DANSK SKOVFORENINGS TIDSSKRIFT

INDHOLD

Afhandlinger, artikler m. m.: Side

JENSEN, JENS BECH: Mulighed for minirotation ved dyrkning af skovtræer 1

CHRISTENSEN, JENS BJERREGAARD & FINN HELLES: Forstlige investeringsbeslutninger under usikkerhed 40

HOLSTENER-JØRGENSEN, H. & V. JOHANSEN: Vanding og gødskning af Abies Nordmanniana. Præliminære resultater 75

BEJER-PETERSEN, BRODER: Barkbilleangreb på granbevoksninger og forholdsregler imod dem .. 86

DALGAS, K. F.: Skel og hegn mellem skovbrugsejendomme og tilstødende landbrugsejendomme 107

HOLSTENER-JØRGENSEN, H.: Resultater fra et forsøg med gødskning af en klippebevoksning af Abies Nordmanniana i Waldbeck skov, Gråsten statsskovdistrikt 118

1. hæfte **Marts 1978** **LXIII. årgang**

Dansk Skovforenings Tidsskrift
udkommer årlig med 4 hæfter.

Eftertryk af tidsskriftets artikler uden redaktionens samtykke er ikke tilladt.

REDAKTIONSUDVALG:
Hofjægermester *I. Estrup*, Kongsdal, 4440 Mørkøv (formand).
Skovrider *Ole Fog*, Vester Voldgade 86³, 1552 København V.
Lektor lic. agro *Finn Helles*, Skovbrugsinstituttet, Thorvaldsensvej 57, 1871 København V.
Statsskovrider *Steffen Jørgensen*, Gøddinggaard, 7183 Randbøl.
Forstander *Aa. Marcus Pedersen*, Skovskolen, Nødebo, 3480 Fredensborg.

REDAKTØR: (ansvarsh.)
P. Hauberg.

DANSK SKOVFORENINGS SEKRETARIAT OG TIDSSKRIFTETS REDAKTION:
Vester Voldgade 86³, 1552 København V., (01) 12 21 66*, Postgiro 9 00 19 64.

Tryk: Scantryk, Skolegade 12 E, 2500 Valby, (01) 30 06 01.

MULIGHED FOR MINIROTATION VED DYRKNING AF SKOVTRÆER

Forkortet hovedopgave i skovdyrkning
af skovbrugsstuderende JENS BECH JENSEN

Oxford class: 221.5

Indhold

1. Indledning 1
2. Valg af træart 2
3. Valg af lokalitet 8
4. Kulturetablering 9
5. Ukrudtsbekæmpelse 18
6. Gødskning 19
7. Omdriftens længde 21
8. Afdrift og vegetativ genetablering 23
9. Vedmasseproduktionen 28
10. Minirotationsskovbrug i Sverige 32
11. Resumé 34
12. Summary 35
13. Litteraturfortegnelse 36

1. Indledning

Ved minirotationsskovbrug forstås et højmekaniseret skovbrug, som sigter på maksimal tørstofproduktion ved ekstremt korte omdrifter. En af grundforudsætningerne er hurtig, effektiv og billig genetablering, som fortrinsvis sker vegetativt. Den maksimale tørstofproduktion tænkes opnået ved optimering af træartsvalg, lokalitetsvalg, etableringsmetode, planteafstand, ukrudtsbekæmpelse, gødskning, vanding og genetablering.

Opgaven beskæftiger sig hovedsageligt med de dyrkningsmæssige aspekter ved minirotation samt produktionens størrelse.

Aspekterne vedrørende økonomi, vedteknologi og produktanvendelse vil ikke blive nærmere behandlet.

2. Valg af træart

Krav til træart, idealtype

SIRÉN, 1974a, siger, at kun industrielt interessante træarter med ekceptionel hurtig udvikling i de unge år er aktuelle.

SCHREINER, 1974, og RIBE, 1974, lægger vægt på, at en varietet besidder stor tilpasningsevne til forskellige lokaliteter, hurtig vækst, resistens mod sygdomme og insekter og evne til rod- og stødskudsvækst.

DICKMANN, 1975, har opstillet en optimal teoretisk model eller idealtype for en træart. Opstillingen af denne idealtype skal betragtes som en grov si til at foretage en første udvælgelse af passende træarter eller varieteter til minirotationsskovbrug. Ved anlæg af markforsøg kan man foretage en adskillelse i egnede og ikke egnede arter og varieteter. På denne måde formindskes tidsforbruget og risikoen for at forkaste egnet materiale. Idealtypen skal naturligvis være fleksibel og løbende kunne tilpasses nye forskningsresultater. Den generelle idealtype er formuleret således:

1: *Hurtig ungdomsvækst.*

For at opnå maksimal fiberproduktion på kort tid må træerne have evnen til at vokse hurtigt i de unge år.

2: *Indetermineret vækst (uafsluttet vækst).*

Mange skovtræer, f. eks. popler, birk og lærk besidder evnen til skudstrækning og vækst gennem hele vækstsæsonen. På denne måde udnyttes vækstbetingelserne maksimalt i hele den frostfrie periode. Disse arter har således evnen til at producere større tørstofmængder

end arter med afsluttet vækst, såsom Pinus-arter og valnød, som ofte begynder anlæg af knopper til næste år flere måneder før vækstsæsonens afslutning.

3: *Udpræget tendens til aksedannelse.*
Det er vigtigt, at tilvæksten lægges på en enkelt stamme.

4: *Spidse grenvinkler og smal, kompakt krone.*
Forskningsresultater fra forsøg med markafgrøder plantet meget tæt har vist, at den mest effektive udnyttelse af solenergi opnås, hvis bladene er orienteret i en vinkel til vandret. Træer med spidse grenvinkler og hvis bladstilling nærmer sig det vertikale vil således effektivt kunne udnytte solindstrålingen på et givet areal. En smal krone vil også tillade et tættere plantemønster uden risiko for, at individerne gensidigt hæmmer hinanden.

5: *God balance mellem rod og top.*

6: *Let at etablere, let at forynge.*
Klargøring af vokseplads og etablering (genetablering) indebærer de største omkostninger ved en rotation af skovtræer. Disse omkostninger vil sandsynligvis stige yderligere som følge af det tætte plantemønster ved minirotation. Evne til vegetativ formering ved mange løvtræarter (stiklinger, rodskud og stødskud efter afdrift) er derfor en vigtig egenskab for en træart, som skal anvendes til intensive kulturer. Evnen til at bevare værdifuldt genetisk materiale ved klonopformering kan heller ikke undervurderes.

7: *Akceptable vedegenskaber.*
Genetisk udvælgelse kan foretages for høj, specifik vægtfylde, forøget fiberlængde, lavt indhold af lignin og ekstraktiver, mindre tendens til reaktionsved og ved løvtræerne et lavt forhold mellem vedkar og fibre. Der kan

forædles for tynd bark eller, hvis barken skal anvendes, for højt fiberindhold i barken.

8: *Resistens mod vigtigste insekt- og svampeskader.*
Selektion for resistens mod vigtige insekt- og svampeskader såvel som genetisk spredning i den enkelte bevoksning for at undgå masseangreb ved anlæg med en enkelt klon er det optimale mål.

Ovenstående kan udvides med enkelte punkter, idet LARSON, DICKSON & ISEBRANDS, 1976, har udarbejdet en række idealkrav for sortpoppel. Det er vigtigt, at træarten eller varieteten er en svag konkurrent, så alle træer overlever ved den foretrukne planteafstand, og således at man opnår et ensartet produkt ved afdrift. Ligeledes fremhæves god evne til stødskudsdannelse, men få stødskud pr. individ og bevarelse af vækstkraften ved gentagne afdrifter.

Ud fra disse krav til idealtype kan man da udvælge træer, hvis fænotype passer til modellen. Dette kræver udvalg af træer fra et stort materiale af vild-typer. Krydsning og forædling af de overlegne træer er næste trin, og ofte opnås allerede i F_1-generationen gevinst i form af større vækstydelse (heterosis) (DICKMANN, 1975).

Mulige træarter

Ud fra de krav, som blev opstillet i sidste afsnit, vil mulige træarter først og fremmest være at finde i løvtræ-gruppen. Det vil være for omfattende at beskrive hver enkelt foreslået træart i detaljer, så jeg vil begrænse det til en opremsning af slægter, inden for hvilke det anses for muligt, at finde egnede arter og individer. Først vil Populus-slægten blive mere indgående behandlet, idet talrige forfattere peger på dens fremragende egenskaber til minirotationsskovbrug.

Populus

En deltajeret taxonomisk gennemgang af slægten vil

ikke blive foretaget, her henvises til botaniske værker.

MAINI, 1968, udtaler, at de træk, der især favoriserer Populus, er dens store økologiske amplitude, dens foryngelseslethed, dens hurtige vækst og de alsidige anvendelsesmuligheder for veddet.

Ifølge BICKERSTAFF, 1968, vokser popler (hjemmehørende i Canada) på et bredt spektrum af lokaliteter. På nogle lokaliteter er væksten så dårlig, at den ikke opnår salgsmæssig dimension, men på andre lokaliteter er poplen den hurtigstvoksende af alle canadiske arter.

Populus-slægtens udbredelsesområde danner et bælte rundt om jorden på den nordlige halvkugle, hovedsageligt i det tempererede område.

DICKMANN, 1975, ser følgende muligheder inden for Populus-slægten, hvor der inden for sektionen Aigeiros (sortpoplerne) peges på Populus deltoides, det hurtigst voksende træ i Nordamerika og de mange hybrider mellem denne og den europæiske sortpoppel, Populus nigra (Populus x euramericana). En fordel for arterne inden for denne sektion er muligheden for stiklingeopformering i stor stil af hybrider og udvalgte individer med specielt gode egenskaber. Inden for sektionen Leuce (aspene) nævnes Populus tremuloides og P. grandidentata som gode emner både enkeltvis og i krydsninger med hjemmehørende og eksotiske aspe. Aspene er karakteriseret ved hurtig vækst, rodskudsdannelse, god reaktionsevne på gødskning og vanding, men vanskelig roddannelse ved stiklingeformering. Populus betragtes som den mest lovende slægt i det nordlige Central-U.S.A.

Naturligt forekommende triploide aspe udviser hurtig vækst og en forøgelse i fiberlængde på 20–30 % (EINSPAHR & BENSON, 1968).

SCHREINER, 1974, fremhæver slægten Populus, fordi den som følge af hybridisering mellem arter også fra forskellige sektioner, frembyder den store variation af genotyper, som er nødvendig for maksimalt forædlingsresultat.

Den foreliggende viden om poppelforædling er meget omfattende.

I 1924 startedes det første store poppelforædlingsprogram i U.S.A. I 1930'erne påbegyndtes krydsningsforsøg i Canada, Sverige (aspe) og Danmark. I Danmark foregik det under ledelse af SYRACH LARSEN, (LARSEN, 1953, p. 370). Forædlingsarbejdet i Holland begyndte ligeledes i 30'erne.

Mange andre projekter verden over er siden startet, f. eks. i Italien, Belgien og Korea.

ROSE, 1974, er i gang med udvalg og afprøvning af Populus-kloner til minirotationsskovbrug.

Andre slægter

Af andre vigtige slægter, inden for hvilke det er sandsynligt at finde egnede arter eller varieteter til minirotationsskovbrug, kan nævnes (baseret på DICKMANN, 1975):

Salix	hurtig ungdomsvækst, god stødskudsevne, gode forædlingsmuligheder, stiklingeopformering.
Alnus	hurtig vækst, kvælstofbindende egenskaber gør den måske egnet på mindre gode lokaliteter, rod- eller stødskudsevne.
Acer	hurtig ungdomsvækst og god stødskudsevne.
Fraxinus	fugtige lokaliteter, god stødskudsevne.
Betula	hurtig ungdomsvækst – visse arter har god stødskudsevne, f. eks. Betula nigra.
Platanus	især i sydlige tempererede områder, hurtig vækst, god stødskudsevne.

Træarter i eksisterende forsøg

De første forsøg til undersøgelse af minirotationsproblematikken blev anlagt i 1966 i det sydlige U.S.A. med Platanus occidentalis. De fleste resultater angående de dyrkningsmæssige aspekter af minirotationsproblematikken stammer derfor også derfra. (MC ALPINE, HOOK

& Kormanik, 1972; Saucier, Clark & Mc Alpine, 1972; Steinbeck, Mc Alpine & May, 1972; Belanger & Saucier, 1975; Clark, 1975; White & Hook, 1975).

I 1967 anlagdes forsøg med Populus trichocarpa i det nordvestlige U.S.A. (Heilman, Peabody, DeBell & Strand, 1972; DeBell & Alford, 1972; Smith & DeBell, 1973; DeBell, 1975).

Ligeledes undersøgtes produktionspotentialet for den naturlige elleart i området, Alnus rubra (DeBell, 1975).

I »The Lake States« i U.S.A. har man siden 1968 undersøgt muligheden for anvendelse af asp til minirotation. Det drejer sig om arterne Populus grandidentata, P. tremuloides og aspehybriden P. tremula x P. tremuloides (Einspahr & Benson, 1968; Ek & Brodie, 1975).

I Ontario, Canada, beskrives forsøg anlagt i 1968 med poppelklonerne »I-214«, »Jacometti 78 B« og »I-45/51«, (Zufa & Balatinecz, 1975).

I 1971 organiserede man i Wisconsin, U.S.A., et omfattende projekt til undersøgelse af alle aspekter vedrørende minirotationsskovbrug. I denne forbindelse er der i årene 1971–76 blevet etableret prøveflader med bl. a. poppelhybrider, Fraxinus americana, Alnus glutinosa, Acer saccharinum, lærkearter og -hybrider, og Pinus banksiana. Forsøgsresultaterne fra disse anlæg er foreløbig sparsomme.

I begyndelsen af 1974 anlagde man i Holland prøveflader med seks forskellige lovende poppelvarieteter på to forskellige lokaliteter. Disse varieteter er Androscoggin, Donk, Barn, Fritzi Pauley, Rap og Dorskamp (Kolster & Meiden, 1974; Kolster & Meiden, 1975).

I Sverige havde man i efteråret 1973 endnu ikke anlagt prøveflader til undersøgelse af muligheden for minirotationsskovbrug. Forstudier var dog i gang, og undersøgelser af eksisterende produktionstal for forskellige træarter ledte til følgende anbefalinger:

Først og fremmest forskellige poppelhybrider (Populus gelrica, P. robusta), derefter iøvrigt asp, seljepil

(Salix caprea), femhannet pil (Salix pentandra) og forskellige pilehybrider, hvidel (Alnus incana), rødel (Alnus glutinosa), vortebirk (Betula verrucosa) og dunbirk (Betula pubescens), (SIRÉN, 1974 a); (SIRÉN, 1974 b).

I øjeblikket er man i gang med at undersøge muligheden for at anvende 50 Populus-kloner og 200 Salix-kloner til minirotationsskovbrug. (SIRÉN, 1976 a).

3. Valg af lokalitet

Krav til lokalitet

For at opnå tilfredsstillende etablering af og udbytte fra intensive kulturer er det nødvendigt med omhyggeligt valg af lokalitet.

Løvtræarterne stiller generelt specifikke krav til lokaliteten. Derfor er det uhyre vigtigt, at valg af lokalitet tilpasses den foretrukne træart.

Sortpoplerne (»cottonwoods«) vokser bedst på luftige jorder, som er fugtige gennem hele vækstsæsonen. Platanus occidentalis (»sycamore«) er ikke så specifik i sine jordbundskrav som sortpoplerne, men kræver alligevel god jord. Den bedste lokalitet er en dyb, veldrænet, middel til grovkornet jord. Der anbefales ikke plantning af løvtræer på svære lerjorder (BELANGER & SAUCIER, 1975).

Populus grandidentata og P. tremuloides (aspe) er temmelig indifferente med hensyn til jordbundskrav. De vokser både på lokaliteter med sandjord og lerjord. (EINSPAHR & BENSON, 1968).

MEIDEN, 1976, peger på balsampoppelen og poppelvarieteten »Dorskamp« til plantning på mindre frugtbare lokaliteter, hvor de har udvist god vækstkraft.

Således er udgangspunktet for et maksimalt udbytte ved minirotationsskovbrug en syntese af valg af træart (eller trætype) og en dertil gunstig lokalitet.

Eksisterer der ikke nærmere kendskab til en mulig lokalitets jordbundsforhold, bør der foretages en analyse til en dybde af 1,20 m (WHITE & HOOK, 1975) for at sikre

den bedste overensstemmelse mellem lokalitet og træart.

På grund af den store maskinelle indsats i minirotationsskovbruget er udstrakte flade eller bølgede områder bedst egnede (SCHREINER, 1970).

Mulige lokaliteter

Dette emne vil kun blive behandlet i korthed, da det foruden at være af skovdyrkningsmæssig art også i høj grad er et skov-, landbrugs- og miljøpolitisk spørgsmål.

Meget af den jord, som er nødvendigt til minirotationsskovbrug, er i dag klassificeret som agerjord, enten under plov eller i brak (SCHREINER, 1970).

I Sverige har man foretaget en undersøgelse over de arealmæssige forudsætninger for minirotationsskovbrug. I denne analyse har man bevidst undladt at betragte arealer, som ville kunne medføre konflikt med det eksisterende skovbrug. På grundlag af disse undersøgelser er der ca. 1 million ha marginale arealer til rådighed, som kan anvendes til minirotationsskovbrug, bestående af:

260.000 ha nedlagt landbrugsjord
290.000 ha fugtige moser
430.000 ha mesotrofe og eutrofe Carex-moser, og
50.000 ha strandenge (SIVERTSSON, 1976).

4. Kulturetablering

Kulturforberedelse

Intensiv klargøring af vokseplads er en nødvendighed for en vellykket etablering af løvtrækulturer (WHITE & HOOK, 1975). Disse forberedelser til kulturanlæg omfatter bl. a. stødrydning, kvasrydning, jordbearbejdning, herbicianvendelse og eventuelt dræning af areal.

BELANGER & SAUCIER, 1975, fremhæver, at omhyggelig klargøring af vokseplads er nødvendig, hvis plantning, ukrudtsbekæmpelse og høstning skal mekaniseres. Stød- og kvasrydning og grundig jordbearbejdning er altså nødvendigt ved anvendelse af et tidligere skovbevokset areal til minirotationsskovbrug.

Iøvrigt hersker der nøje sammenhæng mellem intensiteten i forberedelserne til anlæg af kultur og den efterfølgende nødvendighed af ukrudtsbekæmpelse.

Der gives kun få oplysninger om forberedelser til anlæg af kultur i litteraturen om minirotationsskovbrug, f. eks. KOLSTER & MEIDEN, 1974, som ved anlæg af en stiklingekultur på ager- og engjord i Holland foretog pløjning til 30 cm's dybde, fræsning af de øverste 10 cm og tilsidst grubning til en dybde på 60 cm. løvrigt henvises til den generelle skovdyrkningslitteratur.

Valg af plantemateriale

Ved kulturanlæg kan der være tale om 1) barrodsplanter fremstillet af frø eller stiklinger, 2) stiklinger eller 3) containerplanter. For et vellykket resultat af kulturetableringen må der anvendes plantemateriale af god kvalitet.

Barrodsplanter

Gentagne målinger af planteoverlevelse har vist, at størrelsen bestemt ved rodhalsdiameteren er en god indikator for den fremtidige vækst. En rodhalsdiameter på 0,8 cm anses for at være minimum for næsten alle arter. 1,3 cm betragtes som en god størrelse. Dette betyder, at plantetætheden højst må være fra 90–130 planter pr. m^2 i planteskolen. (WHITE & HOOK, 1975).

Stiklinger

Mange af de arter, som indgår i forsøg med minirotation, kan etableres direkte med stiklinger. Dette gælder f. eks. Platanus occidentalis, Fraxinus pennsylvanica, mange Populus arter og Salix arter. Som ved barrodsplanter er stiklingestørrelsen en anvendt målestok for kvaliteten (WHITE & HOOK, 1975).

Der kan være tale om urteagtige og forveddede stiklinger. De urteagtige stiklinger vil ikke blive behandlet her, da de anvendes i planteskoler og ikke ved kultur-

etablering i marken. Træagtige stiklinger kan være enten gren- eller rodstiklinger. Rodstiklinger anvendes ved aspene, medens grenstiklinger anvendes for en lang række andre arter egnede til minirotationsskovbrug.

Man skelner mellem to stikkemetoder, som direkte kan anvendes i marken, lodret stikning og vandret placering af stiklingen i en fure i jorden.

Ved lodret stikning af Platanus occidentalis og sortpopler opnåedes det bedste resultat ved en længde på 50 cm og en topdiameter på 1,3 cm. (STEINBECK, MC ALPINE & MAY, 1972; BELANGER & SAUCIER, 1975).

For at finde alternativer til traditionelle kulturetableringsmetoder med stiklinger eller barrodsplanter, som medfører store omkostninger på grund af de høje plantetal, forsøgte man allerede i 1965 at anbringe træagtige stiklinger af Platanus occidentalis horisontalt i en fure i jorden, (»horisontal stikning«), (MC ALPINE, HOOK & KORMANIK, 1972). På grundlag af gode resultater i dette indledende forsøg anlagde man i 1968 en prøveflade for at undersøge rodslagningsevne, vækstkraft, plantetæthed og overlevelse.

Der blev anbragt 1,2 m lange grenstiklinger fra etårige stødskud i henholdsvis 7,5 og 15 cm dybe furer og henholdsvis med og uden renholdelse. Rækkeafstanden var 1,20 m. Der var tre gentagelser.

Det gennemsnitlige antal skud pr. stikling og den gennemsnitlige højde blev registreret i den første vækstsæson, henholdsvis i juni og november. Overlevelse ved slutningen af vækstsæsonen er udtrykt i procent af antal levende skud i juni. Resultaterne ses i tabel 1.

Overlevelsen var på 76 % for både 7,5 og 15 cm's furedybde på de parceller, hvor der var foretaget ukrudtsbekæmpelse. De tilsvarende overlevelsesprocenter på parcellerne uden ukrudtsbkæmpelse var 38 % og 27 %. Heraf ses, hvor vigtigt det er med ukrudtsbekæmpelse.

Horisontal placering af stiklinger af Platanus occidentalis betragtes af STEINBECK, MC ALPINE & MAY, 1972,

Tabel 1. Gennemsnitlige antal og højde af Platanus occidentalis skud i og efter vækstsæsonen og overlevelse ved vækstsæsonens afslutning. (Mc Alpine, Hook & Kormanik, 1972).

Behandling	Plante-dybde	Gns. højde juni	Gns. højde nov.	Gns. antal skud pr. stikling Juni	Gns. antal skud pr. stikling Nov.	Over-levelse Nov.
	cm	cm	cm	antal		%
Manuel	7,5	18,3	82,4	4,1	3,1	76
renholdelse	15,0	15,3	88,5	3,8	2,9	76
Ikke	7,5	21,4	36,6	3,4	1,3	38
renholdt	15,0	15,3	36,6	4,5	1,2	27

som det bedste alternativ til plantning af barrodsplanter.

Anvendelse af containerplanter ved etablering af minirotationskulturer kan få stor betydning, idet planteoverlevelse og hurtig og sikker kulturstart er vigtige faktorer for at opnå store udbytter på kort tid.

Planteafstand

Planteafstandens indflydelse er yderst vigtig ved minirotationskulturer. Planteafstanden bør være meget mindre end ved konventionelt skovbrug, så at bevoksningen så tidligt som muligt opnår fuld vækstkapacitet eller bladfladeindex, (Smith & De Bell, 1973).

Ifølge Dawson, 1975, har plantetætheden ikke blot indflydelse på omdriftens længde, men også næringsstof- og vandniveauet i jorden, størrelsen af det enkelte træ og det totale udbytte pr. bevoksning.

Schreiner, 1970, skriver, at planteafstanden må afhænge af træart eller varietet.

Planteafstandsproblematikken har været genstand for stor interesse i de hidtidige forsøg. Dette skyldes, at man mente, man kunne opnå ekstremt høje udbytter på kort tid ved meget store plantetal pr. ha, samt en idé om, at der måtte være en optimal planteafstand for utyndede bestande med hensyn til produktionens størrelse.

HEILMAN, PEABODY, DE BELL & STRAND, 1972, og DE BELL, 1975, beskriver et forsøg med Populus trichocarpa anlagt på tidligere agerjord i staten Washington. Det blev etableret med stiklinger i april 1967. Det var et 3 × 3 × 3 faktorielt forsøg med tre forskellige planteafstande, 0,30 × 0,30 m, 0,61 × 0,61 m og 1,22 × 1,22 m, tre forskellige gødningstilførsler, henholdsvis ingen gødskning, 483 kg N som urea pr. ha og 483 kg N, P_2O_5 og K_2O i forholdet 16 : 16 : 16 pr. ha og tre forskellige herbicider, atrazin, propazin og simazin, som blev tilført 2 uger efter stikning med 4,83 kg aktivt stof pr. ha. 2 år efter stikning blev alle prøveflader afdrevet. De fleste prøveflader blev afdrevet anden gang 2 år senere, i 1971. De resterende prøveflader blev afdrevet i 1973, 4 år efter første afdrift. Den årlige produktion ved de tre afdrifter er vist i tons pr. ha i tabel 2.

Tabel 2. Den gennemsnitlige årlige tørstofproduktion for Populus trichocarpa, som funktion af omdrift, planteafstand og gødskning. (HEILMAN et al., 1972; DE BELL, 1975).

	Tørstofproduktion ved forskellige planteafstande			gødskning
	0,30×0,30 m	0,61×0,61 m	1,22×1,22 m	
	tons tørstof/ha/år			
1. afdrift 1967–69	6,76 8,43 9,03	4,80 5,79 5,95	2,34 2,45 3,48	0 Urea 16-16-16
Gennemsnitlig produktion:	8,07	5,51	2,76	
2. afdrift 1969–71	9,10	11,62	8,09	
3. afdrift 1969–73	13,4	14,1	12,8	

Planteafstanden havde signifikant indflydelse på produktionen ved første afdrift, idet den var størst ved

mindste planteafstand, 0,30 × 0,30 m. Ved anden afdrift var produktionen størst ved planteafstanden 0,61 × 0,61 m, men der var ikke signifikant indflydelse af planteafstanden (på 95 % niveauet). Udbyttet ved 0,30×0,30 m blev ikke forøget ved den anden afdrift, medens produktionen ved 0,61 × 0,61 m og 1,22 × 1,22 m blev henholdsvis fordoblet og tredoblet ved den anden omdrift.

Ifølge De Bell, 1975, var der ved afdriften 4 år efter den første afdrift meget små forskelle i den årlige produktion mellem de forskellige planteafstande.

Tørvægtproduktionerne for 0,30 × 0,30 m, 0,61 × 0,61 m og 1,22 × 1,22 m var henholdsvis 13,4, 14,1 og 12,8 tons/ha/år. Den største årlige produktion i denne 4-årige periode var altså 0,61 × 0,61 m.

Dødeligheden var stor, især ved den lille planteafstand. Dette ses i tabel 3.

Tabel 3. Planteafstandens og antal omdrifters indflydelse på overlevelse af Populus trichocarpa (Heilman et al., 1972).

Planteafstand m	Overlevelsesprocent		
	v. 1. afdrift %	v. 2. afdrift %	8 mdr. efter 2. afdrift %
0,30×0,30	78	47	24
0,61×0,61	85	69	53
1,22×1,22	92	86	83

Planteafgangen var størst ved 0,30 × 0,30 m, nemlig 76 % 8 måneder efter anden afdrift. Denne planteafstand var blevet til 0,61 × 0,61 m, og den oprindelige 0,61 × 0,61 m planteafstand var blevet til 0,61 × 1,22 m.

På grund af de store plantetab ved små planteafstande bør man for at sikre høj levealder plante på større planteafstande i fremtiden.

Belanger & Saucier, 1975, refererer, at man i tidlige undersøgelser af Platanus occidentalis kulturer til minirotation afprøvede planteafstandene 0,30 × 1,22 m,

0,61 × 1,22 m, 1,22 × 1,22 m og 1,83 × 1,22 m og omdriftsaldrene 1, 2, 3 og 4 år. Målet var at producere fibermasse til papir og plader. Resultaterne, som fremgår af tabel 4, viste, at ved de to mindste planteafstande produceredes lidt mere end ved de større planteafstande. Denne forskel i produktion spiller dog en mindre rolle, når omkostningerne ved etablering af de tætte forbandter tages i betragtning.

Tabel 4. Friskvægtsudbytter af Platanus occidentalis etableret ved forskellige planteafstande (Belanger & Saucier, 1975).

Planteafstand	Antal Planter pr. ha	Friskvægtsproduktion			
		Frøplanter omdrift 2 år	Lavskovsomdrift 4 år	Total produktion	Årlig produktion
m		tons pr. ha			
0,31×1,22	27.322	35,7	105,2	140,9	23,5
0,61×1,22	13.437	14,8	100,7	115,5	19,3
1,22×1,22	6.719	13,4	89,3	102,7	17,1
1,83×1,22	4.479	11,9	94,1	106,0	17,7

Af tabel 4 ses, at forskellen i produktion mellem forskellige planteafstande blev mindre ved længere omdrift. Den gennemsnitlige produktion var efter 2 år 200 % større ved mindste planteafstand end ved største planteafstand. Ved de følgende 4 års lavskovsomdrift formindskedes denne produktionsforskel mellem de to planteafstande til 12 %, og det forventes, at forskellen vil blive mindre ved længere omdrift.

Større stød lever længere og har større vækstkraft end små, en fordel, som vil komme til udtryk, når produktionen på langt sigt skal gøres op.

I januar 1972 blev 1453 4-årige Platanus occidentalis planter, der var plantet på 1,22 × 1,22 m, afdrevet. Støddiametrene varierede fra 2,5–12,7 cm. To år senere registreredes en afgang på 79 stød (95 %'s overlevelse). De

døde planter havde en gennemsnitlig støddiameter på 3,8 cm, altså de svageste individer i den oprindelige kultur. En anden population bestod af 395 11-årige Platanus occidentalis med planteafstanden 2,44 × 2,44 m. Støddiametrene varierede fra 10–33 cm. To år efter afdrift var kun et stød afgået ved døden.

For Platanus occidentalis anbefaler BELANGER & SAUCIER på grundlag af ovenstående at anvende planteafstande på 1,22 × 1,22 m til 1,83 × 1,83 m og omdriftsaldre fra 4–6 år.

BOWERSOX & WARD, 1976, beskriver et forsøg med poppelklonen NE-388 ved fem forskellige planteafstande og en første omdrift på 3 år efterfulgt af en lavskovsomdrift på 4 år. Afbildes den gennemsnitlige årlige produktion som funktion af alder og planteafstand, fås kurven, figur 1.

Af figur 1 ses, at den gennemsnitlige årlige tilvækst er størst ved den mindste planteafstand indtil mellem 5 og 6 år. Derefter er produktionen størst ved den største planteafstand. Efter 6 år er produktionen faldende med faldende planteafstand. Ifølge KJERSGÅRD's (1964) opgørelse over planteafstandsforsøget i rødgran på Christianssæde konkluderes, at masseproduktionen aftager med stigende planteafstand (fra 0,5 × 0,5 m til 2,5 × 2,5 m). Dette sammenholdt med ovenstående meget små planteafstande indikerer eksistensen af en optimal planteafstand. Forsøgene er naturligvis ikke direkte sammenlignelige, men der findes ifølge professor H. A. HENRIKSEN ikke publicerede planteafstandsforsøg med løvtræ, som kunne anvendes til formålet.

Forskellen imellem kurverne ved de laveste aldre må søges i, at de mindste planteafstande slutter hurtigere og opnår fuld fotosyntesekapacitet på arealet før de øvrige planteafstande. Den efterfølgende kulmination og stagnation ved de mindste planteafstande må skyldes høj dødelighed samt at de tætstående individer hæmmer hinandens udvikling.

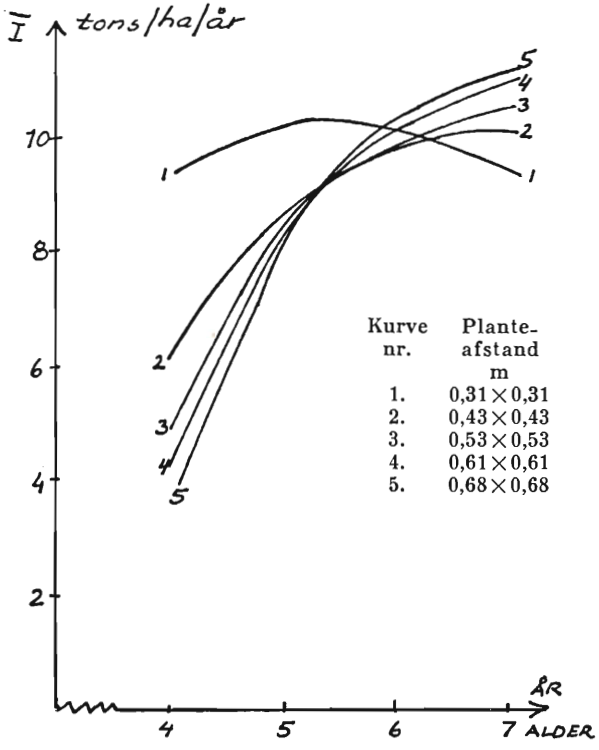

Fig. 1. Den gennemsnitlige årlige tørstofproduktion som funktion af alder og planteafstand for poppelhybriden NE-388.

Plantningsmetodik

De plantningsmetoder, som er blevet anvendt ved etablering af Platanus occidentalis kulturer til minirotation, er traditionelle, d.v.s. manuel plantning.

Ved de tætte planteforbandter vil omkostningerne ved manuel plantning blive for store, og maskinel plantning er nødvendig.

En relativ ny teknik er udviklet. Stiklinger i vintertilstand anbringes horisontalt i en flere tommer dyb fure, som dækkes med jord. Dette er efterprøvet med held med Platanus occidentalis og Fraxinus pennsylvanica, og da det også kan udføres maskinelt, vil det redu-

cere plantningsomkostningerne. (WHITE & HOOK, 1975).

SCHREINER, 1970, nævner, at en effektiv maskine til lodret stikning af løvtræstiklinger i vintertilstand er blevet udviklet og anvendt i en planteskole i Nordamerika. Maskinen, som planter fire rækker ad gangen, kan plante 30.000 stiklinger i timen med en bemanding på 10 mand. I denne præstation indgår transport af stiklinger til marken og opfyldning af plantekasserne på maskinen.

5. Ukrudtsbekæmpelse

HEILIGMANN, 1975, fremhæver, at betingelsen for en vellykket etablering af en minirotationskultur og for at opnå maksimal fiberproduktion er effektiv ukrudtsbekæmpelse for at mindske eller udelukke konkurrencen fra ukrudtet om lys, vand og næringsstoffer. I et eksempel nævnes, at ukrudtsbekæmpelse medførte en dobbelt så stor overlevelse af Platanus occidentalis stiklinger (i forhold til ubehandlet). Han nævner to metoder til ukrudtsbekæmpelse: Mekanisk og kemisk.

Mekanisk ukrudtsbekæmpelse

Mekanisk ukrudtsbekæmpelse kan udføres i det første år af hver omdrift med traditionelle metoder, såsom plov, harve, tallerkenharve eller fræser. Hvis ukrudtsbekæmpelse er nødvendig ud over det første år, vil det tætte plantemønster og træernes højdevækst kræve specielt konstruerede redskaber og maskiner for at undgå beskadigelse af træerne. Træernes højde er efter første vækstsæson fra 0,9–1,5 m.

Mekanisk ukrudtsbekæmpelse vil være en yderst vigtig dyrkningsforanstaltning ved minirotationsskovbrug. I Populus deltoides- og Platanus occidentalis-plantager anvendes i første vækstsæson ofte en firradet landbrugsharve frontmonteret på en traktor (BELANGER & SAUCIER, 1975).

Kemisk ukrudtsbekæmpelse

Kemisk ukrudtsbekæmpelse vil være vigtig ved klargøring af voksestedet og ved efterfølgende ukrudtsbekæmpelse på lokaliteter, hvor ukrudtsbekæmpelsen er vanskelig, eller hvor plantetætheden er lille. Med hensyn til valg af effektive herbicider kræves omfattende forskning blandt mulige herbicider. En gruppe forbindelser (urea-substitutterne linuron og diuron) har vist gode egenskaber over for skovafgrøder med fladt (overfladisk) rodsystem, (HEILIGMANN, 1975).

6. Gødskning

Gødskningsproblematikken ved minirotationsskovbrug afviger fra traditionelt skovbrug ved den større fare for forringelse af lokaliteten som følge af heltræudnyttelse, d.v.s. at man fjerner stamme, grene og kviste med bark fra arealet, og de kortere omdrifter.

Heltræudnyttelse

Ved heltræudnyttelse fjernes større mængder næringsstoffer fra arealet end ved normal udnyttelse af træerne. Dette svarer cirka til den dobbelte mængde (BOYLE, 1975, DRAGSTED, 1973, p. 2.9–4 og -5). Hos DRAGSTED, 1973, nævnes, at hos fyr, andet nål- og løvtræ ved 50 år findes cirka halvdelen af næringsstofferne P, K og Ca i grenmassen. (Resten findes i stammebark og stammeved, løvet ikke medregnet). SKYUM, 1977, nævner, at der ved heltræudnyttelse af rødgran og bjergfyr ikke fjernes større mængder næringsstof, end der kan erstatningsgødskes for.

SMITH & DE BELL, 1973, nævner muligheden for forringelse af lokaliteten ved heltræudnyttelse, idet der bliver mangel på organisk materiale. Affald fra pulpfabrikker, bark og lignende foreslås til afhjælp af dette problem.

Kortere omdrifter

Kortere omdrifter medfører også en fare for forrin-

gelse af lokaliteten. BOYLE, 1975, sammenlignede de mængder næringsstoffer, der blev fjernet ved heltræudnyttelse af en 30-årig aspe-bevoksning med de mængder, der blev fjernet ved tre 10-årige lavskovsomdrifter af asp. Næringsstofindholdet i henholdsvis 30-årig asp (heltræ) og tre 10-årige lavskovsomdrifter af asp ses neden for i kg/ha:

	N	P	K	Ca
30-årig asp	214	30	144	475
tre 10-årige aspelavskovsomdrifter	728	75	336	821

De mængder næringsstoffer, som fjernes ved tre 10-årige aspelavskovsomdrifter er altså meget større end ved én 30-årig aspeomdrift.

Antagelsen, at bortførelsen af plantenæringsstoffer ved skovdrift, stort set er mindre end de mængder af plantenæringsstoffer, som frigøres ved forvitring, bindes biologisk eller tilføres med nedbøren (anonym, 1976, p. 175), holder ikke ved de korte omdrifter. Dette viser BOYLE, 1975, idet han for en 30-årig periode forventer følgende størrelser for tilførsel af næringsstoffer ved forvitring og biologisk binding og tilførsel med nedbøren (kg/ha):

	N	P	K	Ca
Tilførsel med nedbør	187	11	83	133
Forvitring, biologisk binding	605	34	133	266
Forventet nettotilførsel på 30 år ...	792	45	216	399

Ved at sammenholde disse tal med tallene ovenfor ses, at ved tre 10-årige lavskovsomdrifter med asp bliver

erstatningsgødskning med i hvert fald P, K og Ca nødvendig, hvis man vil opretholde næringstilstanden på lokaliteten i efterfølgende lavskovsomdrifter.

Der findes ingen definitive resultater, som viser gødskningens virkning på produktionen og vedkvaliteten hos træer dyrket ved minirotation (RIBE, 1974).

Foruden at anvende de i handelen forekommende kunstgødninger kan man måske i fremtiden anvende spildevand til jordforbedring. I Polen og DDR har man undersøgt spildevands- og slamanvendelse i poppelplantager (FIEDLER, NEBE & HOFFMANN, 1973, p. 423). Et fireårigt forsøg med Populus eugenii og P. robusta på let jord viste en kraftig tilvækststigning ved tilførsel af 1000 mm mekanisk renset spildevand om året. Ved tilførsel af 2500 mm pr. år konstateredes ingen nævneværdig yderligere stigning i tilvæksten. Dette anbefales på magre, letgennemtrængelige sandjorder.

For mere indgående oplysninger om gødskning ved kulturanlæg og i kulturens første år af Populus- og Salixarter henvises til FIEDLER, NEBE & HOFFMANN, 1973, p. 415–430.

7. Omdriftens længde

Den optimale omdriftsalder nås, når den gennemsnitlige årlige biomasseproduktion kulminerer, hvis økonomien lades ude af billedet (ZAVITKOVSKI, 1976).

EK & BRODIE, 1975, har ved undersøgelse af aspebestande (P. tremuloides og P. grandidentata) i »the Lake states«, U.S.A., fundet en biologisk optimal omdriftsalder (baseret på heltræudbytter) på 36 år for de bedste boniteter og 39 år for de dårligste.

I den af JAKOBSEN, 1976, publicerede tilvækstoversigt for hybridasp (P. tremula x P. tremuloides) i Danmark opnås maksimal gennemsnitlig årlig tilvækst for totalmasse med bark ved alderen 28 år for bonitet 1 og 2, og ca. ved alderen 34 år for bonitet 3.

SIRÉN, 1974 b, foretog i 1973 et omfattende produk-

tionsstudium for Salix-slægten. Der blev undersøgt træformede Salix-arters produktionsevne på naturlige lokaliteter i det nordlige og mellemste Sverige. Arterne var Salix caprea og Salix pentandra (»jolster«). Den højeste gennemsnitlige årlige tilvækst opnåedes ved 5–6 års alderen både i Norrland og Svealand uafhængig af boniteten. Efter 8 år falder den gennemsnitlige årlige tilvækst brat. På grundlag af disse undersøgelser bør omdriften i ikke-tyndede Salix-bevoksninger ikke overstige 10 år.

På basis af forsøg med Populus »Tristis 1« (P. balsamifera x P. tristis), som blev gødet, vandet og plantet ved planteafstandene 0,23 × 0,23 m, 0,30 × 0,30 m og 0,61 × 0,61 m, opstilledes en simuleringsmodel (»the Forest model«) til at estimere fremtidig produktion i en periode på 10–25 år ved seks forskellige planteafstande 0,23 × 0,23 m til 3,87 × 3,87 m. Ved estimering af den fremtidige produktion ved de seks forskellige planteafstande kulminerede den gennemsnitlige årlige tilvækst for tørvægten af stamme- og grenmassen mellem alderen 8 og 15 år (Ek & Dawson, 1976).

Tages økonomien i betragtning, vil disse omdriftsaldre blive yderligere forkortet som følge af de høje rentesatser, (Zavitkovski, 1976). For Populus »Tristis 1« angiver Ek & Dawson, 1976, at den økonomisk fordelagtigste omdriftsalder vil være mindre end 10 år.

En del af de nuværende forsøg med Platanus occidentalis og Populus trichocarpa er blevet anlagt for at finde den optimale sammenhæng mellem planteafstand og omdriftsalder. Medens man først satsede på meget små planteafstande 0,30 × 0,30 m til 0,61 × 1,22 m og meget korte omdrifter (1–2 år) anbefaler man efter de foreløbige resultater at anvende planteafstande på fra 1,22 × 1,22 m til 1,22 × 1,83 m og omdrifter på fra 3 til 6 år (Belanger & Saucier, 1975; De Bell, 1975). Der er ikke konstateret korrelation mellem planteafstand og omdriftens længde, og anbefalingerne med hensyn til

disse er heller ikke baseret på konstateret maksimal gennemsnitlig årlig tilvækst.

Ek & Brodie, 1975, fremfører følgende faktorer, som har indflydelse på omdriftens længde, baseret på en omfattende analyse af aspebevoksninger.

Den optimale omdrift er kortere ved heltræudnyttelse end ved normal udnyttelsesgrad.

Den optimale omdriftslængde er kortere jo bedre bonitet.

Plantetætheden (antal rodskud/ha) ved omdriftens start havde kun lille indflydelse på omdriftens længde. De største tætheder af rodskud forkortede omdriften med højst 1–2 år.

8. Afdrift og vegetativ genetablering

Afdrift er ved lavskovsdrift samtidig påbegyndelsen af genetableringen. Høstningen bør derfor foretages således, at stød- eller rodskudsvæksten kommer hurtigt og ensartet (Dengler, 1935, p. 463).

Adskillige faktorer påvirker rod- og stødskudsevnen, bl. a. træart og klon, tidspunkt på året for afdrift, afdriftsmetoden, støddets alder og diameter og lokaliteten (Lust & Mohammady, 1973).

Tidspunkt på året for afdrift

De bedste resultater med hensyn til lavskovsforyngelse opnås ved afdrift i vinterhalvåret, og de dårligste resultater forekommer ved afdrift efter løvspring. Højt saftindhold i træet på afdriftstidspunktet forøger sandsynligheden for beskadigelse af stød og skud f. eks. ved at barken rives af eller skud afbrækkes. Man mener, at stød- eller rodskudsevnen er nært forbundet med kulhydratreserven i rodsystemet, som er minimal i den tidlige sommer (Lust & Mohammady, 1973).

De Bell & Alford, 1972, beskriver forsøg med Populus deltoides for at undersøge indflydelse af årstid for afdrift på antal skud pr. stød og disses vækstkraft.

Fra april 1968 til marts 1969 afdrev man 4 rækker à 25 træer hver måned. Stødhøjden var fra 10–15 cm. 2 år efter (i januar 1971) måltes stødskudshøjden og antal skud pr. stød. Resultaterne ses i tabel 5.

Tabel 5. Indflydelsen af årstid for afdrift på stødskudsproduktionen hos Populus deltoides. (De Bell & Alford, 1972).

Måned	Skud pr. stød	Skud-højde	Skud-diameter (1,3 m)
	antal	m	cm
Januar	6,3	4,82	3,6
Februar	7,9	4,82	3,0
Marts	5,6	4,30	3,0
April	3,4	2,41	1,8
Maj	1,3	2,59	1,5
Juni	2,7	2,07	0,8
Juli	3,1	2,93	1,3
August	3,5	3,60	2,0
September	4,2	4,15	2,5
Oktober	3,9	4,82	3,0
November	4,1	4,82	3,6
December	5,1	5,25	3,6

Heraf ses, at afdrift fra september til marts giver det bedste stødskudsudbytte. Afdrift fra april til august nedsætter både antal stødskud pr. stød og disses højde og diametervækst.

Dengler, 1935, P. 464, anser tidspunktet efter den hårdeste vinterfrost og før saftstigningens begyndelse (februar) for at være det bedste afdriftstidspunkt for at opnå god stødskudsdannelse.

Resultater med Liquidambar styraciflua (»sweetgum«) i South Carolina, U.S.A., viste, at stødskudsdannelsen var uafhængig af kulhydratindholdet. Hormonal indflydelse anses for at være en styrende mekanisme med hensyn til stødskudsdannelsen. Mere forskning på dette område vil sandsynligvis kaste mere lys over årsagssammenhængene (Lust & Mohammady, 1973).

Ved afdrift i vækstsæsonen vil man foruden at påvirke regenerationsevnen opnå et produktionstab, idet produktionsprocessen afbrydes på et uheldigt tidspunkt. Dette kan illustreres med fig. 2, som viser »Salix Smith's« produktionsforløb i vækstperioden i fire-dages intervaller.

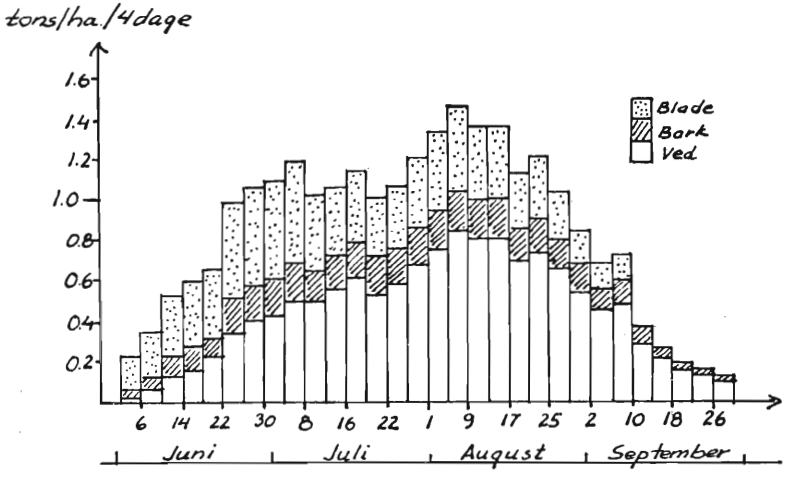

Fig. 2. Biomassens udvikling i 4-dages perioder hos en Salix-klon i sommeren 1976 på Skogshögskolans forsøgsareal ved Bogesund. (SIRÉN, 1976).

På grund af de store næringsstofmængder i løvet er det af hensyn til næringsstofbalancen yderligere vigtigt, at afdriften foregår i vinterhalvåret.

Afdriftsmetoden

De bedste resultater med stødskudsforyngelse opnås, hvis følgende anvisninger følges:

1. Undgå afrivning af bark og flækning af stød.
2. Snitfladen bør være glat og formet således, at regnvand løber af.
3. Snitfladen skal være så tæt ved jordoverfladen som muligt. Dette giver også de bedste resultater ved rodskudsforyngelse (LUST & MOHAMMADY, 1973).

DENGLER, 1935, p. 463, giver detaljerede anvisninger om, hvorledes snittet skal udføres.

DE BELL & ALFORD, 1972, beskriver forsøg startet i februar 1967 med 5 år gammel Populus deltoides for at undersøge virkningen af horisontal og 45°'s snitflade ved tre forskellige stødhøjder, 10,1, 20,3 og 30,5 cm. 4 år senere konstateredes ingen signifikant forskel i antal stødskud pr. stød, højde- eller diametervækst.

BELANGER & SAUCIER, 1975, har lavet undersøgelser over stødhøjdens og støddiameterens indflydelse på stødskudsproduktionen for Platanus occidentalis. Stød med små diametre afskåret henholdsvis 5,1, 20,3 og 35,6 cm over jorden viste ingen signifikant forskel i ydelse på 5 % niveau. Selv om disse resultater tillader fleksibilitet i stødhøjde ved små diametre, anbefales en stødhøjde mellem 15,2 og 20,3 cm. Lave stød kan let blive dækket af løv og andet plantemateriale, eller blive oversvømmet, og høje stød vanskeliggør trafikken. Hos træer med støddiameter større end 10,2 cm gav forskellige stødhøjder forskellige udbytter, således at produktionen ved stødhøjde 30,5 cm var 50 % større end ved stødhøjde 10,2 cm.

DE BELL & ALFORD, 1972, undersøgte for Populus trichocarpa etableret ved lodrette stiklinger om stødskuddene oprinder fra proventivknopper eller adventivknopper og i hvilken højde over jorden de forekommer. Proventivknopper er karakteriseret ved, at der er forbindelse til træets marv, i modsætning til adventivknopper, som oftest opstår i parenkymvæv, som ikke står i direkte forbindelse med apikale meristemer. Derfor er disses skud ikke så kraftige som de, der opstår fra proventivknopper (LUST & MOHAMMADY, 1973).

Undersøgelserne viste følgende (DE BELL & ALFORD, 1972):

1. Stødskud hos Populus trichocarpa stammer hovedsageligt fra proventivknopper, men kan også opstå som adventivskud ved sårkallus.

2. Proventivknopper, som har haft lejlighed til at skyde ved tidligere afdrifter, skyder sandsynligvis ikke så kraftigt som proventivknopper fra yngre materiale, som ikke har gennemgået en stødskudscyklus.

3. I plantager etableret fra stiklinger er der ingen sammenhæng mellem tætheden af proventivknopper og stødhøjden. Der er heller ingen sammenhæng mellem vækstkraften af stødskuddene og den højde over jorden, som stødskuddene stammer fra.

Ud fra disse resultater bør man afdrive med den stødhøjde, man finder mest praktisk. For at opretholde stødskudsevnen gennem efterfølgende lavskovsomdrifter bør man afdrive i samme højde ved hver afdrift eller med gradvis højere stød.

Mekanisering af afdriften ved minirotation er en nødvendighed (Ribe, 1974, Rose & Kallstrom, 1976, Dawson, 1976, White & Hook, 1975). I Finland har man udviklet »the Pallari Bushharvester«, som er beregnet på kombineret afdrift og flisning af hele træer med diameter mindre end 10 cm (Hakkila & Mäkelä, 1975). Systemet er baseret på flertræshåndtering, hvilket vil sige, at hensyntagen til beskadigelse af det enkelte stød og snitvinkel kan være vanskelig. Der arbejdes videre med at forbedre høstningssystemet.

Støddets alder og størrelse

Almindeligvis antages stødskudsevnen at aftage med alder og størrelse. Det har dog vist sig, at antal stødskud pr. stød stiger med stigende diameter, indtil barktykkelsen hindrer gennemtrængningen af proventivknopper. Stigningen i antal stødskud pr. stød som følge af stigende diameter begrundes med, at proventivknopperne forgrener sig. Rodsystemets størrelse og dermed evne til at forsyne træer med vand og næringsstoffer angives også som mulig grund til øget stødskudsantal med stigende træstørrelse.

Alderen, ved hvilken evnen til at danne stødskud ophører, er træartsafhængig (LUST & MOHAMMADY, 1973).

Produktionen i på hinanden følgende lavskovsomdrifter

Produktionen i på hinanden følgende lavskovsomdrifter daler langsomt for eventuelt til sidst at ophøre. Dette kan bl. a. skyldes kerneråd i stødet, som hurtigt kan brede sig til de nye skud eller den gradvise udmagring af lokaliteten. På lokaliteter med gode vand- og næringsstofforhold vil produktionen sandsynligvis ikke dale ved efterfølgende omdrifter. (LUST & MOHAMMADY, 1973).

HENRIKSEN, 1976, citerer RIEDACKER, som på basis af iagttagelser af reducerede rodsystemer formoder, at en af årsagerne til dalende produktion kan være en forstyrret balance mellem den overjordiske og den underjordiske del af individet. Meristem-ældelse nævnes også som en mulig årsag.

Endvidere mener DE BELL & ALFORD, 1972, at man kan opretholde stødskudsevnen gennem efterfølgende lavskovsomdrifter ved at afdrive i samme højde ved hver afdrift eller med gradvis højere stød.

9. Vedmasseproduktionen

Vedmasseproduktionen ved minirotationsskovbrug måles i vægt. Blandt de mange faktorer, som påvirker udbytterne fra plantager drevet på minirotationsbasis, angives: Plantetæthed, foryngelsesmetode (kunstig kultur eller vegetativ foryngelse), lokalitetens bonitet, træartens genetiske egenskaber, kulturpleje, omdriftens længde, tid på året for høst, rødders livskraft og levetid og tilførslen af gødning. (RIBE, 1974).

I forbindelse med opgaven er der registreret produktionstal for 78 forsøgsparceller dækkende forskellige træarter, lokaliteter, planteafstande, omdriftsformer og -aldre.

Kort sammenfattet kan produktionen ved de forskellige forsøg fremstilles som i fig. 3.

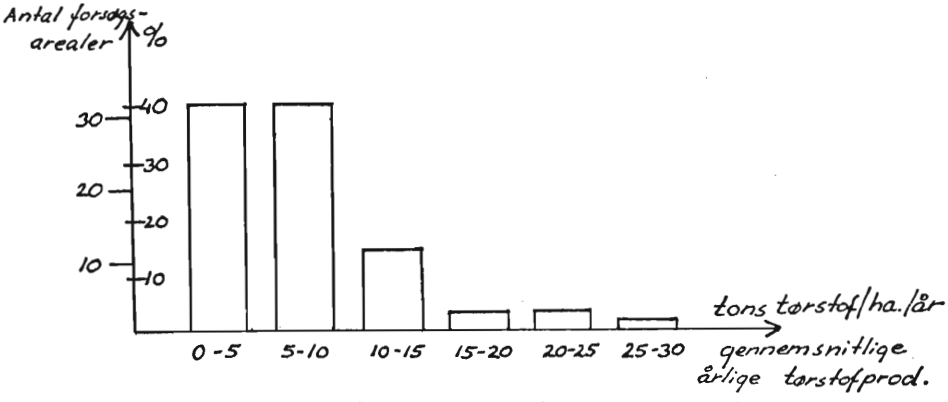

Fig. 3. Den gennemsnitlige årlige tørstofproduktions fordeling til 78 forsøgsparceller.

Heraf ses, at på 80 % af forsøgsarealerne (62 parceller) ligger den gennemsnitlige årlige tørstofproduktion under 10 tons tørstof/ha/år. Af de resterende 20 % er det kun på 6 % af forsøgsarealerne (5 parceller), der er opnået en produktion på mere end 15 tons tørstof/ha/år.

Resultaterne for de forskellige forsøg er ikke sammenlignelige, da forsøgsbetingelserne har været forskellige. Den maksimale gennemsnitlige årlige tørstofproduktion er sandsynligvis ikke nået i nogle af tilfældene, hvilket vil medføre, at de større planteafstande stiller sig noget gunstigere på længere sigt. Dette skyldes blandt andet den store dødelighed og den mindre stødskudsevne ved de små planteafstande.

De største produktionstal, som man indtil nu har opnået, fremgår af tabel 6. Disse er angivet som den gennemsnitlige årlige tørstofproduktion pr. ha.

Af disse resultater ses, at produktionen ved lavskovsomdrifterne har været større end ved normal omdrift. De største produktionstal for Populus trichocarpa og Platanus occidentalis er opnået ved planteafstande svarende til 26.687 planter/ha og lavskovsomdrifter på 4 år. For Populus-hybriderne ligger den højeste årlige produktion på 27,6 tons tørstof/ha/år for Populus »Tristis 1«

Tabel 6. De maksimale gennemsnitlige tørstofudbytter, der hidtil er opnået ved minirotation.

Træart/Klon	Omdrift	Plantetal pr. ha	Gns. årlige tørstofprod. tons/ha/år	Kilde
Populus trichocarpa	4c[1])	26.687	14,1	De Bell, 1975
»	2c	26.687	11,6	Heilman et al, 1972
Platanus occidentalis	3c	26.687	11,8	Steinbeck et al, 1972
»	4c	26.687	12,0	Belanger & Saucier, 1975
»	3	10.785	8,1	Kennedy, 1975
»	4	26.687	8,5	Saucier et al, 1972
Populus-hybrider:				
»Tristis 1«	4	107.639	12,7	Ek & Dawson, 1976
»I-45/51«	1c	37.037	22,4	Zufa & Balatinecz, 1975
»Jacometti 78 B«	1c	37.037	15,6	» »
»I-214«	1c	37.037	15,3	» »
»Tristis 1«	2c	193.287	27,6[2])	Christ & Dawson, 1975

1) »c« efter omdriftens længde angiver en lavskovsomdrift (»coppice«).
2) Biomasseproduktion, d.v.s. incl. løv. Excl. løv er produktionen 21,0 tons tørstof/ha/år.

ved 2-årig lavskovsomdrift. Dette resultat er dog opnået ved utrolig mange planter pr. ha, nemlig 193.287 planter/ha, og gødskning og vanding. De tre Populus-hybrider afprøvet af Zufa & Balatinecz, 1975, viser også store produktionstal og med et meget mindre planteantal pr. ha. Dette bekræfter den store ungdomsvækst hos Populus-hybriderne.

Af sammenhængende produktionsforløb er det længste publicerede for Platanus occidentalis og Populus trichocarpa på seks år. Det drejer sig for begges vedkommende om en 2-årig omdrift efterfulgt af en 4-årig lavskovsomdrift. Ved en planteafstand på 0,30 × 1,22 m (26.687 planter pr. ha) producerede Platanus occidentalis i 6 år gennemsnitligt 11,7 tons tørstof/ha/år. Popu-

lus trichocarpa producerede ved planteafstandene 0,61 × 0,61 m (26.687 planter/ha) og 1,22 × 1,22 m (6.672 planter/ha) henholdsvis 11,2 tons tørstof/ha/år og 9,4 tons tørstof/ha/år i 6 år. Heraf ses, at produktionsforskellene mellem små og store planteafstande har udjævnet sig i en periode på 6 år. På længere sigt vil de større planteafstande måske være de mindre overlegne med hensyn til produktionens størrelse. Tages kulturetableringsomkostningerne i betragtning, er de det nok allerede.

Til sammenligning angives her den gennemsnitlige årlige tørstofproduktion pr. ha og år (totalmasse) for nogle af de i Danmark almindeligt dyrkede skovtræarter. Tallene er baseret på MØLLER, 1965, p. 410. Disse sidste tal er omregnet til totalmasse på grundlag af forholdet mellem salgbar masse og totalmasse for rødgran som angivet af MØLLER, 1933. Rumtæthederne R er de samme, som MØLLER, 1965, anvendte ved omregning fra volumen til vægt.

Tabel 7. Den gennemsnitlige årlige totalproduktion i m³ og tons tørstof for nogle i Danmark almindeligt dyrkede skovtræarter.

Træart	Omdriftsalder	Gns. produktion pr. ha		Kilde
		m³ totalmasse	tons tørstof	
Rødgran	60	19,4	7,5	MØLLER, 1965, p. 410
Douglas	70	23,8	9,9	»
Sitka	60	23,8	8,7	»
Grandis	60	25,9	7,9	»
Ædelgran	80	19,4	7,5	»

Ovenstående produktionstal gælder for Rold skov, som er en af de bedste nåletrælokaliteter i Danmark. Disse tal er baseret på den gennemsnitlige årlige tørstofproduktion ved den fordelagtigste omdriftsalder, hvilket ikke er tilfældet med tallene fra forsøgene med mini-

rotationsskovbrug, hvorfor man i fremtiden må forvente større værdier for disse.

Det ses, at douglasgranens produktion ved 70-årig omdrift i Rold skov er større end eller lig med den tørstofproduktion, der er opnået på 80 % af forsøgsarealerne ved minirotation.

På 20 % af forsøgsarealerne lå produktionen ved minirotation højere, men bringes tekniske, kvalitetsmæssige og økonomiske aspekter med i billedet, er disse tal ikke så bemærkelsesværdige.

Konklusionen må være, at man indtil videre ikke har opnået overbevisende produktionstal ved minirotation.

Usikkerheden med hensyn til produktionens størrelse på længere sigt er stor, både med hensyn til antal efterfølgende lavskovsomdrifter, den maksimale produktion i den enkelte omdrift samt den gunstigste planteafstand.

10. Minirotationsskovbrug i Sverige

(Sirén, 1976 a; Sirén 1976 b)

Baggrunden for interessen for minirotationsskovbrug i Sverige var i begyndelsen en forventet mangel på råvarer til træindustrien. Da industriens interesse i kortfibret ved viste sig at være begrænset, vendte man sig mod produktionen af vedmasse til brændsel som et alternativ til importerede fossile brændstoffer. Derved adskiller den svenske baggrund for at beskæftige sig med minirotation sig fra problematikken i de øvrige lande, som beskæftiger sig med denne form for produktion.

Professor Gustaf Sirén ved Skogshögskolan i Stockholm er projektleder og har været så venlig at sende mig en del endnu upubliceret materiale om den svenske udvikling.

De foreløbige undersøgelser har koncentreret sig om følgende:

1. En undersøgelse af regenerationen og produktionen i naturlige bevoksninger af potentielle hurtigt voksende træarter.

2. Selektion og produktion af højtydende Salix- og Populus-arter og -kloner.
3. En undersøgelse af mulige arealer til minirotationsskovbrug.

Punkterne 1 og 3 er tidligere blevet berørt.

Med hensyn til punkt 2 begyndte man i 1973 med afprøvning og etablering af Salix- og Populus-kloner til stiklingeproduktion. I øjeblikket arbejdes med ca. 50 Populus- og 200 Salix-kloner. Disse er blevet anlagt med meget store plantetal pr. arealenhed, da det primære mål har været stiklingeproduktion. Det er imidlertid på disse arealer, at man har opnået de meget høje produktionstal, som har været fremme i pressen.

De økologiske forhold i forbindelse med forsøget beskrives således:

To-årige planter af både Populus og Salix blev plantet på 0,22 × 0,17 m og tre-årige planter på 0,50 × 0,40 m (henholdsvis 267.380 og 50.000 planter/ha): Der blev tilført gødning i væskeform gennem hele vækstsæsonen. Der blev vandet, når det på grundlag af målinger af jordfugtigheden blev fundet nødvendigt.

Middelproduktionen i 1976 for de otte bedste Salixkloner ligger på 40–60 m^3/ha/år. Dette er vedproduktion, sandsynligvis inclusive bark og knopper, og det svarer til ca. 13–20 tons tørstof/ha/år, altså produktionsstørrelser, som svarer til de højeste beskrevet tidligere. Man skønner imidlertid, at den potentielle vedproduktion for de bedste kloner vil komme op på ca. 100 m^3/ha/år svarende til 30–35 tons tørstof/ha/år.

Dette forekommer at være et meget optimistisk prognosetal for fremtiden. Endvidere bør man tage de hidtil opnåede produktionstal med forbehold, da forsøgsarealerne har været meget små.

Professor Sirén har opstillet et energiregnskab for forskellige dyrkningsintensiteter og produktionsstørrelser ved minirotation, (gødskning, vanding, maskinel indsats, produktionens størrelse m. m. er omsat til energi-

enheder). På denne baggrund er der blevet opstillet kalkuler over produktionsomkostninger og forventede salgspriser. Produktionsomkostningen blev skønnet til ca. 120 kr./tons tørstof og salgsprisen til ca. 200 kr./tons tørstof. SIRÉN understreger dog den store usikkerhed, der er forbundet med disse tal. Øget forskningsindsats på en lang række områder vil være nødvendig, før man kan sige noget sikkert.

11. Resumé

De vigtigste træarter til minirotation findes inden for løvtrægruppen. Hurtig ungdomsvækst, mulighed for vegetativ genetablering og stort forædlingsudbytte betragtes som vigtige egenskaber. Især Populus- og Salix-slægten anses for at være velegnede i det nordlige tempererede område.

Kulturetablering, pleje og afdrift bør kunne foretages maskinelt. Kulturetablering kan for egnede arter og på egnede lokaliteter foregå med stiklinger. Flere forfattere anser denne metode som et godt alternativ til etablering med barrodsplanter.

Planteafstandsforsøgene viser, at produktionen er størst i omdrifternes første år ved de mindste planteafstande (tabel 2, tabel 4, fig. 1). Planteafgangen er størst ved de mindste planteafstande (tabel 3), hvorfor de større planteafstande er gunstigere på lidt længere sigt. Desuden indiceres eksistensen af en optimal planteafstand.

Ukrudtsbekæmpelse kan foretages mekanisk og ved anvendelse af herbicider.

Erstatningsgødskning kan blive nødvendig, idet der ved heltræudnyttelse og de korte omdrifter fjernes større næringsstofmængder end ved normal skovdrift.

For de forskellige arter og lokaliteter anbefales omdriftsaldre fra 3–15 år. Spørgsmålet kan dog ikke endnu siges at være afklaret.

De bedste resultater med hensyn til lavskovsforyngelse opnås ved afdrift i vinterhalvåret (tabel 5).

Produktionen i på hinanden følgende lavskovsomdrifter daler langsomt for eventuelt til sidst at ophøre. Dette kan måske forhindres ved at anvende en anden afdriftsmetode eller ved gødskning.

Der er registreret produktionstal for 78 forsøgsparceller dækkende vidt forskellige træarter, lokaliteter, planteafstande, omdriftsformer og -aldre. Disse er sammenfattet i fig. 3. På 80 % af parcellerne var tørstofproduktionen mindre end 10 tons/ha/år. I tabel 7 angives den gennemsnitlige årlige tørstofproduktion pr. ha og år for nogle af de i Danmark almindeligt dyrkede træarter. Konklusionen må være, at man endnu ikke har opnået overbevisende produktionsstørrelser ved minirotation.

I Sverige har man opnået meget store produktionstal ved dyrkning af udvalgte Populus- og Salix-kloner til brændsel. Forsøgsarealerne har været små og vækstbetingelserne på disse yderst gunstige, hvorfor resultaterne må tages med forbehold.

Forskningsindsatsen med hensyn til minirotationsskovbrug er stor, og resultater, som vil give større sikkerhed om muligheden for praktiseringen af et sådant dyrkningssystem, kan forventes indenfor en overskuelig fremtid.

12. Summary

The most important tree species for mini rotation forestry can be found among the deciduous species. Rapid juvenile growth, ability of vegetative regeneration and high genetic improvement yields are considered important qualities. Especially the genera Populus and Salix are regarded as well-suited in the northern temperate zone.

Establishing, tending and harvesting should be carried out mechanically. Establishing of plantations with cuttings is by several authors considered to be a good alternative to etablishing with seedlings.

Spacing experiments show that the yield is highest at the small spacings during the first years of the rotations (table 2, table 4, figure 1). The small spacings show the highest mortality, (table 3), a fact which favors the wider spacings on the longer view.

Furthermore, the existence of an optimal spacing for a given location and tree species is indicated.

Weed-control can be carried out either mechanically or by application of herbicides.

By whole-tree utilization and short rotations a larger amount of nutrients is removed from the area than by normal forestry practices. Subsequently fertilization to substitute this loss can be necessary.

Rotation lengths of 3–15 years are recommended for various species and locations. This matter, however, is far from sufficiently investigated.

The best sprouting results after coppicing are reached when cutting is carried out during the leafless period (table 5).

The yield in successive coppice rotations declines slowly and perhaps finally ceases. Maybe this can be prevented by applying a different cutting method or by fertilizing.

Yields from 78 plots covering a variety of tree species, locations, spacings, rotation methods, and lengths have been registered. These are pictured in figure 3. The dry weight yields of 80 % of the plots were less than 10 tons/hectare/year. Table 7 shows the average annual dry matter yields per hectare and year for some of the commonly cultivated tree species in Denmark. The conclusion is, that yields attained so far by mini rotation forestry, do not seem convincing.

High yields have been reported from Sweden by cultivation of selected Populus- and Salix-clones for fuelwood. The sample plots, however, have been very small and growth conditions have been kept extremely favourable, which implies that the results should be regarded with caution.

In the field of mini rotation forestry much research is carried out, and results leading to more certainty and knowledge of this management system can be expected in the near future.

13. Litteraturfortegnelse

Forkortelser for tidsskriftsnavne

D.S.T.: Dansk Skovforenings Tidsskrift.

I.S.J. of R.: Iowa State Journal of Research.

Int. Plan. Cul.: Intensive Plantation Culture, U.S.D.A. Forest Service General Technical Report.

Anonym, 1976: Redegørelse vedrørende gødskning af rødgran m.m. D.S.T., bd. 61, nr. 3, p. 167 ff.

Belanger, R. P. & J. R. Saucier, 1975: Intensive Culture of Hardwoods in the South. I.S.J. of R., bd. 49, nr. 3, p. 339–344.

BICKERSTAFF, A., 1968: Preface. Departmental Publication. Canada Department of Forestry and Rural Development. Forestry Branch Publication No. 1205, p. iii–iv.

BOWERSOX, T. W. & W. W. WARD, 1976: Economic Analysis of a Short-Rotation Fiber Production System for Hybrid Poplar. Journal of Forestry, bd. 74, nr. 11, p. 750–753.

BOYLE, J. R., 1975: Nutrients in Relation to Intensive Culture of Forest Crops. I.S.J. of R., bd. 49, nr. 3, p. 297–383.

CLARK, A., III, 1975: Seasonal Variation in Weight of Young Coppice Sycamore. Wood Science, bd. 7, p. 261–266.

DAWSON, D. H., 1975: Are Cultural Methods Available to Maximize Yields? I.S.J. of R., bd. 49, nr. 3, p. 279–280.

– 1976: History and Organization of the Maximum Wood Yield Program. Int. Plan. Cul., NC-21, p. 1–4.

DE BELL, D. S., 1975: Short-Rotation Culture of Hardwoods in the Pacific Northwest. I.S.J. of R., bd. 49, nr. 3, p. 345–352.

DE BELL, D. S. & L. T. ALFORD, 1972: Sprouting Characteristics and Cutting Practices Evaluated for Cottonwood. Forest Service Tree Planters' Notes, bd. 23, p. 1–3.

DENGLER, A., 1935: Waldbau auf ökologischer Grundlage, Berlin, 2. udg.

DICKMANN, D. I., 1975: Plant Materials Appropriate for Intensive Culture of Wood-fiber in the North Central Region. I.S.J. of R., bd. 49, nr. 3, p. 281–286.

DRAGSTED, J., 1973: Forelæsningsmanuskripter til undervisning i skovdyrkningens økologi. København.

EINSPAHR, D. W. & M. K. BENSON, 1968: Management of Aspen on 10–20 years Rotations. Journal of Forestry, bd. 66, nr. 7, p. 557–561.

EK, A. R. & J. D. BRODIE, 1975: A Preliminary Analysis of Short-Rotation Aspen Management. Canadian Journal of Forest Research, bd. 5, nr. 2, p. 245–258.

EK, A. R. & D. H. DAWSON, 1976: Yields of Intensively Grown Populus: Actual and Projected. Int. Plan. Cul., NC-21, p. 5–9.

FIEDLER, H. J., W. NEBE & F. HOFFMANN, 1973: Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Stuttgart.

HAKKILA, P. & M. MÄKELÄ, 1975: Folia Forestalia, Institutum Forestale Fennaie, No. 249, 18 pp.

HEILIGMANN, R. B., 1975: Weed Control for the Intensive Culture of Short Rotation Forest Crops. I.S.J. of R., bd. 49, nr. 3, p. 319–324.

HEILMAN, P. E., D. V. PEABODY, D. S. DEBELL & R. F. STRAND, 1972: A Test of Close-spaced Short-Rotation Culture of Black

Cottonwood. Canadian Journal of Forest Research, bd. 2, p. 456–459.

HENRIKSEN, H. A., 1976: Kompendium i skovdyrkning. København.

JAKOBSEN, B., 1976: Hybridasp. (Populus tremula L. x Populus tremuloides Michx.). Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, bd. 34, nr. 4, p. 317–338.

KENNEDY, H. E., Jr., 1975: Influence of Cutting Cycle and Spacing on Coppice Sycamore Yield. U.S. Forest Service Research Note, Southern Forest Experiment Station, SO-193, p. 1–3.

KJERSGÅRD, O., 1964: Et planteafstandsforsøg i rødgran. D.S.T., bd. 29, p. 55–68.

KOLSTER, H. W. & H. A. VAN DER MEIDEN, 1974: Miniomloop bij populier. (I). Populier, bd. 11, nr. 4, p. 63–64.

– 1975: Mini-omloop bij populier. (II). Populier, bd. 12, nr. 1, p. 3–6.

LARSEN, C. M., 1953: Poppel og Asp nu og i fremtiden. D.S.T., bd. 38, p. 355–404, ill.

LARSON, P. R., R. E. DICKSON & J. G. ISEBRANDS, 1976: Some Physiological Applications for Intensive Culture. Int. Pla. Cul., NC-21, p. 10–18.

LUST, N. & M. MOHAMMADY, 1973: Regeneration of Coppice. Sylva Gandavensis, nr. 39, 28 pp.

MAINI, J. S., 1968: Silvics and Ecology of Populus in Canada. Departmental Publication. Canada Department of Forestry and Rural Development. Forestry Branch Publication, No. 1205, p. 20–69.

MCALPINE, R. G., D. D. HOOK & P. P. KORMANIK, 1972: Horizontal Planting of Sycamore Cuttings. U.S.D.A. Forest Service Tree Planters' Notes, bd. 23, p. 3–7.

MEIDEN, H. A. VAN DER, 1976: Die Bewertung der Pappel im Rahmen grundsätzlicher Änderungen des westeuropäischen Holzmarktes. Allgemeine Forst Zeitschrift, bd. 31, nr. 43, p. 942–944.

MØLLER, C. M., 1933: Boniteringstabeller og bonitetsvise tilvækstoversigter for bøg, eg og rødgran i Danmark. D.S.T., bd. 18.

– 1965: Vore skovtræarter og deres dyrkning. København, 552 pp.

RIBE, J. H., 1974: A Review of Short Rotation Forestry. Life Sciences and Agriculture Experiment Station, University of Maine at Orono, Miscellaneous Report 160, 51 pp.

ROSE, D. W., 1974: Selection of Clones for Intensive Cultivation. Silvae Genetica, bd. 23, nr. 6, p. 193–199.

SAUCIER, J. R., A. CLARK, III & R. G. MCALPINE, 1972: Above-Ground

Biomass Yields of Short Rotation Sycamore. Wood Science, bd. 5, p. 1–6.

SCHREINER, E. J., 1970: Mini Rotation Forestry. U.S.D.A. Forest Research Paper, NE-174, 32 pp.

– 1974: Poplars Can Be Bred to Order for Mini-Rotation Fiber, Timber and Veneer Production and for Amenity Plantings. 21st Northeastern Forest Tree Improvement Conference, Proceedings, p. 85–96.

SIRÉN, G., 1974 a: Minirotationsskogsbruk. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidsskrift, bd. 72, p. 315–325.

– 1974 b: Volymproduktion i Minirotationsskogbruk. Rapporter och Uppsatser, Institutionen för Skogsproduktion. Nr. 33, p. 69–83.

– 1976 a: Proceedings of the working-meeting: Premises and Potential of Short-Rotation Forestry in Sweden. Department of Reforestation, Stockholm.

– 1976 b: »Kan vi Odla vår Energi?«, foredrag ved savværkernes trædag i Karlstad (upubl.).

SIVERTSSON, E., 1976: Minirotationsskogsbrukets areella förutsättningar och prognos (1980). Rapporter och Uppsatser, Institutionen för Skogsföryngring, nr. 78.

SKYUM, J., 1977: Heltræflis? Skogen, bd. 9, nr. 1, p. 14–17.

SMITH, J. H. G. & D. S. DEBELL, 1973: Opportunities for Short-Rotation Cultivation of Seven Northwestern Tree Species. Forestry Chronicle, bd. 49, nr. 1, p. 31–34.

STEINBECK, K., R. G. MCALPINE & J. T. MAY, 1972: Short Rotation Culture of Sycamore: A Status Report. Journal of Forestry, bd. 70, p. 210–213.

WHITE, E. H. & D. D. HOOK, 1975: Establishment and Regeneration of Silage Plantings. I.S.J. of R., bd. 49, nr. 3, p. 287–296.

ZAVITKOVSKI, J., 1976: Biomass Studies in Intensely Managed Forest Stands. Int. Plan. Cul., NC-21, p. 32–38.

ZUFA, L. & J. J. BALATINECZ, 1975: Populieren vezelhoutproduktie met een éénjarige omlopp. Populier, bd. 12, nr. 1, p. 6–8.

FORSTLIGE INVESTERINGSBESLUTNINGER UNDER USIKKERHED

Af
stud. silv. JENS BJERREGAARD CHRISTENSEN
og lektor, lic.agro. FINN HELLES

Skovbrugsinstituttet.

Oxford class: 651.1 + 651.7.

1. Indledning

Enhver investering rummer et uundgåeligt moment af usikkerhed, fordi den vedrører fremtidige forhold. Forhåndsvurderingen af investeringens fordelagtighed bygger på antagelser om, hvordan de indgående variabler, f. eks. salgspris og arbejdsløn, vil udvikle sig i det tidsrum, som investeringen spænder over. Sådanne antagelser kan naturligvis aldrig være sikre.

Fremtiden virker som et slør, en tåge, der i stadig højere grad hæmmer vort udsyn, jo længere frem i tiden vi prøver at se (GREGORY, 1972, s. 318). I skovbruget er dette forhold af særlig stor betydning på grund af de ofte ekstremt lange investeringstidsrum sammenlignet med andre erhverv. Det kan forekomme indlysende, at usikkerhedsmomentet bør tages i regning i skovbruget. Når det hidtil kun er sket i begrænset omfang, skyldes det, at der ikke står en tilstrækkelig og praktisk anvendelig teori til disposition.

I de senere år er interessen for usikkerhedsproblemet vokset, også i skovbruget. Herhjemme har BRUN MADSEN (1964), HERMANSEN (1964) og KRISTENSEN (1975) arbejdet med det, og det indgår – omend overfladisk – i den ordinære undervisning i skovøkonomi (HERMANSEN, 1975,

passim) og skovplanlægning (HELLES, 1976, s. 104 ff.). Senest har BJERREGAARD CHRISTENSEN (1977) arbejdet med problemet, nemlig i en hovedopgave på skovbrugsstudiet. Nærværende artikel bygger stærkt på denne opgave.

Hensigten med artiklen er at klarlægge problemer omkring usikkerhedsmomentet i forstlige investeringsbeslutninger og at præsentere et forslag til, hvordan usikkerheden kan tages i regning. Det er en *teoretisk* behandling af emnet, og fremstillingen er forenklet så meget, som det er fundet forsvarligt. Forhåbentlig kan artiklen følges op med en demonstration af, hvordan løsningsforslaget fungerer i *praksis*.

2. Problemstillingen

Det grundlæggende målsætningselement antages at være *gevinstmaximering*. De rammer, der i virkeligheden ligger om dette mål, er så individuelle for den enkelte skovejendom, at de må udelades af de følgende analyser.

Analyserne er knyttet til investeringens *kapitalværdi*. En given investerings kapitalværdi til et bestemt tidspunkt (henførelsestidspunktet) defineres som summen af de til dette tidspunkt diskonterede, fremtidige nettoindbetalinger (FOG & RASMUSSEN, 1973, s. 17). I artiklen benyttes kalkulationsrentefoden 5 %.

En investerings kapitalværdi i henførelsesåret 0 kan udtrykkes således:

$$C_0 = \sum_{j=0}^{n} (a_j \div b_j)\,(1 + i)^{\div j} = \sum_{j=0}^{n} \frac{X_j}{(1+i)^j}$$

hvor

a_j = indbetalingerne i år j,
b_j = udbetalingerne i år j,
i = kalkulationsrentefoden,
n = investeringstidsrummet i antal år,
X_j = nettoindbetalingen i år j.

Som *fordelagtighedskriterium* benyttes: $C_0 \geqq 0$.

Den klassiske skovøkonomis forudsætning, at modellernes variabler, in casu a og b, er kendt med sikkerhed, opgives. I stedet tænker vi os, at variablerne kan antage *tilfældige* værdier, således at en investerings kapitalværdi kan udtrykkes som en *stokastisk variabel* med tilhørende *middelværdi* og *spredning* (se afsnit 10.1).

I fig. 1 er vist hhv. *fordelingskurve* og *frekvenskurve* (se afsnit 10.1) for C_0 af to hypotetiske, alternative investeringer A og B.

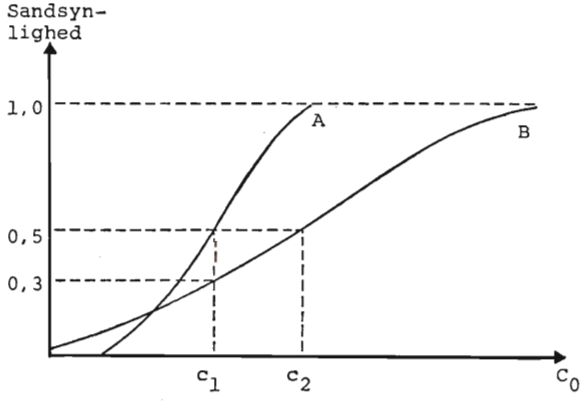

Fig. 1 a. Fordelingskurve for C_0 af de alternative investeringer A og B.

Fordelingskurven i fig. 1 a viser *sandsynligheden* for at få en C_0-værdi, som er mindre end eller lig med en given værdi. Ved investering A er der f. eks. 50 % sandsynlighed for at få $C_0 \leqq c_1$, mens der ved investering B er samme sandsynlighed for at få $C_0 \leqq c_2$.

Frekvenskurven i fig. 1 b illustrerer *hyppigheden* af de mulige C_0-værdier i de to investeringer. A's C_0-værdier fordeler sig med en relativt lille spredning (den spidse kurveform) omkring middelværdien c_1 (den samme som i fig. 1 a). B's C_0-værdier har forholdsvis stor spredning (den fladere kurve), og de fordeler sig symmetrisk omkring middelværdien c_2.

Hvis man kun kendte middelværdierne (her identiske

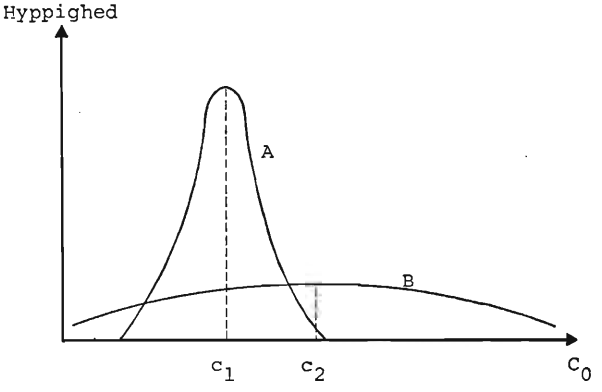

Fig. 1 b. Frekvenskurve for C_0 af de alternative investeringer A og B.

med de mest sandsynlige værdier) – og det er dem, der arbejdes med i de klassiske modeller – ville man foretrække investering B, fordi $c_2 > c_1$. Med et beslutningsgrundlag i form af kurver som de viste er valget mere problematisk: Sandsynligheden for i investering B at få $C_0 \leqq c_2$ er 50 %, men sandsynligheden for at få $C_0 \leqq c_1$ er kun 30 % mod 50 % i investering A.

Når alternative investeringer er analyseret sådan, at det er muligt at tegne kurver som i fig. 1 – eller på anden måde udtrykke disses indhold – *har investor opnået et bedre beslutningsgrundlag, end hvis han blot kender investeringernes mest sandsynlige kapitalværdi.*

Det er hensigtsmæssigt at analysere *beslutningsproblemer* på grundlag af følgende skema (Stryg, 1970, s. 3):

a. *Handlinger* eller *alternativer* omfatter de *valg,* som beslutningstageren er herre over, f. eks. valg af træart og kulturteknik. De mulige handlinger kan udtrykkes som:

$A = (A_1, \ldots\ldots, A_i, \ldots\ldots, A_m)$.

b. *Begivenheder* er *hændelser,* som øver indflydelse på beslutningen, men som beslutningstageren *ikke* er herre over, f. eks. klimatiske eller markedsmæssige tilstande.

De mulige begivenheder (»naturtilstande«) kan udtrykkes som:

$N = (N_1, \ldots\ldots, N_i, \ldots\ldots, N_n)$.

c. *Følger* er *udfaldene* (resultaterne) af bestemte handlinger ved givne naturtilstande. Udfaldet af handling A_i ved naturtilstand N_j betegnes u_{ij}. Det kan f. eks. være kulturudgifter ved en given træart og teknik i år med ekstraordinær forårsnattefrost.

d. Ved *beslutning* forstås valg af handling.

e. En *strategi* er en regel, der konkretiserer, hvilken handling beslutningstageren skal vælge i en given situation. Valget af strategi er altså ensbetydende med opstilling af et *beslutningskriterium*, og dette valg er beslutningsproblemets væsentligste spørgsmål.

3. Risiko og usikkerhed

Det, der i daglig tale kaldes usikkerhed, omfatter to begreber (KNIGHT, 1921, s. 19 ff.):

a. *Risiko* er den usikkerhed, der kan måles i den forstand, at udfaldet kan tildeles en *given objektiv sandsynlighedsfordeling* (se afsnit 10.1).

b. *Usikkerhed* er den »sande« usikkerhed, dvs. at man *ikke* kender udfaldets sandsynlighedsfordeling.

Som det ses, adskilles de to begreber ved en forskel i viden om sandsynligheden af fremtidige udfald (HELLES, op.cit. s. 104). I praksis kan det være vanskeligt at skelne mellem risiko og usikkerhed, da det ofte er subjektivt, om beslutningstageren, f. eks. en distriktsbestyrer, føler, at han har tilstrækkelig viden til at være i en risikosituation (HJORTSHØJ NIELSEN, 1971, s. 424).

Årsagen til manglende viden er naturligvis tidsafstanden mellem handling og udfald. FLORA (1964, s. 377) skelner på basis af tidsafstanden mellem tre typer af usikkerhed i skovbruget:

a. Usikkerhed som er knyttet til »naturtilstande«, f. eks. inflationsrate og beskatningsprocent.

b. Usikkerhed som påvirker forstlige investeringer ens-

artet, f. eks. usikkerhed m.h.t. udviklingen i ejendomsskatter og afskrivningsregler.

c. Usikkerhed som påvirker nogle forstlige investeringer mere end andre, f. eks. usikkerheden m.h.t. den fremtidige efterspørgsel efter egefinér: Den har større betydning for valg af opstamnings-program end for valg af tyndingsstyrke.

Ifølge FLORA (op.cit. s. 378) er det kun usikkerhed af type c, der har interesse ved valg mellem investeringsalternativer i selve skovbrugsvirksomheden.

HJORTSHØJ NIELSEN (op.cit. s. 425) skelner mellem tre former for ukendskab:

a. *Produktionsteknisk ukendskab.* Det drejer sig navnlig om klimatisk betingede variationer, som indebærer, at forholdet mellem indsats og udbytte ikke kan fastsættes på forhånd. Som eksempel kan nævnes tilvæksten i en planperiode.

b. *Prismæssigt ukendskab.* De på beslutningstidspunktet gældende prisrelationer vil ændre sig. ANDERSEN (1975, s. 86) mener dog, at de for skovprodukters vedkommende er nogenlunde stabile inden for en planperiode.

c. *Teknologisk ukendskab.* F. eks. kan nye produkter gøre de nuværende urentable. Det kan i skovbruget navnlig ske for specialprodukter, f. eks. pyntegrønt.

I skovbruget er det generelt set *usikkerhed,* der gør sig gældende, men der kan dog tænkes situationer, hvor beslutningstageren mener at have tilstrækkelig viden om udfaldet til, at der er tale om *risiko.*

4. Beslutningsproblemets hidtidige behandling

Der er opstillet en række kriterier eller teorier for valg af optimal handling under usikkerhed eller risiko. Dette er ikke stedet til en egentlig gennemgang af disse forslag til løsning af beslutningsproblemet.[1]) Her gen-

[1]) Interesserede henvises til f. eks. BJERREGAARD CHRISTENSEN (op.cit., s. 13–29).

nemgås kun det, der er nødvendigt for vurdering af den kritik, der fremsættes i afsnit 5, og for forståelsen af forslaget til en ny metode (afsnit 6.4).

4.1. Kriterier for beslutning under usikkerhed

Ingen af disse kriterier er generelle, dvs. *der findes ikke noget universalkriterium.* Fælles for dem er, at de giver en *matematisk algoritme*[1]) til valg af optimal handling, og at de er *objektive.*

Kriterier for beslutning under usikkerhed hviler på følgende forudsætninger (NORUM, 1971, s. 48):

a. Sættet af mulige udfald er diskret (se afsnit 10.1, pkt. a) og endeligt. Samtlige udfald kendes, men ikke deres sandsynligheder.

b. Udfaldene associeres med tilstande: For hver tilstand fås et bestemt udfald af en given handling. Tilstandene med deres respektive udfald skal udgøre en fuldstændig liste over mulighederne. De enkelte tilstande skal gensidigt udelukke hinanden.

4.1.1. *Spilteori.*

Mange beslutningsproblemer kan formuleres som spilteoretiske opgaver og kan dermed løses ved lineær programmering. Mest udviklet er teorien for *topersonersnulsumspil;* her er den ene spillers gevinst lig med den

Tabel 1. Elementerne i »spil mod naturen«.

		Tilstande		
		N_1	N_j	N_n
	A_1	u_{11}	u_{1j}	u_{1n}
	⋮	⋮	⋮	⋮
Alternative handlinger	A_i	u_{i1}	u_{ij}	u_{in}
	⋮	⋮	⋮	⋮
	A_m	u_{m1}	u_{mj}	u_{mn}

1) En »beregningsregel« udtrykt på matematisk form.

anden spillers tab. Et sådant spil kan eksemplificeres ved tabel 1.

Her har beslutningstageren aktionsmængden (A_1, ..., A_m) som indgang, »naturen« aktionsmængden (N_1, ..., N_n).

Med »naturen som modspiller« er der ikke tale om en egentlig spilteori, for en sådan er karakteriseret ved (STRYG, op.cit., s. 11):

a. Hver spiller kender sine egne og modpartens handlingsmuligheder samt de tilhørende udfald.

b. Hver spiller kender modpartens præferencer.

c. Hver spiller vælger den handling (strategi), der kan opfylde hans mål.

Naturen opfylder ikke disse krav – den må betragtes som en passiv modspiller. Alligevel kan spilteorien benyttes til forklaring af »spil mod naturen«.

Beslutningstageren kan vælge én eller flere af handlingerne (A_1, ..., A_m) med en dertil hørende *hyppighed* x_i, om hvilken det gælder:

$$0 \leqq x_i \leqq 1 \quad (i = 1, \ldots\ldots, m) \quad \sum_{i=1}^{m} x_i = 1$$

Vektoren $\overline{x} = (x_1, \ldots\ldots, x_m)$ udgør beslutningstagerens *strategi*. Er en komponent i $\overline{x}$ lig med 1 og de øvrige komponenter altså lig med 0, kaldes $\overline{x}$ en *ren strategi*, i modsat fald en blandet strategi. Vælges f. eks. kun handling A_3, dvs. den vælges med hyppigheden $x_3 = 1$, er der tale om en ren strategi. Vælges derimod f. eks. A_3 med $x_3 = 0{,}2$ og A_7 med $x_7 = 0{,}8$, er der tale om en *blandet strategi*.

4.1.2. *De egentlige kriterier.*

4.1.2.1. Rene strategier.

Kriterierne kan eksemplificeres ved hjælp af tabel 2 (delvis efter JOHNSTON et al., 1967, s. 171), hvor der vises tre alternative handlinger med hver fire udfald i form af hypotetiske dækningsbidrag. Det forudsættes, at be-

slutningstageren har samme grænsenytte af alle dækningsbidrag.

Tabel 2. Dækningsbidragsmatrice for et hypotetisk »spil imod naturen«. Kr. pr. m³.

Handlinger		»Naturtilstande«			
		Ingen frost		Frost	
		Rel. bedre pris for nåletræ	Uforandrede priser	Rel. bedre pris for nåletræ	Uforandrede priser
Kulturtræart:		N_1	N_2	N_3	N_4
Rødgran	A_1	70	65	30	25
Sitkagran	A_2	35	90	–10	40
Poppel	A_3	40	70	40	50

I tabel 3 er vist udfaldene ved anvendelse af forskellige kriterier. Som det ses, er det optimale handlingsalternativ (mærket med *) *ikke* ens. Der er hermed påvist, at der ikke gives noget universalkriterium – valget af kriterium afhænger af beslutningstagerens situation i videste forstand. Nogle forfattere, bl. a. OFFICER & ANDERSON (1968, s. 10), betragter derfor kriterierne som

Tabel 3. Valg af kulturtræart ved brug af forskellige beslutningskriterier. Det optimale udfald er mærket med *. Dækningsbidrag i kr. pr. m³.

	A_1	A_2	A_3
	Rødgran	Sitkagran	Poppel
Maximax-kriteriet	70	90*	70
Maximin-kriteriet	25	–10	40*
Laplace-kriteriet	47,5	38,75	50*
Savage-kriteriet	25*	50	30
Hurwicz-kriteriet	61	70*	64
Minimax-fordel-kriteriet	0	0	5*

uforenelige med rationelt valg af handlingsalternativ, hvilket dog forekommer overdrevet. Men det er klart, at da *subjektive* vurderinger indgår i valget af kriterium, kan to beslutningstageren komme til forskelligt resultat ved brug af de samme data (MISHAN, 1975, s. 351).

De anførte kriterier er næppe bevidst brugt i skovbrugets praksis, men mange af de bagved liggende elementer må hyppigt indgå i en distriktsbestyrers beslutningsovervejelser.

4.1.2.2. Blandede strategier.

Der skal vises et eksempel på anvendelse af blandet strategi, dvs. optimum nås ved at vælge ikke én, men flere alternative handlinger.

Der benyttes maximin-kriteriet. Det indebærer (jfr. tabel 1):

$$A = \max_i \min_j (u_{ij})$$

altså: Der vælges den strategi, som giver størst mindsteresultat uanset tilstand.

Kriteriet anvendes på tabel 4, der viser hypotetiske dækningsbidrag ved alternative kulturtræarter under to forskellige »naturtilstande«.

Tabel 4. Udfaldsmatrice til beslutning ved valg af blandet strategi. Kr. pr. ha.

	N_1	N_2
A_1	1.000	2.500
A_2	2.000	1.500

Den blandede strategi findes ved løsning af ligningerne:

$$Z_1 = 1.000\ x_1 + 2.000\ x_2$$
$$Z_2 = 2.500\ x_1 + 1.500\ x_2$$

hvor Z_1 og Z_2 er beslutningstagerens minimumsgevinst ved naturtilstand N_1, resp. N_2.

Summen af hyppighederne for valget af de kombinerede handlinger skal være 1, altså er

$$x_1 + x_2 = 1$$

Da der skal sikres minimumsgevinst, sættes $Z_1 = Z_2$, hvorefter løsningen bliver:

$$x_1 = \tfrac{1}{4} \text{ og } x_2 = \tfrac{3}{4}.$$

Ved den blandede strategi opnås altså en minimumsgevinst på 1.750 kr. pr. ha, uanset naturtilstand. Den optimale rene strategi, A_2, kunne kun sikre en minimumsgevinst på 1.500 kr.

Større problemer end det viste kan løses ved lineær programmering (se f. eks. DILLON & HEADY, 1960, s. 913).

Såvidt vides er blandede strategier ikke benyttet i praktisk skovbrug, men det synes muligt at anvende dem f. eks. i forbindelse med periodeplanlægning.

4.1.3. *Andre kriterier.*

Kun ét kriterium skal omtales, nemlig *Simon's satisfieringsprincip.*[1]) Ifølge dette tilstræber beslutningstageren at opnå et udfald, der er »godt nok«, men ikke nødvendigvis »så godt som muligt« (ACKOFF, 1972, s. 21 ff.). Satisfiering betegner den grad af målopfyldelse, som beslutningstageren er *tilfreds* med. Hvis f. eks. 25 kr. pr. m^3 er det mindste dækningsbidrag, som tilfredsstiller beslutningstageren, så er både A_1 og A_3 mulige handlinger (jfr. tabel 1), men A_3 er bedst.

Det er ikke et egentligt beslutningskriterium, men snarere et forsøg på at *forklare* beslutningstagerens handlinger. Som bekendt er satisfieringsprincippet udtryk for den dominerende planlægningsfilosofi i dansk skovbrug.

4.2. Kriterier for beslutning under risiko

Ved beslutning under risiko kendes det præcise udfald ikke, men derimod en *sandsynlighedsfordeling* for dette (jfr. afsnit 3). Rene risikosituationer er sjældne i skovbruget, og kun et enkelt kriterium omtales: *Maximering af forventet gevinst.*[2])

Her vælges den handling, der har maximal forventet gevinst, uanset størrelsen af den tilhørende spredning.

---

1) Dette og to andre kriterier, *Shackle's teori om potentiel overraskelse* og *Savage's subjektive sandsynlighedskriterium*, er behandlet af bl. a. BJERREGAARD CHRISTENSEN (op.cit., s. 24 f.) og JOHNSTON et al. (op.cit., s. 173 f.).

2) Et andet udbredt kriterium er *maximering af forventet nytte* (se f. eks. BJERREGAARD CHRISTENSEN, op.cit., s. 26 ff.; HJORTSHØJ NIELSEN & STRYG, 1975, s. 169; FRIEDMAN & SAVAGE, 1952, passim; OFFICER & ANDERSON, op.cit., s. 16 f.).

Dette kan f. eks. betyde, at krav til likviditet negligeres, således at kriteriet i virkeligheden ikke er rationelt. Under visse omstændigheder kan det dog være berettiget, nemlig ved beslutninger med mange gentagelser (jfr. BLOM, 1973, s. 5/20). Eks.: På et stort distrikt udgør efterbedringen i gennemsnit 8 % af planteantallet, når kulturer af en given træart etableres på en bestemt måde. På grund af de mange gentagelser kan disse 8 % indregnes i kalkuler over kulturomkostningerne.

5. Kritik af hidtidige metoder

De i afsnit 4 nævnte metoder til løsning af beslutningsproblemer under usikkerhed og risiko er *utilfredsstillende i praksis* af følgende grunde:

a. Det er ikke altid muligt at afgøre, om en variabel er behæftet med usikkerhed eller med risiko.

b. Handlingsalternativerne er i reglen så komplekse, at de er undergivet både usikkerhed og risiko.

c. Det er ofte umuligt at beskrive samtlige tilstande eksakt.

d. Valget af kriterium er subjektivt.

e. Der forekommer situationer, hvor beslutningstageren i realiteten er bedre orienteret om udfaldene, når der er tale om en beslutning under usikkerhed, end hvis det drejer sig om beslutning under risiko (NORUM, op.cit., s. 6).

Disse forhold har medført en tendens til at *opgive skelnen mellem risiko- og usikkerhedssituationer*. Vi følger denne tendens: Herefter benyttes betegnelsen »usikkerhed« om enhver situation, hvor udfald af en handling ikke kendes med sikkerhed.[1])

6. Nye metoder til behandling af beslutningsproblemet

I dette afsnit omtales *Den analytiske metode* og – især – *Monte Carlo simulationsmetoden*. De gør begge brug af *sandsynlighedsfordelinger* for enhver variabel, der er

---

1) Betegnelsen »risiko« dækker alene den mulighed, at en given investerings kapitalværdi ikke når en bestemt størrelse.

behæftet med usikkerhed. Hvor der ikke på forhånd kendes en sandsynlighedsfordeling, må en sådan etableres på *subjektivt* grundlag.

6.1. Subjektive sandsynligheder

Teorien bag vurdering af subjektive sandsynligheder er ikke fuldt udviklet, men det er påvist (NORTON, 1963, s. 54), at det er muligt at opnå brugbare resultater. En beslutningstager er altid i stand til at *formulere* subjektive sandsynligheder (OFFICER & ANDERSON, op.cit., s. 13). De indgår ubevidst i enhver beslutningsproces – problemet er at få dem *konkretiseret*.

Vejledt på rette måde kan en distriktsbestyrer altid formulere sine erfaringer vedrørende f. eks. kulturetablering sådan, at de gradvist kan konkretiseres til sandsynlighedsfordelinger. Måske kan kolleger fra nabodistrikter samt »eksperter« med fordel inddrages i denne proces.[1])

Intervallet for samtlige mulige udfald kan søges fastlagt og derefter opdelt på basis af udtalelser som »mere sandsynligt« og »mindre sandsynligt«. Eller der kan søges fastlagt det interval, der med en given sandsynlighed omgiver et aktuelt udfald. (REUTLINGER, 1970, s. 12 f.). Hvis personerne viger tilbage for at bruge udtryk af typen »meget sandsynligt«, kan der måske fastslås øvre og nedre grænser ved at fremtvinge svar af typen: »Det er ikke tilnærmelsesvis af den størrelsesorden«. (WAGLE, 1967, s. 19). HERTZ (1964, s. 101) foreslår at stille spørgsmål af typen:

1) Hvis 510 kr. pr. m^3 er den forventede salgspris, hvad er så sandsynligheden for, at prisen vil overstige 550 kr.?

2) Er der nogen sandsynlighed for, at prisen vil overstige 650 kr.?

---

1) En sådan fremgangsmåde er f. eks. benyttet i det internordiske projekt »Samfunn og skog« (RANDERS, 1976) og i en delfi-studie af fremtidig skovudnyttelse i Sverige (ENGSÅS, 1975).

3) Hvor sandsynligt er det, at prisen falder under 475 kr.?

Variablernes karakter og den brug, der skal gøres af sandsynlighedsinformationen, bestemmer, om det er ønskeligt at specificere en diskret (se s. 70) eller en kontinuert funktion. Ofte er det tilstrækkeligt at fastlægge et interval, der omfatter alle eller næsten alle mulige udfald, og derpå antage, at variablen har en given fordeling. (REUTLINGER, op.cit., s. 13).

WAGLE (op.cit., s. 19) har gjort bl. a. følgende erfaringer:

1) Jo mere matematisk indstillede personerne er, des nemmere har de ved at angive sandsynlighedsfordelinger. Det betyder naturligvis ikke, at disse nødvendigvis er bedre end andre personers vurderinger.

2) De fleste personer har let ved at præcisere det hyppigst forekommende udfald (modalværdien) og intervallet omkring det, men har svært ved at knytte en sandsynlighed til det.

3) Gennemgående finder personerne det nyttigt, at de tvinges til at fordybe sig i problemerne på denne måde.

4) Der er en tendens til at bruge mindst tid på vurderingen af de mest usikre variabler.

5) Personerne er utilbøjelige til at kvantificere virkningerne af indbyrdes afhængighed (korrelation) mellem variabler.

Vurderingerne må ikke præges af personernes risikotilbøjelighed (REUTLINGER, l. c.).

6.2. Sandsynlighedsfordelinger

Som nævnt er det en hyppigt anvendt metode at vurdere *intervallet* for en variabel og derefter antage, at variablen følger en bestemt sandsynlighedsfordeling i dette interval. Alle typer af fordelinger kan komme på tale, men meget taler for, at *normalfordelingen* og *betafordelingen* er de mest anvendelige i skovbruget.

Hvis det kun er muligt at vurdere intervallet, må det antages, at variablen er *ligefordelt* i dette; en sådan simpel forudsigelse er et bedre beslutningsgrundlag end det gennemsnitlige udfald alene (HERTZ, op.cit., s. 101).

Normalfordelingen er den mest kendte sandsynlighedsfordeling. Den kan f. eks. fastlægges på grundlag af udtalelser som: »Det mest sandsynlige udfald er 40 t grønt pr. ha i tiden 11–15 år, og det forventes ikke, at det aktuelle udfald vil ligge mere

end 4 t herfra.« Normalfordelingen kan kun bruges, hvis udfaldsvurderingerne er symmetriske. Som eksempel på et tilfælde, hvor udfaldene ofte er skævt fordelt, kan nævnes forventet salgspris (SCHWEITZER, 1968, s. 18). POULIQUEN (1970, s. 59 f.) anbefaler, at normalfordelingen kun benyttes, hvor et stort materiale viser, at den er velegnet. Det må imidlertid også spille en rolle, i hvilken grad variablerne er opdelt.

Betafordelingen har ofte vist sig velegnet, hvor udfaldsvurderingerne ikke er symmetriske. Denne fordeling kan fastlægges ud fra største, mindste og mest sandsynlige udfald. Ekstreme udfald, såsom stormfald, skal ikke tages med (WAGLE, op.cit. s. 20).

Selvom beslutningstageren kun er interesseret i vurderingen af et enkelt udfald, f. eks. en kapitalværdis mest sandsynlige størrelse, kan en egentlig sandsynlighedsvurdering være ønskelig, da der ellers kan opstå væsentlige fejl i beslutningsgrundlaget.

Eksempel. Der foreligger følgende vurderinger for variablerne X og Y (REUTLINGER, op.cit., s. 25):

$$X: \begin{cases} \text{sandsynlighed 0,6 for at sælge 100 enheder} \\ \text{sandsynlighed 0,4 for at sælge 50 enheder} \end{cases}$$

$$Y: \begin{cases} \text{sandsynlighed 0,6 for at sælge til 10 kr. pr. enhed} \\ \text{sandsynlighed 0,4 for at sælge til 5 kr. pr. enhed.} \end{cases}$$

Beregnes udbyttet på grundlag af de mest sandsynlige værdier for X og Y, bliver resultatet 100 enheder à 10 kr., altså 1.000 kr. Udregnes sandsynlighedsfordelingen for (X, Y), bliver det mest sandsynlige udbytte 500 kr. (sandsynlighed 0,48), mens udbyttet 1.000 kr. kun har en sandsynlighed på 0,36.

En anden kilde til fejl i beslutningsgrundlaget er den forenkling, der består i at antage, at en faktisk krumliniet sammenhæng er lineær.

Eksempel. En investering på 350 kr. vil give et årligt udbytte på 100 kr. i tiden 1–7 år. Korrekt beregnet bliver kapitalværdien

$$C_0 = \left[\frac{1}{7} \sum_{j=1}^{7} \sum_{k=1}^{j} 100\,(1+i)^{\div k} \right] \div 350 = \div\, 3{,}75 \text{ kr.},$$

altså er investeringen ugunstig. Beregnes kapitalværdien derimod ud fra investeringens gennemsnitlige varighed, fås

$$C_0 = \left[\sum_{k=1}^{4} 100\,(1+i)^{-k} \right] \div 350 = 4{,}60 \text{ kr.},$$

altså er investeringen gunstig. (På grundlag af REUTLINGER, op. cit., s. 26 ff.).

Et vigtigt problem i forbindelse med sandsynlighedsfordelinger er den hyppigt forekommende, indbyrdes afhængighed (*korrelation*) mellem variablerne. Korrelationen er ofte vanskelig at opdage, endsige kvantificere, men at holde en faktisk eksisterende korrelation uden for analysen kan give alvorlige fejl i beslutningsgrundlaget (POULIQUEN, op.cit., s. 45).

Tre muligheder for løsning af korrelationsproblemet skal skitseres:

1) I stedet for at analysere korrelerede variabler hver for sig kan de samles til én variabel. Eks.: Der foretages ikke analyse af fordelingen af A- og B-kævler, men af de to sortimenter under ét.

2) Korrelerede variabler kan eventuelt erstattes af uafhængige variabler, nemlig i tilfælde af samvariation. Eks.: En korrelation mellem hugst- og transportudgifter kan bero på samvariation i arbejdsløn.

3) Er disse udveje ikke farbare, må fordelingen af de korrelerede variabler foretages efter bedste overbevisning.

For hver vurdering af korrelerede variablers sandsynlighedsfordeling gælder, at kun nogle få af de indbyrdes afhængigheder kan kvantificeres. Det vigtigste er, at problemet erkendes, og at arbejdet derpå koncentreres om analyse af de mest betydende afhængigheder. (REUTLINGER, op.cit., s. 31).

6.3. Den analytiske metode

HILLIER (1963, s. 447 ff.) udledte sandsynlighedsfordelinger for en investering i tre tilfælde:

1) Kasseoverskuddene i på hinanden følgende år er uafhængige.

2) Kasseoverskuddene er fuldstændig korrelerede.

3) Det enkelte års kasseoverskud består af ét uafhængigt deloverskud og m deloverskud, der hver er korreleret med det tilsvarende deloverskud i de andre år. I det enkelte år er de m+1 deloverskud indbyrdes uafhængige.

Metoden har den væsentlige ulempe, at middelværdi og spredning for det enkelte års kasseoverskud normalt er ukendte størrelser. Det, der eventuelt kendes, er middelværdi og spredning for de variabler, der *skaber* kasseoverskuddet. Hvis der er mange variabler, som ovenikøbet kan være korrelerede, er det svært at beregne middelværdi og spredning for kasseoverskuddene, og disse størrelser er nødvendige for metoden. WAGLE's (op.cit.) anvisning på løsning af problemet indebærer brug af en så avanceret matematisk statistik, at metoden næppe vil blive almindelig i praksis. WAGLE er enig med andre (f. eks. CASSIDY et al., 1970, s. 9) i, at til løsning af praktiske problemer er Monte Carlo simulationsmetoden at foretrække.

Til partielle analyser, hvor der kun er få variabler, og hvor tilnærmede løsninger er tilstrækkelige, er den analytiske metode brugbar (REUTLINGER, op.cit., s. 24). Metoden er behandlet teoretisk og eksperimentelt af BJERREGAARD CHRISTENSEN (op.cit., s. 32 ff.).

6.4. Monte Carlo simulationsmetoden

Monte Carlo simulation dækker over forskellige begreber inden for økonometri og matematisk statistik. Metodens grundlæggende idé er at *efterligne virkeligheden*. Det sker ved, at en EDB-maskine arbejder med *tilfældige* tal for størrelsen af den pågældende models variabler om og om igen, indtil der er grund til at tro, at der er opnået et tilstrækkeligt godt billede af virkeligheden.

Betegnelsen Monte Carlo simulation omfatter her følgende procedure (HERTZ, op.cit., s. 99):

a. Vurder variationsbredden for hver af investeringens variabler, f. eks. salgspris pr. m^3. Inden for disse grænser vurderes sandsynligheden for hvert enkelt udfald.

b. Udvælg tilfældigt fra disse sandsynlighedsfordelinger et udfald for hver variabel i overensstemmelse med sandsynligheden for, at udfaldet bliver aktuelt.

c. Beregn investeringens kapitalværdi på grundlag af

den under b nævnte kombination af udfald.

d. Gentag processerne a–c mange gange, så kapitalværdiens sandsynlighedsfordeling kan beregnes.

Metoden er anskueliggjort i fig. 2.

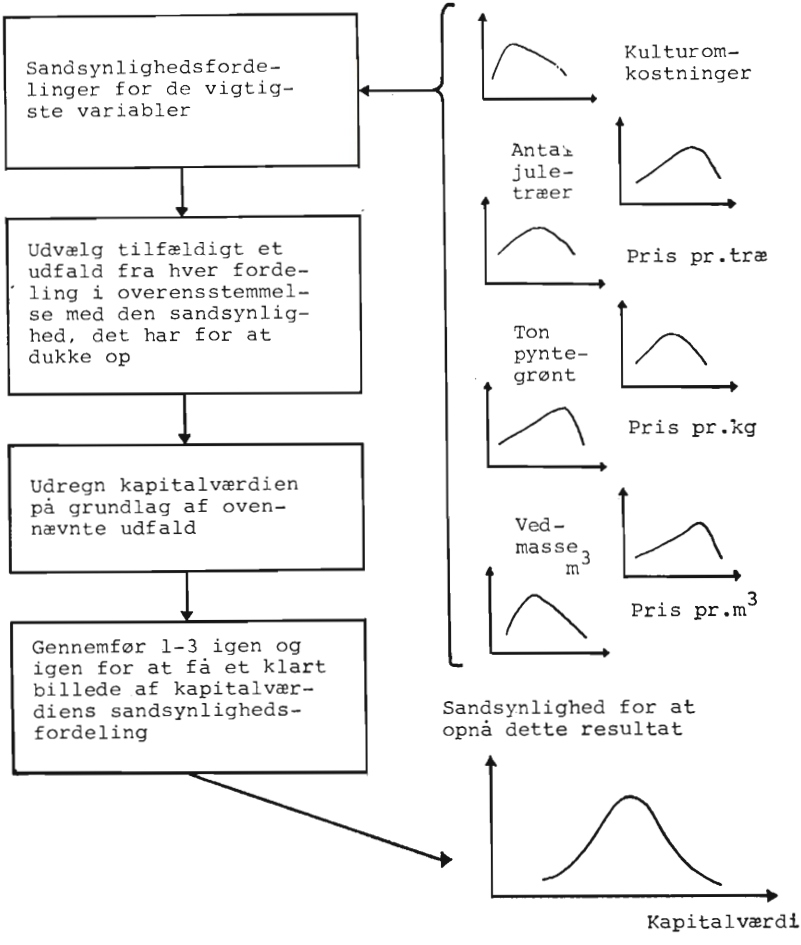

Fig. 2. Illustration af Monte Carlo simulationsmetoden. (p.grl.a. HERTZ, op.cit., s. 102).

ad a: De variabler, der ikke påvirker kapitalværdien nævneværdigt, kan tages i regning med modalværdien alene. Til gengæld er der grund til at arbejde meget med vurderingen af sand-

synlighedsfordelingen for de variabler, som kapitalværdien er følsom overfor. (FCOODA, 1972, s. 26).

Det må overvejes, på hvilket niveau variablerne skal indgå i analysen. Eks.: I stedet for én variabel for den totale kulturomkostning kan der bruges én for jordbearbejdning, én for plantning osv. Det er lettere at vurdere sådanne variabler på »lavt« niveau, og dermed bliver – alt andet lige – vurderingen mere korrekt. Valg af et passende niveau er en væsentlig betingelse for at få en sikker vurdering (POULIQUEN, op.cit., s. 42).

ad b: Den tilfældige udvælgelse i overensstemmelse med udfaldenes hyppigheder – genereringen af fordelinger – sker ved hjælp af særlige EDB-programmer:

1) Ud fra frekvensfunktionen dannes fordelingsfunktionen.

2) Der udvælges et tilfældigt tal p i intervallet [0,1].

3) Ved at projicere fra p på ordinaten via fordelingsfunktionen til abscissen fås en værdi for variablen x', jfr. fig. 3.

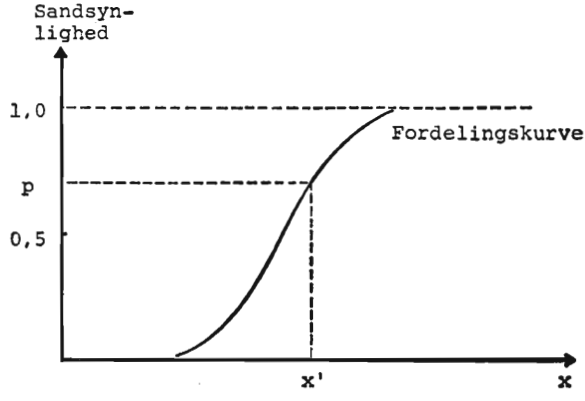

Fig. 3. Illustration af teknikken i Monte Carlo simulationsmetoden.

ad d: Det er individuelt for projektet, hvor mange gange der skal gentages – *simuleres*, men sandsynligheden for at finde en fordeling, der nogenlunde svarer til den »sande«, vokser med antallet af simulationer.

6.4.2. *Eksempel på anvendelse af Monte Carlo metoden.*

I dette afsnit vises, hvorledes usikkerheden på investering i *kultur af nordmannsgran* kan tages i regning ved hjælp af Monte Carlo metoden. Det benyttede datamateriale er forældet og delvis hypotetisk, se afsnit 10.2. De opnåede resultater tjener derfor kun *illustrative* formål.

Sandsynligvis er opsplitningen i variabler for grov til, at det beregnede beslutningsgrundlag er tilstrækkelig godt i praksis, og muligvis er ikke alle korrelationer opdaget.

6.4.2.1. Model og vurderinger.

Vi forestiller os, at en distriktsbestyrer har opstillet tabel B 1 – B 3 (afsnit 10.2) som grundlag for beslutning om investering i dyrkning af nordmannsgran. Med kalkulationsrentefod 5 % bliver resultatet en kapitalværdi C_0 = 69.250 kr. (jfr. tabel B 3), altså en klart fordelagtig investering. I beslutningsgrundlaget indgår hver variabel med én værdi, nemlig den som distriktsbestyreren finder mest sandsynlig.

Vi skal nu se, hvorledes beslutningsgrundlaget ændres, når der indføres sandsynlighedsfordelinger for variablerne. Ændringerne er naturligvis helt afhængige af de forudsætninger, der gøres om disse variabler. Da forudsætningerne ikke er afprøvet på empirisk materiale, må det følgende kun betragtes som *et teoretisk eksempel på, hvorledes beslutningsgrundlaget forbedres, når der arbejdes med subjektive sandsynligheder.*

a. *Kulturetableringsudgifterne* ($Y_j^{(1)}$) anses for betafordelte med parametrene:

- mindste værdi ..... 8.000 kr.
- mest sandsynlige værdi ..... 10.300 kr.
- største værdi ..... 15.000 kr.

b. *Kultur- og bevoksningsplejeudgifterne* ($Y_j^{(2)}$) anses for normalfordelte. For at forenkle modellen samles de til én variabel:

$$Y_j^{(2*)} = \sum_{j=0}^{26} Y_j^{(2)} (1+i)^{+j}$$

Denne variabel er også normalfordelt og har:

- middelværdi ..... 14.317 kr.
- spredning ..... 434 kr.

Den lille spredning skyldes, at udgifterne betragtes som indbyrdes uafhængige.

c. *Nettoindtægterne fra juletræsproduktion* ($Z_j^{(1)}$).

1) *Antallet af juletræer* anses for betafordelt med:

- mindste værdi ..... 1.000 stk.
- mest sandsynlige værdi ..... 3.000 stk.
- største værdi ..... 4.000 stk.

Maximum er ansat ud fra, at bevoksningen under alle omstændigheder ønskes overholdt til år 26.

2) *Nettoprisen pr.* træ i år j antages at være givet ved:

$$B_j^{(1)} = B(1+b)^j + \varepsilon_j,$$

hvor

B = den nuværende nettopris pr. stk. Den antages korreleret med antallet af juletræer:

- hvis 1.000 stk. kan hugges, er B = 20 kr.
- hvis 3.000 stk. kan hugges, er B = 24 kr.
- hvis 4.000 stk. kan hugges, er B = 26 kr.

Dette medfører:

B = [24 + (3.000 ÷ antal træer)/500]

Ovenstående bygger på følgende vurdering: Hvis kulturen mislykkes, så der kun kan hugges 1.000 juletræer, er deres kvalitet dårligere, end hvis der kunne hugges 3.000 stk.

b = en ekspotentiel vækstfaktor. Den angiver pristrenden, hvis det forventes, at prisen stiger hurtigere end inflationen. Da B betegner nettoprisen, er ligningen ikke helt korrekt: Der skulle benyttes en finere opdeling, så b kun påvirkede salgsprisen.

ε_j = den tilfældige variation i år j. Den anses for normalfordelt med:

- middelværdi ..... 0,00 kr.
- spredning ..... 0,50 kr.

3) *Nettoindtægten* beregnes ud fra den forenklende forudsætning, at den i sin helhed falder i år 8.[1)]

---

1) Vedrørende den heraf følgende fejl, se afsnit 6.2.

$$\text{Korrekt:} \quad Z_j^{(1*)} = \sum_{j=6}^{10} Z_j^{(1)} \, (1+i)^{\div j}$$

$$\text{Anvendt:} \quad Z_j^{(1*)} = \left[\sum_{j=6}^{10} Z_j^{(1)} \right] (1+i)^{\div 8}$$

d. *Nettoindtægterne fra pyntegrønt* ($Z_j^{(2)}$).

1) *Antal t pr. ha* i tiden 11–15 år antages negativt kor-

- 1.000 juletræer → 30 t grønt
- 3.000 juletræer → 25 t grønt
- 4.000 juletræer → 15 t grønt

I intervallerne forudsættes afhængigheden lineær.

Efter 15 år betragtes bevoksningen som normaliseret. Antal t pr. ha i tiden 16–25 år antages normalfordelt med:

- middelværdi ..... 60 t
- spredning ..... 2,5 t

Den lille spredning skyldes, at perioden er så lang, og at mængden i de enkelte år anses for indbyrdes uafhængige.

Mængden i år 26 (afdrift) antages normalfordelt med:

- middelværdi ..... 12 t
- spredning ..... 4 t

2) *Nettoprisen pr. kg* er vurderet således:

- i tiden 11–15 år ..... 1,10 kr.
- i tiden 16–25 år ..... 1,05 kr.
- i år 26 ..... 1,20 kr.

Prisfaldet i årene 16–25 skyldes voksende klippeudgifter, prisstigningen i år 26 aftagende udgifter.

Som ved juletræer stiger grøntpriserne med vækstfaktoren b – med en tilsvarende fejl til følge. Der regnes ikke med nogen tilfældig prisvariation i det enkelte år.

3) Som ved juletræerne antages, at indtægterne i deres helhed falder midt i det pågældende tidsrum.

e. *Nettoindtægterne fra vedmassen* ($Z_j^{(3)}$).

1) *Indtægtsforløbet* er forenklet til ialt 2.000 kr. pr. ha i tiden 16–25 år, en forenkling der forsvares med, at det drejer sig om et relativt lille beløb.

2) *Indtægten af hovedskovningen* antages normalfordelt med:

- middelværdi ..... 8.000 kr.
- spredning ..... 1.000 kr.

f. *Kapitalværdifunktionen.*

Investeringens samlede kapitalværdi C_0 beregnes ved summation af variablerne ($Y_j^{(1)}$, $Y_j^{(2)}$, $Z_j^{(1)}$, $Z_j^{(2)}$ og $Z_j^{(3)}$) over de respektive perioder og diskontering til år 0.

6.4.2.2. EDB-programmet.

Det udarbejdede EDB-program gengives ikke, dels fordi det skal revideres, før det kan bruges på empirisk materiale, og dels fordi det kræver særlige forudsætninger at læse programmet.

Programmet beregner C_0 n gange på basis af den i afsnit 6.4.2.1 beskrevne model og de dér anførte vurderinger. Ved hver beregning indgår variablerne med værdier, som er udtaget på grundlag af deres sandsynlighedsfordelinger.

De beregnede C_0-værdier udskrives efter stigende størrelse. Desuden beregner og udskriver programmet middelværdi og spredning for den »samlede« C_0-værdi ud fra antagelsen om, at den er normalfordelt.

Som næste trin giver programmet en udskrift af kvantiteter for ønskede sandsynligheder (se afsnit 6.4.2.3).

Sidste del af programmet består af en udplotning af frekvens- og fordelingskurve for C_0.

6.4.2.3. Resultater.

En kørsel med 450 simulationer og b = 0 gav:

- C_0's middelværdi ..... 67.928 kr.
- C_0's spredning ..... 9.122 kr.

Frekvens- og fordelingskurven er vist i fig. 4 og 5.

Som det ses af fig. 4, er antagelsen om, at C_0 er normalfordelt, nogenlunde opfyldt: Resultaterne ligger temmelig symmetrisk omkring middelværdien. Det ses endvidere, at den mest sandsynlige C_0-værdi er ca. 71.300 kr., mod 69.250 kr. ved brug alene af de mest sandsynlige variabelværdier (jfr. tabel B 3). Der er altså *i dette til-*

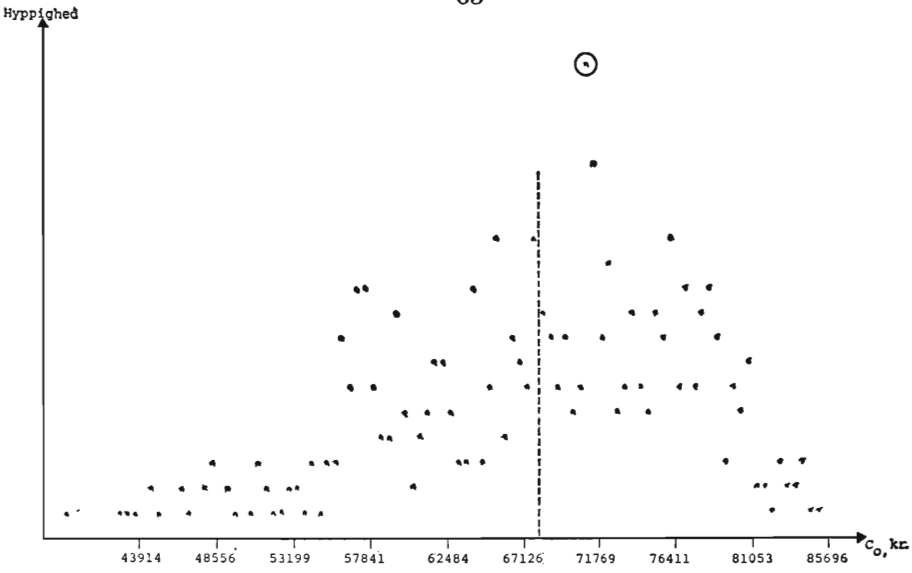

Fig. 4. Kapitalværdiens frekvenskurve.

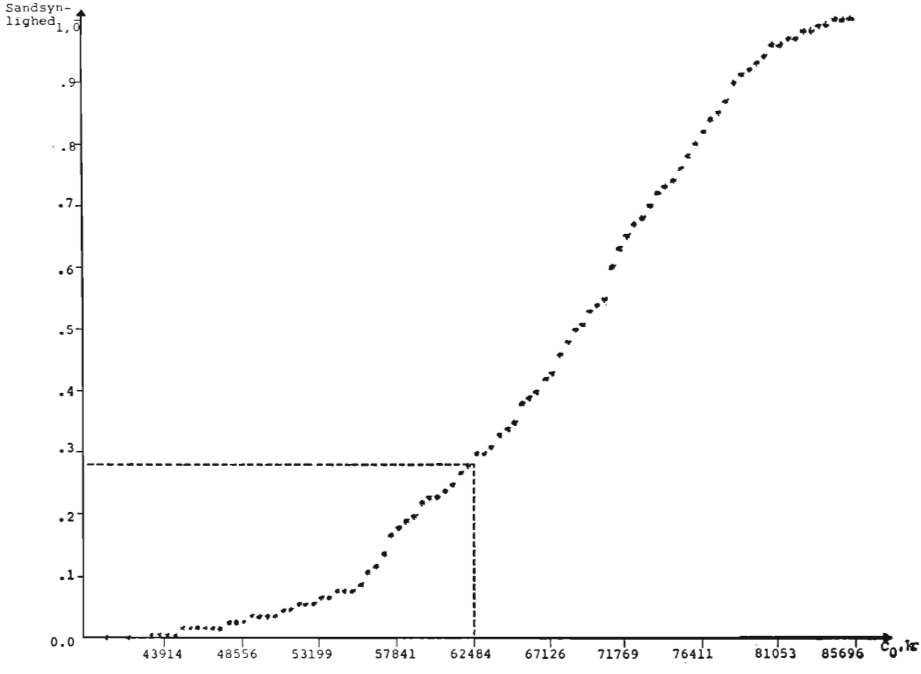

Fig. 5. Kapitalværdiens fordelingskurve.

fælde ikke stor forskel på resultaterne af de to beregningsmetoder. Men den ekstra oplysning, som Monte Carlo metoden giver, nemlig spredningen på C_0, er en vigtig udvidelse af beslutningsgrundlaget (se afsnit 6.4.3).

Af fig. 5 kan ses, hvad sandsynligheden er for at få en C_0-værdi, der er mindre end eller lig med en given værdi (smlg. fig. 1 a). F. eks. fremgår det, at der er ca. 28 % sandsynlighed for at få $C_0 \leq 62.484$ kr., eller omvendt, at der er 72 % sandsynlighed for at få en C_0-værdi, der er større.

I tabel 5 er vist *fraktiler* (jfr. afsnit 10.1, pkt. g) for nogle udvalgte kapitalværdier.

Tabel 5. Fraktiler (nedre) for C_0.

$C_0 \leq$ x	har sandsynligheden p
43758	0,01
51174	0,05
56172	0,10
61290	0,25
69601	0,50
75230	0,75
78807	0,90
80666	0,95

En kørsel med 450 simulationer og b = 1,5 % gav:

- C_0's middelværdi ..... 87.275 kr.
- C_0's spredning ..... 10.128 kr.

altså en væsentlig større C_0-værdi end med b = 0 %, men næsten uændret spredning.

En kørsel med 200 simulationer og b = 0 gav:

- C_0's middelværdi ..... 67.555 kr.
- C_0's spredning ..... 9.188 kr.

Ved sammenligning med første kørsel ses, at *i dette tilfælde* er 450 simulationer rigeligt.

Første kørsel blev gentaget med andre vurderinger for antallet af juletræer:

- mindste værdi ..... 2.000 stk.
- mest sandsynlige værdi ..... 3.000 stk.
- største værdi ..... 4.000 stk.

Resultatet blev:

- C_0's middelværdi ..... 67.853 kr.
- C_0's spredning ..... 6.236 kr.

altså næsten uændret C_0-værdi, men lidt mindre spredning.

6.4.3. *Vurdering af det udvidede beslutningsgrundlag.*

Det beslutningsgrundlag, der frembringes ved hjælp af Monte Carlo metoden, adskiller sig fra det sædvanlige beslutningsgrundlag ved, at det billedlig talt består af et spektrum i stedet for et enkelt punkt. Beslutningstageren får ikke blot at vide, hvad det mest sandsynlige udfald af en handling er, men også hvor gunstigt, resp. ugunstigt et udfald der er en rimelig mulighed for.

Ved en normalfordeling er middelværdien identisk med den mest sandsynlige værdi.[1]) Og her gælder, at ca. 68 % af samtlige mulige værdier vil ligge i intervallet: middelværdien $\pm$ 2 · spredningen.

Beslutningstageren kan altså udnytte oplysningen om spredningens størrelse. Eksemplificeret ved tallene fra 1. kørsel (afsnit 6.4.2.3) kan han ræsonnere således:

»Med den nuværende viden kan der ikke opnås bedre vurderinger af de variabler, der indgår i beregningerne. Jeg kan derfor ikke få et sikrere tal for den mest sandsynlige kapitalværdi end 67.928 kr., eller 68.000 kr. Spredningen på denne værdi er 9.112 kr., eller 9.000 kr. Spørgsmålet er så, om jeg er villig til at løbe risikoen for at få ikke 68.000 kr., men 68.000 kr. $\div$ 9.000 kr = 59.000 kr., eller i uheldigste fald 68.000 $\div$ 2 · 9.000 = 50.000 kr. Til gengæld har jeg jo chance for at få 68.000 + 9.000 = 77.000 kr., eller endog 68.000 + 2 · 9.000 = 86.000 kr. For at tage stilling til dette må jeg tage i betragtning,

1) At mest sandsynlig værdi for C_0 er forskellig fra middelværdi for C_0 i artiklens eksempel skyldes, at C_0 ikke er fuldstændig normalfordelt, jfr. fig. 4.

at der er 48 % sandsynlighed (fig. 5) for at få en kapitalværdi på 68.000 kr. eller mindre – og altså 52 % sandsynlighed for at få en kapitalværdi, som er større.«

Resultatet af ræsonnementerne er naturligvis individuelt, men der kan næppe være tvivl om, at grundlaget for at træffe en rationel beslutning er bedre end ved den traditionelle fremgangsmåde.

7. Konklusioner

Det forekommer indlysende, at der i skovbruget er behov for at inddrage usikkerhedsmomentet i investeringsovervejelserne. Det synes påvist, at de beregningsmetoder, der bygger på objektive kriterier, stort set er ubrugelige. Tilbage står metoder, som bygger på subjektive sandsynlighedsvurderinger.

Det drejer sig – i hvert fald foreløbig – om *Den analytiske metode* og *Monte Carlo simulationsmetoden*. Den første kan kun bruges til mindre analyser, hvor tilnærmede løsninger er tilstrækkelige (jfr. afsnit 6.3). Derimod synes der at være store muligheder i Monte Carlo metoden.

Problemerne med at fastlægge de nødvendige, subjektive sandsynligheder skal ikke overvurderes. Det er altid muligt med en rimelig indsats at nå langt ad denne vej, og selvom det naturligvis ikke lader sig gøre at finde de »rigtige« sandsynligheder, må det være bedre udtrykkeligt at søge at vurdere sandsynligheder end at udelade dem, dvs. holde dem på det ubevidste plan. I sidste fald vil det være et rent tilfælde, hvis det forventede udfald indtræffer.

Monte Carlo metoden kræver, at der udarbejdes og afprøves EDB-programmer for de forskellige forstlige investeringsbeslutninger: Træartsvalg, valg af omdriftsalder, valg af kulturintensitet osv. Her ligger en omfattende, men perspektivrig forskningsopgave.

Når sådanne programmer forhåbentlig engang foreligger, kan enhver distriktsbestyrer få sine investerings-

problemer analyseret på den måde, som er vist i artiklens eksempel. Det er nemlig ingen sag at lade programmet køre med netop de vurderinger, som den enkelte distriktsbestyrer foretager eller kan acceptere.

8. Summary

Forestry investment decisions under uncertainty.

The comparatively very long time horizon of investments in forestry gives pronounced importance to the problem of uncertainty on the economic parameters. The present writers criticize the various criteria put forward so far to help in decision-making in the face of uncertainty. For a number of reasons the criteria are, by and large, held useless as direct guidelines for decisions in practice.

The writers agree with those authors who give up the distinction between risk and uncertainty. They only accept decisions under uncertainty, claiming that the practicable way in which to solve decision problems is to make use of subjective probability distributions.

The problems of estimating subjective probability distributions are discussed, and it is concluded that they are not at all insuperable. If assisted in the right way, every forester is able to express his experiences so that they can be transferred into probability distributions.

Two methods of solving decision problems by means of subjective probability distributions are discussed, viz. The Analytical method and The Monte Carlo simulation method. The first one is held applicable to minor problems only, whereas the second one seems to contain fruitful perspectives. It is tested on a hypothetic model for investment in Abies nordmanniana. The writers intend to test this method on data from a forest district.

9. Citeret litteratur

ACKOFF, R. L. (1972): Planlægning for virksomhedens ledelse. – København (Branner & Korch). 227 s.

AGGER-NIELSEN, S. (1974): Pyntegrøntmøder 2. og 4. april 1974. – København (Skovbrugsinstituttet). Upubl. 6 s., dupl.

ANDERSEN, K. F. (1975): Spredte papirer fra skovplanlægningen. København (Skovbrugsinstituttet). 113 s., dupl.

BLOM, G. (1973): Sannolikhetsteori med tillämpningar. – Lund (Studentlitteratur). Forsk. pag.

BJERREGAARD CHRISTENSEN, J. (1977): Risiko og usikkerhed. – Et forsøg på at beskrive, opstille og analysere metoder, der kan føre til bedre investeringsbeslutninger, når risiko og usikker-

hed inddrages. – København (Skovbrugsinstituttet). Upubl. 89 s., dupl.

BRUN MADSEN, P. (1964): Metoder til budgettering og vurdering af langsigtede dispositioner i skovbruget. – København (Skovbrugsinstituttet). Upubl. 67 s., dupl.

CASSIDY, P. A., J. L. RODGERS & W. O. MCCARTHY (1970): A Simulation Approach to Risk Assessment in Investment Analysis. – Rev. of Marketing and Agric. Econ. (38) 1: 3–24.

DILLON, J. L. & E. O. HEADY (1960): Theories of Choice in Relation to Farmer Decisions. – Res. Bull., Iowa Agric. Exper. Station 33 (1960) 485: 905–928.

ENGSÅS, J. (1975): Framtidsperspektiv på utnyttjandet av naturresursen skog. – Sver. Skogsv. förb. Tidskr. (73): 587–593.

FCOODA (Foreign and Commonwealth Office Overseas Development Administration) (1972): A Guide to Project Appraisal in Developing Countries. – London (HMSO). 126 s.

FLORA, D. F. (1964): Uncertainty in Forest Investment Decisions. Journ. Forestry (62): 376–380.

FOG, B. & A. RASMUSSEN (1973): Driftsøkonomi II. – København (Nyt Nordisk Forlag. Arnold Busck) 3. udg. 347 s.

FOG, D. (1949): Introduktion i matematisk Statistik. – København (KVL). 109 s.

FRIEDMANN, M. & L. J. SAVAGE (1952): The Utility Analysis of Choices Involving Risk. – I: STIGLER, G. J. & K. E. BOULDING (edit.): Readings in Price Theory, s. 57–96. – Chicago (Richard D. Irwin, Inc.). 568 s.

GREGORY, G. R. (1972): Forest Resource Economics. – New York (Ronald Press Company). 548 s.

HELLES, F. (1976): Skovplanlægningens teori og metode. – København (Skovbrugsinstituttet). 178 s., dupl.

HERMANSEN, N. K. (1964): Kulturudgifternes variation. – Tidsskr. Skogbr. (72): 12–18.

– (1975): Forelæsninger i skovbrugets driftsøkonomi. 3. udg., revideret og suppleret af S. AGGER-NIELSEN. – København (Skovbrugsinstituttet). 188 + 204 + 167 s., dupl.

HERTZ, D. B. (1964): Risk Analysis in Capital Investment. – Harvard Business Review (42) 1: 95–106.

HILLIER, F. S. (1963): The Derivation of Probabilistic Information for the Evaluation of Risky Investments. – Management Science (9): 443–457.

HJORTSHØJ NIELSEN, A. (1971): Risiko og usikkerhed i landbrugsproduktionen. – Tolvmandsbladet (43): 423–430.

– & P. E. STRYG (1975): Landbrugets operationsøkonomi. – København (DSR, KVL). 237 + VI s.

JOHNSTON, D. R., A. J. GRAYSON & R. T. BRADLEY (1967): Forest Planning. – London (Faber and Faber). 541 s.

KNIGHT, F. H. (1921): Risk, Uncertainty and Profit. – Boston (Houghton Mifflin Company). 381 s.

KRISTENSEN, H. (1975): Alternativvurderinger i skovbruget. – En model til konsekvensberegning af alternative hugstprogrammer v.hj.a. simulation. – Århus (Univ. Øk. Inst.). Upubl. 105 + 25 s., dupl.

MISHAN, E. J. (1975): Cost-Benefit Analysis. 2. udg. – London (Allen & Unwin). 454 s.

NORTON, J. H. (1963): The Role of Subjective Probability in Evaluating New Product Ventures. – Chem. Engin. Symp. Ser. 42 (1963) 59: 49–54.

NORUM, L. (1971): Usikkerhet ved planlegging i jordbruket. – (Norges Landbruksøkonomiske Institutt). 111 s., dupl.

OFFICER, R. R. & J. R. ANDERSON (1968): Risk, Uncertainty and Farm Management Decisions. – Rev. of Marketing and Agric. Econ. (36) 1: 3–19.

POLIQUEN, L. Y. (1970): Risk Analysis in Project Appraisal. – Baltimore (The John Hopkins Press). 79 s.

RANDERS, J. (1976): A System Dynamics Study of the Transition from Ample to Scarce Wood Resources. – I: Proceedings XVI IUFRO World Congress, Div. IV. – Ås (NLH): 302–322.

REUTLINGER, S. (1970): Techniques for Project Appraisal under Uncertainty. – Baltimore (The John Hopkins Press). 95 s.

RUDEMO, M. (1977): Statistik A1. – København (Inst. for mat. og stat., KVL). 236 s., dupl.

SCHWEITZER, D. L. (1968): Evaluating Timber Production Investments under Uncertainty. – Ann Arbor (Univ. Minnesota). 95 s.

STRYG, P. E. (1970): Anvendelse af maximin programmering i landbrugets driftsplanlægning under usikkerhed. – Landbrugsøkonomiske studier nr. 3: 1–34. København (Økon. Inst., KVL). Dupl.

WAGLE, B. (1967): A Statistical Analysis of Risk in Capital Investment Projects. – Operational Research Quarterly (18): 13–33.

10. Bilag

I det følgende defineres begreberne først ved hjælp af ældre terminologi, derefter ved hjælp af ny terminologi (p.grl.a.: BLOM, op.cit.; FOG, 1949; REUTLINGER, op. cit.; RUDEMO, 1977).

10.1. Nogle statistiske grundbegreber

a. *Sandsynlighedsfordeling.*

1) Der udføres n uafhængige forsøg. Sandsynligheden for, at et forsøg »lykkes«, betegnes p; sandsynligheden for, at det »mislykkes«, betegnes q. Der gælder: $p+q = 1$. De fundne sandsynligheder fremstiller en sandsynlighedsfordeling.

En sandsynlighedsfordeling kaldes diskontinuert, hvis den tilhørende stokastiske variabel (se pkt. b) kun kan antage isoleret beliggende (såkaldt diskrete) værdier, f. eks. antal øjne ved kast med en terning.

En kontinuert sandsynlighedsfordeling $y = f(x)$ for en stokastisk variabel x har flg. egenskaber: 1) $f(x) \geqq 0$, 2) $f(x)$ er kontinuert i (næsten) alle punkter, og 3) arealet mellem abscissen og kurven $y = f(x)$ er 1, altså

$\int_{\div\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$. Sandsynligheden for, at x falder i et interval (a, b), er lig med arealet over dette interval, altså

$$p = \int_a^b f(x)dx.$$

2) U betegner udfaldsrummet i et forsøg. Hvis P er en funktion, som til enhver hændelse A tilordner et reelt tal P(A) således, at 1) $0 \leqq P(A) \leqq 1$, 2) $P(U) = 1$, 3) $P(A \cap B) = P(A) + P(B)$ hvis $A \cap B = \emptyset$, så er P en sandsynlighedsfordeling.

b. *Stokastisk variabel.*

1) En variabel kaldes stokastisk, hvis der er knyttet en sandsynlighedsfordeling til den.

2) En stokastisk variabel er en funktion, som er defineret på et udfaldsrum. Lad U betegne udfaldsrummet. Til ethvert udfald $u \in U$ knyttes et reelt tal $X(u)$. Funktionen X fra U til mængden R af reelle tal er en stokastisk variabel.

c. *Middelværdi.*

1) Ved en diskontinuert sandsynlighedsfordeling defineres middelværdien som $M\{x\} = \sum x_i\, p_i$. Eks.: Ved kast med en terning er $M\{x\} = (1 \cdot 1/6 + 2 \cdot 1/6 + 3 \cdot 1/6 + 4 \cdot 1/6 + 5 \cdot 1/6 + 6 \cdot 1/6) = 3\frac{1}{2}$.

Ved en kontinuert sandsynlighedsfordeling defineres middelværdien som $M\{x\} = \int_{+\infty}^{\div\infty} x\, f(x)dx$.

2) Den forventede værdi (middelværdien) $EX = E(X) = \mu = \mu_x$ af en stokastisk variabel defineres som

$$E(X) = \begin{cases} \int_{-\infty}^{+\infty} x\, f(x)\,dx, \text{ hvis X er kontinuert} \\ \sum_{x \in V} x\, f(x), \text{ hvis X er diskret} \end{cases}$$

I sidste tilfælde løber summationen over mængden V af mulige værdier. I begge tilfælde forudsættes, at integralet, resp. summen, eksisterer og er endelig.

d. *Spredningen (standardafvigelsen).*

1) En diskontinuert stokastisk variabel x kan antage værdierne $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ med sandsynlighederne $(p_1, p_2, \ldots, p_n)$. Middelværdien af kvadratet på x-værdiernes afvigelser fra middelværdien $M\{x\} = \mu$ kaldes afvigelsernes varians:

$$V\{x\} = M\{(x - \mu)^2\} = \sum (x_i - \mu)^2\, p_i.$$

Kvadratroden af variansen kaldes spredningen og betegnes

$$\sigma(x).$$

Ved en kontinuert stokastisk variabel defineres variansen tilsvarende som:

$$V\{x\} = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu)^2\, f(x)\,dx$$

og spredningen $\sigma\{x\}$ er også her lig med $\sqrt{V\{x\}}$

2) Spredningen $\sigma = D(x)$ for en stokastisk variabel X defineres som $D(X) = \sqrt{V(X)}$, idet $V(X) = \sigma^2$, variansen, for en stokastisk variabel X med forventningen (middelværdien) μ defineres ved:

$$V(X) = \begin{cases} \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu)^2\, f_X(x)\,dx, \text{ for X kontinuert} \\ \sum_{x \in V} (x - \mu)^2\, f_X(x), \text{ for X diskret.} \end{cases}$$

3) Fordelingskurvens form afhænger af spredningen. Når spredningen er lille, bliver kurven høj og smal (smlg. A-kurven i fig. 1 b). Er spredningen stor, bliver kurven lav og bred (smlg. B-kurven i fig. 1 b).

e. *Fordelingsfunktion.*

1) Enhver teoretisk sandsynlighedsfordeling kan beskrives ved hjælp af en fordelingsfunktion. Denne angiver for enhver værdi af den stokastiske variabel sandsynligheden for, at variablen antager netop denne værdi. Det traditionelle udtryk for fordelingsfunktionen er $y = \varphi(x)$, (jfr. fig. 1 b).

2) For en stokastisk variabel X er fordelingsfunktionen $F = F_X$ den funktion $F : R \curvearrowright [0,1]$, der defineres ved:

$$F(x) = P(\{u : X(u) \leqq x\}) = P(X \leqq x)$$

f. *Frekvensfunktion (sumfunktion).*

1) Til enhver fordelingsfunktion $\varphi(x)$ hører en frekvensfunktion $\Phi(x)$. Den angiver for enhver x-værdi sandsynligheden for, at forsøgets resultat bliver mindre end eller lig med den valgte x-værdi (smlg. fig. 1 a). Frekvenskurven kan fremstilles ud fra fordelingskurven ved opsummering af hele arealet over stigende x-værdier og derpå projicere det via samme værdier over på $\Phi(x)$-aksen.

2) En stokastisk variabel X med fordelingsfunktionen F er kontinuert, hvis $F : R \rightarrow [0,1]$ er kontinuert, og hvis der eksisterer en funktion $f : R \rightarrow R_+$, således at F

$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(y)dy,$$

diskret, hvis der eksisterer en endelig eller tællelig mængde V, kaldet mængden af mulige værdier, og en funktion $f : V \rightarrow R_+$, således at

$$P(X = x) = f(x) \qquad x \in V \qquad \sum_{x \in V} f(x) = 1$$

I begge tilfælde kaldes $f = f_X$ frekvensfunktionen (tæthedsfunktionen) for X.

g. *Fraktil.*

Den til en given ordinat i frekvenskurvediagrammet svarende abscisse benævnes fraktilen (nedre fraktil). Den angiver den grænse, under hvilken den til ordinaten svarende fraktion af forsøgsværdierne findes.

10.2. Datamaterialet

Det benyttede datamateriale er hentet fra AGGER-NIELSEN (1974).

Tabel B 1. Skovdyrkningsudgifter, nordmannsgran.

Plantealder: 2/2. Rækkeafstand: 1,25 m. Planteafstand: 1,25 m.
Planteantal: 6.000 stk. Efterbedring: 15 %.
Alle udgifter er pr. ha og incl. feriepenge.

Alder fra anlæg, år Udgifter kr./ha	0	1–5	6–10	11–26	Ialt
Rydning af kulturareal	750				750
Jordbearbejdning	300				300
Planter 900 kr. pr. 1.000 stk.	5.400				5.400
Transport, dypning i Lindan, nedslåning	200				200

Plantning 270 kr. pr. 1.000 stk...	1.620				1.620
Hegning: 450 m à 4,50 kr.	2.030				2.030
Kulturetableringsudgifter ialt ($Y_j^{(1)}$)	10.300				10.300
Slåning med le, 10 gange		2.500	2.500		5.000
Rensning med buskrydder		500	300		800
Klipning af kaprifolier		100			100
Efterbedring 900 stk. à 1,30 kr. .		1.170			1.170
Eftersyn og nedtagning af hegn .		100	200		300
Smøring af stød			300	300	600
Sprøjtning mod lus fra 12–30 år à 500 kr.			1.500	8.000	9.500
Gødskning fra 12.-30. år à 300 kr.			900	4.800	5.700
Sprøjtning mod alger ca. hvert 5. år à 600 kr.			600	1.800	2.400
Kultur- og bevoksningspleje-udgifter ialt ($Y_j^{(2)}$)					25.570
Total	10.300	4.370	6.300	14.900	35.870

Tabel B 2. Nettoindtægter, nordmannsgran.

Nettoindtægt kr./ha	Alder fra anlæg, år	6–10	11–15	16–25	26	Ialt
Juletræer,	stk.	3.000				
	kr./stk. ($B_j^{(1)}$) .	24,00				
	ialt kr. ($Z_j^{(1)}$) .	72.000				72.000
Pyntegrønt	t/ha/år	–	5	6	–	
	t ialt	–	25	60	12	
	kr./kg ($B_j^{(2)}$) ..	–	1,10	1,10	1,10	
	ialt kr. ($Z_j^{(2)}$) .	–	27.500	66.000	13.200	106.700
Vedmasse,	m³	–	–	50	100	
	kr./m³	–	–	40	80	
	ialt kr. ($Z_j^{(3)}$) .	–	–	2.000	8.000	10.000
Nettoindtægt ialt		72.000	27.500	68.000	21.200	188.700

Tabel B 3. Omsætningsbalance, nordmannsgran.

Alder fra anlæg, år	0	1–5	6–10	11–15	16–25	26	$\Sigma = C_0$
Indtægter ..... kr.	–	–	72.000	27.500	68.000	21.200	188.700
Udgifter ..... kr.	10.300	4.370	6.300	4.750	9.350	800	35.870
Indtægter ÷ udgifter kr.	÷ 10.300	÷ 4.370	65.700	22.750	58.650	20.400	152.830
Diskonteringstid, år ..	0	3	8	13	21	26	
Disk. værdier for p = 5 % ..... kr.	÷ 10.300	÷ 3.770	44.470	12.060	21.050	5.740	69.250

VANDING OG GØDSKNING AF ABIES NORDMANNIANA

PRÆLIMINÆRE RESULTATER

Kort meddelelse fra Statens forstlige Forsøgsvæsen nr. 69

af H. HOLSTENER-JØRGENSEN og V. JOHANSEN

Oxford class: 237.4 : 237.6

Indledning

Den gennemsnitlige nedbør i vækstperioden dækker i Danmark ikke vegetationens potentielle vandforbrug, og de tilgængelige jordvandreserver er ikke store nok til at dække fordampningsunderskuddet. Vand er minimumsfaktor for planteavl i Danmark.

HOLMSGAARD (1955) har vist, at tilvæksten i skovtræbevoksninger er afhængig af nedbøren i vækstperioden. HOLSTENER-JØRGENSEN (1958) fandt, at bøgs tilvækst er afhængig af de tilgængelige jordvandreserver i rodrummet. Disse »årsagsudsagn« er blevet bekræftet i et vandingsforsøg i ung rødgran i Gludsted plantage, hvor vanding har givet betydelige tilvækstforøgelser (HOLSTENER-JØRGENSEN og HOLMSGAARD 1975). Det er endvidere med et vandingsforsøg i ung Abies nobilis vist, at såvel klippeudbytter som højdetilvækst øges ved vanding (HOLSTENER-JØRGENSEN og JOHANSEN 1975 og 1977 a). I begge forsøg er der konstateret en positiv vekselvirkning mellem vanding og gødskning.

I 1975 besluttedes det at supplere de to vandingsforsøg med endnu et i en klippebevoksning af Abies nordmanniana på Ulfborg statsskovdistrikt.

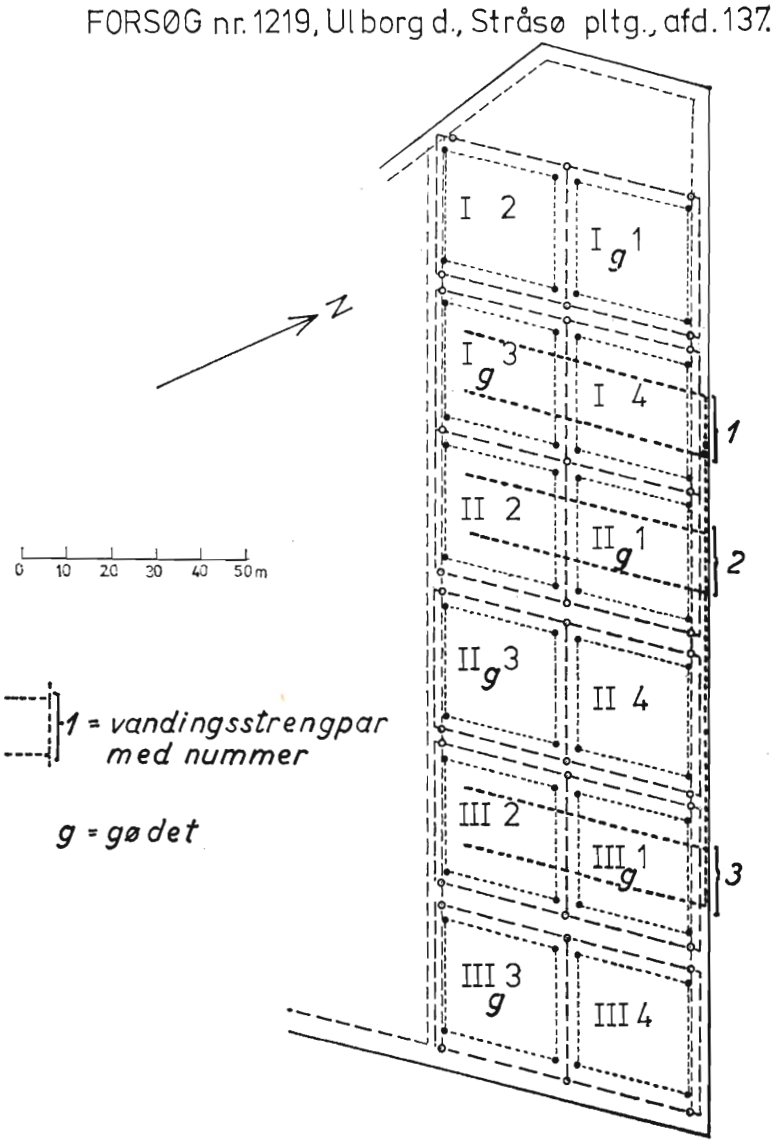

Fig. 1. Skitse af forsøgsarealet. Måleparcellerne er indrammet af punkterede linier, bruttoparcellerne af stiplede linier.

Fig. 1. A sketch of the experimental area. The measured plots are encompassed by dotted lines, the gross plots by dashed lines.

1 = pair of irrigation pipes with number *g = fertilized*

Forsøgsarealet

Bevoksningen er plantet i foråret 1966 på tidligere tjenestejord, som forud var dybpløjet og gødet med 1000–1200 kg thomasfosfat pr. ha. Ved tilplantningen såedes perennerende lupin og plantedes ammetræer af rødel. Arealet er plant.

Forsøganlægget

I foråret 1976 indlagdes parceller på arealet som vist på figur 1. Bruttoparcellernes størrelse er 916 m^2, medens måleparcellerne har arealer på 611 m^2. Behandlingerne af de enkelte parceller fremgår af figuren.

Vandingsanlægget er et Danregn-markvandingsanlæg med 15 m mellem sprinklerne på strengene, og der er 12 m mellem strengene, så opstillingen er 12 $\times$ 15 m.

Vandingen gennemføres hvert år i perioden 1. april til 30. september. For denne periode summeres nedbøren, som måles på meteorologisk instituts regnmåler på skovløberstedet, hvortil den tidligere tjenestejord har hørt. En teoretisk fordampningskurve, som også benyttes i Gludsted plantage (HOLSTENER-JØRGENSEN og HOLMSGAARD, 1975), anvendes ved fastlæggelsen af vandingstidspunkter. Der vandes, hver gang fordampningssummen overskrider summen af nedbør og tidligere vanding med 48 mm. Vandmængden pr. vanding er ca. 48 mm.

Der gødskes hvert år med 504 kg NPK gødning pr. ha (23-3-7 med Mg og Cu). Gødningsmængden vil med tiden blive reduceret eller øget, hvis det viser sig, at træernes ernæringstilstand ligger for langt fra en optimal ernæringstilstand.

Vanding

Forsøgsanlægget blev noget forsinket i 1976, således at vandingen ikke kunne gennemføres planmæssigt. I 1977 er alt forløbet efter planerne. Tabel 1 giver en oversigt over nedbør og vanding i disse to år. Når juni- og juli-tallene for vanding er sat i parentes i 1976, skyl-

Tabel 1. Oversigt over nedbør og vanding i 1976 og 1977.
Table 1. Precipitation and irrigation in 1976 and 1977.

	1976		1977	
	Nedbør *Precipitation* mm	Antal vandinger *Number of irrigations*	Nedbør *Precipitation* mm	Antal vandinger *Number of irrigations*
April *April*	101.1		97.7	0
Maj *May*			39.1	0
Juni *June*	17.3	(2)	47.2	2
Juli *July*	14.8	(2)	63.4	1
August *August*	1.6	1	18.0	2
September *September*	45.2	1	77.3	0
Sum *Total*	180.0	(6)	342.7	5

des det, at der var indkøringsvanskeligheder med vandingsanlægget. Det skønnes, at der kun er tilført halv vandmængde ved disse vandinger. Skønsvis er der tilført 200 mm i 1976. I 1977 er der tilført 240 mm.

Højdetilvækster

Højdetilvæksterne (parcelmiddel) lagt op over parcellernes middelhøjder er gengivet i figur 2 (1976) og figur 3 (1977). Punkterne for ens behandlede parceller er forbundet med stiplede linier. Figurerne viser klare forskelle mellem på den ene side uvandede parceller og på den anden side vandede parceller. Derimod er der ikke noget sikkert udslag for gødningstilførsel.

Mertilvæksten efter vanding er 8.4 cm eller 39 % i 1976, medens den i 1977 er 17 cm eller 75 %. Det kan tilføjes, at ikke alene er topskuddene længere i de vandede parceller; men de er tillige væsentlig tykkere, og der er klart bedre knopstørrelse.

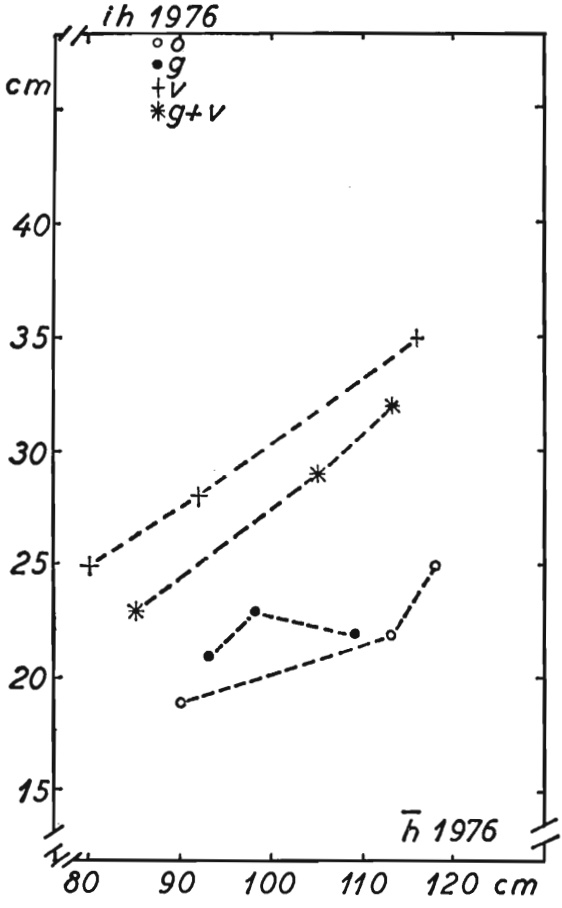

Fig. 2. Sammenhæng mellem middelhøjdetilvækst (ih) og parcelmiddelhøjder (h̄) i 1976. O = kontrolparceller; g = gødede parceller; v = vandede parceller; g + v = gødede og vandede parceller.
Fig. 2. The relationship between mean-height increment (ih) and plot mean heights (h̄) in 1976. O = control plots; g = fertilized plots; v = irrigated plots; g + v = fertilized and irrigated plots.

Det kan ikke undre, at gødskningen ikke har haft synderlig virkning. Grundforbedringen ved kulturanlægget sikrer kulturen en rimelig god ernæringstilstand, sålænge el og lupin trives på arealet (HOLSTENER-JØRGENSEN og JOHANSEN, 1977 b). På langt sigt vil der med klippeafgrøderne blive fjernet så mange næringsstoffer,

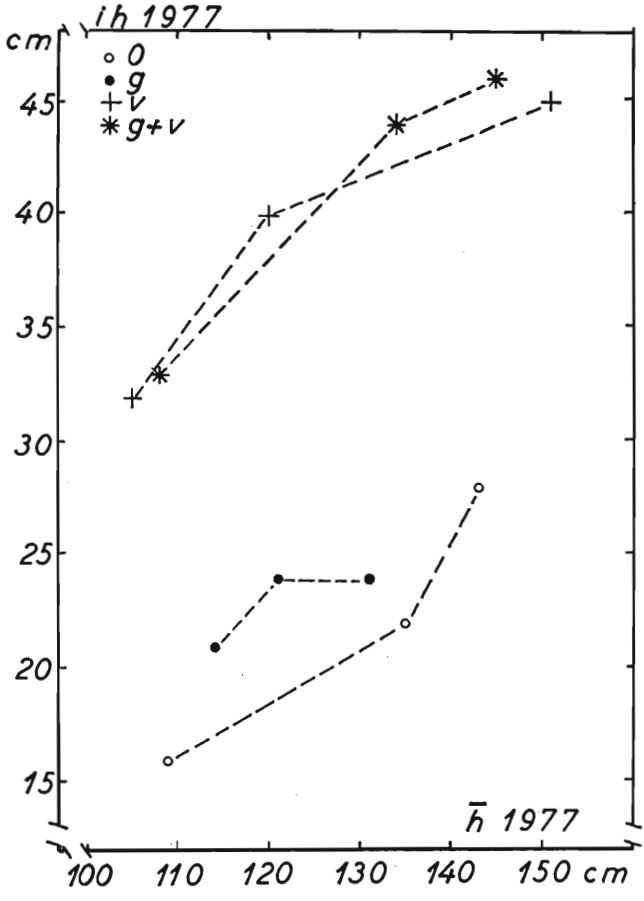

Fig. 3. Sammenhæng mellem middelhøjdetilvækster (ih) og parcelmiddelhøjder ($\bar{h}$) i 1977. Signaturer som på fig. 2.
Fig. 3. The relationship between mean-height increment (ih) and plot mean heights ($\bar{h}$) in 1977. Symbols as in Fig. 2.

at gødningen vil virke. Det skal bemærkes, at der i 1977 er en tendens til mertilvækst for gødningstilførsel (2 cm eller 7 %).

Skudtilvækster

Der er en højdevariation inden for parcellerne. En del træer er mere eller mindre overgroede af lupiner og

anden bundvegetation; men de vokser ud af tilstanden. Det er formentlig årsagen til, at udbytterne efter de to første klipninger på arealet (1976 og 1977) ikke har vist resultater af behandlingerne. En individuel indvejning af klippeudbyttet fra parcellernes enkelttræer (ca. 300 træer pr. parcel) er så bekostelig, at den ikke kan forsvares, selv om det ville have givet mulighed for at vise behandlingernes virkning på klippeudbytterne.

Ved klipningen i 1977 er en anden udvej benyttet. I hver parcel er udtaget 1 skud fra 10 repræsentative træers øverste grenkrans, som er vokset frem i 1977. Efter tørring ved 60°C er nålene og skuddenes veddel adskilt og vejet. Nålene bliver i øvrigt benyttet til at

Tabel 2. Gennemsnitlige tørvægte af skudprøver i 1977, g pr. parcel.
Table 2. Average oven-dry weights of samples of shoots in 1977, grammes per plot.

		Ubehandlet kontrolparcel *Untreated control plot*	Gødet *Fertilized*	Vandet *Irrigated*	Gødet og vandet *Fertilized and irrigated*
a. Nåle *a. Needles*	absolut *absolute*	8.91	9.46	13.89	13.32
	relativ *relative*	1.00	1.06	1.56	1.49
b. Bark og vedandel *b. Bark and wood proportion*	absolut *absolute*	5.03	4.73	11.14	10.68
	relativ *relative*	1.00	0.94	2.21	2.12
c. Total *c. Total*	absolut *absolute*	13.94	14.19	25.03	24.00
	relativ *relative*	1.00	1.02	1.80	1.72
d. Forhold a/b *d. Ratio a/b*	absolut *absolute*	1.77	2.00	1.25	1.25
	relativ *relative*	1.00	1.13	0.71	0.71

bedømme ernæringstilstanden ved kemiske analyser.

Tabel 2 viser hovedresultater af skudvejningerne, og i tabel 3 er givet varianskvoter, som belyser sikkerheden af tallene i tabel 2. Det fremgår, at der er klare og sikre udslag for vanding. Skuddenes nålevægt er forøget med mere end 50 %, medens vedandelen er forøget med næsten 120 %. Deres totalvægt, som har direkte relation til det salgbare høstudbytte, er forøget med næsten 80 %.

Tallene viser umiddelbart, at forholdet mellem nålemasse og vedmasse er ændret ved vandingen. Tabel 2's sidste linie viser, at det er formindsket med ca. 30 % ved vandingen. Det er imidlertid vort indtryk, at det ikke har haft indflydelse på skuddenes kvalitet ud fra en pyntegrøntsynsvinkel. Konklusionen er derfor, at man ved vanding kan forvente at få øget pyntegrønt-

Tabel 3. Varianskvoter for test af resultater af kvistprøveanalyser.
Table 3. Variance ratios for test of results of twig-sample analyses.

Variations-årsag *Source of variation*	Friheds-grader *Degrees of freedom*	Nåle-andel *Needle proportion*	Ved-andel *Wood proportion*	Total *Total*	Forhold Nåle/ Vedandel *Ratio Needle/ wood proportion*
Blok *Block*	2	< 1	< 1	< 1	< 1
Behandling *Treatment*	3	7.87*	12.19**	12.32**	11.65**
Gødet *Fertilized*	1	< 1	< 1	< 1	1.04
Vandet *irrigated*	1	23.22**	36.40***	36.77***	32.50**
Gødet + vandet *Fertilized +irrigated*	1	< 1	< 1	< 1	1.42
Rest *Error*	6	1.00	1.00	1.00	1.00

Sandsynligheder p: *Probabilities p:*
* 0.01 < p < 0.05
** 0.001 < p < 0.01
*** p < 0.001

udbyttet meget væsentligt, formentlig med 80 % i år med klima som 1977.

Luseangreb

I foråret 1977 blev det klart, at et luseangreb var under udvikling. Angrebet blev stoppet ved sprøjtning, men et par uger for sent. I efteråret 1977 var symptomerne på det overståede angreb klart erkendelige, og der blev foretaget en optælling af træer med symptomer. Det viste sig, at antallet faldt jævnt fra øst mod vest. En regressionsanalyse viser en statistisk sikker sammenhæng, som kan tydes som et tegn på, at symptomfordelingen har forbindelse med den fremherskende vestenvind. Måske spiller en vestfor liggende, mellemaldrende ædelgranbevoksning tillige en rolle.

Hvis man korrigerer for dette forhold, viser det sig, at der i gennemsnit er flest træer med symptomer på luseangreb i kontrolparcellerne, medens antallet er lavere såvel i de gødede parceller som i de vandede parceller. Ved en variansanalyse fremgår det dog, at man kun bør tale om en tendens, selv om frekvensen af træer med symptomer i gennemsnit er halveret i de gødede

Tabel 4. Korrigerede middelværdier af frekvenser af symptomer på luseangreb i 1977.

Table 4. Adjusted mean values for frequencies of aphid-attack symptoms in 1977.

	Ubehandlet kontrol-parcel *Untreated control plot*	Gødet *Fertilized*	Vandet *Irrigated*	Gødet og vandet *Fertilized and irrigated*
% træer med symptomer *% of trees with symptoms*	27.6	12.8	13.8	20.4
Relativ *Relative*	1.00	0.46	0.50	0.74

og de vandede parceller. Tabel 4 indeholder de korrigerede middelværdier.

Frostskader

Til trods for rødelleammerne, hvoraf endnu 25 % er bevaret, er nordmanngranerne i et vist omfang blevet skadet af forsommernattefrost såvel i 1976 som i 1977. I efteråret 1977 havde i gennemsnit 31 % af træerne på arealet lettere skader efter nattefrost. Der er intet, der tyder på, at vanding eller gødskning har haft indflydelse på frostskaderne. Man kunne have ventet, at vanding havde nedsat frekvensen af frostskader, idet det er meget iøjnefaldende, at vandingen har haft en gunstig virkning på ellene. I de vandede parceller er ellene fuldløvede og yppige, medens de i de øvrige parceller er temmelig kummerlige efter de seneste tørkeår.

Afsluttende bemærkninger

Erfaringerne fra de seneste års tørke har givet klare indtryk af, hvad vandmangel betyder for vigtige eksportafgrøder som pyntegrønt. Samtidig skærpes konkurrencen om retten til at udnytte vandløbsvand og grundvand til vanding og anden anvendelse. Vi har derfor ment, at det er vigtigt, at forsøgsresultater offentliggøres tidligst muligt, også selvom resultaterne ikke er fuldstændige. Derved får skovbruget forhåbentlig brugbare argumenter i hænde, som kan anvendes, når der skal konkurreres om rettighederne til at udnytte vandressourcerne.

Summary

In 1976 a fertilization and irrigation experiment was established in young Abies nordmanniana intended for production of decoration greenery. The soil of the area was improved by the application of 1000–1200 kg basic slag per hectare, and perennial lupin and nurses of common alder were used. The experimental arrangement appears from Fig. 1. Fertilization and irrigation are administered as described in an earlier reported

experiment (HOLSTENER-JØRGENSEN and HOLMSGAARD, 1975). Table 1 shows precipitation and irrigation. In 1976 (the "running-in" year) 200 mm was supplied by irrigation, while in 1977 the supply amounted to 240 mm.

Figs. 2 and 3 show that the height increment is appreciably affected by the irrigation. The shoot increment expressed in dry matter is also considerably enhanced by irrigation (Table 2).

So far, the fertilization has had no significant influence on the growth, which is not surprising since the soil improvement and the use of lupin and alder secure the plantation a good state of nutrition.

There is a tendency for fertilization and irrigation to reduce the frequency of aphid-attack symptoms.

Litteratur

HOLMSGAARD, E., 1955: Årringsanalyser af danske skovtræer. (Tree-ring analyses of Danish forest trees). Forstl. Forsøgsv. Danm., 22: 1–246.

HOLSTENER-JØRGENSEN, H., 1958: Jordbundsfysiske undersøgelser i danske bøgebevoksninger. (Physical soil investigations in Danish beech-stands). Forstl. Forsøgsv. Danm., 25: 93–224.

HOLSTENER-JØRGENSEN, H., og HOLMSGAARD, E., 1975: Fertilization and irrigation of young Norway spruce on sandy soil. (Gødskning og vanding af ung rødgran på sandjord). Forstl. Forsøgsv. Danm., 34: 263–270.

HOLSTENER-JØRGENSEN, H., og JOHANSEN, V., 1975: Vanding af nobilis-klippebevoksninger. (Irrigation of decoration-greenery stands of Abies nobilis). Forstl. Forsøgsv. Danm., 34: 307–316.

– – 1977 a: Vanding af nobilis. Dansk Skovforen. Tidsskr., 62: 72–75.

– – 1977 b: Foreløbige resultater af et rødgrankulturforsøg med anvendelse af thomasfosfat og forskellige hjælpeplanter på vestjysk bakkeø. Dansk Skovforen. Tidsskr., 62: 199–206.

BARKBILLEANGREB PÅ GRANBEVOKSNINGER OG FORHOLDSREGLER IMOD DEM

af
BRODER BEJER-PETERSEN

Zoologisk Institut, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

Oxford class: 145.7 : 453

1. Indledning

Ovenpå en række tørre og til dels varme år og vækstperioder står rødgranen i mange egne af Danmark i en meget ringe sundhedstilstand, godt svarende til, at den ikke naturligt er udbredt i de vesteuropæiske lavtnedbørsområder, og »undviger de tørre sletteområder« (23).

I hvor høj grad, de senere årtiers milde vintre har bidraget til denne tørkevirkning, er vel endnu uklart, men antydet af YDE-ANDERSEN (35).

Ifølge en opgørelse fra Dansk Skovforening skulle efteråret 1977 ca. 380.000 m³ rødgran være udgået. Fordelingen over landet er noget ujævn, med de værste skader (også relativt) rapporteret fra Jylland (17).

De indberettede tal må anses for at være minimumstal, og statsskovbruget nævnes (l. c.) at have næsten dobbelt så mange svækkede træer som dræbte. Desuden står der adskillige steder i landet ganske frisk bekronede træer fulde af barkbilleangreb, d.v.s. faktisk allerede dræbt men næppe katalogiseret fuldt ud. Da tilstedeværelsen af høje barkbilleantal dertil øger risikoen for de svage graner, har man fra forskellig side anmodet om en »genopfriskning« og komplettering af den viden, der findes om barkbiller, som angriber rødgranbevoksninger, og det må her for en gangs skyld pointeres, at BOAS' (14) angivelser om barkbillerne nu om dage er lidet anvendelige.

Jeg skal derfor nedenfor forsøge så kortfattet som muligt at redegøre for vore vigtigste barkbiller på gran.

2. Tidligere barkbillekalamiteter på rødgran i Danmark

Typograf (Ips typographus L.).

Kun ret få angreb af typograf afspejler sig i skovbrugslitteraturen. Et typograf-angreb i NØ-Sjælland fremkom i år 1900 ovenpå stærk tørke (13). Først efter stormskaderne 1967, der også fulgtes af tørre år, tiltog typografen i Danmark stærkt i antal, men mere tvivlsomt om også i udbredelse. Mange efterladte rande og bevoksninger faldt som offer for dens angreb (10), således huggedes i en enkelt større plantage ca. 1.000 m³ »billetræ«, især dræbt af typografer.

Chalcograf (Pityogenes chalcographus L.).

Chalcografangreb fulgte i 1936 og 1938 efter henholdsvis tørke og henholdsvis en meget mild senvinter, der forårsagede tidlig saftstigning. Denne blev derpå brat afbrudt af stærk frost. Chalcografen angreb da mange unge bevoksninger af forskellige nåletræer (33). Efter stormene i 1967 skete der stærk opformering i mange plantager, og i de følgende år angreb chalcografen, hjulpet af tørke, unge granbevoksninger og dræbte træernes øvre del. Samtidig så man i Sverige stærke angreb i unge bevoksninger, hvor der var foretaget afstandsregulering. I ganske mange tilfælde forsøgte chalcografen sig endda med større eller mindre held i andre træarter end rødgran, og ret skadelige blev yngleforsøg i klippebevoksninger af *Abies nobilis*, selv om ynglevirksomheden overvejende mislykkedes.

Jættebarkbillen (Dendroctonus micans Kug.).

De omfattende danske angreb i årene 1947 til ind i 50'erne var samtidige med lignende i hele NV-Europa og menes bl. a. derfor at være tørkefremkaldt. Hos os omfattede de især sitkagran, men var også meget udbredt i rødgran, særlig i hedeplantagerne. Imidlertid dræbtes rødgranerne ikke i større tal. Enten kom de sig,

eller de kunne tages ved alm. tyndinger. Angrebene er tidligere adskillige gange omtalt (f. eks. 28).

Situationen har senere, også for sitkagran, i betydelig grad stabiliseret sig (11) bl. a. ved nedsat anvendelse på tørkefølsomme lokaliteter og ved erkendelse af nødvendigheden af en kortere omdrift end måske oprindelig håbet.

I de senere år har angrebet på rødgran atter været tiltagende til lokalt høje procenter i visse plantager. Ligesom for 25–30 år siden er micansangrebet på rødgran imidlertid ikke synderlig aggressivt og næppe nogen egentlig fare for rødgranbevoksningernes bestånen.

Stribet vedborer (Trypodendron lineatum eller Xyloterus lineatus Ol.).

Dette er endnu en barkbilleart, der må nævnes som skadelig på rødgran. Den lever ganske vist ikke i barken, men inde i selve veddet, og ikke særlig ofte i levende træer. »Mellem år og dag« og til dels også i visse særlige lineatus-år (f. eks. 1964 (9)) anretter den meget betydelig værdiforringelse på nåletræstammer, ikke mindst rødgran, i Danmark.

3. Identifikation og biologi af granbarkbillerne

Foruden ovennævnte fire arter, der altså er kendt som skadelige fra tidligere, findes adskillige andre danske barkbiller knyttet til rødgran. Af disse er det i identifikationsøjemed nødvendigt at medtage to. Den ene, *dobbeltøjet barkbille* (Polygraphus poligraphus L.), fordi den i de sidste år har været medvirkende til mange graners død. Den anden, *bleg barkbille* (Hylurgops palliatus Gyll.), er så almindelig, at den altid er en oplagt forvekslingsmulighed, selv om den er ganske uskadelig og kun går på døde træer.

I tabelform gives nedenfor en oversigt, der skulle kunne hjælpe til identifikation af arterne, men af pladshensyn er visse oplysninger henført til den påfølgende korte tekst om de enkelte barkbiller.

Tabel 1. Identifikationsoversigt.

Art	Længde ca. mm	Farve*	Gangsystemer: Parrings-kammer til stede	Gangsystemer: Moder-gange form m.v.	Bredde ca. mm
1. Bleg barkbille *(H. palliatus)*	3	rød-brun	nej	længde-gang	2
2. Jættebarkbille *(D. micans)*	7–9	sort	nej	kammer som 1-krone	–
3. Dobbeltøjet barkbille *(P. poligraphus)*	2–3	mørke-brun	ja, altid inde i barken	3-5 armede stjerne-gange	2
4. Typograf *(I. typographus)*	4–6	blank brun-sort	ja, ofte inde i barken	2- eller 3-armede længde-gange	3–3,5
5. Chalcograf *(P. chalcographus)*	2–2,3	sort og rød-brun	ja, ofte inde i barken	ca. 5-armede stjerne-gange	1
6. Stribet vedborer *(T. lineatum)*	3	sort-gul	nej	i veddet (hvidt boremel) gange efterhånden sorte	1,5–2

* I udhærdet tilstand, d.v.s. nogle uger efter klækningen. I denne periode skifter farven fra lys til den endelige kulør.

4. Noter om barkbillernes biologi

Disse noter udformes lidt udførligere for de arter, som nu deltager i angrebet på rødgranerne, og kun ganske kort for de andre.

1. Bleg barkbille. Dette er en ganske uskadelig art, men som vor almindeligste barkbille på allerede døde rødgraner, er den, som nævnt, en oplagt forvekslingsmulighed. Sværmer tidligt, sammen med stribet vedborer, i Danmark ca. april–maj (32). Yngler i døde eller døende træer. Modergang ofte med »støvlefod- eller krykkestoklignende« indgang. Gangsystemet (fig. 1) til sidst meget »forvirret«, ofte tendens til, at det er »vådt« eller »råd-

Fig. 1. Gangsystem af *bleg barkbille* på indersiden af rødgranbark. Modergangen er en længdegang. De talrige larvegange drejer ligeledes oftest hastigt om i træets længderetning. L. Holzmann fot. 1978.

dent«. Larvegangene tydeligt bredere end forvekslingsmuligheden dobbeltøjet barkbille. Puppekamre ses tydeligt i vedoverfladen.

2. *Jættebarkbillen.* Angriber ret friske træer, der evt. kan leve mange år med – eller efter – angrebet. Foretrækker imidlertid i Danmark sitka-, hvid- og orientalsk gran m. fl. fremfor rødgran og omorika. Er farligere for disse førstnævnte. Gangene udvendigt med harpikstragte (»brændte mandler«). Gangsystemerne afviger fra vore

andre barkbillers ditto, ved at larverne ikke har separate gange, men æder sig frem i samlet flok. Meget udstrakt sværmningsperiode. Angriber ikke fangtræer. Biologi se, foruden det førnævnte, 18.

3. *Dobbeltøjet barkbille.* Synes at angribe svækkede, men dog ret friske træer, hvor svækkelsen er indtruffet efter sværmningstiden for typograf. Ofte på »mindre« tømmerdimensioner. Sværmer sent, i 1977 i Danmark ca. juli, og i Finland (2) og Sverige (19) henholdsvis juli–august og især august. Overvintring i larvestadiet. Da gangene for en stor del ligger *inde* i barken, ses kun dele af larvegange og modergange på barkens inderside (fig. 2). Ofte falder kun barkens yderste del (korklag m. v.) af træet, mens basten tørrer fast til stammen. Dette udseende er meget karakteristisk. Dræbte træer med larver kan stå med grønne kroner om vinteren. Fangtræer angribes ikke. Arten spiller en ganske væsentlig rolle i de nuværende tørkesvækkelser.

4. *Typografen.* Gangsystemer ses på fig. 3. Arten kan, særlig under masseformering, angribe ret friske træer, der ellers ville kunne »komme sig«. Ynder tykbarkede ældre rødgraner. Sværmer i Danmark sidst i maj og i juni, men desuden anlægges senere et eller to søsterkuld af de samme forældre, ligesom i Sverige, Finland (1) og Norge (7). To generationer nås antagelig kun ret undtagelsesvis i Danmark ligesom f. eks. i Norge i den særlig varme sommer 1975 (5). Fra stående træer forsvinder afkommet af hovedsværmningen for langt størstepartens vedkommende til overvintring i skovbunden i anden halvdel af august i Norge (29) og i Sverige. I liggende træer forbliver en stor del af afkommet i disse vinteren over. I Tyskland påvistes overvintringen stort set at foregå indenfor en radius af et par meter fra klækningsstedet (25).

Fig. 2. Gangsystem af *dobbeltøjet barkbille* på indersiden af rødgranbark. Der ses kun dele af larvegangene samt ganske små stumper af modergangene. Parringskammeret og modergangene ligger hovedsagelig gemt *inde* i barken. Gnavets »forvirrede« udseende er netop karakteristisk.
L. Holzmann fot. 1978.

Typografen har trods flere indslæbninger ikke fået fast fodfæste i England. I Frankrig er typografangrebene traditionelt østlige, men er efter de nyeste tørkeår også forekommet i Centralmassivet og i enkelte fremskudte positioner mod NV (15). I Danmark og Skåne ansås typografangreb almindeligvis af mindre betydning – og østlige (22). I årene siden 1967-stormene og de senere

tørkeår har angrebene i Danmark haft stærkt stigende betydning og, formentlig, udbredelse. Angriber gerne fangtræer.

Fig. 3. Talrige gangsystemer af *typograf* på indersiden af rødgranbark. Modergangene er længdegange, som to eller tre udgår fra et parringskammer, der ofte er skjult inde i barken. Larvegangene er tværgange, der hurtigt bliver brede.
L. Holzmann fot. 1978.

5. *Chalcografen.* Denne er overordentlig almindelig og udbredt i Danmark (12). Supplerer ofte typografen på ældre træers mere tyndbarkede dele og er af omtrent samme aggressivitet (primaritet) som denne. Erstatter typografen på unge træer. Sværmningstiden er meget

Fig. 4. Nyanlagt gangsystem af *chalcograf* på indersiden af rødgranbark. Fra et i barken skjult parringskammer udgår her 5 modergange med ægnicher og delvis med påbegyndte larvegange. Gangsystemet er på dette tidspunkt let kendeligt.
L. Holzmann fot. 1978.

lang (21). Generationsforhold ikke velkendt. Overvintringsforholdene synes ikke bekendt, men kan i hvert fald for en del ske på klækningsstedet, og både larver og imagines kan overvintre (ibid.). Har i Danmark haft stigende betydning de senere år. Har hos os som i Sverige efter stormfald og tørke angrebet stående yngre træer, i Sverige således efter afstandsregulering. Går gerne på fangtræer. Gangsystemerne ses på fig. 4 og 5 i forskellige udviklingstrin.

6. *Stribet vedborer.* Sværmningen tidlig, ved 15°C lufttemperatur. Den kan hos os undtagelsesvis begynde allerede i marts, men ellers især i april–maj (3). Opsøger stammer af bestemt udtørringsgrad, ikke ganske friske,

Fig. 5. Færdigudviklede gangsystemer af *chalcograf* på indersiden af rødgranbark. Det er nu sværere end på fig. 4 at udskille de enkelte gangsystemer, men modergangene og deres mere eller mindre klare stjerneform kan dog ved nøjere betragtning genfindes.
L. Holzmann fot. 1978.

og kun undtagelsesvis de friskt fældede (f. eks. 4, 16 og 30). Angrebet samler sig derfor om visse stammer; dette yderligere accentueret ved feromonstyring. Generatio-

nen 1-årig. Fangtræer kan blive en god mulighed, hvis der kan suppleres med feromon. Gangsystemerne ses på fig. 6.

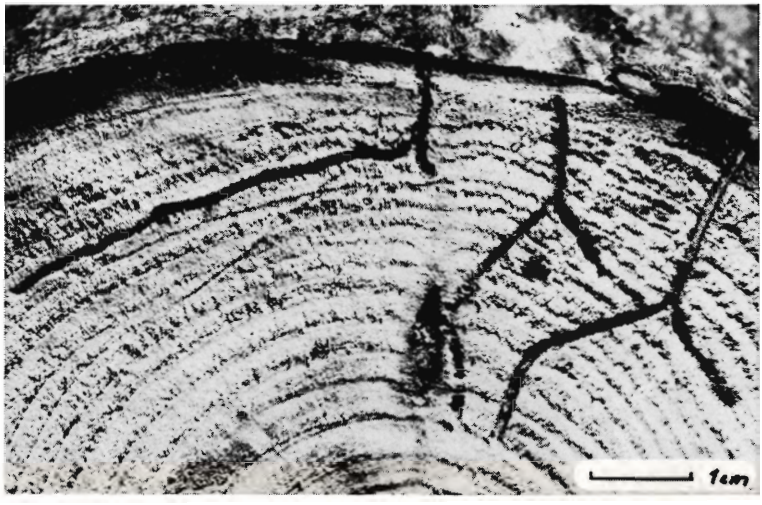

Fig. 6. Tværsnit af rødgranstamme med modergange af den vedborende barkbille *stribet vedborer*. Modergangene er gaffelgrenede og sortfarvede. Larvekamrene ses ikke på tværsnittet, idet de fra modergangene går et kort stykke vertikalt op, resp. ned, i veddet.
L. Holzmann fot. 1978.

5. Barkbillernes farlighed

Barkbillelitteraturen er umådelig omfattende. Til belysning er den lille del, der er i min egen besiddelse, ca. 750 særtryk plus bøger og rapporter. En betydelig del af den ældre litteratur beskæftiger sig med problematikken barkbillernes farlighed. Angriber de kun meget syge og døende træer, eller er de i stand til også at angribe træer, der er sunde eller blot midlertidigt svækkede? I Danmark afspejler denne diskussion sig i Boas forstzoologi (14).

Litteraturens omfang viser, at spørgsmålet er vanskeligt, og jeg vil her kun behandle det yderst summarisk.

For det første er de enkelte barkbillearter i henseende

til aggressivitet yderst forskellige. Nogle yngler kun i død bark, andre kan etablere sig i tilsyneladende aldeles frisk levende bark, afspejlet her ved bleg barkbille kontra jættebarkbillen. Normalt synes de fleste barkbiller at undgå friske træer, hvis der er nok af mindre farlige ynglepladser, d.v.s. sådanne, der ikke udskiller for meget harpiks (derfor er fangtræer anvendelige). Hvis der ikke er nok af muligt ynglemateriale, altså hvis barkbillerne er mange, f. eks. efter stormfald, vil de prøve at yngle i levende træer. Barkbillernes kaldesystem (feromoner) er dem da en hjælp. Hvis en stor flok angriber et potentielt yngletræ, spredes dettes forsvar (harpiksudskillelse) over mange punkter og bliver svagt, således at barkbillerne let kan etablere sig.

Til disse variationer i barkbillernes forhold kommer imidlertid variationer i træerne. Træernes forsvar mod barkbiller beror som nævnt på harpiksudskillelsens omfang. Denne beror igen på træets vandbalance (34). Såvel tørke som ændrede kår, f. eks. nyopståede rande og udtørringsforhold fremkaldt af hugst eller storm mindsker granernes modstand. Grønne graner er altså ikke lige modstandsdygtige i forskellige situationer og i forskellige år. Så hvad er et sundt træ, og hvornår er stresssituationen reversibel, og hvornår er den det ikke?

Hvis man vil have skarpe definitioner, er der altså grundlag for en evig diskussion om barkbillernes farlighed.

Det bedste er derfor nok at nøje sig med at vurdere hver situation for sig og samtidig erkende, at der foreligger rig dokumentation fra vore nabolande for, at barkbiller som typograf og chalcograf kan dræbe graner, der ellers ville have kunnet leve.

Som en sidste tilføjelse vedrørende barkbillernes farlighed, men uvedkommende ovennævnte diskussion, som nemlig angår ynglegnavet, må det lige nævnes, at visse barkbiller også har *ernæringsgnav*, der er helt uafhængigt af træernes sundhed og derfor hos visse arter poten-

tielt meget farlige, f. eks. granens rodbille *(Hylastes cunicularius)* på planter, fyrrens marvborer *(Blastophagus piniperda)* i årsskud.

6. Bekæmpelse

Formålet med en bekæmpelse eller andre modforanstaltninger mod barkbillerne er at hindre angreb på de levende træer i omgivende granbevoksninger. Hertil kommer for stribet vedborer ønsket om at undgå gennemhulning af værdifulde effekter.

I overensstemmelse med forrige afsnit kan dette ske enten ved at tage hensyn til træernes modstandskraft, altså f. eks. undgå (i barkbillesituationer som tørkeår, året efter stormfald o. lign.) at eksponere bevoksningsrande, foretage rækkehugst m. v., før barkbillernes sværmning er forbi den pågældende sæson.

Eller det kunne ske ved at nedsætte barkbillernes antal mest muligt. Dette kan igen ske på flere måder.

1. I »normale år« og iøvrigt ved normal gennemhugnings- og skovdyrkningsprocedure fjernes svage potentielle yngletræer. Dette resulterer i lav barkbillebestand. Effekter køres ud (og passende langt, d.v.s. flere kilometer væk), før der kan yngles i dem, eller før ynglen kan forlade dem.

2. I masseformeringsår udføres skærpet eftersyn og fjernelse af svage og billeangrebne træer. Effekter udnyttes så vidt muligt som fangtræer til at opsuge barkbillernes ynglevirksomhed. Fangmaterialet bør altså helst være til stede før og under yngletiden og skal derefter køres væk. Udlægning af værdifuldt tømmer o. lign. må frarådes, hvor der er risiko for angreb af stribet vedborer og andre vedborende insekter.

3. Egentlige fangtræer. Disse fældes inden barkbillernes sværmning på lokaliteter, hvor barkbilleintensiteten

er stor. Fangtræantallet skal ofte være betydeligt. En egentlig beregning heraf kræver omfattende tællinger (se f. eks. 20, 24). Også disse fangtræer skal naturligvis enten udkøres eller afbarkes, før billerne forlader dem, respektive forpupper sig. For Danmark må terminen antages at være 1. august.

Insecticid (lindan-) behandling af fangtræer m. v. for at spare bekymringerne med udkørselstidspunkt og afbarkning kan resultere i betydeligt nedsat påflyvning, altså ringere effekt, altså evt. udlægning af flere træer (24, 26). Anvendelse af feromon som lokkemiddel (se senere) kan ændre dette.

Derimod er det ganske oplagt hensigtsmæssigt, *inden barkbillernes sværmning*, at sprøjte effekter, som man *ikke* vil kunne få ud af skoven, resp. afbarke, før barkbillerne flyver ud. Sprøjtningen kan ske med ½ % lindan.

Filosofien med fangtræer (der godt kan være tarveligere effekter som kassetræ eller masseved i passende dimension) er jo iøvrigt den, at man tilbyder barkbillerne et ynglemateriale, der frister dem mere end levende træer, og at man ved dette tilbud undgår, at de flyver ind og etablerer mængder af større og mindre huller i nærliggende intakte bevoksninger. At de angriber de udsatte kanter, fritstillet efter stormfald, er jo oftest en overkommelig ulykke, som man nok kunne affinde sig med.

Det skal iøvrigt her indskydes, at meget af de senere års forskning på barkbilleområdet har beskæftiget sig med mulighederne for at forbedre og billiggøre fangtræteknikken. Hvor man anser afbarkning for uundgåelig, er det jo en arbejdskrævende og dyr metode. Man har dels søgt at gå en anden vej og at definere og renfremstille samt kombinere de lokkestoffer, som ved deres duft i forbindelse med kemiske ændringer i døende bark lokker barkbillerne. Dels har man (for typografens vedkommende bl. a. i Norge (f. eks. 6)) identificeret de stof-

fer, der i passende kombination udgør barkbillernes hidkaldesignal (aggregationsferomon). I sommeren 1977 har man i Tyskland gennemført preliminære forsøg med sådanne duftstoffer i fælder og fået disse til at virke lige så godt som fangtræer (26). Der er nok udsigt til, at metoden ret snart vil være billigere end fangtræudlægningen, fordi den er arbejdskraftbesparende. Umiddelbart er disse lovende metoder dog ikke klar for praksis. I Norge er man indstillet på, ved hjælp af nu fabriksfremstillede feromoner, at lokke typografen til insecticidsprøjtede fangtræer. Metoden mangler endnu den endelige godkendelse fra myndighederne (8).

Bortset fra fangstmetoden, altså fangtræer og/eller feromon har man stedvis i udlandet bekæmpet overvintrende typografer og stribet vedborer på overvintringsstederne i skovbunden ved foden af stående stammer bl. a. med lindan. Her må der naturligvis tages hensyn til risiko for grundvand m. v. (24), og metoden kan næppe anbefales.

7. Bekæmpelse af granbarkbiller i vore nabolande

Af plads- og tidsmæssige grunde skal her ikke forsøges nogen dækkende udredning med dokumentation, men blot gives nogle antydninger.

Sverige. Typografangreb efter stormfald har længe været et anerkendt problem. Store statsmidler har været involveret i at sanere og begrænse typografangrebene, og efter stormene 1969 og 1971 således ca. 11 mill. sv.kr. I en stor rapport om hele skadeinsektproblematikken anslås typografen i årene 1971–74 at have dræbt årligt mindst 0,5–1 mill. m^3 gran med et årligt modsvarende tab af ca. 100 mill. sv.kr. (31). Forhandlingerne har iøvrigt drejet sig om mulighed for indskud på »skovkonto«, statslån til oparbejdning, vejanlæg m. v. Endelig har det, ud fra den betragtning, at uafhentet træ kan være en trussel for den stående skov, været anset nødvendigt i kontrakter at placere ansvaret for skader for-

voldt af ikke afhentet træ efter en vis dato, subsidiært udgifter til barkning m. v. Lovgivningsmæssigt er det anset nødvendigt at indføre anmeldelsespligt for større angreb, forbud mod henliggen af ynglemateriale eller større mængder stående (f. eks. stormskadet) ynglemateriale.

Norge. Barkbilleskader har været af tiltagende betydning, ca. 2 mill. m^3 gran er i 1977 registreret som tørkeskadet og for en stor del barkbilleangrebet. Af »Norges offentlige Utredninger« (27) fremgår det, at også i Norge er der de seneste år brugt millionbeløb på barkbillebekæmpelse. Lovgivningsmæssigt foreslås bl. a. regler vedrørende nåletræs henliggen i skoven, mulighed for at erklære katastrofesituation med påfølgende særlige foranstaltninger, kontraktudformning, påbud om anvendelse af fangtræ m. v.

Andre lande. I begge de ovennævnte nordiske publikationer henvises til forholdene i en række andre lande. Som det måske vigtigste kan nævnes fra *Tyskland* forordningen for delstaten Nedersaksen. Her kræves det, at nåletræ, der henligger i skoven (eller indenfor en afstand af 2 km) mellem 1. marts og 1. oktober, enten skal være afbarket eller insektsprøjtet, og dette senest 2 uger efter fældningen. Der har været en stor indsats fra Statsskovbrugets side i de seneste år overfor barkbilleangrebene (25).

I *Frankrig* er der for nylig udgivet en forordning (15), som ved angreb på stående nåleskov påbyder fældning, afbarkning og derefter enten brænding, spredning tyndt over arealet (med sigte på soludtørring) eller lindansprøjtning af barken m. v. samt adskillige andre forholdsregler.

8. Nogle kommentarer

Selv om denne artikel nødvendigvis må være kortfattet, er det forhåbentlig fremgået, at i normale år er bark-

billeangreb ikke nogen væsentlig trussel for stående nåleskov i Danmark. Dette skyldes bl. a. vore klimaforhold, som ved kølige somre ikke særlig begunstiger barkbillerne. Vore vintre tillader desuden stadig skovbrugsaktivitet og giver altså ikke ophobninger af skovet træ til ynglemateriale. Måske spiller også vore ofte beskedne bevoksningsstørrelser, gode vejnet og normalt lette afsætningforhold en rolle.

Det skal derfor slås fast, at generelle lov- eller lignende foranstaltninger angående skovbeskyttelse ikke er påkrævede hos os. Tværtimod må man anse, at den syd for vor grænse gældende regel om afbarkning m. v. er en overordentlig kostbar foranstaltning, som må betragtes som en mere administrativ udløber af en forordning, der har større berettigelse under væsentlig mere kontinentale sydligere himmelstrøg. Da tillige vort fyrreskovareal er så ringe, kan heller ikke marvborerangrebenes store betydning for tilvæksten hos os med rimelighed tages til indtægt for noget sådant.

Derimod er i specielle og akutte situationer den danske »laden stå til« holdning nok mindre rosværdig. Dels ødelægges der i sådanne perioder mere skov end nødvendigt, hvilket de senere års reduktion af skovenes forstlige personale yderligere har forstærket. Dels kan forsømmelighed på ét distrikt føre til skader på nabodistrikter. Manglende sikkerhed for afhentning af mere eller mindre solgte og insektangrebne effekter kan medføre unødige skader. Så det var vel nok en overvejelse værd, om i sådanne år visse pålæg og foranstaltninger vedrørende angrebne bevoksninger og vedrørende henliggen af nåletræeffekter ikke kunne være rimelige, evt. modsvaret af visse statslige lettelser. Desværre har man jo ikke i Danmark nogen skovkontoordning, der kunne lette pålæg om rydning af katastroferamt træ. Men skattemæssige arrangementer svarende til stormskadesituationer ville i det mindste være rimelige, hvis der altså blev gjort noget for at imødegå barkbilleskaderne.

9. Resumé

De senere års tørke har i Danmark, som i andre lande i Vesteuropa, givet anledning til barkbilleangreb på rødgran, hos os især af typograf og dobbeltøjet barkbille.

I sådanne situationer er det nyttigt, hvis skovdistrikterne ofrer øget opmærksomhed på ynglematerialets, herunder skoveffekters, mulighed for at være skadelig infektionskilde såvel som nyttigt fangtræ, under hensyn til, hvornår barkbillerne forlader det.

Regler og foranstaltninger, der kunne tjene til begrænsning af skader, til dels måske påført andre skovejere, kunne muligvis fortjene overvejelse i skovbruget til brug for sådanne »katastrofeår«. Derimod anses der ikke i Danmark at være behov for regler gældende under normale forhold.

10. Nordiske forstentomologiske kolleger samt professor Niels Haarløv, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, takkes for gennemlæsning og kritik af manuskriptet.

11. Summary

Barkbeetle outbreaks in stands of Norway Spruce *(Picea abies Karst.)* in Denmark, and precautions against them.

In present barkbeetle outbreaks especially *Ips typographus L.* (Figure 3) and *Polygraphus poligraphus L.* (Figure 2) play the important role. Due to drought years about 400.000 m³ Norway Spruce trees are estimated killed before the end of 1977, and for a great part attacked by those two barkbeetle species. *Dendroctonus micans Kug.* is less important though common on Norway Spruce. *Pityogenes chalcographus L.* (Figures 4 and 5) has at some occasions earlier damaged young trees, *Trypodendron lineatum Ol.* (Figure 6) reduces wood value and *Hylurgops palliatus Gyll.* (Figure 1) is a very common, but harmless species.

The barkbeetle biology, the galleries and the possible precautions are presented and discussed. It is concluded that in most years in Denmark no special precautions or legislation are needed. In periods with strong drought and high barkbeetle numbers e.g. after storm fellings special precautions are on the

other hand recommendable. They could include the use of trapping material, maybe aided by barkbeetle pheromones, as well as some rules for disposal of infested material.

12. Litteratur

1. ANNILA, ERKKI (1969): Influence of temperature upon the development and voltinism of Ips typographus L. (Coleoptera, Scolytidae). Ann. Zool. Fenn. 6: 161–207.
2. – (1977): Seasonal flight patterns of spruce bark beetles. Ann. Ent. Fenn. 43, 1: 31–35.
3. ANNILA, E., BAKKE, A., BEJER-PETERSEN, B. & LEKANDER, B. (1972): Flight period and brood emergence in Trypodendron lineatum (Oliv.) (Col., Scolytidae) in the nordic countries. Comm. Inst. Forest. Fenn. 76, 4: 7–28.
4. AUSTARÅ, ØYSTEIN & SÆTHER, TORFINN (1965): Angrep av den stripete vedboreren i ubarket grantømmer hogd til forskjellig årstid. Norsk Skogbruk 4.
5. AUSTARÅ, ØYSTEIN, PETTERSEN, HENRIK & BAKKE, ALF (1977): Bivoltinism in Ips typographus in Norway, and winter mortality in second generation. Medd. fra Norsk Institutt for Skogforskning 33, 7: 272–281.
6. BAKKE, A. (1977): Field response to a New Pheromonal Compound Isolated from Ips typographus. Naturwissenschaften 64: 98–99.
7. BAKKE, ALF, AUSTARÅ, ØYSTEIN, PETTERSEN, HENRIK (1977): Seasonal flight activity and attack pattern of Ips typographus in Norway under epedemic conditions. Medd. fra Norsk Institutt for Skogforskning 33, 6: 256–268.
8. BAKKE, ALF & AUSTARÅ, ØYSTEIN (1978): Granbarkbillens feromoner som våpen i billekrigen.
9. BEJER-PETERSEN, BRODER (1965): Skovbrugets skadedyr 1964. Forstlig Budstikke 25, 2: 6.
10. – (1971): Skovbrugets skadedyr i 1970. Skoven 3: 47–48.
11. – (1976): Dendroctonus micans Kug. in Denmark. The situation 25 years after a "catastrophe". PflKrankh. 83, 1/2/3: 16–21.
12. BEJER-PETERSEN, BRODER & JØRUM, PALLE (1977): Danske barkbillers hyppighed og udbredelse (Coleoptera, Scolytidae). Ent. Meddr. 45: 1–36.
13. BOAS, J. E. V. (1901): Typografens Optræden i Gribskov i de sidste Aar. Tidsskr. for Skovvæsen 13, Rk. B: 211–229.

14. – (1923): Dansk Forstzoologi, 2. Udg. København.

15. Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Fôrets (1977): Les problèmes que pose en 1977 la recrudescence des attaques de Scolytides dans les fôrets françaises. 1–11.

16. DYER, E. D. A. & CHAPMAN, J. A. (1965): Flight and Attack of the Ambrosia Beetle, Trypodendron lineatum (Oliv.) in Relation to Felling Date of Logs. Can. Ent. 97, 1: 42–57.

17. FOG, OLE (1977): Tørkeskader. Skoven 11: 248.

18. GØHRN, V., HENRIKSEN, H. A. & PETERSEN, B. BEIER (1954): Iagttagelser over Hylesinus (Dendroctonus) micans. Det forstlige Forsøgsvæsen XXI, 4: 383–433.

19. LEKANDER, BERTIL (1959): Der doppeläugige Fichtenbastkäfer Polygraphus poligraphus L. Ein Beitrag zur Kenntniss seiner Morphologie, Anatomie, Biologie und Bekämpfung. Medd. från Statens Skogsforskningsinstitut 48, 9: 5–127.

20. – (1972): Ett massuppträdande av granbarkborren i Gästrikland 1945–1952. Inst. för Skogszoologi rapport nr. 10: 1–29.

21. LEKANDER, BERTIL & LINDELÖW, ÅKE (1977): Helträdsutnyttjandet och insekterna. PHU rapport nr. 52: 1–25.

22. LEKANDER, BERTIL, BEJER-PETERSEN, BRODER, KANGAS, ESKO & BAKKE, ALF (1977): The Distribution of Bark Beetles in the Nordic Countries. Acta Ent. Fenn. 32: 1–36.

23. MAR:MØLLER, CARL (1965): Vore skovtræarter og deres dyrkning. Dansk Skovforening.

24. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt (1974): Rindenbrütende Fichtenborkenkäfer. Prognose und Bekämpfungsmassnahmen nach der Sturmkatastrophe von 1972. Merkblatt: 1–23.

25. NIEMEYER, HANS (1975): Borkenkäfer-Situation und -Bekämpfung in Norddeutschland. Allg. Forstzeitschr. 47.

26. NIEMEYER, HANS & WATZEK, GEORG (1977): Lockstoff-Fallen: Versuche zur Bekämpfung des Buchdruckers (Ips typographus) ohne Fangbäume und Insektizide. Allg. Forstzeitschr. 32, 40: 1009–1010.

27. Norges offentlige Utredninger (1975): Barkbilleskader i skogbruket. NOU 20: 5–33.

28. PETERSEN, B. BEIER (1952): Hylesinus micans. Artens udbredelse og en oversigt over dens optræden i Danmark. Dansk Skovf. Tidsskr. 37: 299–322.

29. PETTERSEN, HENRIK & AUSTARÅ, ØYSTEIN (1975): Overvintringsforhold hos stor granbarkbille, Ips typographus L.

(Col., Scolytidae). Medd. fra Norsk Institutt for Skogforskning 31, 11: 572–580.

30. Popo, A. & Thalenhorst, W. (1974): Untersuchungen über den Anflug und die Brutentwicklung des gestreiften Nutzholzborkenkäfers, Trypodendron lineatum (Oliv.). I. Phänologie und Beziehung zum Brutbaum. Z. f. angew. Ent. 77, 3: 251–277, 77, 1: 31–72.

31. Skogsstyrelsen (1975): Skogsskyddsutredningen 1975. 1–138.

32. Subansenee, Wanida (1971): Flight Period and Emergence in Denmark of the Adult Bark Beetle Hylurgops palliatus Gyll. (Coleoptera, Scolytidae). Royal Veterinary and Agricultural University Yearbook 1971: 114–123.

33. Thomsen, Mathias (1939): Angreb af Tomicus chalcographus paa unge Sitkagraner, Rødgraner og Douglasgraner. Det forstl. Forsøgsvæsen XV: 199–208.

34. Vité, J. P. & Rudinsky, J. A. (1960): Untersuchungen über die Anwendbarkeit von Harzdruckmessungen zur Bestimmung des physiologischen Zustandes von Coniferen im Rahmen der Borkenkäferforschung. Forstw. Cbl. 79, 5/6: 162–169.

35. Yde-Andersen, A. (1977): »Top-dying« i rødgranbevoksninger. Skoven 6–7: 125–126.

SKEL OG HEGN MELLEM SKOVBRUGSEJENDOMME OG TILSTØDENDE LANDBRUGSEJENDOMME

Af K. F. Dalgas,
Dansk Skovforening

Oxford class: 935

Indledning

Nærværende artikel er udarbejdet til anvendelse ved et foredrag på Foreningen af Hegnssynsformænds årsmøde den 21. oktober 1977. Artiklen omhandler kun de almindelige skel- og hegnsforhold mellem land- og skovbrugsejendomme beliggende i landzone. Man må være opmærksom på, at der i byzone kan være lokale afvigelser fra de almindelige regler, ligesom man må være opmærksom på, at hegnslovens regler viger for hegnsregler i vandløbsloven, sandflugtsloven, færdselsloven, vejlovene og kommuneplanloven.

For gennemsyn af og kommentarer til artiklen takker forfatteren, professor H. Wulff og lektor P. Chr. Nielsen.

Skellets beliggenhed og den historiske baggrund

Diskussionen om skellets beliggenhed mellem skov og mark er af meget gammel dato. Allerede i Jyske Lov blev der fastsat regler for grænsen mellem mark og skov, og disse regler blev gentaget i Chr. V Danske Lov

fra 1683. Bestemmelserne gik i korthed ud på, at skoven går »så langt som grenene lude og roden rinder«. Hegnsbestemmelser specielt med henblik på skoven indeholdt Danske Lov imidlertid ikke. Dog fremgår det af følgende citat, at den, der ønskede at frede sine jorder, selv måtte opsætte hegn:

»Indhegner nogen Stykke Jord, som hand maa indhegne, til Sæd eller Eng, og ikke af Alders Tid haver været indhegnet, gierde for sig selv, saa som hand bedst vil have Fred paa sin Sæd og Eng. End fanger hand nogen Skade, fordj hand ej lovlig gierdet haver, have Skade for Hiemgield« (1683, 3. bog 13.40).

Hegn om skove behandles lovgivningsmæssigt for første gang i skovforordningen af 20. oktober 1670, der dog kun omfattede kronens skove. Ifølge denne forordning skulle skovgærder forsynes med jordvolde og besættes med torn, hassel eller pil.

Den senere forordning af 17. august 1695 om stengærders indrettelse påbød, at risgærder om skovene, overalt på de steder, hvor der var sten, skulle erstattes af stengærder.

Skovforordningen af 21. januar 1710 og forordningen af 26. januar 1733 uddybede bestemmelserne om stengærders og levende gærders sætning. Men da der intet tilsyn var med overholdelsen af bestemmelserne, forblev de uden større virkning.

Ved forordning af 18. april 1781 angående de kgl. skove og tørvemoser blev de gamle påbud om stengærder, jordvolde og levende hegn indskærpede, og ved rentekammerskrivelse af 9. november 1780 blev det påbudt, at hegnene om visse statsskove i Nordsjælland skulle sættes »paa den forbeholdne Skovgrund, saaledes at Bøndernes tilstødende Jorder derved intet afgaar«.

Inden hegnssætningen, der altså skete fuldstændig på skovens grund, blev der af landinspektører opsat skelpæle i de såkaldte separationslinier, som angav skovenes ydergrænse.

Ved hegnssætningen benyttedes følgende tre hegnstyper:

1. Jordvold med enkelt eller dobbelt grøft,
2. Enkelt og undtagelsesvist dobbelt stengærde med nedskæring foran og ofte endvidere grøft indenfor,
3. På mosejord »flækkegrøfter« med stængehegn af lægter indenfor på den lille vold fra grøftegravningen.

I 1783 blev det ved kgl. resolution bestemt, at jorddigerne skulle beplantes. Der benyttedes hvidtjørn, avnbøg, birk og hassel.

Den beskrevne fremgangsmåde ved anlæg af hegn om statsskove i Nordsjælland blev i vidt omfang fulgt såvel for de øvrige statsskoves vedkommende som ved udskiftningen af de private skove, hvorfor man som hovedregel må gå ud fra, at hegn m. v. fra denne tid helt er rejst på skovens grund.

I forordningen af 29. oktober 1794 om hegn og fred for jorder i Danmark (markfredsforordningen), blev der givet nøjagtige bestemmelser om, hvorledes et hegn skulle være for at kunne anses for lovligt. Kunne naboer ikke enes om at undlade den ret kostbare hegnssætning, skulle hver nabo sætte halvt hegn. Nye hegn skulle rejses, således at der blev afgivet lige meget jord fra begge de tilstødende ejendomme.

De nye regler medførte, at mange skovhegn i tiden efter 1794 blev rejst netop på skellinien.

Ifølge den såkaldte fredskovsforordning af 27. september 1805 om skovenes udskiftning, vedligeholdelse og fredning skulle alle skove indhegnes anordningsmæssigt inden en nærmere fastsat frist. Ved »anordningsmæssigt« må man forstå, at der skulle hegnes i henhold til markfredningsforordningen af 1794.

Ved skovloven af 11. maj 1935 bortfaldt hegningskravet for skovene.

I hegnsloven fra 1869 blev det ligesom i markfredningsforordningen af 1794 præciseret, at skellet ved rejs-

ning af nyt hegn skulle ligge midt i hegnet. Bestemmelserne hindrede dog ikke, at der både efter 1794 og 1869 i et vist omfang stadig blev anlagt hegn langs skellet beliggende helt på den ene grund. Dette forhold var baggrunden for, at man ved den nugældende hegnslov (lov nr. 259 af 27. maj 1950) opgav de gamle krav om hegns beliggenhed i forhold til skel og i stedet indførte begreberne »fælleshegn« og »egne hegn«, jvfr. senere.

Der findes en række domme, der nærmere kan belyse problemerne om skellets beliggenhed mellem skov og mark:

Ved en højesteretsdom (Ugeskrift for retsvæsen 1919 A. 530) blev det »fundet bevist, at en hegnsvold, der dannede grænsen mellem den grevskabet Bregentved tilhørende »Sønderskov« og en naboejendom i hele sin bredde stod på grevskabets grund«. Det kunne sandsynliggøres, at hegnsvolden var opført før 1794.

Ved en anden højesteretsdom (Ugeskrift for retsvæsen 1927.553) blev det antaget, at et dige, der var opført i 1780, i sin helhed stod på hovedgårdens jord.

Af særlig betydning er en landsretsdom (Ugeskrift for retsvæsen 1943.676), hvor skovejeren tilkendtes ejendomsretten til et stengærde plus en 1½ m bred strimmel langs gærdets yderside. Arkivstudier kunne godtgøre, at hegnet var opført i 1784, altså før markfredsforordningen af 1794. Man måtte derfor gå ud fra, at areal til dige og grøft var afgivet af skoven.

På baggrund af denne dom udsendte Landbrugsministeriet den 23. september 1943 en skrivelse om, hvor skellene må antages at ligge i forhold til hegn om statsskove og andre fredskove. I skrivelsen blev meddelt, at skovhegnene i de skove, som fandtes, da forordningen af 27. september 1805 udkom, i almindelighed må antages at ligge i deres helhed på skovenes grund, således at skellet må antages at ligge i den yderste kant af den uden for jordvolden værende grøft og i foden af stengærdets udvendige side, med mindre andet kan oplyses.

For skove anlagt efter 1805 må man derimod – stadig ifølge nævnte skrivelse – almindeligvis antage, at skellet ligger midt i hegnet, med mindre andet kan oplyses.

Året efter kom en ny landsretsdom (Ugeskrift for retsvæsen 1944.1181). Ved denne sag kunne det sandsynliggøres, at et dige mellem en skov og den udenfor liggende ejendom var blevet rejst kort før 1817 og derfor antagelig i overensstemmelse med reglerne i markfredsforordningen af 1794, således at diget dannede skel mellem skoven og nabogrunden.

Den nyeste landsretsdom vedrørende emnet (Ugeskrift for retsvæsen 1961.1055) drejer sig om et hegn mellem en statsskov og en gårdejer. Hegnet bestod af en grøft nærmest skoven og en jordvold nærmest gårdejeren. Hegnet var anlagt omkring 1830–31.

Ifølge dommen måtte det antages, at hegnet var rejst til opfyldelse af skovejerens særlige pligt efter skovforordningen af 17. august 1695 og 26. januar 1733 til at rejse hegn, uden at bestemmelserne i hegnsforordningen af 1794, som af gårdejeren hævdet kunne komme til anvendelse. Hegnet måtte derfor i sin helhed antages rejst på skovens grund, og skellet mellem de to ejendomme måtte derfor antages at ligge ved foden af jordvolden og ikke midt i hegnet.

Denne dom blev af professor Tolstrup i en artikel i Ugeskrift for retsvæsen (U 1962.B67–69) meget stærkt kritiseret, idet han påpegede, at 1794-forordningen også gjaldt for skove: »Man kan roligt gå ud fra, at en skovejer, som indhegnede sin skov efter gennemførelsen af forordningen af 1794, har benyttet sig af sin ret« (– til at anlægge hegnet i skellinien –) »hvor han havde mulighed derfor«.

Professor Tolstrup konkluderer i den nævnte artikel, at man på grundlag af den ældre hegnslovgivning må formode, at skellinien ligger i midten af et bestående hegn, f. eks. en jordvold uden grøfter eller en jordvold med grøft på begge sider. Denne formodning gælder dog

ikke, hvis der er tale om et hegn om en hovedgård eller en fredskov, når hegnet kan være rejst før hegnsforordningen af 1794, og nabogrunden er gammel bondejord. Disse hegn må antages at ligge helt på hovedgårdens eller fredskovens grund.

Skelsætningsforretning

Når man er i tvivl om skellets beliggenhed, kan man bede en landinspektør foretage en skelsætningsforretning. Og en sådan skal foretages, inden man eventuelt starter en retssag.

Landinspektøren vil herefter indhente matrikulære oplysninger og oplysninger om gamle skelforretninger m. m. Endvidere vil han foretage yderligere arkivundersøgelser, såfremt han mener, at sådanne er berettigede. I almindelighed vil arkivundersøgelser kun give udbytte, når der er tale om gamle hovedgårde eller om fredskove.

Ud fra de indhentede oplysninger kan det oprindelige matrikulære skel afsættes i marken. Gamle ejendomsskel kan imidlertid være forandret ved hævd. I sådanne tilfælde er ejendomsskel og matrikelskel ikke sammenfaldende.

Ved hævd er det vigtigt at skelne mellem ejendomshævd og brugshævd (servituthævd).

For at opnå *ejendomshævd* kræves mindst 20 års *uafbrudt fuldstændig* besiddelse af det omhandlede jordstykke, og arealet skal desuden have været taget i besiddelse på en måde, der ikke er direkte uhæderlig (såkaldt »god tro«).

Ved *brugshævd* er der ikke tale om en fuldstændig benyttelse. Også her kræves »god tro«. Der findes følgende to former for brugshævd:

a. *Positiv synbar brug*
   Der kræves mindst 20 års udnyttelse af en *synbar indretning* til et bestemt formål (f. eks. låge i et skovhegn).

b. *Usynbar brug*
Der kræves udnyttelse i alderstid (mindst 45–50 år). Udnyttelse kan f. eks. bestå i græsning på hegnet.

På grundlag af samtlige foreliggende oplysninger træffer landinspektøren sin afgørelse om skellets beliggenhed. Hvis der kan opnås forlig mellem parterne, er sagen i orden. Hvis dette ikke lykkes, og landinspektøren afsætter et skel, som ingen af parterne inden fire uger søger prøvet ved domstolene, opnår dette skel samme retlige betydning, som var det vedtaget ved forlig. Når sagen er færdig, foretages matrikulær berigtigelse og tinglysning.

Hegn

Når først skellets beliggenhed mellem en skov og en tilstødende landbrugsejendom er fastlagt, må næste spørgsmål være at afgøre, om der findes et hegn.

Hvad man egentlig forstår ved et hegn er ikke nærmere defineret i den nugældende hegnslov, men det fremgår dog, at der bl. a. kan være tale om elektriske hegn, pigtrådshegn, plankeværk m. v. I sådanne tilfælde, hvor der er tale om kunstigt opsatte indretninger, der forløber i eller langs skellinien, er der naturligvis ingen tvivl om, at der er tale om et hegn, og det samme må også gælde, når det drejer sig om jordvolde, grøfter og stendiger.

Ved levende træer og buske kan situationen derimod være mere kompliceret, idet det i mange tilfælde vil være vanskeligt at afgøre, om der er tale om et levende hegn, eller om de til marken grænsende træer og buske er en del af skovbevoksningen.

Hvis man f. eks. i eller langs skellet har plantet en række hasselbuske for at markere ejendomsskellet, og man umiddelbart indenfor har en større rødgranbevoksning, er der næppe tvivl om, at hasselbuskene må beregnes som et hegn.

Hvis man derimod har en stor bevoksning af f. eks.

bøg med undervækst af blandet løvtræ, og denne bevoksning strækker sig helt ud til skellet, kan man næppe kalde et sådant skovbryn for et hegn.

Det er klart, at man i praksis vil kunne komme ud for tvivlstilfælde. Og i sådanne tilfælde må det være hegnssynet, som i første omgang afgør, om der overhovedet er tale om hegn mellem en skov og en tilstødende landbrugsejendom.

Når man nu har fået afklaret skellets beliggenhed, og om man overhovedet kan tale om hegn, bliver det næste spørgsmål at afgøre, om der er tale om fælleshegn, eget hegn eller indre hegn.

Fælleshegn er ifølge hegnsloven dem, hvortil begge ejendomme afgiver jord. Fælleshegn skal rejses således, at skellinien falder midt i hegnet, og naboen skal normalt vedligeholde halvt hegn. Fælleshegn mellem skov og landbrug kan én gang årligt kræves nedkappet til 5 meters højde. Hovedreglen for vedligeholdelse af fælleshegn er iøvrigt, at udgifterne deles lige mellem parterne (§ 20, stk. 1). Dog er der åbnet mulighed for, hvor særlige hensyn gør sig gældende, at fastsætte udgifterne eller arbejdets fordeling efter den nytte og interesse, hver af parterne har i hegnet.

Fælleshegnene skal stedse holdes i god stand, hvilket bl. a. betyder, at naboen ikke må pløje tættere og tættere ind mod jordvolde, stengærder m. v.

Egne hegn står – i modsætning til fælles hegn – i hele deres længde på én mands grund langs skellet. For levende hegns vedkommende er der tale om eget hegn, når stammerne i jordniveau står helt på én mands grund.

Egne hegn kan forlanges nedkappet og klippet, således at de ikke påfører naboen større ulemper end fælleshegn (§ 18, stk. 9). Såfremt hegnssynet mener, at et eget hegn er til væsentlig nytte for naboen, og hegnet har stået i god stand i mindst 3 år, kan hegnssynet imidlertid pålægge naboen indtil halv vedligeholdelse.

Hvis afstanden mellem hegnet og skellet er så stor, at der er et nyttearеal udenfor hegnet (f. eks. en juletræskultur), må hegnet betragtes som et *indre hegn* og derfor falde udenfor hegnslovens bestemmelser.

Udhængende grene

Endelig er der problemet med de *udhængende eller overhængende grene*. Her er der ikke tale om grene fra hegn, men om grene, som fra enkelttræer eller fra bevoksninger vokser ind over skellinien.

Hvis sådanne grene generer et eventuelt hegn, eller hvis grenene er til ulempe for den for naboejendommens drift nødvendige færdsel med redskaber, maskiner og køretøjer, er naboen berettiget til at afkappe grenene i skellinien (§ 19, stk. 2). Der nævnes i loven intet om, at træejeren skulle have nogen pligt til at kappe sådanne grene under normale forhold.

Hvis der derimod er tale om grene, der på grund af alder, råd eller lignende skønnes at være farlige for sikkerheden på naboejendommen, kan hegnssynet efter naboens begæring pålægge træejeren at fjerne grenene (§ 19, stk. 3).

Ejeren af en til skov grænsende ejendom kan endvidere kræve, at skovejeren kapper grene i større højde, end hvad der er nødvendigt for færdsel med landbrugsmaskiner. I sådanne tilfælde skal hegnssynet imidlertid først indhente en erklæring fra formanden for fredningsnævnet og fra statens tilsynsførende med de private skove og på baggrund heraf tage stilling til, om betydningen af en sådan kapning væsentligt overstiger de af kapningen følgende ulemper for skovbrynenes landskabelige værdi eller for skoven (§ 19, stk. 4).

Professor TOLSTRUP har i sin landboret fortolket denne bestemmelse således, at de højtsiddende grene kun kan kræves kappet af skovejeren, hvis formanden for fredningsnævnet og skovtilsynet tiltræder hegnssynets beslutning herom.

Denne udlægning er i god overensstemmelse med den konkrete sag, som er omtalt i tidsskriftet »Skoven«, nr. 12, 1976, og senere aftrykt i tidsskriftet »Ret og skel«, nr. 8, 1977. I denne sag pålagde hegnssynet skovejeren at kappe i stor højde på trods af, at skovtilsynet havde frarådet en sådan opkapning. Sagen blev imidlertid indanket for landvæsenskommissionen, som ophævede hegnssynets kendelse og henviste landmanden til selv at kappe de grene i skellinien, som hænger ud over marken indtil en højde af ca. 4 meter.

Mange landbrugere, der grænser op til skove, er utilfredse med, at det ikke er skovejeren, der har pligt til at kappe de udhængende grene, og hertil kommer andre ulemper i form af skygge, rødder samt nedfaldende grene og blade.

Men naturligvis er der også fordele ved at grænse op til en skov. Her kan nævnes fordele i form af læ, jagtværdi og herlighedsværdi.

Endelig kan man fra skovbrugets side fremføre, at det for skovbrugeren ville være svært at bedømme, i hvor høj grad kapning af udhængende grene er nødvendigt, da dette vil afhænge af den enkelte landbrugers aktuelle maskinpark.

Endvidere må det bemærkes, at landbrugerens arbejde med kapning af de udhængende grene ikke er større, end hvis der var tale om vedligeholdelse af den ene side af et fælleshegn, ligesom det må bemærkes, at mange skovejere foretrækker selv at foretage kapningen, selv om de ikke ifølge lovgivningen har nogen pligt hertil.

Fra skovbrugets side må man fremhæve betydningen af, at vore skovbryn, der på de fleste lokaliteter er af stor landskabelig og skovdyrkningsmæssig værdi, fortsat nyder beskyttelse gennem den eksisterende hegnslovgivning.

Summary

Hedges and boundaries between forestry properties and adjoining agricultural holdings.

By K. F. Dalgas, Danish Forestry Society

After a brief outline of the historical background of the current Danish rules concerning hedges and boundary marks between forestry properties and adjoining agricultural holdings, it is described how it is possible to get the boundaries legally fixed (in so-called boundary fixing proceedings) including how prescriptive rights influence the case.

The concept of boundary is discussed and the different kinds of boundary marks – common boundary mark, own boundary mark and inner boundary mark – are defined.

The rules of maintenance are stated. Special attention is payed to the mentioning of rights and duties in connection with branches reaching out over the agricultural area.

Finally, the article points out the importance of a continous protection of the edges of our forests.

RESULTATER FRA ET FORSØG MED GØDSKNING AF EN KLIPPEBEVOKSNING AF ABIES NORDMANNIANA I WALDECK SKOV, GRÅSTEN STATSSKOVDISTRIKT

Kort meddelelse fra Statens forstlige Forsøgsvæsen nr. 70

af

H. HOLSTENER-JØRGENSEN

Oxford class: 237.4 : 285 : 892.51

Efter et rundspørge i skovbruget blev der i 1975–1976 udlagt en serie forsøg i klippebevoksninger af Abies nordmanniana. Målsætningen med disse forsøg er, at man i løbet af en kortere årrække skal kunne vejlede praksis med hensyn til hvor store gødningsmængder, der bør erstatningsgødes med i sådanne bevoksninger.

Man kan ikke forvente, at alle forsøgene giver resultater af praktisk værdi i de første år, blandt andet fordi nogle forsøg er anlagt på tidligere gødede arealer, og fordi klippemetoden er de enkelte distrikters. Det er imidlertid tanken at publicere resultater efterhånden, som de foreligger og kan være vejledende for praksis.

Forsøget i Waldeck skov blev anlagt i foråret 1975 i en bevoksning plantet i 1955 på tidligere agerjord. Der havde været ammetræer af lærk, som var helt afviklet. Frøkilden var en Abies nordmanniana bevoksning på Palsgård statsskovdistrikt. På anlægstidspunktet var der klippet i bevoksningen et ukendt antal gange; men bevoksningen havde ikke indtil da været gødsket.

Der blev ikke foretaget nogen egentlig træmåling, idet de mål, som er af interesse, er vægte af høstet pynte-

grønt. På anlægstidspunktet var træhøjden ca. 6,5 meter.

Forsøget blev anlagt som et randomiseret blokforsøg med tre fællesparceller. Parcelstørrelsen er på 282 m², og der er ca. 50 træer pr. parcel.

Der indgår følgende behandlinger i dette forsøg såvel som i de øvrige af serien:

O = ugødet kontrolparcel

G_1 = gødet hvert år med 168 kg/ha NPK-gødning (23-3-7 med Mg og Cu)

G_2 = gødet hvert år med 336 kg/ha af ovennævnte NPK-gødning.

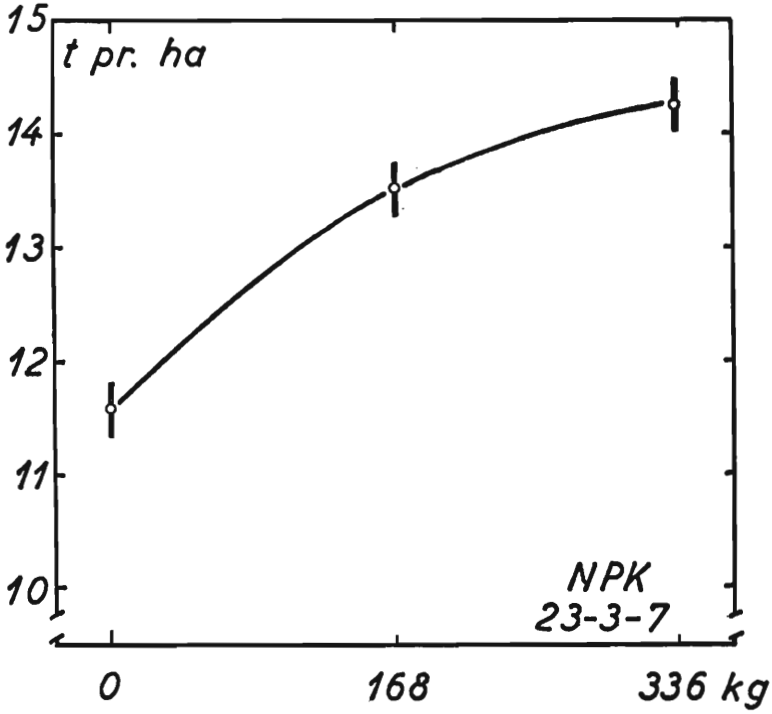

Fig. 1.

De nævnte gødningsmængder er valgt således, at man stort set får erstatningsgødsket svarende til de næringsstofmængder, som bortføres ved høst af henholdsvis 5 t grønt og 10 t grønt pr. år og ha.

Forsøget er klippet 24.–28. november 1975. Ved denne klipning blev samtlige træer klippet op, så der resterede 5 grenkranse regnet fra oven. Resultaterne fra denne klipning viser ingen sikre udslag, hvad da heller ikke kunne ventes, idet der var tale om at egalisere bevoksningen.

Forsøget er klippet påny i perioden 31. oktober til 2. november 1977. Ved denne klipning blev der klippet to grenkranse på samtlige træer.

Figur 1 viser middelklippeudbytterne i t pr. ha for de tre behandlinger i 1977. Ved punkterne er med lodrette streger angivet deres middelfejl. Det fremgår umiddelbart, at gødskningsudslaget er meget sikkert. Det ses også, at merudbytterne er aftagende med stigende gødningstilførsel.

Ved klipningen i 1977 var meget af grøntet usælgeligt på grund af luseangreb m. v.. Det drejede sig om 57 % af den totale grøntmængde. Der var en svag tendens til, at mængden af kassabelt grønt var relativt større i de ugødede parceller end i de gødede parceller.

Gråsten statsskovdistrikt takkes for at stille areal til rådighed og statsskovfoged V. Birk Rasmussen for omhyggelig kontrol med klipningerne.

Summary

In a non-fertilized stand of Abies nordmanniana, which is used for cutting of decoration greenery, a fertilization experiment shows a clear increased-yield curve for yearly application of two different doses of mixed fertilizers. Fig. 1 shows the relationship. Two whirls have been cut.