ikke havde været tyndet i 7-10 år, var mere stabile end 10 m høje bevoksninger, som netop var blevet tyndet. Behandlingsforskelle spiller derfor en meget stor rolle for stormfaldsrisikoen.
Hermed være dog ikke sagt, at man til stadighed kan eller bør maksimere stormstabiliteten. Netop i foryngelses- eller konverteringssituationen i de ældre bevoksninger må man ofte acceptere en reduktion i stormstabilitet, og det er netop i denne situation at Juncker- og Heding-hugst gør sig positivt bemærkede i sammenligning med "traditionel" dansk hugst.
Der er to generelle stabilitetsmæssige problemer ved hugst fra toppen: Dels den punktvise forstyrrelse af den sociale stabilitet, dels det faktum, at man fjerner "anker-træer" med størst rod/top-forhold og den bedste tilpasning til høj vindbelastning. Med stigende alder og faldende stamtal vil den sociale differentiering dog blive reduceret, og det gør i tiltagende grad alle træer til anker-træer. Disse forhold gør, at hugst fra toppen og måldiameterhugst i nåletræ aldrig opnår den maximalt mulige fysiologiske og fysiske stabilitet. Følger man imidlertid visionerne fra den stabilitetsoptimerede Juncker- eller Heding-hugst vil man almindeligvis opnå en god stormstabilitet, som yderligere styrkes, hvis jorden tillader en dybgrundet rodudvikling.
Som det fremgår af teksten og ses i tabel 1 og 2, er det forskellige stabiliseringsmekanismer som er aktive med henholdsvis Junckers og Hedings hugstmåder. Begge metoder udmærker sig imidlertid ved at være stabile i forhold til traditionel dansk og mellemeuropæisk hugst fra neden. Med en skematisk og uovervejet, ekstensiv hugst fra toppen misrøgtes alle bevoksningens stabiliseringsmekanismer i en grad, som overstiger effekten af almindelig traditionel hugst.

Tabel 2. Vurdering af stormfaldsrisikoen for forskellige hugstmodeller som funktion af disses indflydelse på de fem stabiliseringsmekanismer, som blev præsenteret i tabel 1. + betyder positiv effekt, - betyder negativ effekt.
Det fremgår, at Juncker-hugst og Heding-hugst giver en rimelig stabilitet i alderdommen, dog langt fra så god som med en bevidst stabiliserende hugst. En skematisk maskinel hugst fra toppen giver en overordentlig dårlig stormstabilitet.

	Stabiliserings mekanisme	Effekt ved bev. højde	Handling	Effekt på stabiliteten i alderdom	**Samlet stabilitet i alder-dommen**
Juncker hugst	1	6-12 m	stærke flisningshugster	++	+
	2	> 10 m	lav grundflade	0	
	3	> 18 m	helt åbent kronetag	- -	
	4	> 15 m	løbende stærk tilpasning	++	
	5	> 6 m	meget åbent kronetag	+	
Heding hugst	1	6-12 m	stærke flisningshugster	++	+
	2	> 10 m	høj akkumulering af biomasse	++	
	3	> 18 m	delvist lukket	+/-	
	4	> 15 m	svage forstyrrelser	+/-	
	5	> 6 m	tætte kronetag	0	
Skematisk hugst fra toppen	1	6-12 m	første tynding udskydes	- - -	---
	2	> 10 m	stærke tyndinger fra 18 m	0	
	3	> 18 m	åben i alderdom	- - -	
	4	> 15 m	meget voldsomme forstyrr	- - -	
	5	> 6 m	slutttet bevoksning	0	
Traditional europ. hugst	1	6-12 m	første tynding udskydes	- - -	--
	2	> 10 m	stærke tyndinger fra 18 m	0	
	3	> 18 m	åben i alderdom	- - -	
	4	> 15 m	stærke forstyrrelser	-	
	5	> 6 m	slutttet bevoksning	0	
Stabiliserende D→A hugst	1	6-12 m	stærke flisningshugster	++	+++
	2	> 10 m	høj akkumulering af biomasse	++	
	3	> 18 m	helt lukket i alderdom	+++	
	4	> 15 m	ingen forstyrrelser	+++	
	5	> 6 m	sluttet bevoksning	0	

En af styrkerne ved Heding-hugsten er den store stående vedmasse, som sikrer en stor forankringsbiomasse på bevoksningsniveau. I takt med at bevoksningen langsomt afvikles, og træerne udvikler stor enkelttræstabilitet (ankertræer), aftager derimod forankringsbiomassen på bevoksningsniveau. Man må derfor antage, at den gamle bevoksning bliver mere og mere labil, des mere grundfladen aftager. Ingen af bevoksningerne på Frederiksdal har endnu nået dette stadium, men situationen er nært forestående i den ældste bevoksning (tabel 3). Dette kan være en baggrund for målrettet at stimulere foryngelsen på et relativt tidligt tidspunkt, således at næste generation etableres gruppevis og skovklimaet bevares, hvis den aldrende bevoksning lider stormskade i afvirkningsfasen.
Afhængig af jordens dybgrundethed må man forvente, at der i afviklingsfasen opstår spredte stormfald, som kan anvendes til passiv eller aktiv foryngelse, og dermed styrke en konvertering mod naturnær drift.

Den fysiologiske sundhed afhænger i høj grad af en god fysisk stabilitet (Nielsen & Knudsen 2004).

Andre fordele og ulemper

Andre fordele og ulemper er kort sammenfattet i tabel 4.

Konkurrenceforhold
Hedings sent indledte måldiameterhugst skaber med tiden åbninger i bevoksningen. Undersøgelser af rodkonkurrence og lysforhold i lysbrønde i granbevoksninger viser, at disse bevoksningshuller skal have en diameter på 25-30 m i gennemsnit, før konkurrencen fra de gamle træer er mindsket nok til en foryngelse. Det betyder, at hvis man ønsker en tidlig iværksættelse af en gruppevis foryngelse, kan man blive nødt til målrettet at udvide begyndende huller; derefter kan man stabilisere randene ved at være meget forsigtig med hugst i disse i en periode. Den sent indsatte måldiameterhugst kan give en afvikling over en meget lang periode.

Tabel 3. Stamtallet per ha og dets fordeling på diameterklasser (brysthøjde) i en rødgranbevoksning på Frederiksdal. Data fra 1987, hvor måldiameterhugsten blev indledt samt fra 2003, hvor foryngelse har indfundet sig flere steder.

Diameter i brysthøjde, cm	Stamtal per ha i 1983	Stamtal per ha i 2003
- 19	91	43
20 – 24	298	112
25 – 29	229	155
30 – 34	155	187
35 – 39	53	139
40 -	16	41
I alt	**843**	**677**

Hvis målsætningen derimod er konvertering til uensaldrende blandinger, så kan det være nødvendigt målrettet at stimulere udviklingen af de begyndende lysbrønde, som måldiameterhugsten naturligt medfører. Ellers bliver den aldersmæssige differentiering i næste generation for ringe.
Flemming Junckers måde at tynde de unge granbevoksninger på medfører i lighed med skærmstillingshugster, at foryngelsen – naturlig eller indplantet – er nogenlunde ensaldrende. Den strukturmæssige homogenitet i alder og rumlig fordeling som følger heraf, er ikke specielt ønskelig, hvis man ønsker at konvertere mod en naturnær drift med en høj grad af "naturautomatik".

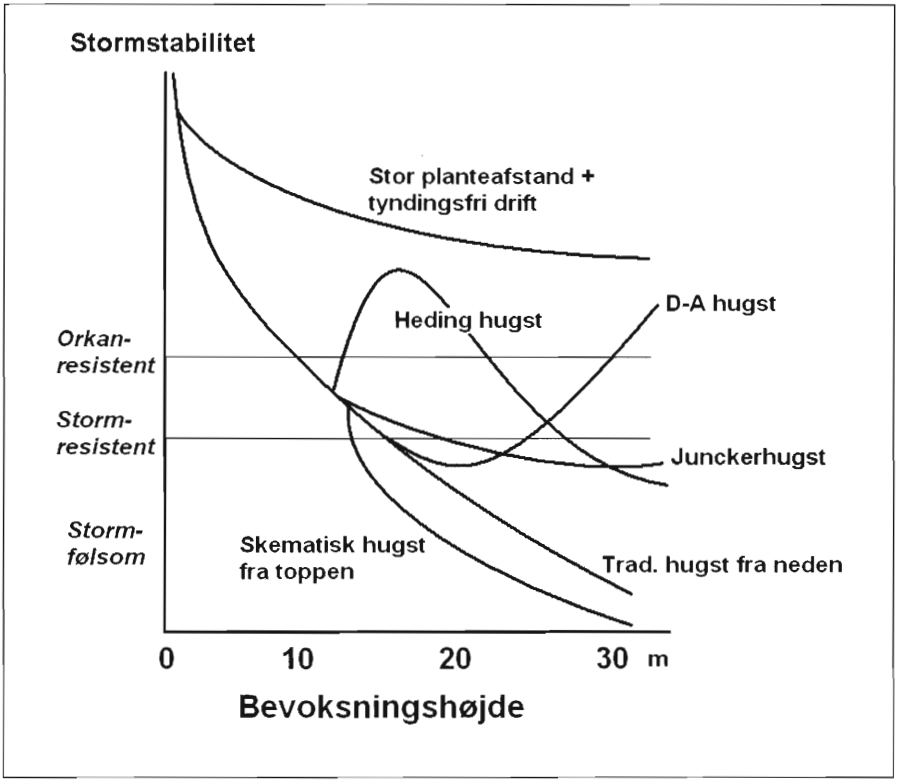
Plukhugstdrift
Juncker-hugsten fører heller ikke til plukhugstdrift. Egentlig plukhugstdrift kan man kun opnå, hvis man behandler bevoksningerne med dette mål for øje, og det er en meget langvarig proces at fremelske bevoksninger bestående af flere forskellige træarter med så stor forskel i størrelse og alder, at man kan tale om plukhugst (Morsing 2001, 2003).
En mulighed kunne være at gennemføre en rumligt differentieret konvertering – f.eks. med Juncker-hugst i striber på 50% af arealet mellem striber eller grupper af enten D→A hugst eller Heding hugst (se nedenfor). En sådan rumligt differentieret model giver en aldersmæssig forskydning i foryngelserne på 2-6 årtier, hvilket giver den variation i alder, højde og genetik, som er en forudsætning for effektiv anvendelse af "naturautomatikken".

Diameterfordeling
Der er grund til at gøre opmærksom på, at praktisering af måldiameterhugst i rødgran og sitkagran løber ind i en farlig periode, når mange træer i løbet af en kort årrække når måldiameteren. Forholdet er eksemplificeret i tabel 3.
Det fremgår af tabellen, at træerne især er grupperet omkring den gennemsnitlige brysthøjdediameter (26 cm) i 1983, hvor måldiameterhugsten påbegyndes. Når denne "middelværdi-pukkel" begynder at nå måldiameteren, må man passe på ikke at hugge så stærkt, at bevoksningens stabilitet svækkes.
På den anden side skal træerne skoves, inden de bliver for store. Man kan således se på stamtallets fordeling i 2003, at der faktisk er ved at være for mange træer, der er over 40 cm i brysthøjde. Kunsten er at få så meget gang i foryngelsen, at de nu mindre træer er pakket ind i opvækst, når stamtallet er formindsket til cirka 400 per ha.
Tabel 3 illustrerer de vanskeligheder, som diameterfordelingen medfører for i praksis at overholde kravet om hyppige og svage indgreb. Den understreger dermed behovet for en rumlig stabilisering, idet man ved tilstedeværelsen af stabile bælter eller grupper har mulighed for at indhente et hugstefterslæb.
Hvis man er kommet i den situation, som er skitseret i tabel 3, kan man (når man står i suppedasen) vælge at udpege dele af bevoksningen/skoven til en periodevis tyndingsfri drift, mens man indhenter hugstefterslæbet i den resterende del af området. Efter 5-10 år kan man gøre det modsatte.
På denne måde sker der ikke en homogen destabilisering af større områder, men de destabiliserende hugster gøres rumligt begrænsede. Det er vigtigt at forstå, at fleksibilitet i behandlingen af nåletræ generelt kan opnås gennem rumlig strukturering.

Tabel 4. Sammenligning af tre hugstmåder.

		Juncker hugst	Heding hugst	Skematisk hugst fra toppen
Karakterisering	nedre diameter	Ca. 20 cm	36 cm	Ca. 20 cm
	hugsthyppighed	årligt	1-3 år	4-8 år
	hugstmængde	Små (2-3% af grundfladen)	Små (2-5% af grundfladen)	Store (30-50% af grundfladen)
Effekter som afhænger af driftsformål		Meget kort omdrift	Meget lang omdrift	?
		Forholdsvis homogen foryngelse	Rumligt og aldermæssigt heterogen foryngelse	?
		Lav grundflade (20-25 m^2)	høj grundflade (50-60 m^2)	Trad. grundflade (30-40 m^2)
		Tidlig konvertering til ny generation	Sen og langstrakt konvertering	
		Meget ringe kapitalophobning	Stor kapitalophobning	Intermediær kapitalophobning
Fordele		Hugsterne giver beskæftigelse til fast stab uden negativt DB	Positive DB i hugsterne	Positive DB i hugsterne
		Intermediær vedkvalitet	Høj vedkvalitet	Intermediær vedkvalitet
		Høj enkelttræ-stabilitet	Forholdsvis høj social stabilitet og akkumulation af forankringsbiomasse	
		Alle træer udvikles til at være anker-træer	Mindre behov for anker-træer, fordi kronetaget i højere grad er lukket og p.g.a. en høj forankringsbiomasse	
			Velegnet til konvertering til "naturnær skovdrift"	
Ulemper		Mindre egnet til konvertering til heterogene strukturer (naturnær skovdrift)		Dårlig til konvertering til "naturnær skovdrift"
				Lav enkelttræ-stabilitet, lav social stabilitet
				Total mangel på anker-træer
				Meget uegnet til "Dauerwald" konvertering

Figur 5. Foryngelse i lysbrønd på Frederiksdal. Lysbrønden er opstået ved måldiameterhugst.



Figur 6. Principskitse til belysning af granbevoksningers stabilitet ved forskellige hugstmåder. Ved meget kraftig vindstyrke er ingen skovbevoksning fuldstændig stabil.

Kilder

Heding, N. (2000): Måldiameterhugst i det aldersklassevise skovbrug. DST 85: 1-51.

Heding, N. (2001a): Måldiameterhugst i det aldersklassevise skovbrug (1). Skoven 33: 88 - 91.

Heding, N. (2001b): Måldiameterhugst i det aldersklassevise skovbrug (2). Skoven 33: 136 - 140.

Heding, N. (2003): Mekaniseret måldiameterhugst i rødgran. Skoven 35: 426 - 429.

Holstener-Jørgensen, H.; Koch, N.E.; Nielsen, C.C.N. (1994): "Juncker tynding". Dansk Skovbrugs Tidsskrift 79: 275-280.

Juncker, F. (1994): Skovbrugsvejledning for "hugst fra toppen" – som praktiseret på Overgaard-Trinderup med et- eller toårige hugstmellemrum for rødgran og bøg, eventuelt løtræblandingsskov. DST 79: 313 - 320.

Morsing, M. (2001): Simulating selection system management of European beech (Fagus sylvatica L.). Ph.D.-Thesis. KVL, 176 pp.

Morsing, M. (2003): Plukhugst – definitioner og principper. Videnblad Skovbrug nr. 5.6-15, Skov & Landskab, 2 pp.

Nielsen, C.C.N. (1990): Einflüsse von Pflanzenabstand und Stammzahlhaltung auf Wurzelform, Wurzelbiomasse, Verankerung sowie auf die Biomassenverteilung im Hinblick auf die Sturmfestigkeit der Fichte, Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, 100, J.D. Sauerländer's, Frankfurt am Main, 259 pp.

Nielsen, C.C.N (2001): Vejledning i styrkelse af stormfasthed og sundhed i nåletræsbevoksninger. Dansk Skovbrugs Tidsskrift, 86: 216-264.

Nielsen, C.C.N. & Larsen, J.B. (2001): Stormstabilitet og naturnær skovdrift – med focus på bevoksninger med en høj nåletræsandel. Dansk Skovbrugs Tidsskrift, 86: 264-284.

Nielsen, C.C.N, Glent-Madsen, B., Gaarde M., Nord-Larsen T. (2002): Udvikling i stormstabilitet i mellemaldrende rødgrantræer efter stærk fritstilling. Dansk Skovbrugs Tidsskrift, 87: 41-72.

Nielsen, C.C.N. & Knudsen, M.A. (2004): Stormstabilitet og sundhed i en rødgranskærm. 7 års resultater efter skærmstillingen. Dansk Skovbrugs Tidsskrift, 89: 115-128.

Nielsen, C.C.N. (2004): "Tugthusdyrkningen" eller "Den oversete vækstfaktor: Vinden". Dansk Skovbrugs Tidsskrift, 89: 129-139.

Anti-Heding

– kritiske synspunkter om måldiameterbegrebet

Af skovrider Esben Møller Madsen, Trolleholm, og
lektor Henrik Meilby.

Kontakt med "fjenden"

Heding (2000) har i en artikel i DST udviklet, hvorledes man i praksis kan anvende måldiameterbegrebet. Hermed placerer han sig centralt i den forstlige "mainstream", hvor måldiameterhugst anvendes som et middel i konverteringen af ensaldrende højskovsbevoksninger til fleretagerede og uensaldrende bevoksninger.
Imidlertid er vi stærkt uenige med Heding. Efterfølgende fremføres dels en principiel kritik af måldiameterbegrebet, dels en kritik og afvisning af Hedings anbefalinger, som med største sandsynlighed vil lede til økonomiske tab i de fleste forekommende situationer.

Måldiameterbegrebet

Måldiameterbegrebet er et centralt begreb i det naturnære skovbrugs ideologi. Tankegangen bag begrebet er den enkle, at man i stedet for at betragte og behandle en bevoksning som en helhed – d.v.s. ud fra en gennemsnitsbetragning v. hj. a. middelstammediameteren, bør overgå til at se på det enkelte træ og dets diameterudvikling. Derfor bør man først lade træet hugge, når det har nået sin optimale diameter – kaldet måldiameteren.
Behandlingen kan endvidere have den konsekvens – forudsat at en spontan foryngelse indfinder sig – at bevoksningens strukturdifferentiering fremmes, hvorved overføringen til såkaldte naturnære strukturer samtidig befordres (Larsen & Madsen 2001). Som en væsentlig pointe ved behandlingen – hævdes det – opnår man desuden (hvilket unægtelig påkalder sig interesse), at bevoksningens *samlede* økonomi optimeres.
I modsætning hertil – hævdes det videre – står den traditionelle bevoksningstankegang, hvor man – som nævnt – anvender bevoksningens gennemsnitstræ og dets diameter som hugstkriterium. Dette betyder, at kun de træer, som har den ønskede gennemsnitsdiameter, bliver hugget ved et optimalt tidspunkt, hvorimod de øvrige enten er for store (d.v. s. at man har overholdt dem for længe med heraf følgende tab) eller for små (d. v. s. at man ikke udnytter deres mulighed for i løbet af de efterfølgende år at nå den optimale diameter).
I konsekvens heraf – hævdes det afslutningsvist – medfører det traditionelle afdriftskriterium således et økonomisk tab sammenlignet med en konsekvent hugst efter måldiameter.

Hedings paradoks

Hedings artikel har – med ovenstående tankegang som fundament – som mål at

udvikle, hvorledes man i praksis kan udforme en måldiameterhugst; derimod analyserer han ikke forudsætningerne bag de praktiske anvisninger nærmere. Sidstnævnte er – ud fra vort synspunkt – beklageligt, idet måldiameterbegrebet er flertydigt, hvormed også være sagt, at de praktiske konsekvenser kan variere.
For imidlertid at gøre en lang sag kort – og uden at fortabe sig i lange terminologiske udredninger – kan man kort karakterisere Hedings måldiameter som en subjektiv *statisk måldiameter*. Dette indebærer, at måldiameteren dels ligger fast og ikke ændrer sig med tiden, dels at den er uafhængig af enkelttræets diametertilvækst og dets konkurrencemæssige situation.
En statisk måldiameter står i kontrast til en dynamisk måldiameter, hvor de nævnte størrelser er foranderlige. Det er derfor naturligt at spørge sig, om den statiske måldiameter virkelig leder til økonomisk optimalitet ?
Og her bør man anstændigvis medgive, at også Heding synes at være i tvivl. Således skriver han (Heding op. cit., s 16): "*...At regne sig frem til en optimal måldiameter anser jeg for umuligt...*".
Situationen synes derfor ejendommelig. Hvorfor gennemfører Heding en regne- og skriveøvelse på 51 sider om, hvorledes man v. hj. a. måldiameterbegrebet kan optimere sin hugst når han på den anden side samtidig siger, at det egentlig ikke kan lade sig gøre? Er Heding usikker på sit forehavende?
I hvert fald forekommer det påfaldende at argumentere for et nyt omdriftskriterium som grundlæggende anses ikke eksisterende, for dernæst at udvikle instrumentet til det, som ikke findes?

Ekskursion til virkeligheden

Det vil formentlig kaste lys over situationen, hvis vi som grundlag for vor kritik tager udgangspunkt i nogle praktiske situationer:

Eksempel 1
Antag at måldiameteren for et finerkævletræ er bestemt til f.eks. 65 cm i brysthøjde. Udvisningskriteriet er enkelt: Træer, som endnu ikke har nået denne diameter, hugges ikke, men efterlades til senere, idet man afventer, at de skal nå måldiameteren. Det hele er meget enkelt.
Tanken, som ikke desto mindre melder sig ved et træ med f.eks. en diameter på 63 cm, er: Skal det alligevel tages – nu vi er her?
Dels repræsenterer træet en værdi, som det står, dels er man usikker på, hvor lang tid der går før måldiameteren nås. Går der 4 år, eller går der 12 år? Kan ventetiden motiveres økonomisk? Hvad er renteomkostningen ved at vente?

Svaret beror på følgende ting:
1/ Hvilket forretnings- og overskudskrav arbejdes der under?
2/ Hvordan formodes det enkelte træ at vokse?
3/ Hvordan bliver træets kvalitetsudvikling?
4/ Hvordan ser markedssituationen ud? – og i særdeleshed:
5/ Hvilke forventninger har man til markedets udvikling?

Det er væsentlige og måske store spørgsmål at tage stilling til, når man står der – med ridsekniv og klup. Spørgsmål som formentlig kun de færreste har et svar på.

Hedings måldiameterbegreb indebærer at man hugger enkelttræet når det har nået en forud fastsat diameter. (Foto af bøgebevoksning på Trolleholm).

Og fremfor alt: Er der vejledning at hente i en mere eller mindre dogmatisk fastsat måldiameterangivelse? Nej!

Eksempel 2

To træer står ind til hinanden med kronerne piskende mod hverandre. Skal det ene bort for at begunstige det andet? Efter måldiametertankegangen er det enkelt: Man lader dem stå, til de når deres respektive måldiameter. Det er fortsat såre enkelt.

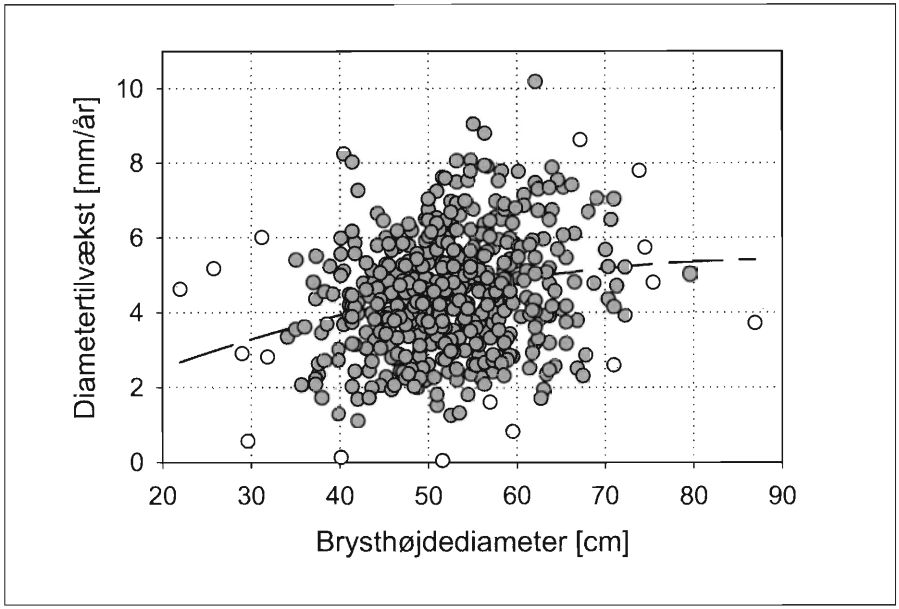
Imidlertid: Hvis nu træerne har forskellig diametertilvækst, hvordan forrenter de så deres respektive realiseringsværdi?

Og dernæst: Hvordan påvirker træerne hinanden – kan værditilvæksten af det enkelte træ øges, ved at det konkurrerende nabotræ borttages? Og hvor meget? Hvordan er situationen, hvis de begge er finér-træer, eller det ene er et finér-træ og det andet måske et B-træ?

Hjælper måldiameterkriteriet os i nogle af de tænkte situationer? Ikke meget!

Eksempel 3

Vi er i en bevoksning, hvor den spontane foryngelse står tæt under en ligeledes tæt overstander-skærm. Overstanderne antages ikke at nå måldiameteren inden for en overskuelig fremtid.



Figur 1. Gennemsnitlig årlig diametertilvækst (1993-2000) hos enkelttræer i en ældre bøgebevoksning på Trolleholm.

Imidlertid: Foryngelsen er i åndenød – den hænger med hovedet og behøver lys og vand. Skal der udhugges i overstanderskærmen, eller skal man lade foryngelsen hensygne og afvente, at træerne når deres måldiametre?
Er der hjælp at hente i måldiameterdogmatikken? Nej!

Rekapitulation
De få eksempler viser, at ihvorvel Heding tilsyneladende har lykkedes at instrumentalisere sine tanker omkring måldiameterhugst, så lader instrumentet den praktiske udøver i stikken i en lang række situationer.
Så med mindre man er af den opfattelse, at det i sig selv er *så* vigtigt at skaffe sig et praktisk værktøj, at det ikke spiller nogen rolle, om værktøjet er forkert, så viser ovennævnte eksempler, at Hedings statiske måldiameterbegreb egentlig ikke giver megen vejledning for praksis. Værktøjet opfylder nemlig ikke sit formål: At være et hjælpemiddel til økonomisk korrekt håndtering af i praksis forekommende situationer.
Vi skal imidlertid konkretisere problemerne omkring måldiameterbegrebet yderligere, før vi slipper det.

Diametertilvækstens u-forudsigelighed

Hedings statiske måldiameterbegreb indebærer, som nævnt, at man fokuserer

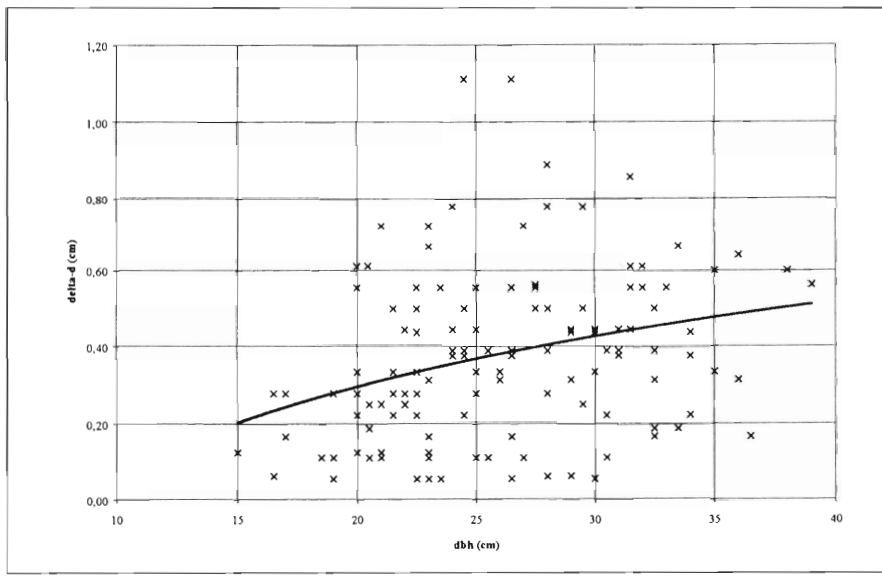
på enkelttræet og modsvarende helt ser bort fra bevoksningshelheden – d.v.s. ser bort fra gennemsnitsværdierne. Det er derfor ikke uden en vis ironi at Heding ikke desto mindre – når han ser på enkelttræets tilvækst – vælger at se på bevoksningens gennemsnitlige tilvækst, som derefter bruges på enkelttræerne!

For at anskueliggøre konsekvenserne af Hedings antagelser ses i fig. 1 et eksempel på, hvorledes enkelttræernes diametertilvækst lagt op mod enkelttræernes brysthøjdediameter faktisk kan være (Meilby & Møller Madsen, 2003). Tallene kommer fra en prøveflade i bøg på Trolleholm.

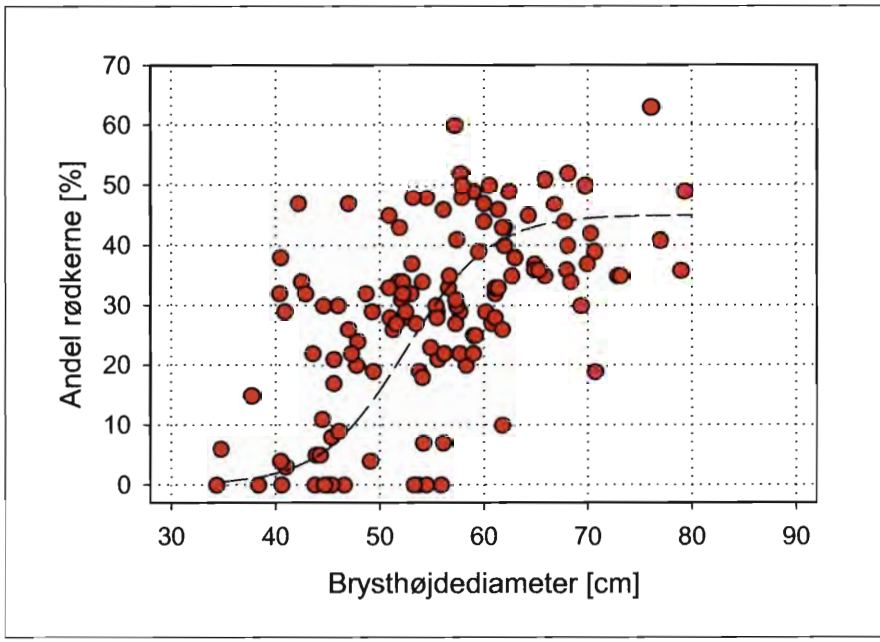
Det interessante er ikke så meget, at Hedings antagelse om en gennemsnitlig årlig tilvækst på 0,5 cm også i denne situation er rimelig, men mere at spredningen er så overordentlig stor. Man ser, at sammenhængen mellem træernes brysthøjdediameter og deres diametertilvækst er meget svag. Det indebærer, at muligheden for i praksis at kunne prognosticere det enkelte træs diametertilvækst er yderst ringe.

Denne ubestemmelighed af diametertilvæksten har som konsekvens, at man ikke med rimelig sikkerhed kan sige, hvor lang tid der går, før enkelttræet når sin måldiameter!

I den sammenhæng undrer det os meget, at Heding ikke selv er opmærksom på spredningen og dens betydning. Så meget mere som han selv (se Heding fig 13,



Figur 2. Den gennemsnitlige diametertilvækst (1989-1999) i brysthøjde pr. træ pr. år som funktion af træernes diameter i brysthøjde ved måleperiodens begyndelse i februar 1989. Data fra Frederiksdal og gengivet fra Heding 2000, fig. 13.



Figur 3. Sammenhæng mellem brysthøjdediameter og rødkernens målte andel af stammediameteren i det tværsnit hvor den er størst. Materiale fra to ældre bøgebevoksninger på Trolleholm (Jensen og Meilby 1992).

her gengivet som figur 2) fremlægger materiale der viser, hvor stor spredningen er på de individuelle diametertilvækster; ganske vist er det for rødgran han viser det, men hvorfor skulle der i så henseende være forskel på bøg og rødgran?

Kvalitetsudviklingen

Nu er det imidlertid ikke kun den usikkerhed, som er forbundet med prognosticeringen af tilvæksten, som skal tages i betragtning. Det er velkendt, at også rødkernedannelsen har en afgørende betydning for, hvorledes prissætningen bliver. Problemet er bare, at man – når træet står på rod – hverken kan bedømme rødkernens omfang eller dens forventede udvikling.

Undersøgelser fra den tidligere nævnte prøveflade på Trolleholm illustrerer dette. Af fig. 3 ser man, hvor uklar sammenhængen mellem brysthøjdediameter og rødkernedannelsen er.

Også når man mobiliserer sin allerstørste velvilje og konstaterer, at der måske er en sigmoid sammenhæng, så er det en sammenhæng, som har så stor en spredning, at man – når man står overfor enkelttræet – reelt ikke kan sige

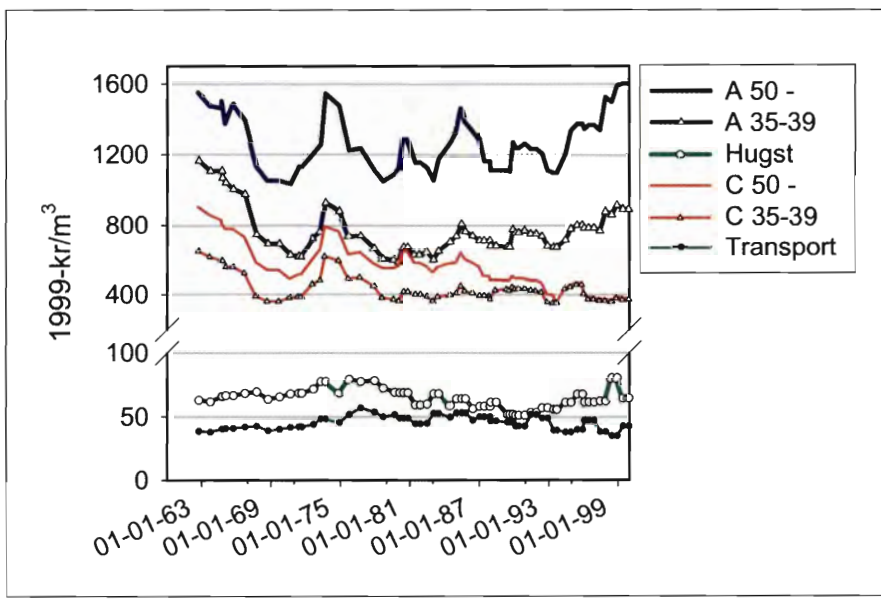
noget som helst fornuftigt om dets rødkerne. Og endnu mindre, om hvorledes den eventuelt vil udvikle sig.

Markedsusikkerheden

Selv om den usikkerhed tilvækst og rødkerne giver anledning til synes overvældende, så er ophobningen af usikkerhed imidlertid ikke færdigafhandlet hermed. Yderligere en mistelten skal tages i ed: Markedsprisernes uforudsigelighed.
I fig. 4 ser man, hvorledes priserne varierer selv inden for korte tidsrum. Konsekvensen af dette er naturligvis, at man ved at afvente den såkaldte måldiameter med det udtalte mål at optimere økonomien, meget vel kan opnå præcist det modsatte!

Spredning versus spredning

Til alt dette skulle man så kunne sige, at selv om usikkerheden ved bestemmelsen af enkeltræets værditilvækst er endog meget stor, så er den dog mindre ved måldiameterhugst end ved renafdrift ! Det er i hvert fald et ofte fremført argument, som også Heding anvender.
Imidlertid fremfører Heding hverken argumenter eller beregninger, som belyser en sådan påstand. Vi har således



Figur 4. Prisvariation for tre sortimenter af bøg (vejledende priser) samt gennemsnitlige hugst- og transportomkostninger (baseret på "Regnskabsoversigter for dansk privatskovbrug").

en redegørelse til gode, som viser, hvorledes den værdi og værdispredning vi får på grund af de tidsmæssige og markedsbetingede prisvariationer, som måldiameterhugsten indebærer, forholder sig til den værdi og værdispredning vi får, når bevoksningen afdrives på een gang til kendte priser og en kendt diameterbetinget værdispredning.
Desuden er måldiameterhugstens spredning næppe mindre end spredningen ved hugst efter gennemsnitsdiameter. Snarere tværtimod – som spredningerne på enkelttrætilvækst, rødkerneandel, og markedspriser mere end antyder.
Fremfor alt er der en meget vigtig pointe at notere sig: Ved at overgå til måldiameterhugst bytter man en ved beslutningstidspunktet ***kendt prisspredning*** *ud med en* ***spredning af ukendt størrelse;*** sidstnævnte som en konsekvens af, at hugsten fordeles over et stort antal år ind i en dyrknings- og markedsmæssigt ukendt fremtid!
Er et sådant valg rationelt?

Hedings skovøkonomiske idiosynkrasier

Når Heding – trods ovennævnte forhold, som han sandsynligvis fuldt ud kender – ikke desto mindre vælger at sætte kikkerten for det blinde øje, så må der jo – det vil vi i hvert fald helst tro – være en årsag. Heding fremfører den ikke selv, men vi tror, at den grundlæggende forklaring er, at Heding ikke tillægger tiden nogen rolle: Man venter bare!
Selv om et betydeligt antal år er gået siden Heding (Heding & Jacobsen, 1980) med en polemisk svada undsagde sig de traditionelle skovøkonomiske redskaber (de blev bl.a. karakteriseret som "pseudosikkerhed" og "Grillenfängerei"), så opfatter vi hans seneste artikel som en bekræftelse på, at han stadig vedkender sig de her fremførte synspunkter.
Vi skal ikke her genoptage den håbløse diskussion om Bodenreinertrag (størst muligt gennemsnitligt årligt kasseoverskud) versus Waldreinertrag (størst mulig forrentning). Dette af den simple grund, at det er *objektivt forkert* at se bort fra tiden og dermed kapitalomkostningerne.
Konsekvenserne af at indrage kapitalomkostningerne i måldiameterovervejelserne er betydende – eller om man vil: Dræbende!
I stedet for i adstadigt tempo at kunne afvente det tidspunkt, hvor den definerede måldiameter nås, så er man nødt til at kræve, at den kapital som enkelttræet altid repræsenterer (inkl. det areal det beslaglægger) naturligvis skal forrente sig. Dermed bliver enkelttræets tilvækst af afgørende betydning, i og med at tilvæksten er afgørende for forrentningen (i.e. Weiser-procenten) og denne igen afgørende for, om træet bør hugges eller ej.
Ydermere vil enkelttræets tilvækst i en bare nogenlunde vital bevoksning afhænge af nabotræernes tilstedeværelse. Hugges et træ stiger de omkringstående træers tilvækst, hvilket som konsekvens har, at deres forrentning og deres måldiameter dermed også gør det. I stedet for en *statisk måldiameter* som Heding er talsmand for, bliver måldiameteren således *dynamisk* og er – jvf. det ovenfor anførte om ubestemmeligheden af enkelttræets tilvækst – dermed også ubestemmelig.
Skal man endelig presse en nogenlunde praksisnær – men ingenlunde operationel – konklusion ud af problemstillingen, så kan man kort sige, at med største sandsynlighed ligger den dynamiske måldiameters hugsttids-

Forfatterne konkluderer at det rent tankemæssigt er muligt at udvikle et måldiameterbegreb som medfører økonomisk optimalitet. Men i praksis mener de ikke det er muligt at bestemme denne optimalitet på en måde så det bliver operationelt. (Foto af rødgranbevoksning på Trolleholm).

punkt væsentligt tidligere end det tidspunkt, hvor den statiske måldiameter nås. Det turde således stå klart, at forudsætningen for at tale om måldiameter i Hedingsk forstand (d.v.s. en subjektiv statisk måldiameter) er, at man afstår fra et egentligt krav om at forrente den stående kapital. Ved i stedet at anlægge et økonomisk perspektiv på måldiameterbegrebet bliver konsekvensen modsvarende, at Hedings måldiameter-korthus falder sammen.

Derfor melder spørgsmålet sig:

Er måldiameterbegrebet uanvendeligt?

Skønt det tankemæssigt er muligt at udvikle et måldiameterbegreb, som medfører økonomisk optimalitet, så er det i praksis ikke muligt at bestemme denne optimalitet på en måde, så det bliver operationelt. Man kan altså ikke udvikle en simpel positiv forskrift for, hvad man skal gøre i enhver forekommende praktisk situation.

Måldiametre findes, men de er ubestemmelige; eller rettere: Vi kender dem

først bagefter, når det historiske støv har lagt sig. Og selv da må vi leve med en vis usikkerhed om, hvorvidt det nu også blev så optimalt, som vi troede.

Hertil kunne man så sige, at alle overvejelserne og tankebesværet omkring måldiameteren dermed har været spildte. Helt så ilde er det dog ikke, for selv om en gyldig positiv og generel forskrift ikke kan formuleres, så findes der i tankegangen bag måldiameterbegrebet en struktureret måde at analysere situationer på, som gør det anvendeligt.

I visse situationer – f.eks. traditionel bøgeforyngelse inden for et begrænset tidsrum (cyklisk bøgedyrkning) – hvor træernes indbyrdes afhængighed er næsten ikke-eksisterende, og hvor tidsperioden, man har foran sig, er begrænset (dvs. tilvækst- og markedsusikkerheden er begrænset), vil det være muligt at forbedre foryngelsesøkonomien sammenlignet med traditionel renafdrift eller notorisk måldiameterhugst med faste statiske måldiametre.

I en efterfølgende artikel vil vi analysere måldiameterbegrebet mere detaljeret med udgangspunkt i bevoksningsdata fra en bøge-prøveflade på Trolleholm.

Litteratur

Heding, N., 2000. Måldiameterhugst i det aldersklassevise skovbrug. Dansk Skovbrugs Tidsskrift 85: 1-51.

Heding, N. og Jakobsen, S., 1980. Om at se træerne for bare skovbrug. Dansk Skovforenings Tidsskrift 65: 1-29.

Jensen, A. og Meilby, H., 1992. Økonomisk optimal afvikling af ældre bøg på Trolleholm. Tredjedelsopgave på skovbrugsstudiet, Skovbrugsinstituttet, København, 86 p. (upubl.).

Larsen, B. og Madsen, P., 2001. Naturnær skovdrift – erfaringer, status for forskning og muligheder i Danmark. Forskningscenter for Skov & Landskab. Skovbrugsserien nr. 29.

Meilby, H. og Madsen, E.M., 2003. Måldiameter – fup eller fakta ? I: Skov- og Landskabskonferencen 2003. Forskningscentret for Skov & Landskab, Hørsholm, pp. 42-44.

Tillæg til DST december 2004

DST

Dansk Skovbrugs Tidsskrift

89. årgang . 2004

Dansk Skovforening. København

Tryk: Litotryk, Svendborg

Redaktionsudvalg:
Skovrider Leif Madsen (formand)
forstfuldmægtig Pernille Karlog
lektor Jens Dragsted
skovfoged Martin Petersen
skovbrugslærer Tyge Kjær
direktør Niels Elers Koch

Redaktion:
Søren Fodgaard (ansvarshavende)

Oplag: 700

ISSN 0905-295X.

Udgives af Dansk Skovforening
Amalievej 20
1875 Frederiksberg C

Telefon 33 24 42 66
telefax 33 24 02 42
Postgiro 9 00 19 64
e-post info@skovforeningen.dk.
Hjemmeside www.skovforeningen.dk

INDHOLDSFORTEGNELSE **side**

Peter Sand Haugaard Christensen, Vivian Kvist Johannsen og Henrik Meilby:
En dynamisk vækstmodel for douglasgran (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) i Danmark 57

Bruno Bilde Jørgensen & Jens Peter Skovsgaard: Skovrejsning på heden:
Forsøg med 23 nåletræarter 25

Esben Møller Madsen og Henrik Meilby:
Anti-Heding – kritiske synspunkter om måldiameterbegrebet 105

Christian Nørgaard Nielsen:
"Tugthusdyrkningen" eller "Den oversete vækstfaktor: Vinden" 129

Christian Nørgaard Nielsen og Morten Alban Knudsen:
Stormstabilitet og sundhed i en rødgranskærm – 7 års resultater efter skærmstillingen 115

Christian Nørgaard Nielsen, Merete Morsing, Niels Heding og Jens Peter Skovsgaard:
Stormstabilitet i rød- og sitkagran ved hugst fra toppen og måldiameterhugst 89

Jens Peter Skovsgaard & Bruno Bilde Jørgensen:
Bøg, eg, ær, løn og rødeg på midtjysk hedeflade 39

Register for Dansk Skovforenings Tidsskrift 1981-2000: (udarbejdet af Thomas Ravn) . . .1

Stormstabilitet og sundhed i en rødgranskærm

7 års resultater efter skærmstillingen

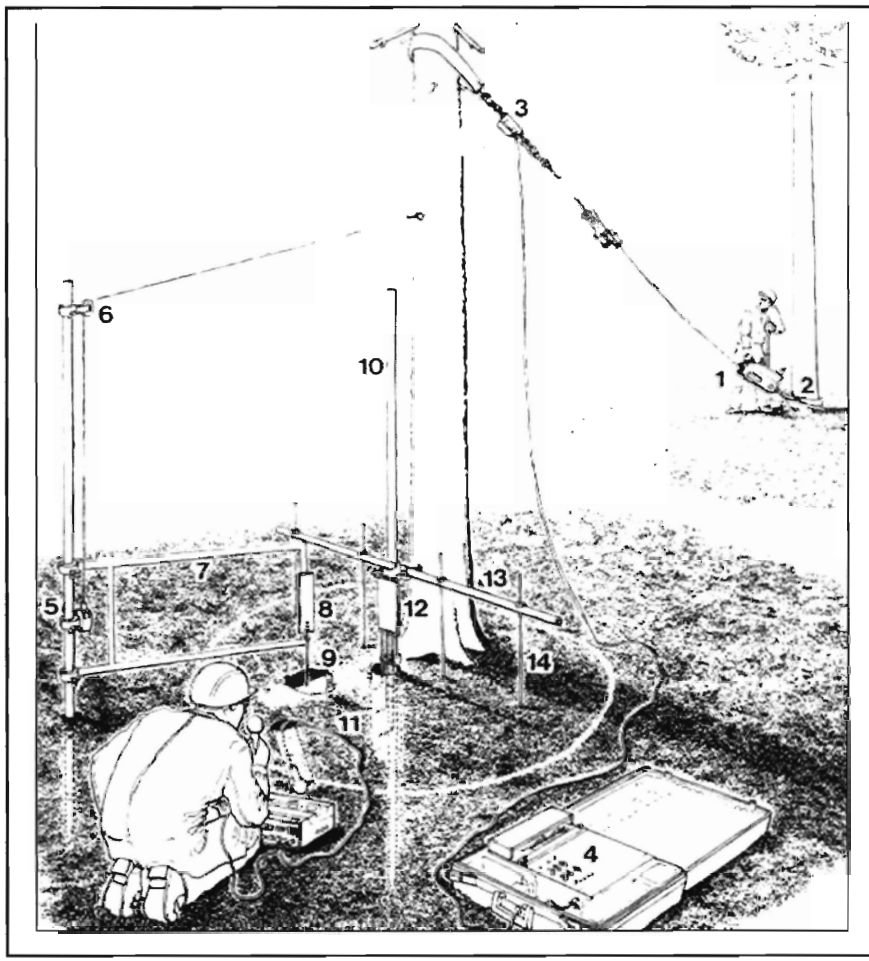
Af Christian Nørgård Nielsen & Morten Alban Knudsen

Indledning

Foryngelse og konvertering af nåletræ monokulturer er aktuelt en vigtig opgave i dansk skovbrug. Skærmforyngelse var i begyndelsen af 90'erne udset til at være den bedst egnede metode. Strukturdirektoratet bevilligede derfor et rammeprogram – koordineret af Niels Heding – som skulle beskrive tekniske, dyrkningsbiologiske, sociale og økologiske aspekter af skærmforyngelse.
Førsteforfatteren anlagde et skærmforsøg, hvis formål var at belyse hvordan skærmtræerne blev "stabiliseret" efter fritstillingen.
Tilfældigvist opviste skærmtræerne efter det 5-årige projekts udløb pludselig voldsomme "skovdøds-symptomer" (nåletab). Derfor besluttede vi at forsøge at koble dette til sub-lethale skader på rodsystemet.

Materiale og metoder

Skærmforsøget blev anlagt i februar/marts 1997 på Klosterheden. Der blev foretaget en reduktion af stamtallet til 25% af udgangssituationen. Denne usædvanligt stærke stamtalsreduktion blev valgt for at sikre størst mulig vindeksponering af forsøgstræerne, som havde til formål at belyse tilpasning af stormstabiliteten i skærmtræer.
Figur 1 viser hvordan målingerne er foretaget. Med spil og trækmåler bestemmer vi udviklingen i kraft, som er nødvendig til at vælte træet. Når vi ganger kraften med højden, hvor viren er fastgjort på træet, får vi forankringsmomentet (drejningsmoment = kraft * arm).
Løbende igennem optræknings-eksperimentet måler vi også rodsprængninger med en mikrofon i jorden, træets udbøjning, en hovedrods hævning samt rodkagens hævning. Røddernes og rodkagens bevægelser i relation til rodsprængningerne fortæller noget om, hvorvidt rodsystemet tidligere har oplevet en rodkageløsning eller ej.
De mange måledata bliver koncenteret idet vi koncentrerer os om følgende tre hændelser i løbet af træmålingseksperimentet:
- Den første rodsprængning,
- en hævning af rodkagen på 2 millimeter,
- det maximalt målte moment.



Figur 1. Skitse over fremgangsmåde ved målingerne.

To trækmålingskampagner blev gennemført med 15-30 træer per kampagne:
a) umiddelbart efter skærmstillingen (marts 1997), og
b) efter 5 vækstsæsoner (november 2001).

På alle forsøgstræer blev også kronens vægt bestemt i 3 meter sektioner, således at et "krone-moment" kunne beregnes (krone-moment = kronevægt x højde over jorden).

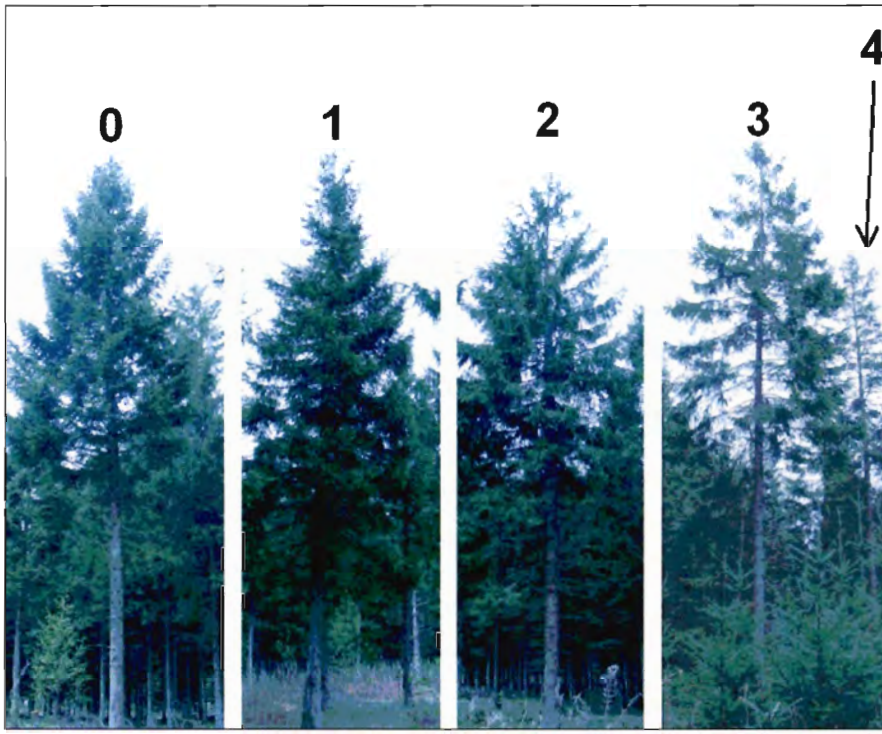
I 2001 udtog vi også kronevægte, rod- og stammeskiver fra 10 skærmtræer samt fra 10 kontroltræer i den ikke skærmstillede del af bevoksningen. Disse skiver blev brugt til årringsana-

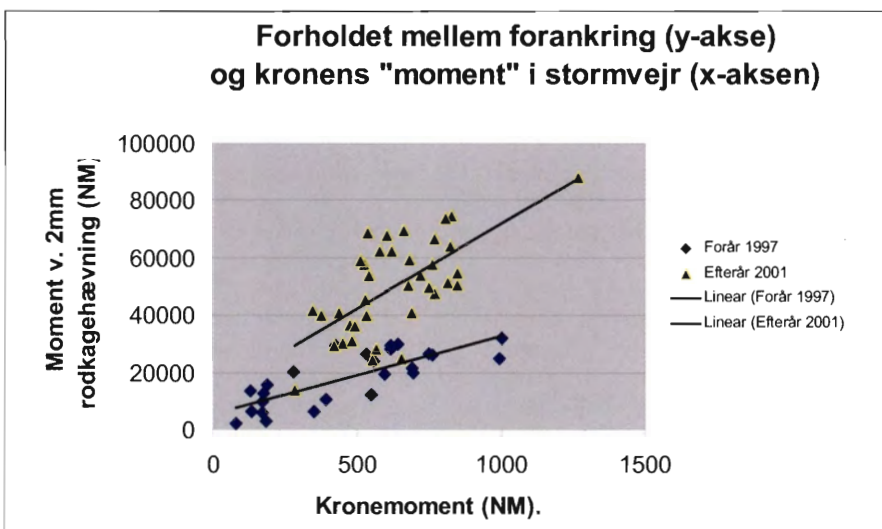
lyser, hvorved vi kunne analysere væksten i rødder og stamme.
Efter en meget tør vinter viste mange skærmtræer stærke nåletab i foråret 2003. Det blev opstillet den hypotese, at nåletabet kunne hænge sammen med løsning af rodkagen og de dermed forbundne rodskader.
Alle skærmtræer blev derfor scoret for kroneskader i april 2003 (figur 2). I august 2003 blev 30 træer fordelt til alle skadeklasser eksperimentelt trukket mere eller mindre omkuld. Vi målte rodkagehævningen på tidspunktet for de første serielle rodsprængninger (registreret med jordmikrofon).

Resultater

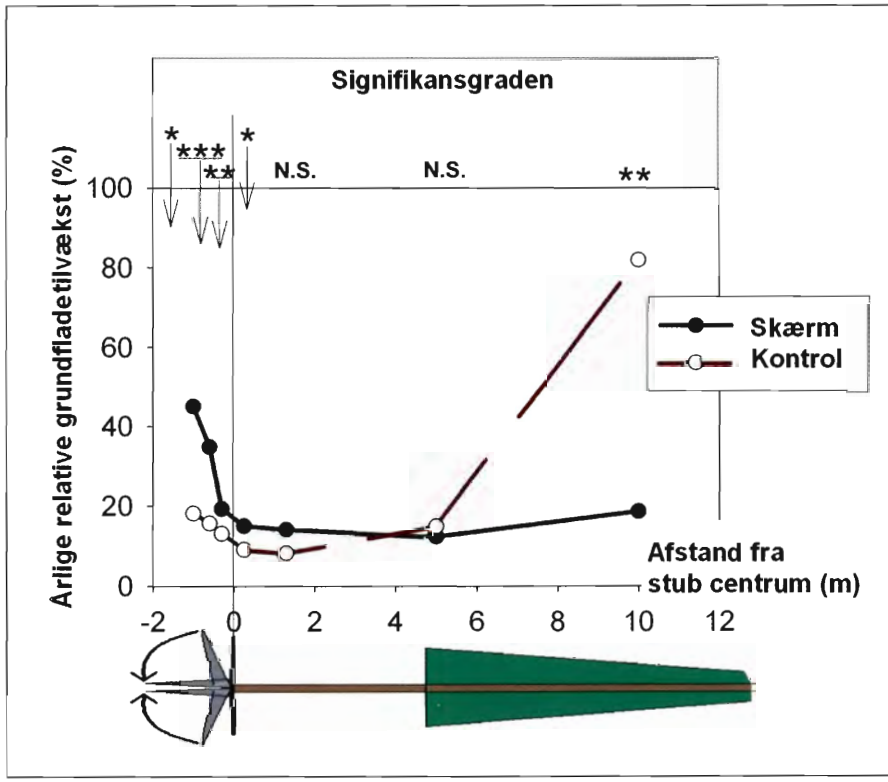
Skærmtræernes stormstabilitet

Ved at stille det kritiske forankringsmoment (momentet ved 2 mm rodkagehævning) overfor krone-momentet opnås en dækkende vurdering af stormstabiliteten. Denne sammenstilling afspejler forholdet mellem "anker" og "sejl". Figur 3 viser en sådan sammenstilling for de to stabilitets-målekampagner.
Figuren viser, at forankringsstyrken blev 2-3 doblet i løbet af skærmens fem første vækstsæsoner, mens stormmomentet kun blev forøget med ca. 50%. Dette betyder, at skærmtræernes enkelttræ-stabilitet cirka blev fordoblet i løbet af skærmens første 5 år.
Årringsanalyser i rødder og stamme viser at udviklingen må have forløbet rimeligt lineært over de 5 år. Denne voldsomme forbedring af stormstabiliteten skyldes at fordelingen af træets tilvækst blev forskudt nedad i stammen og ud i rødderne. I særdeleshed viste rødderne i en meters afstand fra stammen en gennemsnitlig årlig grundfladetilvækst på 46 %! (figur 4).
Sagt på en anden måde: Røddernes grundflade i en meters afstand blev i aldersperioden 47-52 år forøget med 230%. Dette er overvejende en biomekanisk vækstreaktion på den stærkt stigende vindbelastning på skærmtræerne.
Så.... godt nok har skærmtræerne opvist en kolossal tilpasning til højere vindeksponering. Men spørgsmålet er imidlertid stadig: "Hvor stabile er egentlig disse skærmtræer?" For eksempel i sammenligning med den del af bevoksningen, som ikke blev skærmstillet?
Dette kan der ikke svares objektivt på, fordi vi kun har kunnet kvantificere enkelttræ-stabiliteten. Vi ved med andre ord ikke med sikkerhed hvor meget stærkere vinden blæser på skærmtræerne, og vi ved ikke hvor meget kontroltræerne i den utyndede bevoksning støtter hinanden. Kort sagt: vi kan kun vurdere den sociale stabilitets-komponent i referencebevoksningen kvalitativt.
Tidligere undersøgelser af træsvingninger efter tre på hinanden følgende hugster viste imidlertid en eksponentiel stigning i rodsystemets belastning for hver gennemført hugst. Det er vores vurdering at vindbelastningen på skærmtræerne steg med en faktor 5 til 10 umiddelbart efter skærmstillingen. Dermed faldt stormstabiliteten også med samme faktor.
At skærmtræerne har tredoblet deres stormstabilitet på 5 år, betyder ikke at de har opnået samme stormstabilitet som den urørte del af bevoksningen. Imidlertid er disse "kontrol" parceller nu tyndet med en stærk hugst, hvorfor stabiliteten nu måske er på samme niveau i skærm og i kontrol-parcel.
Årringsanalyserne viser dog ikke tegn på aftagende årringsbredde i rødderne


0
1
2
3
4

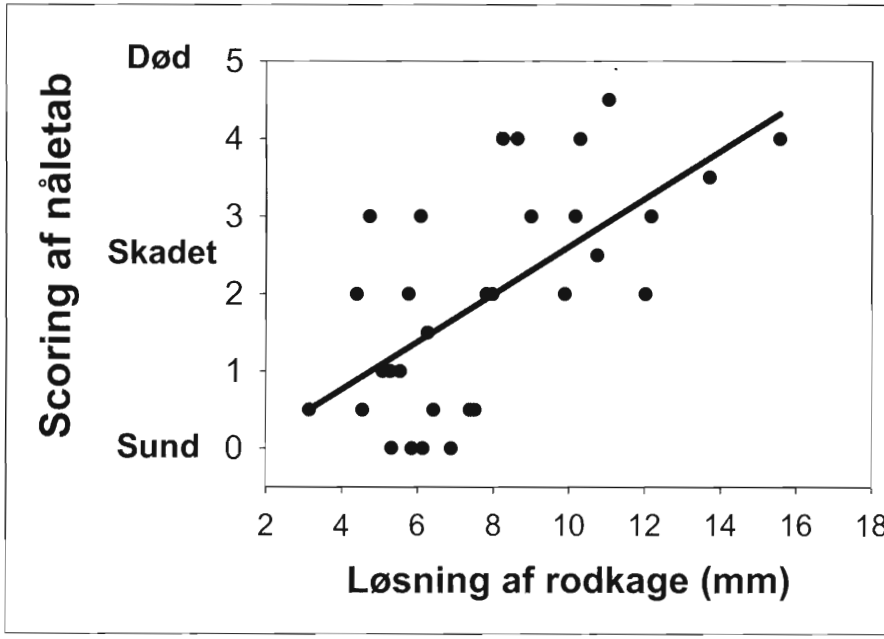

Forholdet mellem forankring (y-akse)
og kronens "moment" i stormvejr (x-aksen)
Moment v. 2mm
rodkagehævning (NM)
100000
80000
60000
40000
20000
0
0
500
1000
1500
Kronemoment (NM).
Forår 1997
Efterår 2001
Linear (Forår 1997)
Linear (Efterår 2001)

Figur 2. (til venstre) Skala til klassificering af nåletab hos rødgran. Baseret på fotos fra skærmforsøget.



Figur 4. (herover) Figuren viser den gennemsnitlige årlige relative grundfladetilvækst i stamme og rødder over de første 5 vækstsæsoner efter skærmstilling (fra år 47 til år 52). Det ses, at skærmtræer generelt "skubber" tilvæksten nedad i træet – med størst ændring langt ude i rødderne og i toppen af stammen – en tilpasning til øget vindbelastning.

Figur 3. (til venstre) Ved at sammenholde det kritiske forankringsmoment (ved 2 mm rodkagehævning) med storm-momentet kan enkelttræ-stabiliteten kvantificeres. Figuren viser dette forhold i 2 målekampagner: Samtidigt med skærmstillingen og efter 5 vækstsæsoner som skærm.



Figur 5. Effekten af rodkageløsning på nåletabet i skærmtræerne. Graden af nåletab er vist i figur 2.

efter 5 skærm-vækstsæsoner. Skærmtræerne vil givetvis i de kommende år fortsat styrke deres stabilitet – for efter i alt 12-15 år at have opnået en tilnærmet solitærtræ-status.

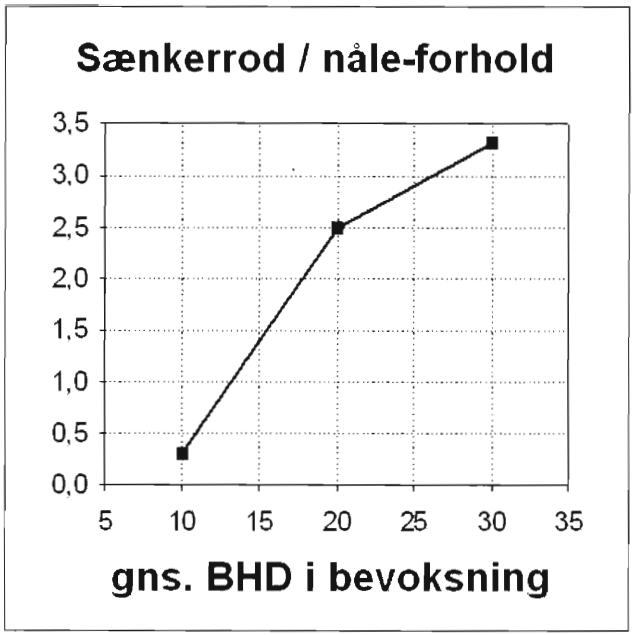
Dette bekræftes af canadiske undersøgelser under boreale forhold. De viser at omfordelingen af tilvæksten til rødderne fordel fortsatte i mindst 20 år (Urban 1994).

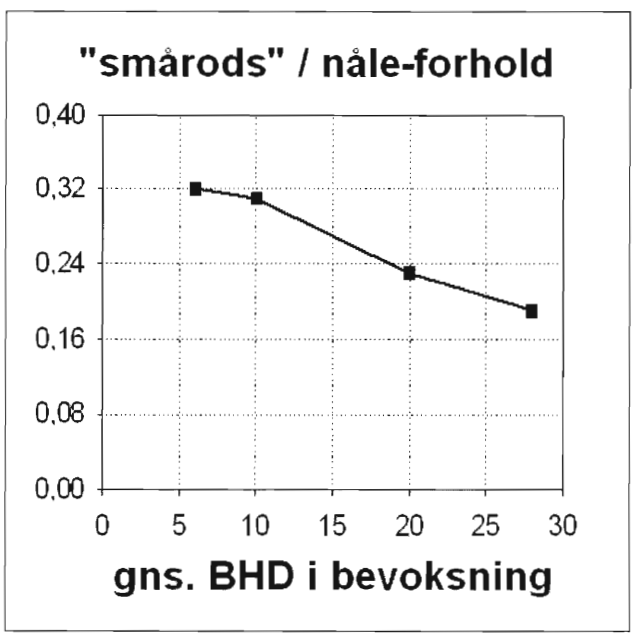
Skærmtræernes vandbalance og kroneskader

De kroneskader, som fandtes i forsøget, svarer meget til de tidligere så meget omtalte "skovdødsfænomener" eller granens "Ø-syge" (figur 2). Undersøgelserne viste imidlertid at nåleskaderne havde en tydelig sammenhæng med graden af rodkageløsning (figur 5).

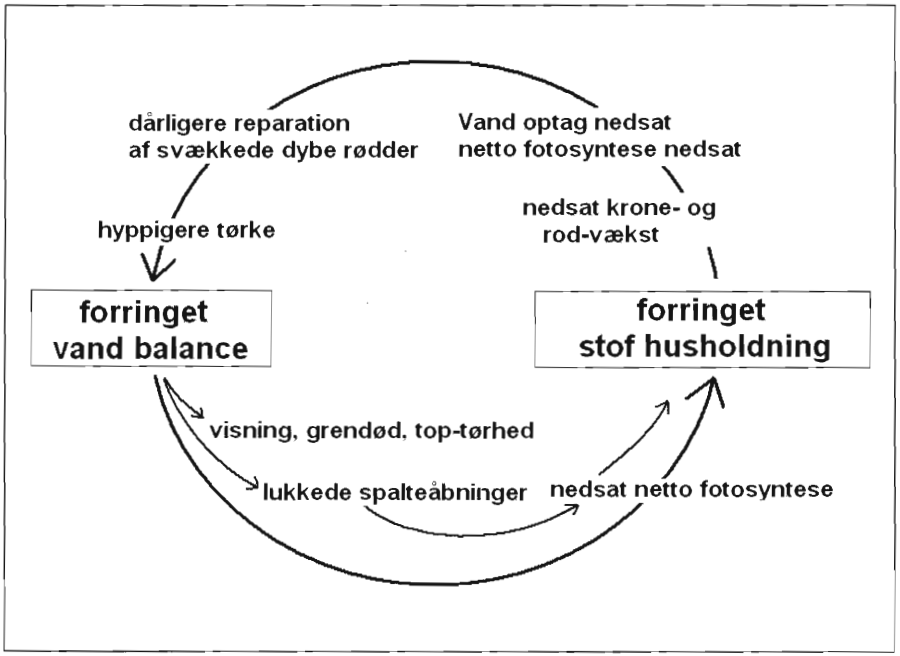
Hos træer med stort nåletab kunne træet trækkes og rodkagen løftes mellem 1 og 2 cm (standardiseret til 1 meters afstand fra stammemidte) UDEN at der opstod nye sprængninger af rødder. Dette er bevis for at rodsystemet er løsnet og beskadiget i tidligere storme.

En del træer blev trukket helt omkuld, og borttagning af jord fra rodkagens bund åbenbarede da også mange døde eller svækkede sænker-rødder inde i rodkagen hos træer med stort nåletab. Dette fandtes ikke hos træer med sunde kroner. Hos nogle træer fandt vi mere eller mindre





Figur 6. Figuren viser to forhold mellem rodmasse og bladmasse: a) mængden af sænkerrødder i 60 cm dybde i forhold til nålemassen, b) mængden af horisontale smårødder (2-5 mm diameter) og nålemassen. Materiale: En ung, en mellemaldrende og en gammel rødgran bevoksning på Klosterheden.



Figur 7. Træer degenererer i en vekselvirkende "ond cirkel" af forringet vandbalance og forringet fotosyntese. Denne onde cirkel vil ofte blive udløst af en rodkageløsning.

tilfældigt også afrevne horisontalrødder, hvorfra mange små nye rødder udviklede med varierende succes.

Løsningen af rodkagen medfører altså at mange af sænkerrødderne dør – i rodkagens læside mod øst synes skaderne dog mindre end i den centrale og vestlige del af rodkagen. Meget tyder på at rodkageløsningen er irreversibel – at rodkagen vil vippe ved alle mindre storme. Sådanne træer vil derfor aldrig igen blive i stand til at hente vand m.v. fra dybere jordlag.

Figur 6 viser en analyse af forholdet mellem sænker-rødder og nålemasse i 3 rødgran bevoksninger af forskellig alder – baseret på ældre data fra Nielsen & Hansen (2000). Det fremgår, at sænkerrødderne får en stærkt stigende betydning for rødgranens vandforsyning, jo ældre træerne bliver.

Forholdet mellem horisontale finrødder og kronemassen halveres fra unge til gamle bevoksninger, mens forholdet mellem dybe sænkerrødder og kronemasse i *sunde og uskadte* træer i samme livsforløb stiger med flere hundrede procent! En rodkageløsning med nedbrydning af sænkerrødder vil derfor sætte gang i træets degeneration som følge af den ødelagte hydrauliske arkitektur.

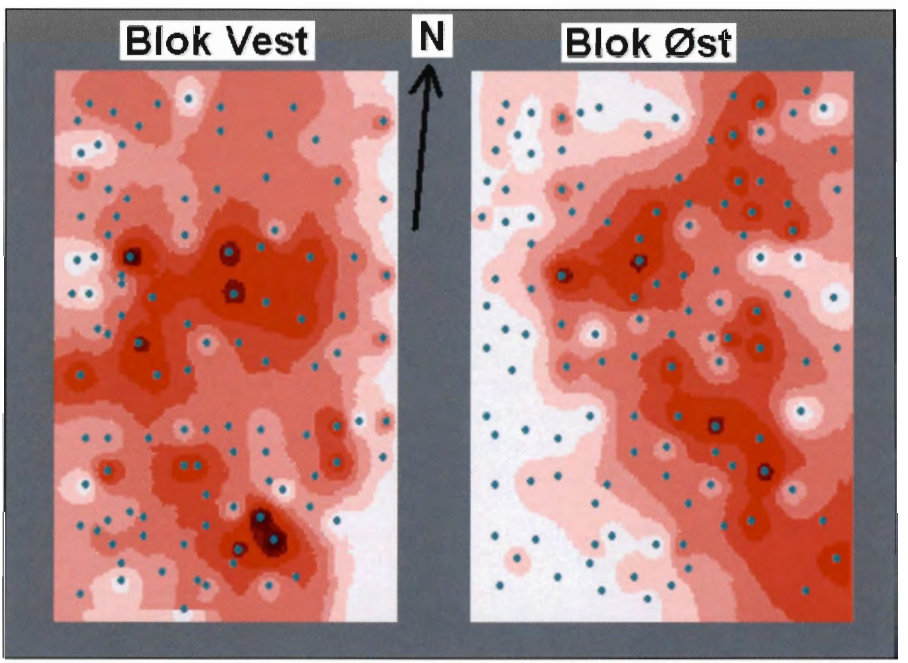
Rodkageløsning medfører en alvorlig tilvækstnedgang (figur 11). Vi antager at

vækst-stagnationer i rødgran og ær på stiv lerjord er udløst af løsning af rodkagen og tab af dybe rødder.
De omtalte rodkageløsninger har antagelig fundet sted i skærmens første år (måske alvorligt i december 1999), men så længe vandforsyningen i de øverste 30 cm er tilstrækkelig, vil træerne ikke lide af tørkeskader.
I tørkesituationer (som i foråret 2003) vil træerne imidlertid lide betydeligt, og dele af kronen dør. Hermed er der sat gang i en alvorlig degenerations-cyklus, hvor nedsat fotosyntese vekselvirker med forringet vandbalance (figur 7).

Den rumlige fordeling af kroneskader

Fordelingen af kroneskader på arealet er vist i figur 8. Ved tolkningen af skaderne er det vigtigt at vide, at skærmforsøget blev anlagt inde i en gennem 6 år utyndet bevoksning ved en højde på 16 meter. Randene omkring og stabiliseringsbæltet midt ned gennem forsøget er stadig utyndede, hvorfor disse fungerer som stabiliseringsbælter (de grå zoner i figur 8).
Den rumlige fordeling af skaderne giver anledning til en række meget praksisnære tolkninger:

Figur 8. Kort over forsøget med angivelse af skærmtræer. De 6 farver afspejler de 6 skadegrader i skalaen fra 0 til 5. Skadegrad 0 (sund) er hvid og skadegrad 5 (dødt træ) er mørkerødt.



1. Det ses at den vestlige blok er hårdere skadet end den østlige blok (figur 8 og 9). Dette skyldes at forsøgsanlægget blev anlagt fra vest mod øst, og at den vestlige blok – efter skærmstillingshugsten i februar 1997 – pludselig blev udsat for stærk storm. Skærmstillingshugsten blev derfor indstillet, og øst-blokken blev først anlagt ca. en måned senere. Begge blokke blev ramt af mindre storme igen i marts og april.
2. Der ses en tydelig vest-øst-gradient i nåletab, både fra forsøgets vest-rand og fra det midt i forsøget anlagte utyndede stabiliseringsbælte (figur 9). Skaderne i de mest vestlige kulisser er markant ringere end i de centrale kulisser. Dette skyldes antageligt at vestenvinden griber "dybere og mere massivt" ned i kronetaget med stigende afstand fra de utyndede beskyttelsesbælter med følgende voldsommere rodkageløsning midt i skærmen.
3. I begge forsøgsblokke blev skadeomfanget igen reduceret i den sidste kulisse før den østlige utyndede beskyttelsesrand. Dette kan dels skyldes at denne kulisse var beskyttet mod østlige stormvinde, dels at vestfra kommende luftmasser måske blev tvunget opad i kulisse 5 som følge af den massive modstand i randbevoksningerne.
4. Uagtet tolkningen i foregående afsnit viser begge gentagelser i forsøget, at en optimal skærmbredde nok havde været 3 kulisser bred – vel at mærke med den givne skærmtæthed og den forhåndenværende ret dybgrundede jordbund.
5. Ved en skærmforyngelse i stor stil burde hver 4. kulisse således efterlades utyndet som stabiliseringsbælte – under de nævnte forudsætninger.
6. Med en mere praksisnær og traditionel skærmtæthed kunne man antageligt nøjes med at udlægge hver 5. eller 6. kulisse som stabiliseringsbælte.
7. Hvis jorden er fladgrundet trækker det i modsat retning, således at en skærm med traditionel tæthed burde anlægges med hver 4. eller 5. kulisse som urørt stabiliseringsbælte. Se også figur 8.

Detaljerede resultater og diskussion er givet hos Nielsen et al. (2004a, b og c).

Konklusion og sammenfatning

Skærmtræers stormstabilitet er voldsomt nedsat i de første år efter skærmstillingen. At vi nu i 15-20 år ikke har haft alvorlige skader i skærmstillinger betyder ikke at det er risikofrit. Det er snarere udtryk for udeblivelse af alvorlige storme samt en ændring af praksis mod at etablere skærme ved en lavere højde.

Der er ikke noget, som tyder på at stabiliseringen er specielt stærk i de første 1-2 år. Der sker imidlertid i denne tidlige periode en "udlusning" af ustabile skærmtræer, som har dårlig rodsymmetri eller dårligt rod/top-forhold (sådanne optræder nemlig i et omfang af 5-20 procent i normale rødgranbevoksninger).

Skærmtræerne tilpasser sig den stærkt øgede vindeksponering, idet de omfordeler tilvæksten til rødderne, i takt med at topskud, krone og stamme opviser en langt lavere relativ tilvækst end rødderne. Dette medfører, at skærmtræerne kunne fordoble deres stormfasthed på 5 vækstsæsoner – uden at de dog derved har opnået samme stabilitet som en utyndet bevoksning af samme højde. Der skal ske tilpasning i yderligere 5-10 år, før end skærmtræerne har opnået en stabilitet, som kan sidestilles med solitærtræer.

Hvis ikke bevoksningens stabilitetsmæssige forudsætninger er gode (figur 10), vil en betydelig andel af skærmtræerne imidlertid opleve rodsprængninger og en irreversibel rodkageløsning. Dette vil for altid ødelægge træets evne til at hente vand i dybder under 30 cm. Denne ødelæggelse af sænkerrødderne og træets arkitektoniske tørkeresistens medfører at en degeneration af sundheden sætter ind ved første alvorlige tørke episode. Degenerationen af kronen forstærkes af, at skærmtræerne p.g.a. vindbelastningen "prioriterer" røddernes tilvækst over kronen.

Selv om skærmtræerne årligt forstærker deres stormstabilitet betydeligt, er deres relative stormstabilitet forholdsvis lav. Der er derfor konstant fare for rodkageløsning og sundhedsproblemer.

Gennem skærmens levetid er der væltet og knækket 65 træer, hvilket udgør 16 procent af skærmtræerne. Den 4. april 2003 var andelen af skærmtræer med alvorlige kroneskader 44 procent, og der fandtes enkelte barkbilletræer på arealet. På denne middeldybgrundede jord var problemet med vandbalancen altså større end problemet med stormvæltede træer gennem skærmens første 5 år.

Den samlede risiko for stormfald og rodkageløsning ved skærm-etablering afhænger frem for alt af jordens dybgrundethed og bevoksningens tidligere stamtalsregulering (planteafstand og hugststyrke) – se figur 10.

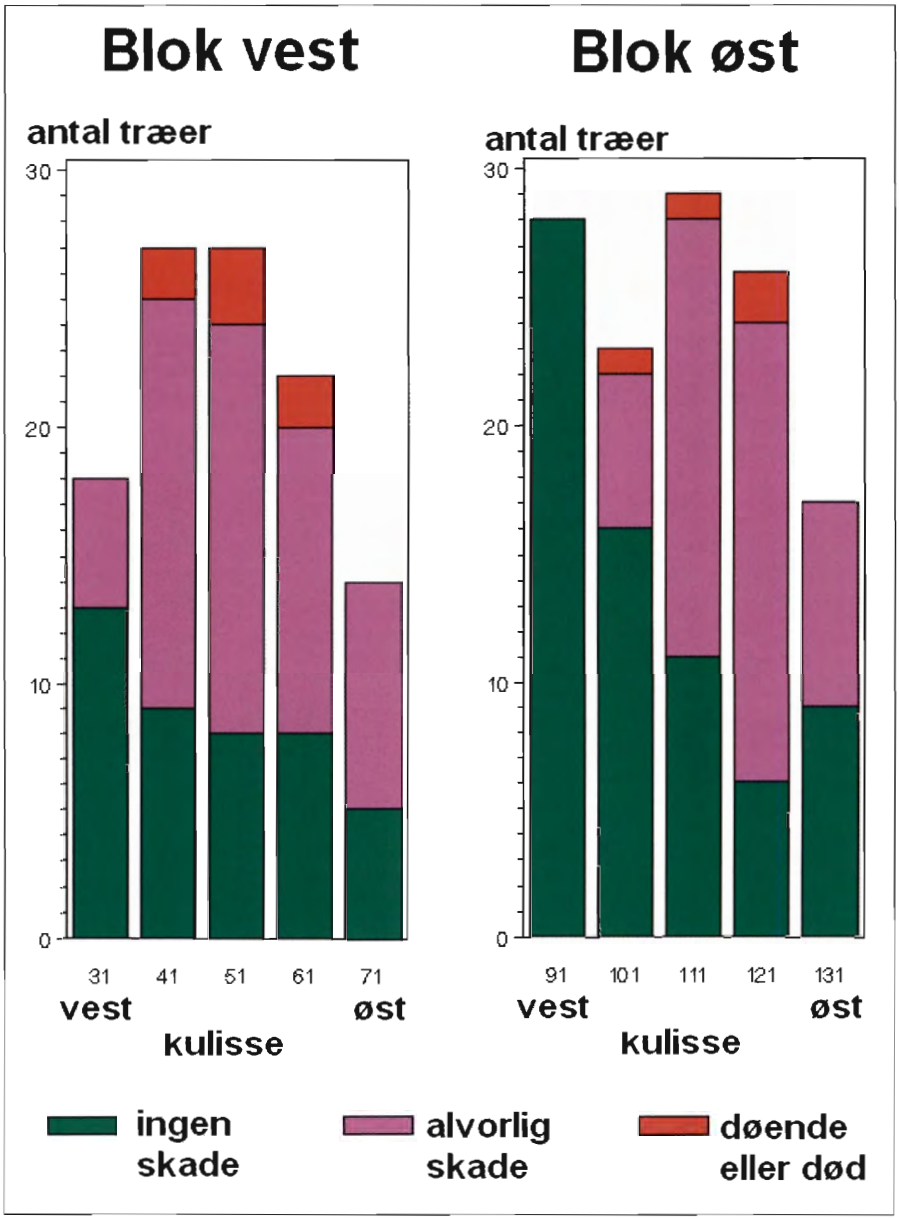
Det kan bemærkes, at de her beskrevne mekanismer bag skærmtræers aftagende sundhed givetvis er de samme mekanismer, som er skyldige i granens hensygnen på stive lerjorder: rodkageløsning og sænkerrodsdød efter hugstindgreb.

Tak til

Projektet blev finaniseret af Strukturdirektoratets forskningsprogram "Jordbrugeren som landskabsforvalter", Skov- og Naturstyrelsen og KVL. Strukturdirektoratet takkes også varmt for en tillægsbevilling i sidste øjeblik til uddybning af skærmforsøgets første lovende resultater.

Niels Heding takkes hjerteligt for sit gode initiativ og sin store opbakning til projektet. Tidligere statsskovrider Jens Handberg, nuværende statsskovrider Thomas B. Svendsen, skovfoged Niels Pedersen samt flere andre ansatte på Klosterheden har engageret sig stærkt i projektet og været forbilledlige forsøgsværter. Skovrider Johannes Skov takkes varmt for konstruktiv debat og kritik.

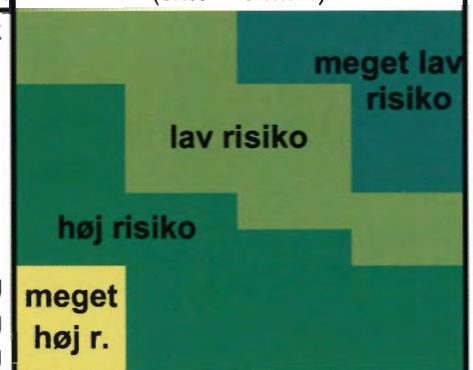
En række kolleger og projektmedarbejdere har bidraget til projektets fremadskriden: Ivar Dencker, Lars Wichmann, Ole Byrgesen, Bo Glent Madsen, Torben Ulvenberg, Morten A. Knudsen, Annalise Metz, Merete Linnet og Lise Bach skylder jeg tak for godt samarbejde. Redaktøren og redaktionsudvalget for Dansk Skovbrugs Tidskrift takkes for forbedringer og konstruktive bemærkninger til manuskriptet.



Figur 9. Sammentælling af antal træer efter graden af nåletab i forsøgets 10 kulisser. Rød: sunde træer, grøn: alvorligt nåletab, blå: døende eller død.

Bevoksningsmodel	Gns. plante-afstand	Enkelt-træ stabilitet i alderdommen
Læ-bæltehugst		meget stærk
Meget stor planteafstand	> 2.5	stærk
D-A hugst		middel
D-B hugst		middel
Traditionel D-hugst		middel
Tyndingsfri drift fra kulturstart	2.0	svag
Traditionel C-hugst		dårlig
Tyndingsfri drift fra kulturstart	> 1.7	meget dårlig
Tyndingsfri drift fra kulturstart	< 1.5	meget dårlig
traditionel B-hugst		meget dårlig

Risiko ved anvendelse af "Dauerwald" foryngelsessystemer (skærme m.v.)

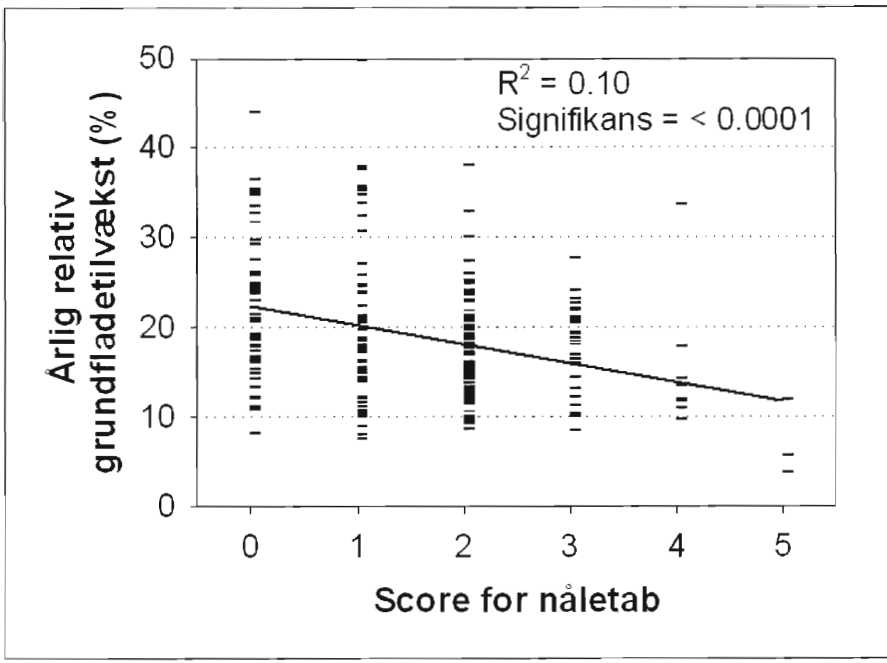


< 40 40-60 60-80 > 80

dybden af tykke sænkerrødder (cm)

Jordens dybgrundethed

Figur 10. Tabel til vurdering af risiko ved skærmstilling af rødgran.



Figur 11. Tilvækstnedgang som følge af det nåletab som skyldes rodkageløsning i skærmforsøget.

Kilder

1. Nielsen, C.C.N. & Knudsen, M.A: (2004a): A Danish shelterwood trial I: Growth responses to release. Manus in preparation.
2. Nielsen, C.C.N. & Knudsen, M.A: (2004b): A Danish shelterwood trial. II: Wind stability of shelterwood tree. Manus in preparation
3. Nielsen, C.C.N. & Knudsen, M.A: (2004c): A Danish shelterwood trial III: Water balance and needle losses in shelterwood trees. Manus in preparation
4. Urban, S.T., Lieffers, V.J. and Macdonald, S.E. (1994): Release in radial growth in the trunk and structural roots of white spruce as measured by dendrochronology. Canadian journal of forest research. Vol. 24, no. 5, pp. 1550-1556.

“Tugthus-dyrkningen” eller “Den oversete vækstfaktor: Vinden”

Af forstkandidat, lektor, dr. agro Christian Nørgård Nielsen

Sammenfatning

Artiklen behandler vindens store betydning for styrkelsen af unge træer og for beskadigelse af gamle træer. Nogle af de sundheds-ødelæggende mekanismer fra vindpåvirkning præsenteres.
Der gives forslag til hvordan større sundhed og stabilitet kan opnås, samt hvilke konsekvenser dette kan have for konvertering til naturnær drift og vedkvalitet i nåletræ.

Skovbruget udløser selv mange sundheds- og stormskader

Vi skovbrugere har altid haft en beskeden forståelse for vindens betydning for træers vækst og sundhed. Enkelte forskere har gennem tiderne berettet om rødders bevægelser i blæsevejr, men hverken videnskaben eller praksis har til fulde forstået betydningen heraf.
Mine synspunkter baserer sig på iagttagelser efter stormen i 1999, ny tolkning af gamle resultater samt de nye resultater fra Klosterhede skærmforsøget (se Nielsen & Knudsen 2004c). Det har givet mig en klar erkendelse af, at vi skovdyrkere ofte selv er skyld i de omfattende skader, som vi oplever i midaldrende og gamle bøge- og nåletræsbevoksninger på flad- og middeldybgrundede jorder (det vil sige ”de fleste steder i Danmark” – hvor vertikalrødderne *ikke* går dybere ned end en meter).
Det største problem ved vores dyrkningstradition er de vedblivende hugster indtil “afdrift”. Tyskerne har et udtryk som både mangler i det danske ordforråd og i vores dyrkningsforståelse: “*Schlagruhe*”.
Hugstfred.
Heroverfor står den “danske stærke hugst”, som vi er stolte af, fordi den hurtigt giver en stor diameter. Vores forståelse af “god skovdyrkning” omfatter endvidere en mere eller mindre bevidst kronepleje - likviditetsbehovet har været stort nu i flere årtier. I Danmark gennemfører vi homogene, stærke og helst maskinelle tyndinger over store arealer gennem hele omdriften.
Disse hugster medfører, at træerne pludselig oplever en forøget vindbelastning og en reduceret “støttevirkning” fra nabotræer, som medfører at træerne svin-

En polemisk, provokerende beskrivelse

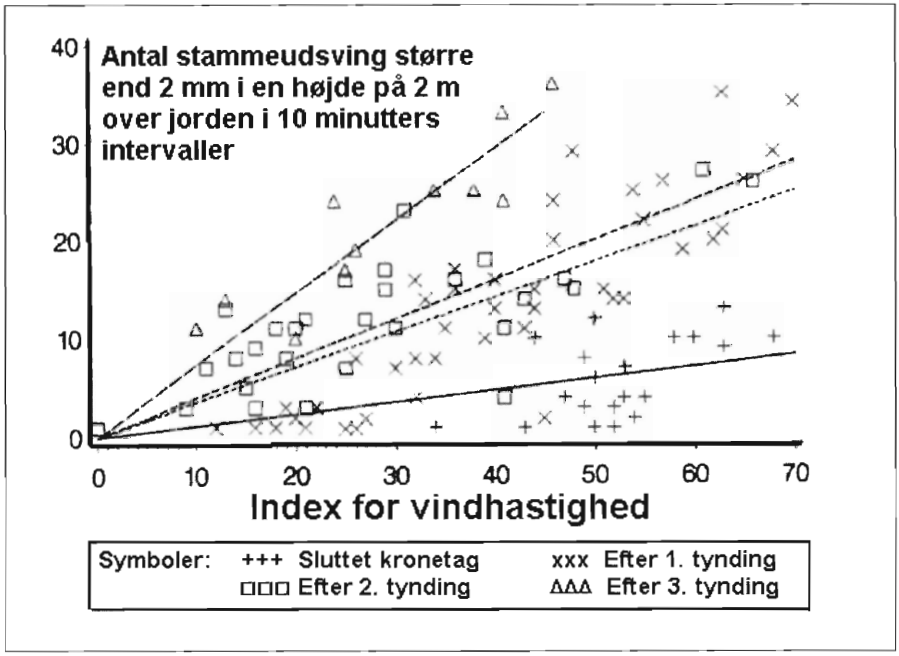
"Tugthus-dyrkning "

"Barndommen" (hvor vinden kunne styrke træerne før rodkagen dannes): Vi starter med at anbringe dem myretæt i kompagnier, hver årgang for sig. (Det giver en jævn konkurrence, og der er således ikke så mange der dør).
Vi sætter dem med vilje så tæt, fordi vi gerne vil gøre dem høje og tynde. Her lader vi dem stå og vokse længst muligt, enten indtil nogle begynder at dø, eller indtil vi med udbytte kan sælge halvdelen af dem. Det er vigtigt, at de *ikke* får lov til at bevæge sig i vinden, for det vil styrke deres skelet (grene, stamme og rødder), og så mister de deres høje, glatte og slanke form.
Det er vigtigt, at de heller *ikke* får for meget lys og luft, for det styrker deres kondition (kronen) og gør dem for selvstændige og individualistiske. Skulle dette alligevel ske, skal sådanne individer (krukker) fjernes i en af de allerførste udrensninger.
"Ungdommen" (hvor træerne stadig har en høj tilpasningsevne): Den første udtynding har til formål at sikre de tilbageværende lige netop så meget luft og lys at de forbliver produktive i stedet for at sygne hen. De bør dog ikke have mere luft, end at de hurtigt slutter sig igen og giver maximal produktion.
Hvis de får for meget luft og frihed i ungdommen udvikler de for dybe kroner, ligesom de også laver for mange og stærke træsvingninger. Det ville styrke deres skelet, hvilket vi absolut ikke er interesserede i. Vi må frem for alt forhindre at de bliver for individualistiske og fastholde dem i et snævert, begrænsende kollektiv gennem hele ungdommen uden plads til selvrealisering.
Den modne og produktive alder (hvor vinden bliver tiltagende destruktiv): Når værdiproduktionen når sit højeste har vi så fået et kompagni af særligt udvalgte, høje, slanke og uselvstændige individer, uden dybe kroner og med et svagt udviklet skelet, som er tilpasset til at stå tæt i flok. Markedet elsker høj-lemmede individer.
Nu skal der imidlertid lægges spæk på – så derfor ændrer vi fokus fra flokken til individet. I den modne alder tynder vi derfor hårdt ud i flokken, således at afstanden mellem dem bliver stor, så de bedste individer har godt med næring og godt med luft omkring sig.
God ernæring og plads gør træerne tykke, hvilket markedet betaler en særlig høj pris for. Vi tynder konstant ud i kompagniet – dels for at få penge i kassen, dels for at accelerere tykkelsesvæksten – og det bliver vi ved med indtil den "bitre ende".

Vores forskning og uddannelse har desværre ikke tidligere givet os forståelse for, at skelet (H/D-forhold, rod/top-forhold) og fodtøj (rødder) er stærkt underudviklet på grund af den indeklemte barndom og ungdom. Endvidere må vi erkende at gamle træer slet ikke kan nå at reparere skelettet (resistens mod stormskader) i takt med de konstant stigende vindbelastninger som hugsterne medfører (se figur 4).
At tugthus-dyrkede skovtræer i alderdommen faktisk har et svageligt fundament og et stort behov for fred og ro samt læ, forstod kun de gamle tyske mestre (og enkelte danskere). At vi i alderdommen med den "stærke danske hugst" udsætter dem for vindbelastninger, som giver dem "koldbrand i den ene tå efter den anden" (rodsprængninger) opdager vi ikke, fordi vi ikke ser hvad der sker under jorden. Vores hugsttradition forhindrer enhver form for dannelse af "ældre-kollektiver".
Vi bruger *tugthus-dyrkning* – både i nål og løv – fordi vores viden om biomekaniske tilpasningsmekanismer har været for dårlig – fordi vi først nu begynder at forstå vindens i ungdommen positive og i alderdommen negative virkninger på træerne.
I ungdommen undertrykkes træerne af overdreven kollektivisme, i alderdommen fratrager vi dem (ved hjælp af hugster) den kollektive støtte, som de i ungdommen har vænnet sig til. Tugthus-dyrkning giver en kort forventet levealder og ukontrollable ældelses- og skade-forløb. Det gør at vi mister funktionalitet og kontrol over de ældre dele af vores produktionsapparat.

ger meget voldsommere end før tyndingerne (se figur 1).
Dette fører til en løsning af rodsystemets rodkage. Løsning af rodkagen er i reglen irreversibel – det er en proces som ikke kan vendes om. Rodkageløsningen medfører at de vertikale sænker-, hjerte- og pælerødder degenererer og rådner nedefra.
På sunde vertikalrødder udvikles hvert år nye finrødder til sikring af vandoptagelse i de dybe jordhorisonter, som ligger 50-100 cm længere nede end de finrødder som udgår fra horisontalrødderne (figur 2). Disse finrødder udvikles ikke efter rodkageløsning. Disse forhold er beskrevet i detaljer hos Nielsen (2001).

Toptørhed, tynde kroner, rødmarv og barkbilleangreb: Både nåletræ og bøg kan leve i årtier med en løsnet rodkage, men træet bliver generelt meget stærkt eksponeret for tørke, insekter og svampe. Efter perioder med meget vind (øget rodkageløsning) eller udbredt



Figur 1. Effekten på forsøgstræernes svingningsamplituder af tre på hinanden følgende hugster i samme bevoksning i løbet af et enkelt vinterhalvår. Symbolerne viser træsvingningerne i de fire behandlingsfaser, og det fremgår at træernes svingninger stiger i takt med antallet af fjernede nabotræer (fra Nielsen 1995)

tørke fører det til blad- og nåletab i kronen og på længere sigt til toptørhed. Det eksponerer endvidere træerne for barkbiller. Rodkageløsningen medfører i bøg antageligt også rødmarvsdannelse fra bunden.

Jeg er sikker på, at mange af disse skader har sekundær karakter. De udløses kun fordi træerne i forvejen er svækkede i deres vandbalance, hvilket jo nedsætter fotosyntesen og mængden af forsvarsstoffer.

Vi forstår ikke træernes degeneration: Generelt har vi en meget dårlig forståelse for de mekanismer som styrer træernes ældelse og degeneration.

Vi siger, "at æren stagnerer efter for hård hugst". Vi taler om tyndkronede træer, saltskader og udtørringsskader m.v. Vi taler om randopløsning.

Vores forståelse for mekanismerne bag træernes "degenerering" er alt for dårlig. Vi har i mange år haft en klar fornemmelse af, at rødgranens proble-

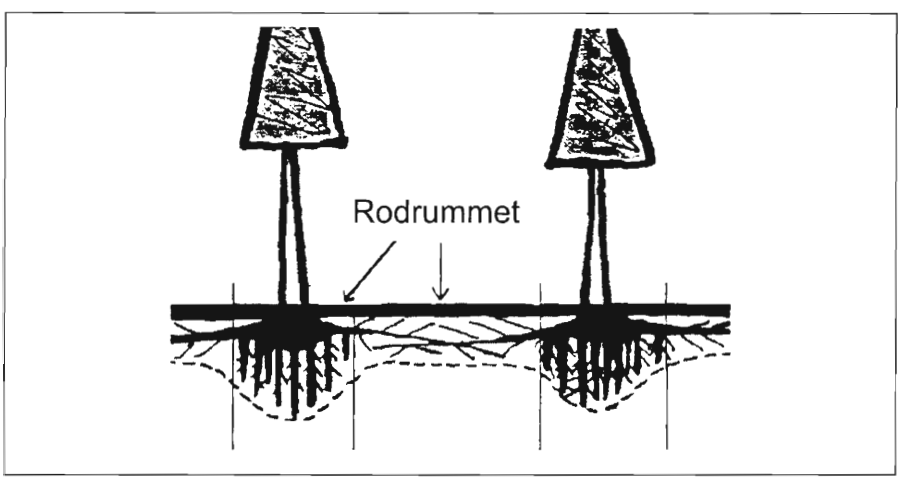
mer i Danmark beror på en forringet vandbalance – uden dog at forstå mekanismerne. Forklaringen ligger primært i degenereringen af sænkerrødderne – oftest efter en rodkageløsning.
Vi bilder os ind, at voldsomme orkanskader er uundgåelige – at orkanens naturkræfter overtrumfer forstmanden. Ak nej, det er os forstmænd, som ikke forstår at dyrke vindtilpassede træer.

"Rodkageløsning" er den primære årsag til de fleste sundhedsproblemer: Som beskrevet hos Nielsen & Knudsen (2004c) kunne vi påvise en stærk sammenhæng mellem nåletab i rødgrankroner og træernes rodkageløsning.
At rodkageløsning ikke kun er et problem i nåletræ, men også i bøg på både flad- og middeldybgrundede jorder, kan iagttages på mange rodkager fra væltet bøg. Ofte er det ikke en rodkage, men kun en flad rodtallerken som vælter op. Denne flade "rodkage" er ofte helt uden vertikalrødder, som stikker ud af rodtallerkenens bund. Til gengæld har sådanne rodskiver mange laterale rødder, som stritter ud fra tallerkenens rand (figur 3).
Hos bøg fører et sådant billede til råd i den centrale stub - antageligt med rødmarv og toptørhed til følge.

Biomekanisk tilpasning

For at træer kan opnå høj stabilitet og god vandbalance i alderdommen, skal de have lov til at tilpasse sig en høj

Figur 2. Finrøddernes rumlige fordeling i jorden på træer ***uden*** *rodkageløsning. Undersøgelser i 90 bevoksninger af 6 træarter har vist at vertikalrødderne under stubben når en dybde, som er dobbelt så stor som de horisontale finrødder. Dette gælder alle arter og på alle jordbundstyper (fra Nielsen og Hansen 2000)*



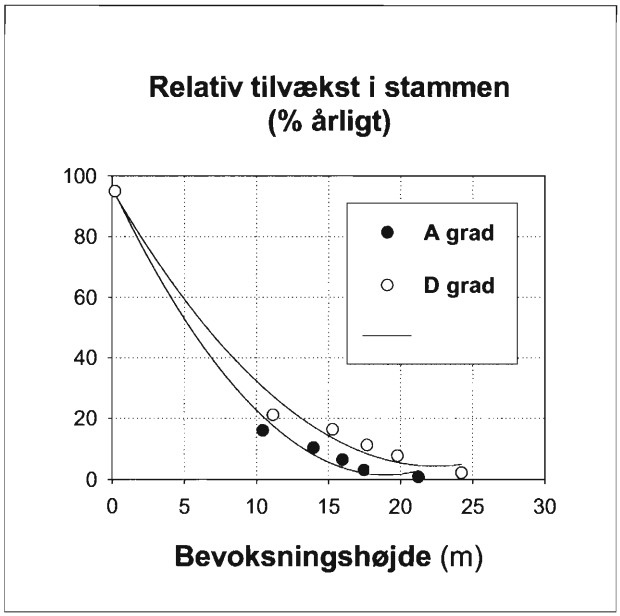
Figur 3. En væltet bøg, som har haft rodkageløsning i mange år forud for faldet. Man kan se at de dybe vertikale rødder er forsvundet og at kun de overfladiske horizontale rødder i periferien af rodkagen har sørget for vandoptag og stabilitet (foto af forfatteren)

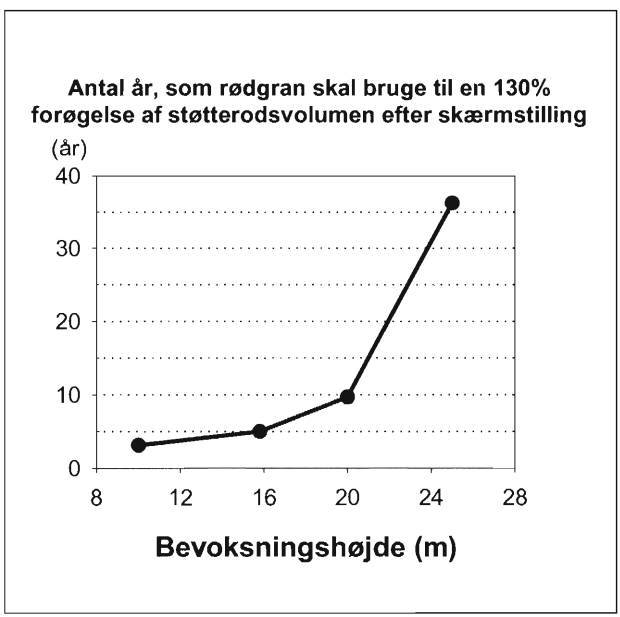
vindbelastning i ungdommen. Høj vindbelastning fører til subletale rodsprængninger, som fører til forøget rodforgrening og dermed til flere "træk-rødder" (bardun-rødder) samt en mere homogen stress-fordeling i rodsystemet.

Sagt på en anden måde: Stærk vindeksponering i ungdommen medfører at rødgranen danner et næsten hjerterodsformet rodsystem mod vest og det traditionelle skiverodssystem mod øst. Dette kræver stor planteafstand og stærke ungdomshugster.

Træerne tilpasser sig vinden med biomekaniske tilpasningsmekanismer, som mere udførligt beskrevet hos Nielsen (1990, 2001). Biomekanisk tilpasning finder også sted i alderdommen, men med aftagende styrke (p.g.a. aftagende relativ tilvækst – se figur 4).

I den midaldrende fase kan man derfor vælge to strategier: Enten at fortsætte den videre opbygning af enkelttræstabilitet med stor kontinuitet (læbælte-hugst), eller at lade den sociale stabilitet sikre kollektivets stabilitet (overgang til





Figur 4. Figurerne viser tilvækst i stammen og tilvækst i rodmassen ved stigende bevoksningshøjde. Træernes evne til at tilpasse deres rod/top -forhold efter en stærk tynding eller skærmstilling aftager eksponentielt med alderen. Dette skyldes frem for alt at den relative tilvækst i skovtræer aftager hastigt med alderen. (Fra Nielsen og Knudsen 2004a).

A-hugst = tyndingsfri drift). Det sidste alternativ giver størst stabilitet. Hvis den sidste stabiliseringsstrategi vælges er det vigtigt, at hugster til sidst helt udelades – Se figur 5).
At vælge overgangen til tyndingsfri drift i den sidste del af omdriften bliver af mange anset for et problem ved efterfølgende "*Dauerwald*" foryngelse (dvs. skovdrift med et vedvarende skovdække, red.). Men foryngelse i lysbrønde, grupper eller striber (kulisseforyngelse) sikres bedst, hvis de omstående strukturer er helt sluttede og stabile. Selv i foryngelser ved skærmstilling er det en fordel at have helt lukkede kronetag, fordi man så kan udlægge hver 3., 4. eller 5. kulisse som stabiliseringsbælte.

Konklusion: Et nyt skovdyrkningsmæssigt nøgleord bliver "rodkageløsning"

Vi ved at rodkagen vipper forud for stormfald. Men der er nu en del observationer og målinger, som giver grund til at antage at rodkage-løsning er et fænomen, som er udbredt i modne og ældre bevoksninger. Dette gælder i særlig grad ved stærke hugstindgreb i en moden alder og på flad- og middeldybgrundede jorder. Rødgran, sitkagran og bøg lader til at være særligt udsatte for sådanne rodkageløsninger.
Vi har solid dokumentation for at sænkerrøddernes finrødder går dobbelt så dybt ned som horizontalrøddernes finrødder i ældre og uskadte bevoksninger, og at sænkerrøddernes sundhed er vigtig for vandhusholdningen.
Rodkageløsning med degradering af vertikalrødderne medfører derfor en irreversibel forringelse af træets vandbalance og er at betragte som en meget vigtig faktor i træets ældelse. Træets sundhed, stabilitet og forventede levealder nedsættes alvorligt ved rodkageløsning på samme måde som en kræftsygdom reducerer menneskers forventede levetid.

Perspektiver

Men.....skal vi til at lave "krukker" i alle Danmarks skove – bare for at de bliver stabile og sunde?
Nej. Det er selvfølgelig ikke budskabet. Men en skærpet bevidsthed om, at traditionel drift i sig selv er destabiliserende (se rammen med den polemiske fremstilling af "Tugthus-dyrkningen") samt kendskab til mulige stabiliserende tiltag, vil i sig selv kunne betyde uendelig meget.
Selvfølgelig har vi alternative driftsmuligheder. Selvfølgelig kan vi vælge en driftsform i bøg, som skåner midaldrende og gamle træer.
I min studietid undrede vi os meget over at tyskerne havde meget mindre rødmarv i deres bøg. Hvorfor har vi ikke set deres svage og forsigtige hugster som en inspiration i den sammenhæng?
Hvis vi vil lave opsparing i bøg og undgå rødmarv – så er det vigtigt at undlade hugster i de aldrende bevoksninger. Hvis hugst er nødvendig af likviditetsmæssige årsager, så er det bedre at lave små afdrifter/kulisser/lysbrønde i en utyndet og stabil bevoksning, end at tynde og destabilisere hele bevoksningen!
I nåletræ bør man etablere stabiliserende skeletter som bælter igennem skoven og tværs igennem store bevoksninger. Udlæg f.eks. hver 5. kulisse i nåletræ til tyndingsfri drift! Så kan man tillade sig hvad som helst i de 4 andre kulisser – thi et stormfaldshul vil ikke rulle ret

HUG STÆRKT - DØ UNG

Løsning af træernes rodkage er meget mere almindelig end vi antager.
Træer kan leve videre med en løsnet rodkage i årtier, men er meget mere sårbare overfor tørke og andre stressfaktorer. Barkbiller, toptørhed og måske rødmarv vil ofte hænge sammen med den irreversible ødelæggelse af træets vandbalance, som er en følge af en løsnet rodkage og døende vertikalrødder.
Vi må i højere grad lære at føre en "rodbevarende" dyrkning - en dyrkning som har fokus på sunde og stabile træer, for ..... træernes ældelse og nedbrydning begynder med døde rødder.

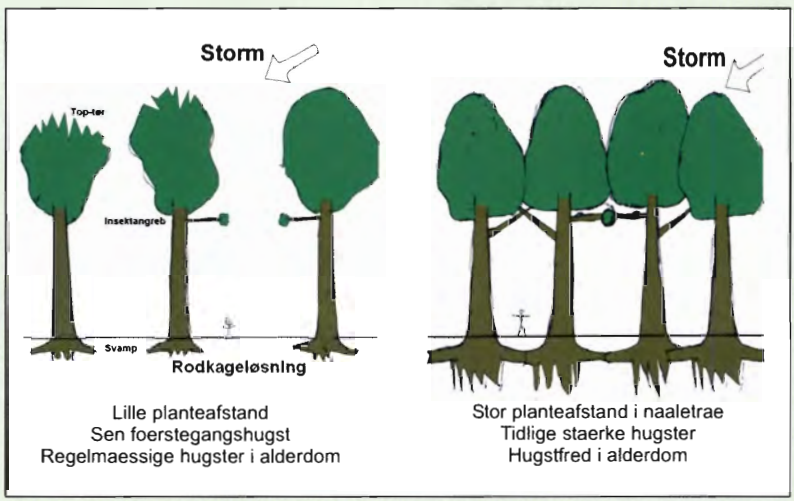
I alderdommen: Hugstfred og sundhed

langt. Se nærmere om en sådan rumlig stabilisering hos Nielsen (2001).
Det er muligt at lave en mere sund, stabil og strukturmæssigt fleksibel skov uden at give afkald på høj vedkvalitet (tværtimod). Men det kræver en grundlæggende forståelse for gamle træers følsomhed overfor ændringer i deres miljø.
En vigtig pointe i den ovenfor foreslåede rumligt differentierede behandling er, at den giver det bedste tænkelige grundlag for konvertering til de uensaldrende og rumligt heterogene strukturer, som er basis i den *"naturnære drift"*.
En anden vigtig pointe er, at en bevidst rumlig stabilisering af nåleskoven giver danske dyrkere *hidtil uanede muligheder for at forbedre kvaliteten af dansk nåletræ.*
Godt nok har den blinde renteregnende skovøkonomi gjort meget skade gennem det sidste århundrede, herunder at anbefale rødgran, stærk hugst og korte omdrifter. Men vi skal ikke være blinde for, at også stormfalds- (og rødmarvs-) risikoen har haft en stor betydning for det danske skovbrugs hang til at arbejde med korte omdrifter og stærk hugst for at opnå gode dimensioner på en kort omdrift.
Hvis nåleskoven stabiliseres i hver 4. eller 5. kulisse, så kan vi pludselig tillade os at føre en meget svagere hugst i de mellemliggende kulisser. Dette medfører en længere omdrift, men også en meget højere vedkvalitet. Stablisering i hver 4. kulisse og svag kontinuert hugst, eller Heding hugst (måldiameterhugst) i de mellemliggende kulisser (se f.eks. Nielsen et al. 2004b).
Vi kan selv dyrke os ud af de fleste sundheds- og stabilitetsproblemer.

Figur 5. Traditionel "tugthus-dyrkning" versus D-A hugst: Den sociale støttestruktur i gamle bevoksninger bør ikke ødelægges. Den giver læ og fysisk kronekontakt, den forhindrer rodkageløsning, og den beskytter dermed træernes vandbalance og stofproduktion (herunder tilvækst).

a) Vedblivende stærke hugster i gamle bevoksninger, hvor tilpasningsevnen er ringe, giver ustabile og usunde træer

b) Overgang til tyndingsfri drift (**"HUGST-FRED"**) til opbygning af den sociale stabilitet giver stabile bevoksninger og sunde træer



Litteratur

1. Nielsen, C.C.N. (1990): "Bevoksningsstruktur og stormstabilitet. Fire skovdyrkningsmæssige beslutningsparametre med henblik på opbygningen af stabile skovsystemer", Dansk Skovbrugs Tidsskrift, Jg.75, S.72-80
2. Nielsen, C.C.N. (1995): "Recommendations for stabilisation of Norway spruce stands based on ecological surveys" in "Wind and Trees" edited by M.P.Coutts and J. Grace, Cambridge University Press.
3. Nielsen, C.C.N. & Hansen, J.K. (2000): "Functional aspects of root architecture and biomass allocation of six major European

forest tree species. Final consolidated scientific report for the EU-project "Aspects of sustainability by afforestation of agricultural set-aside areas: Development of roots and root/shoot-ratios" (contract AIR3-CT93-1269). Vol. 1, pp. 297. Submitted to the "The Research Series" Danish Forest and Landscape Research Institute and the Royal Vet. & Agric. University". Status: in international referee.

4. Nielsen, C.C.N (2001b): Vejledning i styrkelse af stormfasthed og sundhed i nåletræsbevoksninger. [Guidance for improved wind stability and common health in coniferous stands.]. Dansk Skovbrugs Tidsskrift, no.4, p.216-264.

5. Nielsen, C.C.N. & Knudsen, M.A: (2004a): A Danish shelterwood trial I: Growth responses to release. Manus finished for submission to Trees: Structure and Function.

6. Nielsen, C.C.N., Heding, N., Morsing, M., Skovsgård J.P. (2004b): Stormstabilitet i rød- og sitkagran ved hugst fra toppen og måldiameterhugst. Submitted to Dansk Skovbrugs Tidsskrift. 11 pp and 6 photos.

7. Nielsen, C.C.N og Knudsen, M.A. (2004c): Stormstabilitet og sundhed i en rødgranskærm. 7 års resultater efter skærmstillingen. Indsendt til DST.

POST B
PP DANMARK

Indhold

Christian Nørgaard Nielsen, Merete Morsing, Niels Heding og Jens Peter Skovsgaard:
Stormstabilitet i rød- og sitkagran ved hugst fra toppen og måldiameterhugst 89

Esben Møller Madsen og Henrik Meilby:
Anti-Heding – kritiske synspunkter om måldiameterbegrebet 105

Christian Nørgaard Nielsen og Morten Alban Knudsen:
Stormstabilitet og sundhed i en rødgranskærm – 7 års resultater efter skærmstillingen 115

Christian Nørgaard Nielsen:
"Tugthusdyrkningen" eller "Den oversete vækstfaktor: Vinden" 129

Indeks er indsat mellem side 114 og115

Forsidefoto: Stormfald i rødgran – arkivfoto fra stormfaldet i 1981 i Gribskov.

Dansk Skovbrugs Tidsskrift
ISSN 0905-295X. Udgives af Dansk Skovforening, Amalievej 20, 1875 Frederiksberg C. Telefon 33 24 42 66, telefax 33 24 02 42. Postgiro 9 00 19 64. e-post info@skovforeningen.dk. Hjemmeside www.skovforeningen.dk

Redaktion: Søren Fodgaard (ansvarshavende)
Redaktionsudvalg: Skovrider Leif Madsen (formand), forstfuldmægtig Pernille Karlog, lektor Jens Dragsted, skovfoged Martin Petersen, skovbrugslærer Tyge Kjær, direktør Niels Elers Koch.
Tryk: Litotryk, Svendborg.