

Beretning nr. 202

E. C. L. LØFTING:

DANMARKS ÆDELGRANPROBLEM

2. DEL

(DENMARK'S SILVER FIR PROBLEM
PART II)

DYRKNINGSBETINGELSERNE FOR
ABIES ALBA (MILL.) OG
ABIES NORDMANNIA (SPACH.)
I DANMARK

(Særtryk af Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark,
XXVI, 1959)

Bd. XIX, H. 1: Nr. 152. C. H. BORNEBUSCH: Bøgeskovens Behandling paa Boller Skovdistrikt. (Le traitement appliqué par E. Moldenhawer à la forêt de hêtres du domaine forestière de Boller), S. 1. — Nr. 153. F. KRARUP: Langsom Bøgeselvfor yngelse. (Régénération naturelle lente d'un peuplement de hêtre), S. 81. — **H. 2:** Nr. 154. CARL MAR: MÖLLER: Mycorrhizae and nitrogen assimilation (Mycorrhizer og Kvælstofassimilation) S. 105. — **H. 3:** Nr. 155. C. H. BORNEBUSCH: Egeprøveflader i Nordsjælland. (Places d'essai de chêne au nord-est de Seeland), S. 205. Nr. 156. C. A. JØRGENSEN og CECIL TRESCHOW: Om Bekæmpelse af Rodfordærveren (Fomes annosus (FR.) CKE) ved Fladrodplantning og ved Kalk- og Fosfertilskud. (On the control of root- and butt-rot, caused by Fomes annosus (FR.) CKE by superficial planting and by the application of lime and phosphate), S. 253. **H. 4:** Nr. 159. IB THULIN: Beskadigelser af Douglasgran (Pseudotsuga taxifolia) i Danmark i Vinteren 1946—47. (Damage to Douglasfir (Pseudotsuga taxifolia) in Denmark in the winter of 1946—47), S. 285. **H. 5:** Nr. 160. MOGENS ANDERSEN: Form factor investigations and yield tables for Japanese larch in Denmark. (Formtal og tilvækst for japansk lærk), S. 331.

Bd. XX, H. 1: Nr. 151. E. C. L. LØFTING: Danmarks skovfyrrproblem. (Scots pine problems on the heaths and dunes of Denmark) s. 1. — **H. 2:** Nr. 161. JUST HOLTEN: Kulturmåder i Danmarks gamle skovegne 1950. (Methods of Establishment on Old Woodland Sites in Denmark 1950), S. 111. — **H. 3:** Nr. 162. E. OKSBJERG: Rødgranplantagernes foryngelse i de jyske hedeegne. (Regeneration of Norway spruce plantations on the heaths of Jutland), S. 165. — Nr. 163. H. A. HENRIKSEN: Dimensionsklassefordeling for Bøg. (Allocation to diameter classes for beech), S. 229. — **H. 4:** Nr. 164. J. A. LØVENGREEN: Udhugning i bøg i Danmark siden 1900, statistisk belyst og teoretisk bedømt. (Thinning of beech in Denmark since 1900, illustrated statistically and assessed theoretically), S. 271. — **H. 5:** Nr. 165. J. A. LØVENGREEN: Analyse af en afsluttet prøveflade i rødgran. (Analysis of a completed Sample Plot in Norway Spruce), S. 355. — Nr. 166. H. A. HENRIKSEN: Bemærkninger til udhugningsforsøget i bøg i Århus kommunes skove. (Revision d'une expérience de coupes d'éclaircis de hêtre dans les forêts de la municipalité de Århus), S. 373. — Nr. 167. H. A. HENRIKSEN: Et udhugningsforsøg i ung bøg. (Durchforstungsversuch in jungem Buchen-Bestand), S. 387. — Nr. 168. H. A. HENRIKSEN: Et udhugningsforsøg i sitkagran. (Durchforstungsversuch in einem Bestand von Sitka-Fichten), S. 403.

Bd. XXI, H. 1: Nr. 169. C. H. BORNEBUSCH †: Nørholm Hede. Tredje beretning. (Lande de Nørholm. Troisième rapport), S. 1. — Nr. 170. NIELS HAARLØV og BRODER BEIER PETERSEN: Temperaturmålinger i bark og ved af Sitkagran. (Measurements of temperature in bark and wood of Picea sitchensis), S. 43. — **H. 2:** Nr. 171. DAVID FOG and ARNE JENSEN: General volume table for beech in Denmark. (Almindelig masse-tabel for bøg i Danmark), S. 93. — Nr. 172. H. A. HENRIKSEN: Die Holzmasse der Buche. (Bøgens vedmasse), S. 139. — Nr. 173.

DANMARKS ÆDELGRANPROBLEM

2. DEL

DENMARK'S SILVER FIR PROBLEM

PART II

DYRKNINGSBETINGELSERNE FOR
ABIES ALBA (MILL.) OG *ABIES NORDMANNIANA* (SPACH.)
I DANMARK

EN UNDERSØGELSE PÅ GRUNDLAG AF
VOR BELIGGENHED I ET KLIMATISK GRÆNSEOMRÅDE
FOR ÆDELGRANENS DYRKNING

AF

E. C. L. LØFTING

I løbet af den årrække, indenfor hvilken beretningen blev forberedt, har følgende forstkandidater som tjenstgørende ved Forsøgsvæsenets hede- og klitafdeling udført et interesseret, loyalt og værdifuldt arbejde ved materialets tilvejebringelse og bearbejdning: *V. Gøhrn, K. Brandt, Johs. Rafn og E. Scheurer.*

Gennem faglig kritik har forstanderen for Forsøgsvæsenet, dr. agro. *E. Holmsgaard*, afdelingsleder, dr. agro. *H. A. Henriksen* og forstkandidat *H. Holstener-Jørgensen* givet mig nye impulser og lejlighed til at foretage nyttige ændringer i det oprindelige udkast til beretningen.

Endvidere har jeg efter professorerne *K. Grams* og *Carl Mar: Møllers* bedømmelse af beretningen haft lejlighed til at foretage visse korrektioner og tilføjelser.

Kriminalassistent *E. Tellerup* har ydet en stor hjælp ved udførelsen af en række nåleundersøgelser.

Til undersøgelser over ædelgranens vandforbrug har skovrider, dr. agro. *K. Ladefoged* med stor imødekommenhed stillet sit apparatur såvel som forsøgsmateriale til rådighed, medens skovfoged *P. Stavnsbjerg* ved sagkyndigt og omhyggelig udført arbejde har været en værdifuld medhjælp ved disse undersøgelser.

Landbohøjskolens hydrotekniske laboratorium (professor *H. C. Aslyng* og amanuensis *K. J. Kristensen*) såvel som Meteorologisk Institut (statsmeteorolog *I. Sestoft*) har beredvilligt givet mig vejledning og oplysninger.

Endelig har jeg overalt på distrikterne mødt en hjælpsomhed og en interesse for problemerne, som har været af den største betydning for arbejdet. I denne forbindelse skal det nævnes, at skovrider *V. Kjølbye* har hjulpet mig ved gennemgangen af ædelgranmaterialet i Nordvestsjælland, ligesom proprietær *H. Rothe Meyer*, Philipsdal, har suppleret min viden om tågens indflydelse på vegetationen i denne egn.

Alle de ovennævnte samt enhver, som iøvrigt har ydet hjælp i forbindelse med dette arbejde, bringer jeg herved en hjertelig tak.

Bybæk, pr. Vejle, 14. oktober 1959.

E. C. L. Løfting.

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Indledende redegørelse for undersøgelse- rnes formål og det teore- tiske grundlag for den anvendte metodik	5
Almindelige erfaringer vedrørende vort ædelgranmateriale og træartens krav	11
Ædelgranens rodudvikling	16
Resistens overfor <i>Fomes annosus</i>	28
Nogle erfaringer vedrørende ædelgrandyrkning i de nordlige og vestlige dele af Europa uden for de naturlige vokseområder	41
De nedre grænser for ædelgranens naturlige udbredelse (klimatisk betingede tørkegrænser)	55
Ariditetsindeks og regnfaktor	58
Den klimatiske tørkegrænse for ædelgran i Danmark	61
Forudsætningen for at de normale klimatiske fugtighedsmangler for ædelgrandyrkning i Danmark kan udtrykkes gennem en formel	63
Undersøgelser over ædelgranens vandforbrug	65
Misforhold mellem fordampningskrav og vandoptagelse for henholdsvis ædelgran og rødgran	76
Bedømmelse af relationen mellem ædelgrans og rødgrans vandforbrug pr. ha	86
Fordampningsfølsomhedens indflydelse på ædelgranens udvik- lingsmuligheder og dyrkningskrav	88
Kutikulær vandoptagelse og fordampning	91
Bestemmelse af den periode af året indenfor hvilken ædelgranens tørkesvækkelser opstår	94
Klimatiske forhold som i perioden 16/5—30/6 influerer på ædelgranens tørkesvækkelser	105
Opstilling af en formel for de normale klimatiske fugtighedsmang- ler for ædelgrandyrkning i Danmark (\mathcal{A}_{kf})	106
Maksimal fordampning (F)	107
Maksimal fordampning, F , i perioden 16/5—30/6 udregnet for nogle danske klimastationer	108
Tågevirkningen (ansættelse af tågekonstanten C_1)	109
Dugvirkningen (ansættelse af dugkonstanten C_2)	111
Formlen for \mathcal{A}_{kf} og de enkelte leds vægt og variation gen- nem de ansatte konstanter	116

Ædelgranens normale klimatiske fugtighedsmangel (\bar{A}_{kf}), udregnet for nogle danske stationer	117
De anvendte klimafaktorerers normale variation fra egn til egn	117
De anvendte klimafaktorerers mikroklimatiske variationsmu- lighed og betydningen heraf for dyrkning af ædelgran	123
1) Fordampningen (i tilknytning hertil nogle nåleunder- undersøgelser)	123
2) Nedbøren	129
3) Tågevirkningen	130
4) Dugvirkningen	131
Forårsnattefrostens indflydelse på ædelgrandyrkningen i Danmark (herunder sammenligning mellem planter af polsk frø og „danske ædelgraner“)	135
Nogle erfaringer fra ædelgrandyrkningen i de gamle plan- tageanlæg	142
Ædelgranens produktion i sammenligning med rødgranens	149
Eksempler på egnsvis og lokal variation i forårsfrosten	158
Kulturteknik i 1. generation og på renafdrifter	162
Kulturteknik ved udnyttelse af 1. generations beskyttelse	168
Kunstig ædelgransåning	175
Nogle skadedyr og -svampe for ædelgrandyrkningen i Danmark ..	177
Skærmens afvikling og den senere bestandspleje	182
Egnsvise dyrkningsbetingelser for ædelgran belyst gennem form- len for \bar{A}_{kf} , frostens virkning m. m.	187
<i>Abies Nordmannianas</i> skovdyrkningsmæssige relation til <i>Abies</i> <i>alba</i> i Danmark	193
De sentbrydende nordmannsgraners ændrede dyrkningskrav i forhold til ædelgran og tidligt brydende nordmannsgran belyst gennem formelen for \bar{A}_{kf} og sensommerens varmekonstant og længde	202
Egnsvise dyrkningsbetingelser for tidligt- og sentbrydende nordmannsgran typer	216
Resumé	221
Summary	233
Litteraturliste	246

INDLEDENDE REDEGØRELSE FOR UNDERSØGELSERNES
FORMÅL OG DET TEORETISKE GRUNDLAG FOR DEN
ANVENDTE METODIK.

Idet et klimatisk grænseområde for en træart kan defineres som et område, inden for hvilket visse uheldige klimaforhold for arten tidvis påvirker denne så stærkt, at de pågældende klimaforhold får afgørende indflydelse på udviklingen, tør man forudsætte, at såvel ædelgran som *Abies Nordmanniana* i Danmark befinder sig i et klimatisk grænseområde for arternes gode udvikling.

Dette forhold er tidligere benyttet for ædelgrans vedkommende til en foreløbig udredning af de proveniensproblemer, der opstår, når arten dyrkes i Danmark (*Løfting*, 1954). Den følgende beretning vedrørende dyrkningsbetingelserne for ædelgran og *Abies Nordmanniana* må ses som en videreførelse af denne fremgangsmåde, idet dyrkningsbetingelserne direkte er sat i forbindelse med variationerne i de klimatiske forhold, som hos os får grænsevirkning for de to træarters udviklingsmuligheder.

Det er min hensigt ved denne fremgangsmåde at vise, at *proveniensvalg, valg af vokseplads og af skovbehandling i et klimatisk grænseområde for en træart er problemer med fælles rod i de klimatiske vanskeligheder, som karakteriserer den pågældende klimatiske grænse for artens udviklingsmuligheder.*

Beretningens rent praktisk formål: at belyse *dyrkningsbetingelserne for ædelgran og Abies Nordmanniana i Danmark, vil således fremgå som et resultat af en gennemprøvning af mere almentgyldige teorier vedrørende dyrkningsforholdene for træarter, som klimatisk har nået deres begrænsning.*

En træart kan stedvis ved sin naturlige afgrænsning være nået ud til og have fastholdt en klimatisk grænse, som kan karak-

teriseres ved, at de klimatiske betingelser for træartens udvikling ved denne grænse tidvis angiver træartens mindstekrav med hensyn til ganske bestemte klimaforhold.

De klimaforhold, som herved får grænsevirkning for træartens videre fremtrængen, vil oftest kun kunne indtræffe inden for bestemte korte perioder af året.

Dette må ses på baggrund af, at de enkelte klimafaktorerens mulige udsving fra den normale årstidsbestemte beliggenhed vil være begrænset, medens træartens krav til klimaet på afgørende måde ændres med årstiden. Idet træartens — eller rettere den forekommende proveniens' — klimatiske krav årlig gennemløber et kredsløb efter en forud fastlagt rytme, kan man, hvis man kender de klimaforhold, som har grænsevirkning for træartens udviklingsmuligheder, ret nøje fastlægge, hvornår disse klimaforhold gennem mulige afvigelser fra normalen kan blive kritiske for træarten. Vanskelighederne knyttet til disse kritiske perioder af året kan ofte spores ret langt fra de klimatiske grænser for træarten, f. eks. kan man i mange tilfælde vise samhörighed mellem årringsbreddernes variation fra år til år og visse klimaforholds variation inden for bestemte tidsrum af året (*Holmsgård, 1955*).

Idet de klimatiske forhold (med mulige variationer) i denne forbindelse må betragtes som givne for den enkelte vokseplads, må træarten for bedst muligt at tilpasse sig de givne kår gennemgå en selektion med henblik på de klimatiske vanskeligheder, der kan opstå inden for det kritiske tidsrum af året.

Evnen til at udvikle stærkt specialiserede racer synes at være meget forskellig for de enkelte træarter. Ædelgran viser således mindre tydelige raceforskelle end nordmannsgran, men samtlige arter synes dog at kunne udvikle typer, som i særlig grad er rustet til at tåle netop de klimatiske vanskeligheder, som er kritiske for arten i et givet klimatisk grænseområde.

Dette kan blandt andet ske ved, at træarten — uden at ændre sine krav i væsentlig grad — gennem selektion får tilpasset sin vækstrytme således, at de klimaforhold, som er farlige for artens udvikling i det pågældende område, normalt vil indtræffe på tidspunkter, hvor den udviklede type er mindre følsom overfor disse vanskeligheder end sædvanligt for arten. På tilsvarende måde kan der udvikles typer med anatomiske eller morfologiske

særpræg, som kan være særlig formålstjenlige under de givne kår.

Samtidig med at træarten således søger at blive resistent eller i det mindste mindre følsom over for vanskelighederne i de klimatiske grænseområder for arten, vil man se, at træarten under de givne makroklimatiske forhold i disse områder er stærkt afhængig af de mikroklimatiske forhold. Træartens naturlige forekomst f. eks. i de områder, hvor terrainhældninger ændrer den farlige klimapåvirkning, kan således på afgørende måde være terrainbestemt. Dette forhold er blandt andet meget iøjnefaldende for ædelgrans vedkommende. Hældningsretningen kan for denne træart få så stor betydning, at træartens konkurrenceevne — fjernt fra træartens klimatiske begrænsning — kan påvirkes i kendelig grad heraf, hvor træarten forekommer sammen med andre skyggetræarter. (*P. E. Müller, 1871.*)

Skovtilstanden — hvad enten den er skabt af mennesker eller gennem skovens naturlige udvikling — kan ligeledes få stor mikroklimatisk betydning og herigennem skabe betingelser, som midlertidigt eller varigt får stor indflydelse på en træarts udviklingsmuligheder.

Viser en træart ved dyrkning inden for et område, som geografisk ligger uden for dens naturlige udbredelse, tydelig afhængighed af visse klimaforholds variation, vil træarten inden for det nye område reagere, som om den befinder sig i et naturligt grænseområde, hvor disse klimaforhold har grænsevirkning for arten.

For at opnå den største dyrkningssikkerhed med træarten inden for det ny område må man derfor:

- 1) foretage proveniensvalg,
- 2) vælge voksepladser

og 3) gennemføre en skovbehandling, som sikrer træarten bedst muligt mod den skadelige påvirkning af de klimaforhold, som har grænsevirkning for arten.

ad 1) Da et biologisk forsvarligt proveniensvalg forudsætter, at de anvendte træer i særlig grad er i stand til at tåle de klimaforhold, som har grænsevirkning for arten inden for det nye vokseområde, bør man kun anvende provenienser, som stammer fra klimatiske grænseområder for arten, hvor de samme klimaforhold gennem den klimatiske rytme har grænsevirkning for

arten på samme tid som inden for det nye vokseområde. Kun inden for disse i biologisk henseende forsvarlige rammer kan man udvælge de i teknisk henseende værdifuldste provenienser for herigennem at sikre sig et materiale, som forener størst mulig forstlig værdi (god form og vækstenergi) med en sund og sikker udvikling på den nye vokseplads.

ad 2) Træartens dyrkning bør især henlægges til de egne inden for det nye vokseområde, hvor de klimaforhold, som har grænsevirkning, normalt bereder træarten de mindste vanskeligheder i den kritiske periode af året.

Voksepladsen bør endvidere vælges således, at den mikroklimatiske variation af de klimafaktorer, som indgår i de klimatiske vanskeligheder for træarten, afbøder disse vanskeligheder mest muligt.

ad 3) Såvel ved kulturanlæg som ved den senere behandling af træarten bør man udnytte de enkelte klimafaktoreres mikroklimatiske variationsmulighed til at sikre træarten bedst muligt mod de klimaforhold, som har grænsevirkning for arten.

Forudsætningerne for at dyrkningsbetingelserne sikkert og i tilstrækkelig grad kan bedømmes på grundlag af de klimatiske vanskeligheder i et grænseområde for arten vil være:

1) at de klimaforhold, som har grænsevirkning for artens udviklingsmuligheder, er nøje kendt, tidsfæstede og om nødvendigt analyserede i målelige klimafaktorer.

2) at jordbundsvanskeligheder ikke samtidigt begrænser træartens anvendelighed inden for området.

I sidstnævnte tilfælde kræves selvsagt videregående undersøgelser vedrørende de kombinerede klima- og jordbundsforholds indflydelse på træartens udviklingsmuligheder.

Undersøgelser på rent klimatisk grundlag vil således inden for vide rammer være tilstrækkelige til at belyse dyrkningsbetingelserne inden for et klimatisk grænseområde for en træart, der med hensyn til jordbundsforholdene viser nøjsomhed og tolerance.

Denne fremgangsmåde er tidligere anvendt ved undersøgelser af skovfyr og douglasgrans dyrknings- og proveniensproblemer i Danmark (*Løfting*, 1951 og 1952). Den synes for disse træarter at kunne give meget sikre resultater, idet begge disse træarter

hos os viser stor klimatisk følsomhed samtidig med, at de (bortset fra jordbundsklimatiske krav) stiller små fordringer til jordbunden. Proveniensforsøg med skovfyr, anlagt som parallelforsøg i forskellige egne af Jylland, bekræfter entydigt de slutninger, der tidligere er draget (*Løfting*, 1951) med hensyn til proveniensvalgets og dyrkningsbetingelsernes samhørighed med de klimaforhold, som har grænsevirkning for arten i Danmark.

Idet ædelgranens naturlige begrænsning er tydelig klimatisk betinget, medens træarten viser stor nøjsomhed og evne til at trives på meget forskelligartet jordbund, må man i henhold til det foranstående vente, at træartens proveniens- og dyrkningsproblemer i Danmark stort set må kunne klarlægges ved de klimaforhold, som betinger vor beliggenhed ved en klimatisk grænse for artens gode udvikling.

Fremgangsmåden kræver en nøje forståelse af ædelgranens særprægede klimatiske krav, specielt med hensyn til fugtighed, og en tilsvarende forståelse af særprægene ved vor klimatiske grænse for arten.

Undersøgelserne i de forskellige specialafsnit i beretningen tilsigter i første linie at bidrage til en forståelse af disse forhold, medens de foretagne sammenligninger mellem ædelgran og rødgranens fugtighedskrav bl. a. er foretaget for at anskueliggøre ædelgranens egenartede krav, som normalt vil give de klimatiske fugtighedsforhold langt større indflydelse på træartens udviklingsmuligheder end den jordbundsbedingede fugtighed.

De klimatiske fugtighedsmangler, som får grænsevirkning for ædelgran i Danmark, svarer herefter til de misforhold, der kan opstå, når man sammenholder træartens fugtighedskrav, som varierer i tilknytning til vækstrytmen, med de klimatiske fugtighedsbetingelser, som følger med vor årlige klimatiske rytme. Den periode af året, hvor uheldige klimavariationer kan fremkalde alvorlige klimatiske fugtighedsmangler samtidig med, at ædelgranen er særlig følsom over for stærk fordampning, kan betegnes som den kritiske periode for ædelgran i Danmark med henblik på træartens fugtighedskrav. De klimaforhold, som inden for den kritiske periode gennem deres variation bidrager til at hindre eller fremkalde tørkekriser med grænsevirkning for ædelgranens udvikling, er søgt analyseret i kendte klimafaktorer, som efter en vurdering af de enkelte faktorerers indflydelse er sammenstillet i en formel.

Denne formel er benyttet som grundlag for bedømmelsen af de klimatiske fugtighedsbetingelser for ædelgrandyrkningen.

Sideløbende med de klimatiske fugtighedsbetingelser har forårsnattefrost og i sjældnere tilfælde vintersvækkelser hos os grænsevirkning for træartens dyrkning. En undersøgelse af disse forhold indgår derfor i den endelige bedømmelse af dyrkningsvilkårene og deres variation fra egn til egn.

De klimatiske vanskeligheder, som begrænser *Abies Nordmannianas* udviklingsmuligheder i Danmark, er af samme natur som for ædelgranens vedkommende. Idet nordmannsgranmaterialet i undersøgelsen er opdelt i typer efter udspringstid og skudstrækningsrytme, anskueliggøres det dog, 1) at den kritiske periode såvel m. h. t. klimatisk fugtighedsmangel som m. h. t. forårsnattefrost forskydes fra type til type og normalt bliver mindre mærkbar for de sent brydende typer, samt 2) at modningsproblemet og herigennem vinterfølsomheden afløser de øvrige vanskeligheder for de sent brydende typers vedkommende.

ALMINDELIGE ERFARINGER VEDRØRENDE VORT ÆDELGRANMATERIALE OG TRÆARTENS KRAV.

På baggrund af vore proveniensforsøg tør man formode, at den ganske overvejende del af det hidtil anvendte ædelgranmateriale i vore plantager og skove kun viser relativt små proveniensbestemte forskelle ved dyrkning hos os, idet materialet som helhed stiller ret ensartede og strenge krav med hensyn til klima og skovbehandling.

Når vore ædelgraner stort set har vist ensartede, men kraftige reaktioner overfor tilsyneladende små klimatiske forskelligheder, skyldes det dels, at Danmark ligger omkring en klimatisk grænse for træartens gode udvikling, dels at træarten som helhed har en meget ringe klimatisk spændvidde og synes at have sværere ved at danne klimatiske specialracer end de fleste andre træarter. Dette gælder tilsyneladende navnlig for ædelgran fra de mellemeuropæiske områder, hvorfra vore frøimporter almindeligvis synes at stamme.

Den mærkelige ensartethed i det mellemeuropæiske ædelgranmateriales reaktioner hos os kan måske forklares på følgende måde:

1. Ædelgranen optræder i disse områder oftest sammen med bøg og rødgran og opnår i blanding med disse træarter sin smukkeste udvikling, men den kan, når den nærmer sig sin klimatiske tørkegrænse eller et område, hvor forholdene er optimale for en af de andre træarter, udkonkurreres. I Frankrig synes træartens nedre grænse således, forudsat tilstrækkelig nedbør, normalt at ligge i nærheden af en årsisotherm på 8°, idet bøgen her oftest vil standse ædelgranens videre fremtrængen. Hvor jordbundsforholdene ikke tiltaler bøgen, eller hvor denne f. eks. gennem stævningshugst er afløst af lystræer, kan ædelgranen trænge frem og få en udmærket

udvikling langt ud over denne grænse, som således på ingen måde kan betragtes som en tørke- eller varmegrænse for ædelgran. (*Poulsen, 1955*).

2. Skovrydninger i Mellemeuropa omkring de nedre skovgrænser (som netop har interesse for os) kan måske i andre tilfælde have berøvet ædelgranen de specialiserede forposter.
3. I disse områder har der tidligt, specielt i Tyskland, udviklet sig et planmæssigt, men hårdhændet skovbrug, hvis renafdrifter har været til ubodelig skade for ædelgranforekomsterne, idet afkommet er bukket under for forårsfrost eller er blevet distanceret af de under disse forhold mere hårdføre og sikkert startende rødgranplantninger.

Fra ædelgranens østlige og sydøstlige udbredelsesområde er der i beretningens 1. del omtalt ædelgranforekomster, hvis afkom synes at have mulighed for at give gode dyrkningsresultater i Danmark. Disse ædelgraner findes ved tørkegrænser for arten henholdsvis i Rumænien og Polen, hvor vanskelighederne synes at indtræffe omtrent på samme tid og på samme måde som hos os. Disse provenienser synes virkelig at være nået helt frem til artens tørkegrænser, idet den rumænske proveniens fra Lopus (*Strambu Lopusuli*) sammen med bøgen når ned til løvtræskove, der domineres af eg, avnbøg og birk ved Lopus, medens ædelgranen ved den polske tørkegrænse findes i blanding med lys-træer, som ikke vil være i stand til at fortrænge levedygtige ædelgraner, medens bøg og rødgran her spiller en underordnet rolle. Skovrydninger eller renafdrifter med påfølgende plantninger synes ikke at have fortrængt ædelgranen ved grænseområderne i disse tilfælde. En nøjere gennemgang af ædelgranens begrænsning i de vestlige og sydvestlige udbredelsesområder foretaget af forstkandidat *Gunnar Poulsen* 1954—55 viser, at træarten også her stedvis er nået helt frem til artens tørkegrænse uden at blive fortrængt af andre skyggetræer eller gennem menneskers indgreb. Frø til afkomsforsøg i Danmark med ædelgran fra nogle af disse forekomster blev indsamlet i 1955.

Selv om man tør håbe, at afkom af de mere specialiserede ædelgranforekomster, navnlig fra den polske tørkegrænse og Lopusområdet, ved dyrkning her i landet vil vise mindre følsomhed over for små klimatiske ændringer eller skovdyrkningsmæssige fejlgreb end normalt for arten, må man dog vente, at

også disse ædelgraner, mere eller mindre udtalt, hos os vil stille krav, der går i retning af det øvrige ædelgranmateriale. Træartens dyrknings- og vækstforhold i Danmark vil derfor i det følgende oftest blive omtalt, uden at der gøres forsøg på at udrede de særlige proveniensbestemte dyrkningsproblemer.

I modsætning til ædelgran synes *Abies Nordmanniana* (Spach.) at være opdelt i klimaracer, som kan afvige så stærkt fra hinanden, at deres krav til vokseplads og klima hos os går i forskellig retning. Dyrkningsproblemerne bliver herved afhængige af proveniensvalget på en sådan måde, at vort *Abies Nordmanniana*-materiale må deles i hovedgrupper, der skovdyrkningsmæssigt må opfattes, som om de var selvstændige træarter. Dette ejendommelige forhold skal senere blive omtalt.

For ædelgranens vedkommende vil det blive nødvendigt at foretage en del sammenligninger med rødgran; herved kan man bedre bedømme, hvilken plads, der bør indrømmes ædelgranen i vore hede- og klitskove, og lettere anskueliggøre træartens særprægede fugtighedskrav.

Både ædelgran og rødgran slutter sig inden for vore hede- og klitområder til gruppen af vandkrævende træarter og vil således, hvor andre faktorer ikke griber forstyrrende ind i billedet, befinde sig bedst i egne, hvor den klimatiske fugtighed er stor, medens deres sundhed og vækst på de fleste lokaliteter vil vise stor afhængighed af de enkelte års fugtighedsforhold, navnlig i forsommeren (Holmsgaard, 1955). For begge træarternes vedkommende gør fugtighedskravet sig så stærkt gældende inden for hede- og klitområderne, at der stedvis bliver tale om tørkegrænser, uden for hvilke skovdyrkningsmæssig anvendelse af den ene eller begge træarter bliver uforsvarlig.

Trods dette fælles grundtræk i de to træarters karakter synes vanskelighederne med hensyn til opfyldelsen af deres fugtighedskrav ikke at være af samme natur, idet de nævnte tørkegrænser får et for hver træart karakteristisk forløb og ikke behøver at være sammenfaldende eller parallelløbende fra sted til sted.

Betragter man de to træarters naturlige udbredelsesområder, får man umiddelbart indtryk af, at ædelgranens klimatiske spændvidde er langt ringere end rødgranens. Ædelgranens klimatiske begrænsning angives sædvanligvis at fremgå af følgende forhold: 1) Træarten forlanger en ret høj luftfugtighed i forbindelse med en anselig nedbør, 2) de unge ædelgraner er meget

følsomme over for forårsnattefrost, og 3) hård vinterfrost kan svække eller dræbe ædelgran.

Over for vinterkulde synes rødgran at være ædelgran klart overlegen, hvilket træartens langt videregående udbredelse i kontinental retning mod nord og øst vidner om; også over for forårsnattefrost er rødgran i kraft af sit senere udspring langt mindre følsom.

Med hensyn til klimatisk fugtighed stiller rødgran tilsyneladende mindre krav end ædelgran, idet træarten findes naturligt udbredt også inden for områder, hvor klimaet er for tørt for ædelgran; disse rødgranforekomster synes imidlertid betinget af gunstige jordbundsforhold, der kan afbøde klimatiske mangler som lav nedbør, tørkeperioder, stærk fordampning. Herved bliver rødgranens klimatiske fugtighedskrav en stærkt variabel størrelse, som er knyttet til jordbundsforholdene, navnlig til rodrummets indhold af optageligt vand i vækstperioden (rodrummets dybde og vandkapacitet, grundvand, vandbevægelse, terrænforhold).

At også ædelgranens udviklingsmuligheder i nogen grad kan sættes i forbindelse med rodrummets fugtighedsforhold, skal ikke benægtes; navnlig fra tysk side fremhæves dette meget stærkt. Således meddeler *Schmid & Zeidler* (1953), at ædelgranens trivsel i Bayrischer Wald m. fl. tydeligt varierer med jordbundens fugtighedsforhold, og *Olberg & Röhrig* (1955) anlægger samme syn på ædelgranens udvikling i Nordvesttyskland. For Danmarks vedkommende synes disse betragtninger kun at have større gyldighed under ekstreme jordbundsforhold, idet træartens sundhedsforhold hos os i almindelighed synes klimatisk (herunder mikroklimatisk) betinget.

Sammenligner man ædelgranens og rødgranens normale rodudvikling, får man umiddelbart indtryk af, at ædelgranen gennem sin dybtgående rodudvikling i langt højere grad end rødgranen vil være i stand til at indtage og fastholde et rodrum, som sikrer træartens vandforsyning ad denne vej. Når ædelgranen alligevel hos os stiller de skarpeste klimatiske fugtighedskrav, der fastholdes langt mere uændrede end rødgranens, selv hvor vandforsyningen i rodrummet er særlig rigelig, er der grund til at tro, at træartens alvorligste fugtighedsproblemer normalt må søges i forhold udenfor rodrummet.

I god overensstemmelse hermed synes ædelgranen inden for sit naturlige vokseområde at kunne gro på meget forskellig jordbund, selvom den opnår sin bedste udvikling på næringsrig, frisk bund med god vandbevægelse på nedbørsrige bjergskråninger. Den synes navnlig at foretrække nordhælder, hvor den undgår en for stærk fordampning, eller kløfter med stor luftfugtighed og hyppige tågedannelser; i særlig grad ynder den at optræde i blanding med bøg og rødgran. I henhold til *Krauss & Wobst* (1935) tåler ædelgran en finkornet, tæt lejret bund og egner sig således godt som blandingstræ på skiferbund.

Ædelgranens minimumskrav med hensyn til kalk skal være meget beskedent (*Ebermayer*, 1876), selvom den i udpræget grad formår at optage kalk og gennem sit nålefald at nyttiggøre kalken for omsætningen i jordbunden. Det gennemsnitlige kalkindhold i nålene angives således af *Wolf* (1880) til 2,43 % af tørstofindholdet (maksimalt 3,87 %), hvilket er omtrent som indholdet i bølgeblade, der normalt ligger omkring 2,4 %, medens rødgrannålenes gennemsnitlige kalkindhold ligger på 1,5 %. Træartens krav med hensyn til mineralindhold i jordbunden synes i det hele at være små (*Zentgraf*, 1949), langt mindre end bøgens og rødgranens, således at den i denne henseende nærmer sig skovfyrens nøjsomhed. Dens evne til at afgive kalk gennem sit affald vil, i forbindelse med et meget lavt silikatindhold i nålene, i almindelighed betinge et letomsætteligt affaldslag. Træarten må således ved at modvirke dannelsen af et surt, ondartet morlag betegnes som jordbundsforbedrende. I denne henseende synes den på ringere jord langt at overgå bøgen. *Krauss* angiver (1926) SiO_2 -indholdet i henholdsvis blade og nåle i % af tørvægten til 18,16 for bøg, 16,54 for rødgran, 2,35 for ædelgran og 2,06 for skovfyr i gennemsnit. Tallene varierer imidlertid stærkt efter jordbunden og ligger således for bøg mellem 5,95 % og 50,80 %, medens de for ædelgran ligger mellem 0,51 % og 4,97 %.

På kalkfattig jord, f. eks. i de fleste af vore hedeplantager, vil kalkindholdet i nåle og blade blive relativt lavt, medens silikatindholdet vil nærme sig sin øvre grænse. Selv om omsætningen af affaldslaget herved vil blive vanskeligere, kan ædelgran under disse forhold vise en forbavsende nøjsomhed, og den vil i sammenligning med rødgran og bøg som regel have et letomsætteligt humuslag, medens bøgen i ren bestand kan blive en ret kraftig mordanner på tilsvarende bund. I ekstreme tilfælde, hvor den

optagelige kalkmængde i jordbunden er minimal, danner ædelgranen dog også et udpræget surt morlag; *Wittich* (1952) har således i ukalkede afdelinger på Syke og Erdmannshausen distrikter fundet et kalkindhold i ædelgrannåle på 0,62 til 0,94 % og i bølgeblade på 0,72 til 1,46 % i forbindelse med en ondartet mordannelse under begge træarter.

Den bedre jordbundstilstand, man normalt finder under ædelgran i sammenligning med rødgran, i forbindelse med ædelgranens resistens overfor *Fomes annosus*, kan blive af den største betydning for vore hedeplantagers overgang til mere vedvarende og sunde skovtyper. Dette må bl. a. ses på baggrund af træartens almindelige rodudvikling, som nærmere skal omtales i det følgende.

Ædelgranens rodudvikling.

Ædelgranen udvikler normalt allerede i sit første leveår en lodretgående pælerod, som i de følgende år forstærkes, samtidig med at der efterhånden udvikles et kraftigt, mere overfladisk rodnet. Selv gennem en ret kraftig rødgranmor formår selvsåede ædelgraners rod hurtigt at trænge ned til den mineralske bund, hvorved planternes vandoptagelse sikres også på steder, hvor morlaget udsættes for udtørring i sommermånederne. Under tilsvarende forhold vil selvsåede rødgraner normalt visne, idet de små rødgranplanter ikke vil være i stand til at gennemtrænge et morlag af nogenlunde anselig tykkelse, men må indskrænke rodudviklingen til det øvre morlag (fig. 1).

Da frøvægten er langt større for ædelgran end for rødgran, kan dette i nogen grad forklare ædelgrankimplanternes særlige evne til — uafhængigt af mulighederne for næringsoptagelse — at sende kimroden ned gennem morlaget til den mineralske jordbund. Rødgranens mindre frøvægt forklarer derimod ikke, hvorfor de selvsåede rødgraners rødder ganske normalt bøjer af i morlaget, og hvorfor selv ældre rødgranplanter, som har udviklet et betydeligt overfladisk rodnet, ofte viser ringe evne eller tilbøjelighed til at sende rødderne ned i den mineralske jord under morlaget.

Selvom ædelgranplanterne straks koncentrerer sig om at udvikle en vertikal hovedrod, kan træartens rodvækst i almindelighed ikke betegnes som hurtig i sammenligning med rødgranens. Tværtimod har rødgran i fuldt lys, forudsat at næringsforhold

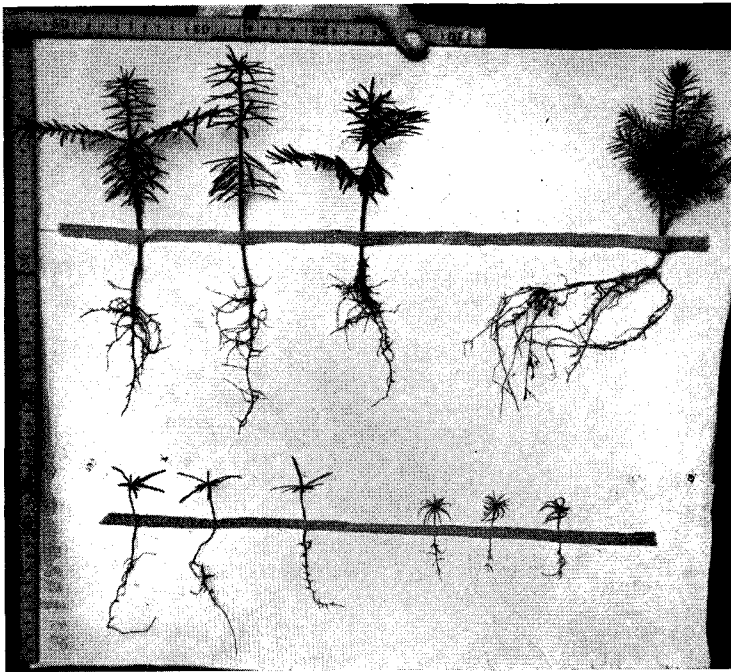


Fig. 1 Øverste række: 3-årige planter fra en såningskultur efter rækkevis fræsning, Gødning skov, afd. 11. Ædelgranerne viser den dybtsøgende hovedrod, medens rødgranens rod er bøjet af kort under overfladen, hvor et fladtstrygende rodsystem er under udvikling.

Nederste række: 1-årige planter fra fræsede striber, ædelgran og rødgran, Gødning skov, afd. 22. Man ser ædelgranernes lodrette hovedrod og rødgranernes svage rodudvikling. Fot. sept. 1951.

Fig. 1. Upper row: 3 years old plants from a seeding culture after scraping of rows, Gødning Forest, compt. 11. The deep-reaching main root of the Silver fir is seen, while the root of the Norway spruce is deflected a short distance below the ground surface, where a superficial root system is in course of development.

Lower row: 1 year old plants from scraped stripes, Silver fir and Norway spruce, Gødning Forest, compt. 22. The vertical main root of Silver fir and the weak root development of Norway spruce are seen. Phot. Sept. 1951.

og udviklingsmuligheder for rødderne er gunstige, en langt større samlet rodlængde end ædelgran allerede i det første år. Målinger udført af *Nobbe* gav for 1/0 planter i sandkultur følgende resultat (efter *Jost*, 1908):

Samlet rodlængde for ædelgran	992 mm
„ „ „ rødgran	1941 mm
„ „ „ skovfyr	11988 mm

Selv om ædelgranplanternes rodudvikling således i sammenligning med rødgran og skovfyr må betegnes som langsom under gunstige lys- og jordbundsforhold, viser ædelgran i modsætning til rødgran stor evne til igennem en længere årrække at opretholde en næsten uændret rodvækst trods ringe lystilgang (*Zentgraf, 1949*).

Skønt ædelgranernes øvre rodnet ofte bliver stærkt dominerende, efterhånden som træerne bliver ældre, bibeholdes normalt

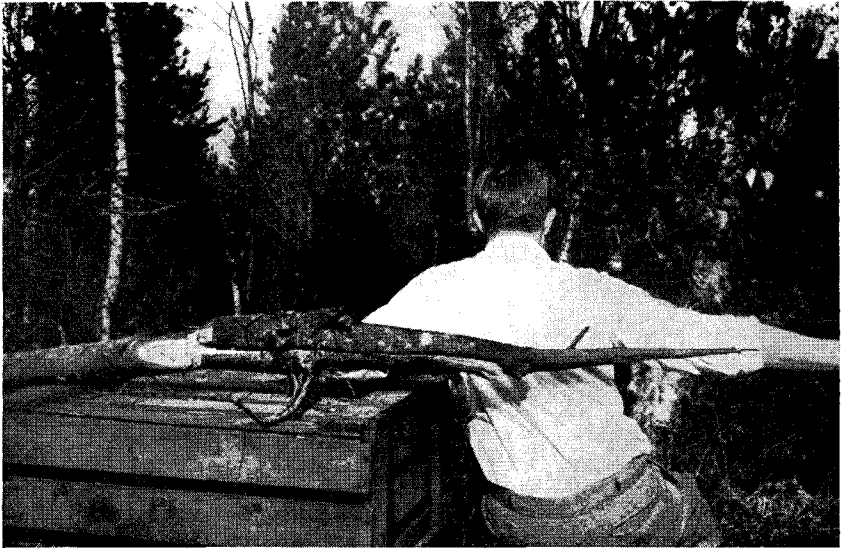


Fig. 2. Blåbjerg klitplantage. Ca. 1,50 m lang lodretgående hovedrod fra ca. 25-årig ædelgran på svært flyvesandslag. Fot. sept. 1951.

Fig. 2. Blåbjerg Dune Plantation. About 1.5 m long vertical main root of about 25 years old Silver fir on heavy layer of blown sand. Phot. Sept. 1951.

en kraftig, frisk, centralt stillet pælerod; kun ved forsumpning eller under særlig ugunstige (tætte) lejringsforhold i jordbunden synes pæleroden at måtte afskrives. I nogle tilfælde, som f. eks. i Ashøj plantage vest for Hurup, ser man, at de gamle ædelgraner på den tætlejrede jord har udviklet et vidtspændende, men fladt rodsystem samtidig med at den oprindelige pælerod som en meget beskeden, men stadig levende, centralt stillet, lodret, gulerodlignende tap fortsætter ca. $\frac{1}{2}$ m ned under det øvrige rodsystem. I hedeplantagerne vil pæleroden normalt trænge ned gennem det tidligere allag og ofte udvikles og bevares indtil en

ret anselig dybde; i klitsand synes pæleroden hurtigt at kunne finde ned til de overføgne jordlag, selv på steder, hvor flyvesandslaget er 1—2 m tykt (fig. 2).

Foruden den lodrette, dybtsøgende pælerod, som kan være af stor betydning for træarten under mange forhold, udvikler denne fra de kraftige siderødder et stærkt rodnet, som gennemvæver de øvre jordlag uden ensidigt at koncentrere de fine rødder i morlaget. I lidt ældre ædelgranbevoksninger får man indtryk af, at dette rodnet gennem sammenvoksninger mere eller mindre udgør et organisk hele for bevoksningerne; efter tyndinger viser dette sig ved dannelsen af levende Kallusvolde omkring stødenes snitflader.

Hvor jordens lejringsforhold i særlig grad gør den dybtsøgende rodvirksomhed fordelagtig, indskrænker ædelgranen sig ikke til at udvikle en kraftig pælerod, men sender fra det øvre rodnet et større eller mindre antal vertikale „vandhøtere“, som opløses i det særlig tiltrækkende jordlag. En sådan rodudvikling finder man ikke blot stedvis i klitplantagerne og i kytteheder, men også på stærkt blandede moræneaflejringer, hvor groft, sandet materiale dækker aflejringer med stort finkornsindhold og større næringsindhold (fig. 3 a og b).

Ædelgran viser således i relation til rødgran en udpræget dyb rodudvikling og synes desuden at bevare røddernes vitalitet på steder, hvor forholdene i hvert fald til tider må være vanskelige (i stor roddeybde, under granmor eller i meget tætlejret jord). Muligvis kan denne egenskab sættes i forbindelse med en rodrespiration, der, ligesom for egens vedkommende, er særlig lav (*Eidmann*, 1943), og med en særlig svampet, let opbygning af de finere rødder (*Iversen*, 1949). De dybestliggende fine rødder har ofte en karakteristisk afstumpet form og en meget løst opbygget, fortykket bark. Under særlig ondartede forhold (forsumpningskriser) vil man dog kunne iagttage en bortdøen af såvel pæleroden som de øvrige dybtsøgende rødder, ligesom meget tætlejret jord kan hindre dyb rodudvikling. Herved vil ædelgranen bl. a. blive stillet ugunstigt under senere tørkeperioder og synes samtidig at miste sin sædvanlige resistens overfor *Fomes annosus*. Dette forhold skal jeg senere vende tilbage til.

På baggrund af ædelgranens stærkt udbyggede rodsystem virker rødgranens rodudvikling mere variabel og usikker. I vore planteskoler og i kulturer på let bund, hvor jordbearbejdningen



Fig. 3 a.

har været dyb og kraftig, påbegynder rødgran bl. a. ved dannelse af den såkaldte „taprod“ en forholdsvis dyb rodudvikling, samtidig med at der udvikles talrige fladtstrygende rødder. Under særlig gunstige jordbundsforhold vil træartens dybtsøgende rodnet kunne udbygges (*Bornebusch*, 1931) og fastholdes, dels gennem taprodens udvikling, dels gennem „vandhenterne“ fra de øvre rødder. Dette kan man således iagttage i mange kytteheder, hvor det påføgne sandlag ikke er for mægtigt, og hvor mordanelsen endnu ikke er for stærk (fig. 4). Under disse forhold vil rødgranen oftest vise en ret konstant, god vækst, og angreb af *Fomes annosus* vil normalt være uden større betydning.

På almindelig, podsoleret hede vil rødgranens rodudvikling som regel være henvist til de øvre jordlag. Taprodens udviklingsmuligheder synes at ophøre på et tidligt tidspunkt, og man vil, navnlig i mange reolpløjningskulturer, kunne iagttage en tidlig



Fig. 3 a og 3 b. Gødding skov, afd. 39. Rødder på stormvæltet gammel ædelgran på stærkt blandet moræne. Træet har i 80—100 cm dybde fundet et lerholdigt lag. Man ser den meget kraftige, ca. 120 cm lange pælerod samt talrige vertikale „vandhentere“, som har opløst sig i det næringsrige og vandholdende jordlag. Fot. marts 1952.

Fig. 3 a & 3 b. Gødding Forest, compt. 39. Roots of windfallen old Silver fir on greatly mixed moraine. At 80—100 cm depth the tree has found a loamy layer. The very vigorous, about 120 cm long taproot is seen, as well as numerous vertical "water-suckers", which have been ramified in the nutritious, water-bearing stratum.
Phot. March 1952.

bortdøen af taproden og andre dybere søgende rødder. Samtidig indtræder der ofte en stagnationsperiode for rødgranbevoksningerne, medens det overfladiske rodnet synes at blive udbygget mest muligt, bl. a. ved en stærk udvikling af fine, ganske overfladiske rødder, som koncentrerer sig om morlaget. Gennem stadig bortdøen og fornyelse af disse rødder synes humustilstanden hurtigt at forværres; udviklingsmulighederne for de dybere liggende rødder forringes herved yderligere, medens det reducerede rodrum kommer til at yde en for ringe vandreserve til at imødegå tørkesvækkelser.

De herved opståede fugtighedsmangler synes i hvert fald på tør bund med ringe finkornsindhold at få en stærk dimensionsbegrænsende virkning for de ældre rødgranbevoksningers vedkommende. Samtidig bliver det enkelte års tilvækst stærkt af-



Fig. 4. Kompedal plantage, afd. 115. Rodsystem af en gammel, sund rødgran fra de ældste, ca. 150-årige plantninger på kyttehede. Stødet er vendt, så at man ser de talrige dybtsøgende „vandhenter“.

Fot. juli 1947.

Fig. 4. Kompedal Plantation, compl. 115. Root system of an old, healthy Norway spruce from the oldest, about 150 years old plantings on blown sand. The stump has been turned to show the numerous, deep-reaching "water-suckers". Phot. July 1947.

hængig af nedbørsforholdene i vækstperioden. Endelig synes *Fomes annosus* under disse forhold at finde gode angrebsmuligheder gennem de dræbte eller stærkt svækkede dele af rodsystemet (Jørgensen, Lund & Treschow, 1939).

De foranstående sammenligninger mellem ædelgrans og rødgrans rodudvikling synes i korthed at kunne sammenfattes på følgende måde:

Ædelgran udvikler normalt et dybtsøgende, forholdsvis lidt varieret rodsystem. Rodvæksten synes at være meget behersket, men synes at kunne gennemføres også under temmelig vanskelige jordbundsforhold, hvorved ædelgranen oftest vil kunne indtage og fastholde et anseligt rodrum.

Rødgran udvikler i modsætning hertil et rodsystem, som varierer stærkt efter jordbundsforholdene. Rodvæksten synes at foregå hurtigere end for ædelgrans vedkommende, men rødderne viser ringe evne til at trænge ned i tætlejret (formentlig iltfattig) jord og viser stor følsomhed over for vanskeligheder, der kan opstå i forbindelse med forsumpning. Resultatet vil i mange hedeplantager blive, at de dybereliggende rødder bliver dræbt, medens træarten koncentrerer rodvirksomheden i de øvre jordlag og gennemvæver morlaget med et tæt filt af fine rødder.

Betragter man de to træarters fugtighedsvanskeligheder i vore hedeplantager på baggrund af deres rodudvikling, bliver det sandsynligt, at rødgranen gennem en stærk koncentration af rødder i de øvre jordlag, hvor rodvirksomheden er mest energisk (*Ladefoged*, 1939) vil være i stand til hurtigt at mobilisere tilstrækkeligt vand til imødegåelse af en hård fordampning, så længe fugtighedsforholdene i de øvre jordlag er tilstrækkelige. Det er sandsynligt, at en stærk mykorrhizadannelse kan befordre denne vandoptagelse i kraft af den langt større overflade, som derved fremkommer (*Björkman*, 1944). Når de øvre jordlags vandreserve er opbrugt under en længere tørkeperiode, vil man derimod se, at der indtræder en alvorlig tørkekriser for rødgranerne.

Ædelgranens dybtsøgende rødder sikrer træarten et stort rodrum, således at ædelgranen i sit rodrum normalt disponerer over en langt større vandreserve end rødgran på tilsvarende bund. Ædelgranen bliver herved bedre sikret imod udtørring af rodrummet end rødgran. Derimod synes koncentrationen af fine rødder i de øvre jordlag at være langt mindre end hos rødgran, stærk mykorrhizavirksomhed i tilknytning til ædelgran er ikke almindelig, og endelig arbejder dybtgående rødder normalt meget langsommere end overfladiske rødder (*Ladefoged*, 1939). Når hertil føjes, at ædelgranens rodrespiration er lav og i forholdsvis ringe grad ændres med temperaturforholdene (*Eidmann*, 1943), kan der være grund til at tro, at ædelgran, trods større vandreserve i rodrummet, vanskeligere end rødgran vil kunne fremskynde vandoptagelsen til imødegåelse af hård fordampning.

På meget fladgrundede lokaliteter, f. eks. på en så tætlejret jordbund, at dybere rodvirksomhed umuliggøres også for ædelgran, eller på lokaliteter med højtstående, stagnerende grund-

vand, kan ædelgran ligesom rødgran blive udsat for tørkesvækkelser, som står i forbindelse med rodrummets utilstrækkelige vandreserve. Tilsvarende forhold kan iagttages, hvor træarten som følge af en uventet forsumpningskrise har måttet afskrive de dybtsøgende rødder (jvf. beskrivelsen fra Ål plantage).

Tørkesvækkelser på fladgrundet jordbund kan hos os blive helt ødelæggende for ædelgrandyrkning, idet de sædvanlige, klimatisk betingede tørkesvækkelser forstærkes ved rodrummets utilstrækkelige vandindhold. Et eksempel herpå finder man i Østerild klitplantage, hvor store arealer i hvert fald tidligere har været stærkt vandlidende, og hvor ædelgran i en uhyggelig grad bukker under for *Chermesangreb* m. m. på disse arealer.

Tørkesvækkelser (stærke *Chermesangreb* m. m.) i forbindelse med utilstrækkeligt vandindhold i rodrummet synes dog også at kunne forekomme på tør sandjord for ganske unge ædelgranbevoksningers vedkommende — selv i egne, hvor de klimatiske fugtighedsforhold for ædelgran er relativt gunstige. Således kan man fra Horsens-Silkeborgvejen på tørt, småbakket terræn omkring Salten å se stærkt ødelagte ædelgraner og *Abies Nordmanniana* under udmærket skovfyrsværn; i Klitvæsenets plantager kan man f. eks. i Vanned plantage i en plantning af ædelgran og *Abies Nordmanniana* under bjergfyr konstatere, at ædelgranerne pletvis er tørkesvækkede og chermesangrebne, hvor det overføgne sandlag har en anselig tykkelse. I disse tilfælde synes tørkesvækkelserne (alvorlige *Chermesangreb* m. m.) indskrænket til ganske unge bevoksninger, hvilket formentlig står i forbindelse med en for langsom udbygning af rodrummet, jvf. ædelgranrøddernes beskedne væksthastighed.

En noget bedre vandbalance — og herigennem større sundhed — synes unge ædelgraner at kunne få gennem grønkvistning, i hvert fald synes proveniensforsøget på Bregentved, hvor en ret kraftig grønkvistning er gennemført i alle parceller, at vise større sundhed end de øvrige sjællandske proveniensforsøg, ligesom en grønkvistning, foretaget i proveniensforsøget på Gurre distrikt i 1955, synes at have haft en gunstig virkning. Også vildtbidte ædelgraner synes, når de senere får lov til at vokse op, at have opnået bedre vandbalance, et eksempel herpå kan man se i Vilsbøl klitplantage, på tørt klitsand.

I disse tilfælde har kronernes reduktion nedsat kravet såvel til røddernes arbejdstempo som til rodrummets mængde af op-

tageligt vand. Forholdet må ikke forveksles med nattefrostens reduktion af kronerne, som direkte synes at svække træerne så stærkt, at den almindelige sundhedstilstand nedsættes, hvorved kraftige *Chermes*angreb ofte ledsager nattefrostens ødelæggelser — jvf. proveniensforsøget i Gludsted plantage, afd. 197, og de senere omtalte *Chermes*angreb i Storbritannien (side 46).

Medens unge ædelgraner på tør jord som nævnt kan tørkesvækkes, fordi rodrummet er for svagt udbygget, synes ædelgranens meget vedholdende rodvækst i det lange løb at være i stand til at oprette den fornødne vandbalance, også på tør jord. Et eksempel herpå danner en stærkt vindudsat, ca. 100-årig ædelgranbevoksning i Tvorup klitplantage (prøveflade OD), hvor jordbunden består af et mange meter tykt flyvesandslag, som udelukker enhver rodforbindelse med den underliggende jordbund.

Rodundersøgelserne er fortrinsvis foretaget på vindfælder efter stormen 11. februar 1952, som syntes at gå lige så stærkt ud over ædelgran som over rødgran, — medvirkende hertil var det utvivlsomt, at stormen de fleste steder i Jylland fulgte umiddelbart efter et kraftigt snefald af tøsne, som tildels frøs fast i træernes kroner og navnlig tyngede de kraftige, storkronede ædelgraner. Der blev på vindfælderne rig lejlighed til at sammenligne rodrummets dybde under ens ydre kår for de to træarters vedkommende. Ganske almindeligt kunne det herved konstateres, at ædelgranens rodrum var ca. dobbelt så dybt som jævnaldrende rødgrans på almindelig hedejord.

Sammenlignende undersøgelser viste således i Gludsted plantage, afd. 192, at ca. 75-årige ædelgraner umiddelbart syd for Tyvkærvej havde et kraftigt rodsystem i indtil 100—150 cm's dybde (i enkelte tilfælde indtil 180 cm's dybde), medens jævnaldrende rødgraner på samme lokalitet nåede 50—70 cm's dybde, undtagelsesvis 80 cm. Jordbunden i Gludsted plantage (hede-flade) har overalt et ringe finkornsindhold; den undersøgte lokalitet ligger dog i den bedre del af plantagen, hvor det aflejrrede smeltevandssand har en ret beskedent tykkelse, således at det stedvis må være muligt for dybtsøgende rødder at få kontakt med det dækkede morænesand og -grus.

I afdelingens nordøstlige hjørne har *F. Paludan* foretaget jordbundsundersøgelser, som har givet følgende resultat:

Fibrøs mor	0— 10 cm dybde
Blegsand, humusblandet, m. sten og grus	10— 30 „ „
Humøvs udfældning	30— 33 „ „
Rustjord, m. grus og sten, større sten nedtil, noget sammenkittet	33— 63 „ „
Rustjord, lysere og sandet, uden sten	63—108 „ „
Lys, rustfarvet udfældning	108—110 „ „
Lyst sand	110— „ „

Nordligere i Gludsted plantage, i afd. 74 umiddelbart øst for Silkeborgvej, viste rodundersøgelserne, at de ca. 65-årige ædelgraners kraftige, dybtsøgende, sunde rødder her opløses i 75—80 cm's dybde, medens jævnlende rødgraner kun når 40—45 cm ned i jorden og ofte er stærkt angrebne af *Fomes annosus*. Et jordbundshul viste:

Humuslag	0—10 cm dybde
Lysegråt blegsand	10—40 „ „
Rodfyldt gammel al og humusal	40—50 „ „
Groft gulligt sand	50— „ „

Finkornsindholdet er her lavere end i afd. 192, for undergrundens vedkommende næppe over 2 %.

På Feldborg distrikt, i Sevel plantage, afd. 101, viste tilsvarende rodundersøgelser på 59-årige ædelgraner og rødgraner, at ædelgranernes hovedrødder først opløstes i 100—110 cm's dybde, medens rødgranerne havde et meget fladt rodsystem, gennemgående kun 35—40 cm dybt; enkelte træer havde dog svage rødder i større dybde. Rødgranerne var her stærkt trametesangrebne, og den centrale del af rodsystemet viste sig oftest set nedefra som en sammenpresset, flad kegle uden nogensomhelst rodforbindelse med undergrunden, men i mange tilfælde med mere eller mindre rådne partier omkring den tidligere taprod.

Overgrunden er her (på bakkeø) stærkt forvitret, med langt større finkornsindhold og næringsrigdom end i Gludsted plantage (jvf. *P. E. Müller & Johs. Helms*, 1913). Arealet betegnes inden plantningen som lyngslette.

Et jordbundshul på grænsen mellem ædelgranerne og rødgranerne viser følgende jordbundsforhold:

Løst humuslag	0— 4 cm dybde		
Degraderet brunjord (svag blegsands- horisont)	5— 30	„	„
Mørk humusfarvet tæt udfældning med jævn overgang i	30— 40	„	„
Mørk brun, tildels sammenkittet fast rustjord med lysere pletter med jævn overgang i	40— 85	„	„
Lysere sand med uregelmæssige rustfar- vede tappe og spredte sten samt tildels sammenkittede knolde	85—120	„	„
Lyst sand	120—	„	„

Rødgranernes rødder synes således ikke eller kun i ringe grad at kunne trænge ned i de tætlejrede, sammenkittede jordlag, og træerne synes, trods den forholdsvis næringsrige bund, udsat for tørkesvækkelser, hvorimod jordbundsforholdene tiltaler ædelgranerne, som virker sunde og nu synes at stå i god vækst.

Sammenligningen mellem ædelgranens og rødgranens rodudvikling og rodrum bidrager til at forklare, hvorfor ædelgranen i vore plantager må betragtes som en jordbundsforbedrende træart, hvis skovskabende og -bevarende egenskaber bliver af uoverskuelig værdi for plantagernes videreførelse til vedvarende hedeskov.

De jordbundsforbedrende og skovbundsskabende egenskaber kan sammenfattes på følgende måde:

- 1) Affaldslagets godartethed, dels som følge af nålelagets værdifulde indhold og lette omsætning, dels som følge af de fine rødders livskraft, som forhindrer dannelsen af en sammenvævet, død rodfilt i affaldslaget.
- 2) De dybtsøgende rødders evne til at nyttiggøre undergrunden og til på længere sigt at udvide rodrummet for kommende trægenerationer ved at skørne og udlufte undergrunden omkring rodkanalerne.
- 3) Begge de ovennævnte forhold vil formentlig i forbindelse med ædelgranrøddernes vitalitet og resistens overfor *Fomes annosus* i det lange løb skabe gode betingelser for en sund rodudvikling, således at også andre træarter, som anvendes på arealet, vil blive mindre udsat for angreb af *Fomes annosus*.

Endelig forklarer de to træarters ulige evne til at sikre et tilstrækkeligt rodrum i vore plantager, hvorfor rødgranens tørkegrænser (sundhed, dimension og levealder) er langt stærkere dikteret af jordbundsforholdene end ædelgranens.

Resistens overfor Fomes annosus.

En af hovedårsagerne til ædelgranens stærkt stigende anvendelse i hede- og klitplantagerne må søges i trametesangrebenes stadig alvorligere karakter i plantagerne og i ædelgranens resistens overfor svampen.

Meget synes at tyde på, at denne værdifulde egenskab hos ædelgran i det væsentlige må sættes i forbindelse med ædelgranrøddernes omtalte evne til bedre end rødgranrødderne at tåle forsumpnings- eller tørkekriser i jordbunden uden at svækkes så stærkt, at et trametesangreb kan vinde større fremgang.

Derimod synes det ikke at være sandsynligt, at veddet i kraft af antistoffer besidder en ægte resistens overfor *Fomes annosus*. Fuld klarhed over disse forhold kan man kun få gennem laborieforsøg. Ædelgranens normale resistens overfor *Fomes annosus* fremgår af de foretagne rodundersøgelser, medens de få stærkt trametesangrebne ædelgranbevoksninger, jeg har set, synes at have været udsat for alvorlige svækkelser, inden angrebene har udviklet sig. Herved danner sådanne bevoksninger et fortrinligt materiale til påvisning af forudsætningerne for trametesangrebenes opståen og udvikling.

Som særlig instruktive skal forholdene i en nu stærkt reduceret ædelgranbevoksning i Ål plantage gennemgås. Den pågældende bevoksning, der er plantet omkring 1896, har gennem en længere årrække været fulgt med målinger, idet den indgik som prøveflade, anlagt af Klitvæsenet. Det er herved konstateret, at dens tilvækst og sundhedstilstand i en årrække har været god. Ved den sidste prøveflademåling (F. 1948) var tilvæksten gået noget tilbage, og træerne blev navnlig i årene 1948—50 påfaldende tyndnålede. Samtidig forekom der en del vindfælder, og nogle døende træer måtte fjernes, så at slutningen blev brudt, og prøvefladen måtte nedlægges. I 1951 sporedes en svag bedring for de bedste af de resterende træers vedkommende, og i 1952 så de fleste af disse træer sundere ud, samtidig med at deres tilvækst var blevet noget bedre.

Klitvæsenets prøveflademålinger viste, at den årlige, løbende tilvækst i tiden fra F. 1937 til F. 1943 havde været 17,57 m³ pr. ha og fra F.1943 til F. 1948 14,13 m³ pr. ha, medens den blivende bestand F. 1948 viste følgende tal pr. ha:

Stamtal	368 stk.
Højde	20,7 m
Diameter	34,2 cm
Grundflade	33,7 m ²
Stammemasse	363 m ³

I 1952 foretog vi med tilvækstbor (i 1,3 m højde) en bestemmelse af årringsgangen fra 1942 til 1952 på 10 af de overlevende træer. 5 af disse træer var ret tyndnålede, medens 5 blev valgt blandt de få træer, som havde normal, sund krone.

Til sammenligning blev der udtaget borepropper af 10 træer i Klitvæsenets ædelgranprøveflade i Lommeagre i Vrøgum klitplantage, afd. 23 a. De målte årringsbredder fremgår af tabel 1 og 2. Prøvefladen i Vrøgum plantage er plantet i 1899 på gammel agermark; hveranden række har oprindelig været bjergfyrr (bort-hugget inden 1937), som har trykket ædelgranerne en del, så at disse en tid har været holdt tilbage i vækst. Bevoksningen er nu (1956) absolut sund og kraftigt voksende. Den årlige tilvækst har efter prøveflademålingerne været: F. 1937 til F. 1944 13,7 m³ pr. ha, F. 1944 til F. 1951 18,1 m³ pr. ha, medens den blivende bestand F. 1951 viste følgende tal pr. ha:

Stamtal	998 stk.
Højde	15,9 m
Diameter	21,5 cm
Grundflade	30,6 m ²
Stammemasse	255 m ³

Selvom ædelgranernes begyndelsesvækst i denne bevoksning således har været betydelig langsommere end på prøvefladen i Ål plantage, har de løbende tilvækster 1937—1948 været af samme størrelsesorden, og jordbundsforholdene synes på de to lokaliteter at have visse lighedspunkter. En væsentlig forskel i jordbundsforholdene synes dog at bestå i, at man under bevoksningen i Ål plantage finder et ganske tyndt, sammenkittet, sandblandet lerlag i 70 cm dybde. Terrænet er i begge tilfælde fladt,

og begge bevoksninger er frembragt på gammel sandet agerjord. De gamle pløjelag består af gråt, humusfarvet sand med jævn overgang til det underliggende lyse, gulbrune, fine sand, som i Vrøgum er svagt lerblandet og indeholder en del småsten.

Den ejendommelige svækkelsestilstand, som ædelgranbevoksningen i Ål plantage viste, navnlig i årene efter 1947, gav anledning til en nøjere undersøgelse. Træerne syntes ikke i nævneværdig grad at være angrebne af *Chermes*, hvorimod man kunne konstatere et meget stærkt nålefald i forbindelse med vækststandsningen. På vindfældernes rødder og på næsten alle stød efter tyndingen i 1948 kunne man i de følgende år iagttage trametesfrugtlegerer. For at finde en forklaring herpå blev der i 1952 i forbindelse med de omtalte årringsboringer foretaget en rodundersøgelse. Bevoksningen var på det tidspunkt temmelig åben og jordbundstilstanden fortrinlig med en bundvegetation domineret af hindbær og sund ædelgranopvækst. De gamle træer, som blev undersøgt, havde alle den karakteristiske, meget kraftige, lodrette hovedrod, som overalt havde gennembrudt det tynde, tætlejrede lag i ca. 70 cm dybde for først at opløses i 110—135 cm dybde. Foruden disse rødder havde bevoksningen udviklet et kraftigt, overfladisk rodnet, hovedsagelig i det mørktfarvede, gamle pløjelag, medens der ikke herfra kunne påvises lodrette „vandhenter“. På samtlige undersøgte træer viste det sig, at de lodrette hovedrødder var dræbt neden under det tynde, tætlejrede jordlag, således at bevoksningens rodforbindelse med de dybere liggende jordlag var afbrudt (fig. 5). Det vil være naturligt at sætte angrebet af *Fomes annosus* i bevoksningen i forbindelse med disse forhold.

Man må formode, at tørkesommeren 1947 bragte træerne, hvis dybtsøgende rødder i forvejen var dræbt, i en kritisk situation, som fremskyndede bevoksningens opløsning, der i årene 1948—50 blev ganske åbenbar. Det kan måske være tvivlsomt, om trametesangrebene havde vundet fremgang i et sådant omfang, at de var blevet konstateret, hvis denne tørkesommer var undgået. Derimod synes det sikkert, at træerne, da tørken indtrådte, har været henvist til det overfladiske rodnet og herved afskåret fra den vandreserve, det dybtsøgende rodnet skulle sikre bevoksningen. Den mærkeligt ensartede og tilsyneladende samtidige afskrivning af de dybe rødder overalt i bevoksningen



Fig. 5. Ål klitplantage, klitvæsenets gamle ædelgranprøveflade. Dybt-søgende ædelgranpælerod, som er dræbt i ca. 70 cm dybde under overfladen. Fot. september 1951.

Fig. 5. Ål Dune Plantation. The old Silver fir sample plot of the Dune Preservation Authority. Dep-reaching Silver fir taproot killed at a depth of about 70 cm below ground surface. Phot. Sept. 1951.

tyder på, at der på et vist tidspunkt er indtrådt en kritisk situation, hvorunder disse rødder er blevet kvalt.

For at finde det sandsynlige tidspunkt herfor, og for om muligt at få klarhed over, hvordan denne situation var opstået, gennemførtes den omtalte årringsanalyse (1942—1952) i denne bevoksning (tabel 1) og, til sammenligning, i den sunde bevoksning i Vrøgum plantage, afd. 23 a (tabel 2). Resultatet er endvidere vist på fig. 6, hvor hver kurve angiver gennemsnitsværdier for radietilvæksten for 10 træer.

Selvom undersøgelsesmetoden: direkte måling af årringsbredderne på tilvækstpropperne ikke giver stor nøjagtighed for hver enkelt årringsbestemmelse, synes en sammenligning mellem de to kurver at give et meget klart billede af den svækkelse, træerne i Ål plantage har været udsat for.

De to bevoksninger ligger så nær hinanden (afstand 2—3 km) og har som nævnt så mange lighedspunkter, at det må være til-ladeligt at anvende tallene fra den sunde bevoksning i Vrøgum

Tabel 1. Klitvæsenets nedlagte Ædelgranprøveflade i Aal plantage. Aarringsbredder i mm, 1942 til 1952, bestemt ved tilvækstboring E. 1952.

Diam. E. 1952 cm.	1952	1951	1950	1949	1948	1947	1946	1945	1944	1943	1942
39	0.3	0.3	0.3	0.5	1.0	1.0	2.0	1.5	4.0	3.5	4.0
33	3.0	1.0	0.5	0.3	0.3	1.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7
30	1.5	1.0	0.5	0.4	0.3	0.7	1.0	1.5	1.0	0.7	0.7
34	0.7	0.8	0.3	1.0	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	2.2	2.0
40	0.7	0.5	0.3	0.8	2.0	3.0	2.5	4.0	2.5	4.0	4.5
34	4.5	2.5	2.0	1.5	1.0	1.5	1.0	2.5	2.0	3.2	3.1
34	2.5	0.5	0.3	0.5	0.3	1.0	1.0	1.0	2.0	1.2	2.2
39	0.7	0.7	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.8	1.3	1.0
34	0.8	0.5	0.3	0.3	1.0	0.9	2.0	1.5	2.5	2.0	3.5
36	1.1	1.0	0.4	0.3	0.3	0.6	2.8	1.1	2.0	1.5	3.5
Gennem- snit: (10 træer)	1.58	0.88	0.52	0.59	0.70	1.09	1.37	1.50	1.83	2.00	2.52

Tabel 2. Klitvæsenets Ædelgranprøveflade i Vrøgum plantage, afd. 23 a. Aarringsbredder i mm, 1942 til 1952, bestemt ved tilvækstboring E. 1952.

Diam. E. 1952 cm.	1952	1951	1950	1949	1948	1947	1946	1945	1944	1943	1942
25	3.0	3.0	2.0	2.6	2.0	2.0	3.0	2.7	2.0	1.7	1.8
25	1.2	1.0	1.1	1.7	1.5	1.5	2.6	2.0	2.2	2.0	2.0
29	4.0	3.4	2.8	2.6	2.9	2.5	4.2	2.6	2.1	1.9	1.5
31	4.2	4.5	3.2	3.2	4.0	2.8	5.2	4.0	3.7	2.5	2.4
29	5.1	5.2	4.4	4.2	5.2	4.2	5.7	3.2	4.0	3.0	3.8
31	4.1	4.2	3.9	3.2	4.0	3.8	6.5	5.0	4.0	3.3	3.8
25	2.6	2.1	2.6	2.3	2.4	2.3	4.3	2.8	3.0	2.1	2.4
24	3.0	2.8	2.9	2.7	1.9	2.0	3.2	2.0	2.8	1.9	2.1
21	1.8	1.5	1.1	1.3	2.0	1.9	2.8	1.6	2.6	2.3	2.3
27	3.1	3.1	3.2	2.4	2.0	2.2	5.9	4.2	4.1	2.9	2.8
Gennem- snit: (10 træer)	3.21	3.08	2.72	2.62	2.79	2.52	4.34	3.01	3.05	2.36	2.49

plantage til at vise de „normale“ variationer i årringsbredderne fra år til år for ædelgran på disse lokaliteter. „Normalkurvens“ forløb stemmer da også godt overens med vore erfaringer angående ædelgranens vækst i denne årrække.

Målingerne omfatter uheldigvis ikke årene før 1942, fordi man ved undersøgelsens iværksættelse koncentrerede opmærksomheden om årene omkring 1947, som man betragtede som det kritiske år for udviklingen.

I vækstperioden 1942 havde ædelgranerne i gennemsnit omtrent samme årringsbredde (ca. 2,5 mm) på de to forsøgsarealer. Derefter viser „normalkurven“ for hele perioden en svag stigning i radietilvæksten, med variationer fra år til år, særlig bemærkelsesværdige er den meget høje værdi i 1946 og den meget lave værdi i tørkeåret 1947.

Kurven for bevoksningen i Ål plantage giver derimod udtryk for en tydelig svækkelsestilstand, idet radietilvæksten er stadig aftagende til og med 1950. Virkningen af de enkelte års klimaforhold, som ses så tydeligt på „normalkurven“, kan skimtes, om end i stærkt afdæmpet form, på den nedadgående kurve indtil 1947. Svækkelsen i dette år synes at have fået så alvorlige følger for denne bevoksning, at tilbagegangen i 1948 er forstærket, til trods for, at „normalkurven“ i dette år viser en fremgang efter nedgangen i 1947. Tilbagegangen fortsætter i 1949 og 1950 i et mere afdæmpet tempo, hvorefter der i 1951 og navnlig i 1952 følger en ret stærk forøgelse af årringsbredden.

På baggrund af, at undersøgelsesmateriale fra Ål plantage er udvalgt blandt den del af træerne, som har formået at gennemleve krisen, kan man forstå, at de dårlige vækstforhold i 1947 fik meget mærkbare følger for den i forvejen stærkt svækkede bevoksning i Ål plantage.

Mere interessant er det imidlertid, at årringsgangen tydeligt viser, at disse ædelgraner i hvert fald allerede fra 1943 har mærket en svækkelse, som sandsynligvis må sættes i forbindelse med tabet af de dybtsøgende rødder. Man må derfor gå ud fra, at ædelgranerne i det mindste fra dette tidspunkt har været henvist til at klare sig med det overfladiske rodnet; dette har medført en almindelig tilvækstnedgang og en yderligere kritisk situation i tørkeåret 1947. Efter tabet af de dybtsøgende rødder har ædelgranerne således mistet den evne, de normalt besidder frem for rødgran, til at overvinde midlertidig udtørring af de øvre jordlag, og det synes derefter at have været muligt for *Fomes annosus* at udvikle sig i bevoksningen.

Klimatisk synes der ikke at være nogen begrundelse for en katastrofal roddød i bevoksningen i Ål plantage i 1943; meget tyder da også på, at denne har fundet sted tidligere, muligvis før vækstperioden i 1942. For perioden F. 1937 til F. 1943 har den gennemsnitlige årlige tilvækst været størst på prøvefladen i Ål plantage, men årringsbredden for de 10 prøver fra Ål plantage

T a b e l 3. Klitvæsenets nedlagte Ædelgranprøveflade i Aal Plantage. Årringsbredder i mm i årene 1938 til 1956 bestemt ved tilvækstboring F. 1957.

	1956	1955	1954	1953	1952	1951	1950	1949	1948	1947
1	0.7	0.8	0.6	1.3	1.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
2	0.4	2.0	2.1	3.8	2.8	0.7	0.7	1.0	0.4	0.9
3	0.5	0.4	0.5	1.6	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3	1.6
4	0.4	0.4	0.9	2.1	1.8	0.8	0.2	0.4	0.6	0.8
5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	0.7	1.1	1.2	1.2	1.7
6	0.4	0.4	0.8	1.2	1.2	1.4	0.9	0.8	0.4	1.3
7	0.3	0.6	0.8	1.1	0.7	0.4	0.3	0.2	0.4	0.9
8	0.7	0.7	1.5	1.3	0.9	0.9	0.5	0.6	0.8	0.5
9	0.9	3.6	5.4	3.9	5.1	1.4	0.5	0.4	0.4	1.8
10	1.5	3.1	3.9	4.8	5.3	3.0	1.2	1.0	1.0	1.3
	0.6	1.2	1.7	2.2	2.0	1.0	0.6	0.6	0.6	1.1

	1946	1945	1944	1943	1942	1941	1940	1939	1938
1	1.7	0.6	1.0	0.8	1.7	0.6	1.5	1.2	1.2
2	0.9	1.8	2.5	2.3	1.8	2.4	2.0	3.7	2.8
3	2.8	2.8	2.1	3.3	2.3	4.3	4.0	4.7	3.4
4	0.8	2.3	2.1	3.5	1.8	2.5	3.0	2.7	4.1
5	2.0	1.4	1.7	1.5	1.8	2.2	2.8	2.2	2.3
6	1.4	1.9	1.3	1.0	1.0	1.8	1.2	1.8	1.2
7	1.1	0.8	1.4	1.2	1.2	0.8	1.8	2.1	1.7
8	0.8	0.8	1.9	2.4	3.9	3.6	4.4	2.4	2.4
9	1.8	2.2	1.3	1.7	1.4	2.9	1.8	3.3	2.5
10	0.9	1.1	1.0	1.0	1.1	2.8	2.7	3.4	1.9
	1.4	1.6	1.6	1.9	1.8	2.4	2.5	2.8	2.4

(tabel 1) viser stor spredning i 1942, nemlig fra 0,7 mm til 4,5 mm, medens prøverne fra bevoksningen i Vrøgum plantage viser årringsbredder fra 1,5 mm til 3,8 mm i det samme år.

I håb om at opnå større klarhed m. h. t. tidspunktet for de dybtsøgende rødders død i Ål plantage foretoges i foråret 1957 en ny årringsundersøgelse i de to bevoksninger (med tilvækstbor) omfattende perioden 1938 til 1956. De resterende ædelgraner på den nedlagte prøveflade i Ål plantage var nu påny stærkt svækkede, og borepropper blev her udtaget i brysthøjde på de 10 træer, der syntes friskest (middeldiameter ca. 35 cm). På arealet i Vrøgum plantage udtoges borepropper af 10 kraftige ædelgraner (middeldiameter ca. 30 cm). Resultaterne fra de to bevoksninger fremgår af henholdsvis tabel 3 og tabel 4.

Tabel 4. Klitvæsenets Ædelgranprøveflade i Vrøgum plantage, afd. 23 a.
Årringsbredder i mm i årene 1938 til 1956 bestemt ved tilvækstboring F. 1957.

	1956	1955	1954	1953	1952	1951	1950	1949	1948	1947
1	2.0	2.8	2.8	3.3	3.0	3.3	1.9	2.7	3.4	2.3
2	2.5	2.5	2.8	3.0	3.0	3.0	2.8	2.9	3.8	2.9
3	2.8	3.1	2.9	4.2	3.3	3.4	3.4	3.6	3.0	2.6
4	2.9	3.8	3.9	4.2	4.4	3.9	2.7	3.4	3.1	2.7
5	2.4	3.0	4.0	4.6	3.9	3.3	3.2	2.8	2.7	2.5
6	1.5	1.9	1.7	2.0	1.9	1.9	2.0	2.0	2.2	2.1
7	2.8	2.6	3.2	3.7	3.3	2.8	2.6	2.3	1.9	2.3
8	2.7	3.2	3.2	3.8	4.3	4.4	3.6	4.1	3.6	3.0
9	1.6	1.7	1.7	2.2	2.2	2.4	2.1	2.2	2.2	2.6
10	4.2	4.2	4.2	4.6	4.3	3.5	2.8	3.0	3.5	3.9
	2.5	2.9	3.0	3.6	3.4	3.2	2.7	2.9	2.9	2.7

	1946	1945	1944	1943	1942	1941	1940	1939	1938
1	4.7	2.6	2.7	1.9	1.7	2.2	2.2	3.0	—
2	4.1	3.0	3.6	3.0	2.8	4.0	3.8	4.2	3.4
3	4.3	3.2	2.7	2.4	2.1	3.1	2.6	2.8	3.1
4	4.4	2.6	2.7	2.6	2.4	3.7	3.4	4.3	3.7
5	4.8	4.9	3.3	2.8	3.0	3.6	4.1	4.4	—
6	2.6	1.9	1.5	1.4	1.5	2.0	1.3	1.8	1.6
7	4.1	2.5	2.7	1.7	2.1	2.9	2.1	2.2	4.2
8	4.4	4.2	4.2	3.4	3.4	4.1	4.0	3.0	—
9	2.8	1.8	1.7	1.2	1.7	2.0	1.7	2.0	2.9
10	5.4	3.8	3.7	2.4	2.5	2.9	3.4	4.2	—
	4.2	3.1	2.9	2.3	2.3	3.1	2.9	3.2	(3.2)

De årlige gennemsnitstal for radietilvæksten i årene 1942—1952 viser en meget nøje overensstemmelse med resultaterne fra de første borer i 1952 for begge prøvefladers vedkommende, kun synes der i Ål plantage at være nogen uoverensstemmelse for året 1942. Selvom borepropperne næppe er udtaget af de samme træer i 1952 og 1957, vil man på fig. 6 se, at gennemsnitskurverne ved de to målinger praktisk taget er sammenfaldende to og to over en længere årrække. Betragter man gennemsnitstallene for de to borer i perioden 1942—1952 og gennemsnitstallene for den sidste boring omfattende perioden 1938—41 og 1953—56, ser man, at svækkelsen som følge af tabet af de dybtsøgende rødder i Ål plantage først har gjort sig tydeligt gældende på årringsbredden i 1944. Man bør dog ikke deraf

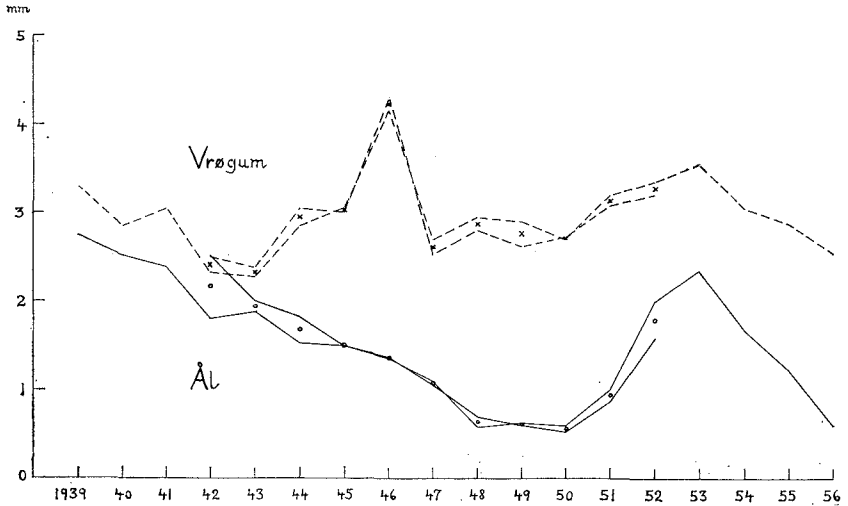


Fig. 6. Årlig radietilvækst i jævnaldrende ædelgranbevoksninger. Stiplede linier: Tilvækstgangen i den sunde bevoksning i Vrøgum klitplantage (henholdsvis efter boreriger 1952 og 1957). Fuldt optrukne linier: Tilvækstgangen i den trametesangrebne bevoksning i Ål klitplantage (henholdsvis efter boreriger i 1952 og 1957). X = gennemsnit for de to sæt boreriger i Vrøgum klitplantage. O = — — — — — Ål — — — — —

Fig. 6. Annual radial increment in Silver fir stands of the same age. Dot-and-dash lines: Rate of increment in a healthy stand in Vrøgum Dune Plantation (after borings in 1952 and 1957, resp.). Solid lines: Rate of increment in Trametes-attacked stand in Ål Dune Plantation (after borings in 1952 and 1957, resp.). X = average for the two sets of borings in Vrøgum Dune Plantation. O = — — — — — Ål — — — — —

slutte, at roddøden har fundet sted i 1944; allerede fra 1941 eller 1942 har radietilvæksten i den syge bevoksning i Ål plantage en jævnt aftagende tendens, som fortsætter gennem en længere årrække indtil 1950 uden at vise større relation til de enkelte års indvirkning på „normalbevoksningens“ årringsbredder. Det er endog mest sandsynligt, at de tre hårde vintre 1939/40, 1940/41 og 1941/42 kan have svækket ædelgranerne, og at navnlig de unormale klimatiske forhold i vinteren 1941/42 og foråret 1942 kan have medført vanskeligheder for de dybtsøgende ædelgranrødder i Ål plantage.

Dette kan forklares på følgende måde: Terrænet på prøvefladen er fladt med et ubetydeligt fald hen til det nærliggende tjenestested, der er adskilt fra bevoksningen ved en flad, bar

græsmark. Det tynde, sammenkittede jordlag, som i bevoksningen findes i ca. 70 cm dybde, strækker sig herfra ind under græsmarken helt hen til tjenestestedet. Lagets vandstandsændringer blev tidligere udnyttet til forsyning af en samlebrønd, der fandtes ved gården. Ædelgranrøddernes udvikling neden for dette lag må formentlig forudsætte, at der ikke forekommer en længere stagnation af vandet, specielt ikke i røddernes vækstperiode. I vinteren 1941/42, der var den hårdeste og seneste af de tre kendte isvintre, er det sandsynligt, at frosten ude på marken er trængt dybere ned end til det vandførende lag, hvorved der over dette lag, inde i bevoksningen, kan være indtrådt en vandstagnation, som har holdt sig langt hen på foråret og medført de dybtgående ædelgranrødders død.

For ædelgrans vedkommende synes en partiel bortdøen af dybtsøgende rødder ikke at være ualmindelig, kun synes ædelgranrødderne som nævnt dels at kunne tåle langt vanskeligere forhold end rødgranrødder, dels at være i besiddelse af en langt større evne til at regenerere. På en stormvæltet ædelgran i Dalgas plantage viste træets hovedrod, som var nået ca. 1 m ned under jordoverfladen, sig at være dræbt i ca. 50 cm dybde, men en ny dybtsøgende rod var under udvikling langs den ene side af den gamle rod. Rødgranernes rødder på denne lokalitet synes kun at nå ca. 40 cm dybde.

Selve trametesinfektionen kan i bevoksningen i Ål plantage være sket umiddelbart på de svækkede, men levende rødder; men det er også muligt, at svampen i nogle tilfælde saprofytisk, men som en latent fare for træerne, har udviklet sig på de tørre rødder og afventet en alvorlig svækkelsestilstand hos træerne for at kunne trænge op i de levende rødder. Om den første infektion med trametes på de udgåede hovedrødder er sket gennem rødder fra stød i bevoksningen, kan næppe med sikkerhed afgøres; men røddernes sammenvoksninger og samarbejdet mellem rodsystemerne inden for bevoksningens rodrum fremgår tydeligt af kallusdannelse omkring mange af stødene. Fig. 7 viser en blotlagt rod, som udgår fra et stadig friskt kalluslag omkring et mindst 6 år gammelt, stærkt opløst stød; billedet viser rodens sammenvoksning med et nabotræs lodrette hovedrod umiddelbart under den overfladiske del af rodsystemet. I dette tilfælde, hvor sammenvoksningen er sket på et sted, hvor nabotræets rod stadig er frisk, synes der ikke at blive tale om overførelse af



Fig. 7. Al klitplantage, klitvæsenets gamle ædelgranprøveflade. Sammenvoksning mellem en frisk rod fra et mindst 6 år gammelt stød og nabotræet. Fot. juni 1952.

Fig. 7. Al Dune Plantation, the old Silver fir sample plot of the Dune Preservation Authority. Coalescence of fresh root from an at least 6 years old stump and the neighbouring tree. Phot. June 1952.

trametes fra stødet gennem denne rod, — tværtimod er roden nu indgået i nabotræets produktionsapparat og kan gennem sin tilknytning hertil desuden bidrage til, at den stadig friske kallus skal omkring det gamle stød vedligeholdes.

. Den ganske usædvanlige vitalitet, som ædelgranrødder er i besiddelse af, synes som nævnt normalt at sikre træerne mod at bukke under for *Fomes annosus*, men dog må man, hvor jordbunds- og klimaforholdene indbyder særligt dertil, være forberedt på, at også denne træart kan angribes af svampen, omend disse angreb ofte indskrænker sig til særligt svækkede dele af rodsystemet og tilbagevises, når de når frem til mere livskraftige rødder.

Tilsvarende forhold kan iøvrigt konstateres for en del andre træarters vedkommende, selvom få eller måske ingen nåletræer besidder en så stor modstandskraft som ædelgran. Som et særlig illustrerende eksempel herpå er medtaget et billede (fig. 8) af



Fig. 8. Palsgård skov, afd. 73. Afgrænset trametesangreb på gammel douglasgran. Angrebets udbredelse er angivet på den hvide skærm (under de angrebne rodstykker). Forklaring i teksten. Fot. sept. 1952.
Fig. 8. Palsgård Forest, compt. 73. Limited Trametes attack on old Douglas fir. The extent of the attack is indicated on white screen (under the attacked root-pieces). For explanation, see text. Phot. Sept. 1952.

et stærkt begrænset trametesangreb (trametesfrugtleger kunne påvises) på et udsnit af en ca. 60-årig douglasgrans rodsystem (Palsgård skov, afd. 71). Billedet viser en del af en kraftig, overfladisk rod, hvorfra der bl. a. udgår to ret store, dybtsgående rødder. Den største af disse (til højre i billedet) har delt sig og udsendt en mere fladtstrygende rod, som krydser den anden dybtgående rod og er sammenvokset med den (i billedets venstre halvdel), hvorefter den fortsætter omtrent parallelt med den overfladiske hovedrod. Efter at de dybtgående rødder åbenbart er kommet i vanskeligheder, er den største af disse blevet totalt ødelagt af trametes, og herved er den oprindelige forbindelse med hovedroden afskåret, også fra forgreningen, som følgelig er dræbt hen til sammenvoksningsstedet med den anden rod. Herfra og udefter er den imidlertid fuldkommen sund, medens den dybtgående rod, som den er vokset sammen med, er dræbt fra sammenvoksningsstedet og nedad. På den hvide skærm er de dræbte dele af rødderne angivet med mørk farve. Angrebets

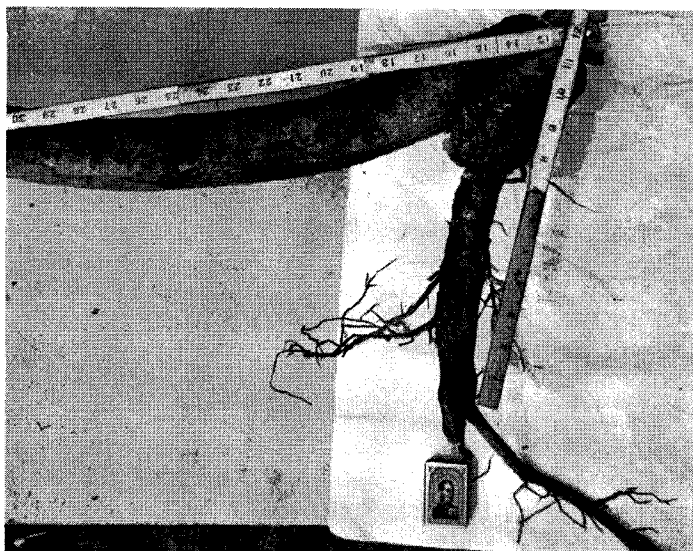


Fig. 9. Palsgård skov, afd. 73. Frisk (fladtstrygende) douglasrod, som ved en kraftig kallusvold synes at afsnøre en trametesangrebet rod. Fot. sept. 1952.

Fig. 9. Palsgård Forest, compt. 73. Fresh (superficial) Douglas fir root, which seems to ligate a Trametes-infected root by means of a vigorous callus formation. Phot. Sept. 1952.

forløb synes kun at få en rimelig forklaring ud fra den forudsætning, at de dybtgående rødder forud for angrebet har været svækkede, medens den mere fladtstrygende forgrening ikke har været udsat for en tilsvarende svækkelse og følgelig i kraft af sin sammenvoksning med den dybtgående rod (der er af samme størrelsesorden som den selv) har været i stand til at afvise svampens angreb, dels fra sammenvokningsstedet og udad, dels på det stykke af den dybtgående rod, som ligger ovenfor sammenvokningsstedet. Angrebet fra den store, dybtgående rod har fortsat ind gennem den store, fladtstrygende rod som en skarpt afgrænset, langsomt tilspidsende kegle omtrent op til træets rodhals, men bærer præg af at være gået i stå og indkapslet. Fig. 9 viser en frisk rod, som ved en kraftig kallusvold søger at afsnøre en død rod.

NOGLE ERFARINGER VEDRØRENDE ÆDELGRANDYRKNING
I DE NORDLIGE OG VESTLIGE DELE AF EUROPA
UDENFOR DE NATURLIGE VOKSEOMRÅDER.

I overensstemmelse med ædelgranens strenge, klimatiske krav synes træartens dyrkningsmuligheder udenfor dens naturlige udbredelsesområde at være stærkt begrænsede; til gengæld er det ved en fornuftig vurdering af klimataillene forholdsvis let at udpege de områder, hvor træarten med nogenlunde sikkerhed må kunne anvendes. Disse forhold er man først blevet opmærksom på, efter at man længe ret ukritisk havde anvendt ædelgran udenfor dens naturlige vokseområder. De første resultater heraf havde endog de fleste steder været så lovende, at dyrkningen, navnlig i Nordtyskland og Danmark, efterhånden vandt stor fremgang, idet man som følge af træartens gode egenskaber og stabile præg anså ædelgranen for at være en af de sikreste træarter, man kunne anvende.

Det virkede derfor i Tyskland som et overraskende og hårdt slag, da ædelgranen omkring århundredskiftet flere og flere steder blev udsat for *Chermes*angreb og „Tannensterben“. I tyverne nåede denne udvikling et så katastrofalt omfang, at videre dyrkning af træarten blev opgivet i store dele af Tyskland, samtidig med at ædelgranen blev betragtet som et usædvanlig upålideligt træ.

Man tør nu gå ud fra, at den primære årsag til træartens svigten over store områder må søges i de klimatiske forhold. Her synes der først og fremmest at være tale om utilstrækkelig klimatisk fugtighed, for det nordøstlige Tysklands vedkommende muligvis også om vintersvækkelser. I tilknytning hertil kan nævnes ædelgranens følsomhed overfor den regelmæssige højskovsdrifts hårdhændede metoder. (*Dannecker, 1954, Meyer, 1957, m. fl.*).

Mest iøjnefaldende, men trods alt af mere sekundær karakter, synes chermesangrebene at have været; at disse har været stærkt medvirkende til at give træerne „dødsstødet“ over store områder, bekræftes bl. a. af de heldige dyrkningsresultater, man havde opnået med ædelgran, inden chermesangrebene satte ind. Disse havde i forrige århundrede fra det sydøstlige Europa bredt sig gennem Mellemeuropa til Nord- og Vesteuropa, hvor de første alvorlige angreb blev iagttaget sidst i århundredet. Man kan nu gå ud fra, at chermesangrebene er nået frem praktisk taget overalt, hvor ædelgran er anvendt i Europa; i Sverige kan lusene således findes så langt nord på som ved Omberg øst for Vättern, hvor de dog er uden nævneværdig betydning.

Den katastrofe, som ramte ædelgrandyrkningen i Nordtyskland, fik næppe det omfang, man i 20'erne havde frygtet, i hvert fald blev ødelæggelserne i det nordvestlige Tyskland afdæmpede og mere lokalt præget af klima, jordbundsforhold, terræn og skovbehandling. Blandt de områder, hvor ødelæggelserne aldrig har haft nævneværdig betydning, er Østfrisland, hvor distrikterne Lütetsburg og Aurich i ca. 200 år med fortrinligt resultat har anvendt ædelgran, som nu er disse skoves hovedtræart. Forholdene på disse distrikter er behandlet af *G. D. Schmidt* (1951) og er af den allerstørste interesse for os. Distrikterne ligger ret nær den hollandske grænse ud mod Nordøsøen i et blæsende klima med stor luftfugtighed og tågevirkning og i et område, hvor saltnedslag og rodfordærver har gjort rødgrandyrkning usikker.

Klimaforholdene illustreres af følgende tal for temperatur og nedbør:

	Årtemp.:	Pentatherm.:	Absolut minimum for maj:
Aurich:	8,2°	14,1°	÷ 1,0°

Frost forekommer normalt ikke i maj—september.

	Årsnedbør:	Pentanedbør:
Plaggenburg (nær Aurich):	790 mm	369 mm
Norden (nær Lütetsburg):	750 mm	347 mm

Klimaet er med andre ord nært beslægtet med klimaet i Vestjylland, — dog noget varmere, idet pentathermen er lidt højere og den frostfrie periode længere end hos os; at pentathermens værdi er højere end i Jylland modsvares imidlertid af en større

sommernedbør. Dette maritime klimaområde dækker stort set området nord for 14,5-pentathermen fra Hollands nordvestkyst til Elben og er beslægtet med klimaet i den vestlige del af Holsten og Slesvig, som efterhånden går jævnt over i Vestjyllands klima. Tager man Frislandets store luftfugtighed og tågehyppighed i betragtning, ser man, at området i klimatisk henseende fuldt ud falder inden for rammerne af de primære krav, *Zentgraf* (1949) for Schwarzwaldområdet opstiller for større, naturlig



Fig. 10. Tyskland, Lütetsburg. Gamle ædelgraner med opvækst.
Fot. okt. 1953.

Fig. 10. Germany, Lütetsburg. Old Silver fir trees with natural regeneration. Phot. Oct. 1953.

ædelgranforekomst. Føjer man hertil, at ædelgran kun i ringe grad skades af saltnedslag og viser en ret god vindtålingsevne, forstår man, at træarten inden for dette område stedse har været sund, og at den, hvor læforhold og jordbund tillader det, opnår en produktion og dimensioner, som tåler sammenligning med de opnåede resultater inden for træartens bedste naturlige vokseområder (fig. 10).

Nogle nyere tyske undersøgelser over ædelgranens dyrkningsforhold i det nordvesttyske lavland (*Olberg og Röhrig*, 1955)

munder ud i, at god, dybgrundet jord eller tilgængeligt friskt grundvand er en betingelse for træartens gode udvikling i dette område. Man går endog så vidt, at man fremhæver, at ædelgran synes at blive alderdomssvækket tidligere end rødgran, overalt hvor rodrummets fugtighedsforhold ikke er særlig gunstige, hvorfor indblanding i rødgran på hedebund frarådes, medmindre der findes tilgængeligt grundvand.

Denne konklusion af undersøgelserne virker meget overraskende, idet den synes at være i modstrid med vore erfaringer med hensyn til ædelgrandyrkning i Danmark.

På samtlige danske hededistrikter vest for israndslinien viser ædelgranen, hvor det er lykkedes at få den med op — også på tør, farvelig sandbund — en mere vedholdende vækst og bedre sundhed i de ældre aldre end rødgran, hvorfor de nævnte nordvesttyske erfaringer i hvert fald ikke umiddelbart kan overføres på danske forhold.

Retfærdigvis skal det nævnes, at de omtalte tyske alderdomssvækkelser skal indtræffe i 80—120 års alderen for ædelgrans vedkommende, altså på et tidspunkt, da rødgran i Vestjylland og i mange midtjydske plantager forlængst er bukket under. Det er muligt, at mange ædelgranbevoksninger i denne efter vore forhold høje alder også vil blive svækkede i vore hede- og klitplantager, men dels vil vi normalt ikke tilsigte en højere omdriftsalder, dels vil et så langt åremål sat i relation til omdriftsalderen for de fleste andre nåletræer berettige, at vi kan betragte ædelgranen som en af de stabiliserende træarter i vore plantager.

For ædelgrandyrkning i Sydslesvig synes *Olberg* og *Röhrigs* bedømmelse af forholdene ikke at være helt fyldestgørende, idet træarten flere steder — også på tør, mager bund (f. eks. ved Karlum, Forstamt Flensborg) — viser en mere vedholdende vækst end rødgran. Ædelgranernes evne til at bevare dybe kroner i den vestlige del af Sydslesvig synes dog som helhed at være ret ringe, men dette kan stå i forbindelse med klimatiske forhold (*Løfting*, 1954) og med skovbehandlingen (*Meyer*, 1957) og bør næppe ensidigt tilskrives jordbundsforholdene, jvf. den senere omtale af „tågebæltets“ østlige beliggenhed i Nordslesvig.

Til støtte for en mere klimatisk bedømmelse af udviklingsbetingelserne for ædelgran fremhæver *Hermann Meyer* (1957), at den nordlige, naturlige begrænsning for ædelgran i Tyskland går igennem områder af stærkt varierende geologisk oprindelse,

uden at dette forhold øver kendelig indflydelse på træartens udviklingsmuligheder og sundhed:

„Dieser oft krasse Wechsel in den Gesteins- und Bodenverhältnisse hat in früheren Zeiten dem Tannenvorkommen keinen Abbruch getan, sofern der Standortsfaktor Boden nicht ausgesprochen geologisch flachgründig war.“

Karl Dannecker (1955) fremhæver ligeledes, at ædelgranens naturlige forekomst i hovedsagen er klimatisk betinget og nævner i denne forbindelse, at de lokalklimatiske forhold betinget af fugtighed, låge, dug, vindstyrke, luftbevægelse, elevation og terrainhældning muligvis har en lige så stor betydning som det sædvanlig angivne makroklima (temperatur og nedbør). Jordbundsforholdene får derimod betydning for, hvilke plantesamfund ædelgranen optræder i selskab med.

Både *Dannecker* og *Meyer* påviser, at ædelgranens stærke tilbagegang i Tyskland navnlig skyldes den førte hårdhændede skovbehandling — renafdrifter i forbindelse med frembringelsen af ensartede, ensaldrende bevoksninger. Som en modsætning hertil fremhæves ædelgranens gode udvikling og sundhed i mere uberørte blandingskove og forsigtigt drevne plukhugstskove, hvor „Tannensterben“ og angreb af *Chermes nordmannianae* (*Dreyfusia nüsslini*) synes at være uden betydning (*Graser*, 1931, *Hofman*, 1931 og 1937).

Skovbehandlingens (stærke hugstindgrebs) store indflydelse på betingelserne for angreb af *Chermes nordmannianae* gennem mikroklimatiske ændringer er endvidere iagttaget i Schweiz (*Schneider-Orelli*, 1939) og i Danmark (*Løfting*, 1954).

Omtrent samme gode forhold for ædelgrandyrkning som i Østfrisland må man som nævnt vente i det nordligste *Holland*. Det kan herfra nævnes, at man bl. a. under Assen skovdistrikt i en plantage ved Gieten kan se sunde mellemaldrende ædelgraner i blandingsbevoksninger; man finder her under japansk lærk og andre lysttræer en frodig opvækst af ædelgran og *Prunus serotina*. Plantagen er anlagt på meget godartet callunahede, jordbunden består af et sandlag på $\frac{1}{2}$ —3 m på lerunderlag, og grundvandet er inden for røddernes rækkevidde. Interessen for ædelgran synes iøvrigt at være meget ringe i *Holland*, hvor man sydligere, under varmere og mindre fugtige klimaforhold, som venteligt har haft dårlige erfaringer med træarten, medens blandt

nåletræerne navnlig douglasgran og japansk lærk her har fået stor anvendelse.

I *Belgien* dyrkes ædelgran med godt resultat i den sydøstligste del af landet, specielt i Ardennerne. Nord for Ardennerne er forholdene for ædelgran nogenlunde gode indtil en nordlig begrænsning langs floderne Sambre og Meuse (*Boudru*, 1946), idet angreb af *Chermes Nordmannianae* dog omtales som ret udbredte i de lavere højder. Nord for Sambre-Meuse linien bliver klimaet, ligesom i det sydlige Holland, for sommervarmt og tørt for ædelgranen.

I *Storbritannien*, hvor man i hvert fald i en del områder måtte vente gode udviklingsmuligheder for ædelgran, har der i en længere årrække kun været ringe interesse for træarten. Man kan dog finde spredte udmærkede gamle ædelgraner, hvorimod yngre kulturer næsten ganske mangler. Dette må dels ses på baggrund af stedvise, alvorlige chermesangreb, dels på baggrund af de lovende resultater, man har kunnet opnå med andre fremmede nåletræer. Sitkagran, Douglasgran, lærkearter og -krydsninger, *Tsuga heterophylla*, *Abies grandis*, korsikansk fyr m. fl. Man er dog i høj grad opmærksom på, at der i de udstrakte nyplantninger er brug for en træart med ædelgranens stabiliserende egenskaber, og man har derfor taget spørgsmålet om udvidet anvendelse af ædelgran op til overvejelse, samtidig med at der foretages indgående undersøgelser af de eksisterende ædelgranbevoksningers vækst og sundhed.

Undersøgelserne over chermesangrebene på ædelgran i Skotland (*Varty*, 1956) viser, at alvorlige angreb af *Chermes Nordmannianae* ikke indskrænker sig til de østlige, relativt regnfattige områder, men også kan påvises på lokaliteter i Argyll (Inverliever Forest), hvor klimaet beskrives på følgende måde: stor nedbør, omkring 80 inches (ca. 2000 mm), jævnt fordelt over året; en mild vinter, en kølig sommer, som ødelægges (for ædelgranen) ved forårsfrost på uheldigt sene tidspunkter. Jordbunden beskrives som dybgrundet og næringsrig på den laveste del af skråningerne, hvor ædelgranerne er plantet. Konstateringen af alvorlig chermesskade på ædelgran i denne nedbørsrige egn under usædvanligt gunstige jordbundsforhold kan virke overraskende; men gennemgår man beskrivelsen af udviklingen på 3 omtalte lokaliteter, vil man se, at angrebene er sat ind på et meget tidligt tidspunkt, og at udviklingen af de tilbageblevne

ædelgraner har været fortrinlig, — et mindre areal synes ikke at have lidt påviselig skade af chermesangreb. Disse forhold gør det sandsynligt, at årsagen til de nævnte angrebs alvorlige forløb må søges i svækkelser af de unge ædelgraner som følge af frostskaade.

Tilsvarende frostsvækkelser som baggrund for chermesangreb er også iagttaget i Danmark, jvf. omtalen af de kombinerede frost- og chermesødelæggelser i proveniensforsøget i Gludsted plantage, afd. 197 (*Løfting*, 1954, side 363). I Gludsted plantage viser de ædelgraner, som er kommet op over faren for forårsfrost — i lighed med ædelgranerne i Inverliever Forest — en god sundhedstilstand, hvilket understreger, at klimatisk fugtighedsmangel heller ikke der synes at svække træerne i særlig grad.

Uden at underkende *Vartys* meget grundige og objektive undersøgelser tør man derfor anse det for sandsynligt, at der vil være gode muligheder for ædelgrandyrkning i de nedbørsrige dele af Storbritannien, når blot de mest frostudsatte lokaliteter undgås. Måske tør man formode, at forholdene i områder med lav sommertemperatur i Vestskotland vil nærme sig forholdene i Vestnorge, hvor træarten foretrækker lune sydhælder.

I Norge viser ædelgrandyrkningen særlig interessante forhold. Almindelig ædelgran synes, hvor den har været forsøgt på Agderkysten og Vestlandet, praktisk taget at være fri for angreb af chermes. Dette gælder også de almindelige ædelgraner, som er plantet i nærheden af Trondhjem (nord for 63. breddegrad), men på dette sted er der tillige plantet *Abies sibirica*, som skal være stærkt angrebne. Omvendt finder man i det sydøstlige Norge, inde i landet mellem Oslofjord og den svenske grænse, chermesangrebne almindelige ædelgraner, medens *Abies sibirica* i dette område ikke synes at blive angrebet af chermes. Forklaringen herpå må formentlig være, at ædelgranen langs Agderkysten og den norske vestkyst får sit klimatiske fugtighedskrav fuldt opfyldt og iøvrigt formår at udvikle sig i hvert fald op til 63. breddegrad, medens utilstrækkelig klimatiske fugtighed og vinterkulde svækker træarten inde i landet, så at chermesangrebene får gode betingelser. Omvendt vil den kontinentalt prægede *Abies sibirica* finde sig tilrette inde i landet, men svækkes i kystområderne, hvor den derefter angribes af chermes.

Abies sibirica's klimatiske svækkelser på vestlandet synes ifølge Robak (1951) navnlig at hidrøre fra de stærkt skiftende

temperaturforhold i forårsmånederne, — jvf. svækkelser på kontinentalt prægede skovfyr og douglasgraner hos os. Også *Abies nordmanniana* synes på vestlandet, i modsætning til almindelig ædelgran, at blive angrebet stærkt af chermes; de klimatiske svækkelser, som danner baggrund herfor, skyldes sandsynligvis den sene vækstperiodes utilstrækkelighed (jvf. *Abies nordmanniana's* forhold i Danmark side 207). *Robak* anfører, at topskud på unge ædelgraner af og til fryser ned på visse lokaliteter som følge af dårlig skudmodning (efterårs- eller vinterfrost). Endelig omtales grentørre i forbindelse med angreb af *Nectria cucurbitula* (Tode) Fr., som synes at udvikle sig fra revnedannelser på grenene efter vintre med stærkt skiftende temperaturforhold (såvel på *Abies alba* som på *Abies nordmanniana* og andre abiesarter). Grentørre på småkviste, bl. a. på nordmannsgran og almindelig ædelgran, kan også være stærkt udbredt i Danmark i visse år efter sene vintre med stærke temperatursvingninger, f. eks. i forårene 1947, 1955 og 1956.

Langs den norske vestkyst og videre langs Vestagderkysten vil ædelgranens klimatiske fugtighedskrav fuldt ud være opfyldte, og selvom træarten stedvis synes at nærme sig en nedre grænse for sit varmekrav i vækstperioden, har den her overalt, helt op til Trondhjem, vist gode sundhedsforhold og vedholdende vækst (*Opsahl*, 1954). Ædelgranens dyrkningsmuligheder indenfor den del af området, hvor vækstperioden er køligst, er særlig interessant, fordi tørkesvækkelser og skadelige temperatur-ekstremer i hvert fald i kystområdet synes at være udelukkede. Vækstperiodens mere eller mindre tilstrækkelige varme (indstråling) synes således alene at få grænsevirkning for træartens anvendelighed, en vis parallel hertil synes man i Danmark at have for de senest udspringende nordmannsgraners vedkommende (hvorom senere, side 215). I overensstemmelse hermed finder ædelgranen i dette klimatiske grænseområde de bedste betingelser „i lune solbeskinnede dalsider og fjordbunner“ (*Opsahl*, 1954).

Helt andre reaktioner overfor voksepladsen kan man vente langs kysten af Østtagder, omkring Oslofjord og i det sydlige Sverige; her vil fordampningen i vækstperioden blive stærkere og nedbøren mindre, medens vækstperiodens varmekræfter rigeligt vil sikre skudmodningen. I disse områder bliver dyrkningsproblemerne derfor af samme natur som i Danmark, bortset fra

at temperaturekstremerne i højere grad vil få grænsevirkning for træartens anvendelse, når man fjerner sig fra kystområdet.

I det halvkontinentale klima, som omfatter det norske østland og hovedparten af Sverige, vil ædelgran ikke med fordel kunne anvendes. Dels vil træarten i bedste fald blive stærkt svækket af frost og fordampningskriser, dels vil såvel skovfyr som rødgran her finde gode vækstbetingelser.



Fig. 11. Sverige, Bohuslän. Blandet ædelgran- og rødgranbevoksning i nærheden af kysten ca. 30 km syd for Strömstad. I forgrunden selv-såning af ædelgran. Fot. juli 1952.

Fig. 11. Sweden, Bohuslän. Mixed stand of Silver fir and Norway spruce near the coast about 30 km south of Strömstad. In the foreground natural regeneration of Silver fir. Phot. July 1952.

I Norge samler interessen for træarten sig derfor om Vestlandet og de sydlige kystegne (*Opsahl, 1954*), navnlig i forbindelse med de storstilede plantningsplaner på Vestlandet under forhold, hvor skovfyr og rødgran møder vanskeligheder.

For *Sveriges* vedkommende synes ædelgranen kun at finde sig til rette i en forholdsvis lille del af landet, specielt i det vestlige Bohuslän, i Halland og Skåne samt iøvrigt indenfor begrænsede områder i den sydlige del af landet (f. eks. Omberg øst for Vättern). Endvidere må en større, berettiget anvendelse af træ-

arten også her forudsætte, at i det mindste rødgrandyrkning har mødt vanskeligheder eller har vist sig uheldig; dette er imidlertid netop tilfældet flere steder indenfor de førnævnte områder, hvor ædelgran kan komme i betragtning.

I det fugtige, blæsende, stærkt maritime klima langs Bohuskysten begrænses både skovfyrrens og rødgranens udviklingsmuligheder kendeligt, og man kan på denne strækning finde enkelte gode, sunde småbevoksninger af ædelgran (fig. 11) med udmærket evne til at give selvsåning. I de hallandske høder, hvor klimaet er blæsende og fugtigt, og hvor både skovfyr og rødgran er udsat for stærke trametesangreb, må man vente, at en større anvendelse af ædelgran efterhånden vil blive formålstjenlig.

De svenske erfaringer synes at vise, at ædelgranens vedkvalitet såvel til savværksbrug som til cellulosefabrikation praktisk taget svarer til rødgranens, og den betales med samme pris, forudsat at der kan leveres et tilstrækkeligt kvantum ad gangen.

Meget interessant er ædelgranens anvendelse på Omberg (Östergötland), idet man her finder en lokalitet, som trods sin ret nordlige beliggenhed inde i landet synes at tiltale træarten i særlig grad. En gennemgang af de særlige klima-, jordbunds- og bevoksningsforhold i Omberg Kronopark kan derfor yde et bidrag til vor forståelse af træartens natur.

Omberg er et isoleret bjerg eller højdedrag, som hæver sig stejlt op over Vättern på søens østlige bred, medens det mod nord og syd omgives af lavere liggende frugtbart agerland og mod øst når omtrent til søen Tåkern. Klimatallene fra den nærmeste meteorologiske station, Linköping, som ligger ca. 50 km øst for Omberg, synes ikke i særlig grad gunstige for ædelgran: Årsnedbør 511 mm, årstemperatur 6,3°, pentanedbør (1/5—30/9) 275 mm, pentatherm 13,5° med en tilsvarende ret lav vintertemperatur. Alt tyder dog på, at de klimatiske forhold på Omberg afviger stærkt herfra: Vättern med sin store udstrækning og sit usædvanlig dybe og sommerkolde vand virker som en kraftig varmeregulator, der i forbindelse med skovens beliggenhed i 200—250 m højde over havet vil formindske den lokale pentatherm ganske betydeligt; samtidig må man vente, at den pludselige stigning fra Vätterns vandspejl (88 m over h.) til Ombergs top (263 m over h.) vil give anledning til en følelig lokal forhøjelse af nedbør, luftfugtighed og tågedannelse, og endelig må det fremhæves, at forårsnattefrost af betydning synes at være

et ret ukendt begreb på selve Omberg. Rent lokalt vil dette, ganske vist i et ret lavt temperaturplan i vækstperioden, give gode klimatiske betingelser for ædelgrandyrkning. Grundfjeldet, der består af granit og porfyr, er næsten overalt dækket af moræneler, som for størstedelen er dannet af de omgivende sletters kambrisk-siluriske kalksten og alunskifer.

Det gunstige klima og den rige, finkornede og vandbindende bund giver udmærkede vækstbetingelser for mange løvtræer, hvoraf foruden eg og birk skal nævnes bøg og ask, der begge viser stor evne til selvsåning, endvidere lind, elm, el, ær m. fl. Langt det største areal har dog gennem de sidste 2—300 år været indtaget af rødgran, oprindelig som naturskov. Senere, navnlig efter 1858, da jägmästare *C. M. Sjögren* kom til at bestyre distriktet, er hovedparten af den naturlige rødgranskov forynget og erstattet med kulturskov, hovedsagelig af rødgran (tyske provenienser), lærk (oprindelig europæisk lærk, senere tillige andre lærkearter), skovfyr, endvidere udmærkede ædelgranbevoksninger (udgør ca. 5 % af skovens samlede vedforråd) og småarealer med flere andre nåletræarter. Endelig skal det nævnes, at man navnlig på skrænterne ud mod Vättern finder naturligt forekommende taks. Blandt nåletræerne viser navnlig ædelgran, men også i vid udstrækning rødgran stor evne til selvsåning, hvorfor man overalt i skoven, hvor lysforholdene tillader det, finder en rigelig opvækst. Jordbundstilstanden er under samtlige træarter fortrinlig med muld- eller kalkbundsplanter (blå anemone, bingelurt, nælde, hindbær o. s. v.) overalt, hvor lysforholdene tillader det. Affaldslagets pH-værdi er meget høj og varierer mellem 7 og 8. Trods en frodig vækst angribes de fleste nåletræer stærkt af trametes; dette gælder i første række rødgran, men også tildels skovfyr og lærk, hvorimod ædelgran overalt viser en fortræffelig sundhedstilstand og vedholdende vækst.

Af Skogsforskningsinstitutets prøveflader i ædelgran fremgår det, at den løbende tilvækst i en 88-årig ædelgranbevoksning endnu var 11,3 m³ pr. ha (højde 29,3 m, diameter 41,6 cm); på dette tidspunkt (1947) blev der foretaget en lysningshugst. Bevoksningen er stadig livskraftig og står over en stærk opvækst af ædelgran og rødgran (fig. 12). Prøveflader til sammenligning mellem ædelgranens og rødgranens vækst på Omberg synes at vise, at de to træarter i ca. 60 års alderen har omtrent samme dimensioner; derefter synes rødgranens tilvækst



Fig. 12. Sverige, Omberg. Ca. 90-årige ædelgraner med undervækst af selvsåede ædel- og rødgraner. Tåget novemberdag 1952.

Fig. 12. Sweden, Omberg. About 90 years old Silver fir trees with undergrowth of selfsown Silver fir and Norway spruce trees. Foggy day in November 1952.

at blive kendeligt ringere end ædelgranens, formentlig først og fremmest som følge af tiltagende trametesangreb.

For *Danmarks* vedkommende viser ædelgrandyrkningen en meget interessant udvikling, som kan sættes i nøje forbindelse med vor klimatiske beliggenhed omkring den nedre fugtighedsgrænse for træartens trivsel samt med lokalbestemte variationer i den sene forårsnattefrost.

Efter *von Langens* indførelse af ædelgranen i de nordsjællandske skove i årene fra 1762 fulgte en større anvendelse af træarten over hele landet. I ø-skovbruget kulminerede anvendelsen af ædelgran omkring begyndelsen af dette århundrede; på dette tidspunkt gjorde chermesangrebene sig for alvor gældende

og bevirkede her som i større dele af Europa, at dyrkningen i de følgende årtier mange steder blev opgivet.

I de nedbørsrige hedeområder i Midtjylland oplevede man som følge af forårsnattefrost mange skuffelser med ædelgran i de første plantageanlæg, og interessen for træarten kølnedes derfor på et tidligt tidspunkt. Imidlertid viste de tiloversblevne rester af de gamle ædelgrankulturer en sådan grokraft og sundhed, at man atter fik interesse for træarten, som derefter — beskyttet mod nattefrost af 1. generation eller forkulturer — fik en fornyet anvendelse i hedeplantagerne. Denne anvendelse af træarten er senere i stigende grad fortsat, efter at man har konstateret, at chermesangrebene i disse områder har været stærkt afdæmpede, og efter at trametesproblemet er blevet alvorligt for vor rødgrandyrkning; samtidig er interessen for at indblande ædelgran i førstegenerationsbevoksningerne påny blevet vakt. I klitterne og de vestligste hedeegne, Thy og dele af Vendsyssel, hvor rødgrandyrkning bl. a. som følge af saltnedslag har vist sig at være uheldig, og hvor forårsfrostens virkninger mange steder er mindre alvorlig, har interessen for ædelgran stadig været stigende, således at træarten her må betragtes som en hovedtræart.

Trods træartens svigten i nogle egne af landet på grund af chermesangreb og trods kulturvanskeligheder som følge af forårsnattefrost er ædelgranens anvendelse indenfor dansk skovbrug nu i stadig fremgang. Hovedinteressen for træarten er dog flyttet fra ø-skovbruget til hede- og klitområderne, hvor dyrkningen i mange egne har nået et meget stort omfang. Alene fra Hedeselskabets planteskole i Tolne (Vendsyssel) udleveres der således ca. 2 mill. ædelgranplanter til udplantning årligt. Ædelgranens svigten i nogle dele af landet, ofte hvor jordbundsforholdene er udmærkede, og dens store værdi til opbygning og sikring af skov i andre dele af landet, ofte under meget vanskelige jordbundsforhold, viser med al tydelighed, at vi ligger i nærheden af en klimatisk grænse for træartens dyrkning.

Dette forhold blev påvist gennem en undersøgelse over ædelgranens sundhedsforhold i Danmark, foretaget af skovrider *Aa. Bavngaard* på Dansk skovforenings foranledning (*Bavngaard*, 1926). Denne undersøgelse, der blev foretaget efter en periode, der havde været kritisk for ædelgran, ikke blot i Danmark, men over store dele af Mellemeuropa, har sikkert medvirket til at

forhindre en panikagtig opgivelse af træarten hos os og til at fremme forståelsen af de enkelte egners mere eller mindre gode klimatiske betingelser for træartens udvikling.

I de efterfølgende 30 år har ædelgran som nævnt fået stadig større betydning for vore hede- og klitskove; samtidig er træartens økologi, specielt dens krav med hensyn til klimatisk fugtighed, blevet behandlet fra mange sider i udlandet. På denne baggrund synes det muligt og påkrævet at yde et bidrag fra dansk side på dette område til belysning af ædelgranens krav til vokseplads og skovbehandling hos os.

DE NEDRE GRÆNSER FOR ÆDELGRANENS NATURLIGE UDBREDELSE (KLIMATISK BETINGEDE TØRKEGRÆNSER)

Ædelgranens naturlige udbredelse og begrænsning er omtalt, dels i „Danmarks ædelgranproblem, 1. del“, dels tidligere i denne beretning. Jeg skal derfor som indledning til dette afsnit blot ganske kort gentage, at ædelgranens naturlige udbredelse er knyttet til Mellem- og Sydeuropa, og at træarten indenfor dette område findes i nedbørsrige bjergegne, hvor den har en ret stor geografisk udbredelse, idet den er i stand til at vokse på meget forskellig jordbund. Dens krav til jordbundens næringsindhold synes beskedne, samtidig med at dens evne til at vokse på tæt-lejret jord er langt større end rødgranens og bøgens. Ædelgranens klimatiske krav er derimod meget strenge (jvf. side 13—14), således at træartens naturlige begrænsning stort set bliver klimatisk betinget.

De nedre grænser for ædelgranens naturlige udbredelsesområde — specielt de ydre grænser mod lavere liggende slette-land — synes i almindelighed at være klimatisk betingede tørkegrænser, som skyldes, at ædelgranen møder en for hård fordampning (stigende sommertemperatur i forbindelse med lavere luftfugtighed); hertil er i mange tilfælde knyttet større fare for forårsnattefrost. I denne summariske fremstilling af forholdene ses der bort fra eventuelle vinterkuldegrænser ved artens østlige udbredelsesområder, fra menneskers indgreb og fra den fortrængning fra grænseområderne, som ædelgranen ofte udsættes for som følge af bøgens øgede konkurrenceevne i de nedre udbredelsesområder, hvor bl. a. den større sommervarme synes at begunstige bøgen på ædelgranens bekostning.

Jordbundsforholdenes ringe indflydelse på tørkegrænsernes beliggenhed tyder på, at de klimatiske vanskeligheder, som begrænser ædelgranens udbredelse, i første række må søges i forhold udenfor rodrummet. Jordbundens ringe betydning i denne

forbindelse kan synes mærkelig; forholdet må dog ikke forveksles med jordbundens indflydelse på træernes væksthastighed (bonitet); denne indflydelse gør sig gældende for ædelgrans vedkommende såvel som for andre træarter og kan iagttages overalt. Man kan f. eks. i Normandiet, hvor træarten befinder sig nær ved en klimatisk tørkegrænse, finde ædelgran af god bonitet under gunstige jordbundsforhold såvel som ædelgran af ringe bonitet under dårlige jordbundsforhold — ganske tilsvarende iagttagelser kan man imidlertid gøre fjernt fra træartens tørkegrænser under lignende jordbundsforhold. Skovdyrkningsmæssigt kan ædelgranens tilstedeværelse være rigtig i alle disse tilfælde, idet dens udvikling må ses i relation til de øvrige træarters udvikling på tilsvarende lokaliteter.

Tørkegrænsernes umiddelbare nærhed giver sig udslag i tydelige svækkelser, som synes at indtræde i forbindelse med år, hvor de klimatiske fugtighedsforhold for ædelgran er særlig mangelfulde. Disse svækkelser medfører

- 1) ujævn tilvækstgang (vækstforstyrrelser i klimatisk uheldige år),
- 2) unormalt nålefald, som kun efterlader fuld benåling af kronernes øverste, perifere dele, og
- 3) opblussen af chermesangreb, „Tannensterben“ m. m.

Svækkelserne virker selvsagt nedsættende på bevoksningernes boniteter, men bortset herfra synes de indenfor ret vide rammer at indtræffe på tværs af bonitetsforskellene.

Som nævnt under ædelgranens rodudvikling kan man dog på fladgrundet bund iagttage tørkesvækkelser, der synes at stå i forbindelse med rodrummets utilstrækkelighed. Disse svækkelser, som er betinget af såvel klima som jordbund, vil i hvert fald i nærheden af de klimatiske tørkegrænser være så alvorlige, at ædelgranen her må anses for uegnet til dyrkning på fladgrundede lokaliteter (jvf. ædelgranens forekomst inden for udbredelsesområdet i Normandiet).

Ser man bort fra ekstreme jordbundsforhold, synes ædelgranens tørkegrænse som nævnt at være direkte klimatisk bestemt. Forklaringen synes at fremgå af:

- 1) Ædelgranens tidligere (side 16) omtalte dybe rodudvikling, som normalt sikrer træarten en anselig vandreserve, men samtidig synes mindre velgenet til hurtig vandoptagelse.

- 2) *Ædelgranens store følsomhed over for fordampning, specielt i skudtrækningsperioden, hvor den kutikulære fordampning fra de nye skud er særlig stærk for ædelgrans vedkommende (Härtel & Eisenzopf, 1953).*

Sammenholder man 1) og 2), bliver det sandsynligt, at der ved hård fordampning under skudstrækningen kan opstå fordampningskriser som følge af langsom vandoptagelse, selv om rodrummets vandreserve ikke er udtømt. Som et synligt tegn på dette kan man iagttage, at de nyudsprungne skud hurtigt bliver slappe på solskinsdage, men dog oftest retter sig kendeligt i løbet af den følgende nat (vedr. dugvirkning se senere).

Man må formode, at længere tørkeperioder med hård fordampning får grænsevirkning for ædelgranens naturlige udbredelse, selv hvor forholdene i normale år er tålelige for træarten; men samtidig er der grund til at tro, at mere eller mindre alvorlige fordampningskriser næsten hvert år vil påvirke træartens udvikling i nærheden af de klimatiske tørkegrænser.

De ovenstående betragtninger vedrørende ædelgranens klimatisk betingede tørkegrænse bekræftes af de undersøgelser over ædelgrans (og rødgrans) vandoptagelser, som jeg fik lejlighed til at foretage forår og sommer 1957 (herom senere, side 65).

Tørkegrænserne kan være skarpe og stationære, f. eks. hvor terrænhældningerne skifter (jvf. ædelgranens gode udvikling på nordhælder, men manglende evne til at vokse på sydhælder i mange bjergområder), men ofte synes ædelgranen i en årrække at kunne vinde terræn for derefter, som følge af ekstremt ugunstige klimaforhold i enkelte år, at blive trængt tilbage. *G. Poulsen* nævner som et eksempel herpå den nedre begrænsning af ædelgranselvåningerne ved Erlenbach i Forstamt Bergzabern (ca. 60 km nord for Saverne).

Et nøjagtigt klimatisk udtryk for ædelgranens tørkegrænser vil det på grund af de ekstreme års indflydelse på udviklingen være vanskeligt at opstille. Derimod er det muligt at udtrykke forholdene ved de enkelte stationer på grundlag af normalværdier af de klimatiske fugtighedsfaktorer, som har afgørende betydning for udviklingen i nærheden af tørkegrænserne. Herved kan man få et indtryk af, hvor skovdyrkning med ædelgran kan finde sted uden større fare for, at tørkesvækkelser vil ødelægge bevoksningernes tilvækst og sundhed.

Ariditetsindex og regnfaktor.

Det såkaldte ariditetsindex (I), som *Martonne* (1926) har opstillet efter formlen $I = \frac{P}{T + 10}$, hvor P er årlig nedbør i mm

og T gennemsnitstemperatur i °Celsius for året, er nu almindelig brugt i Frankrig til fastsættelse af ædelgranens tørkegrænser. Den første betingelse for at denne fremgangsmåde kan være rimelig må være, at ædelgranens naturlige begrænsning er af rent klimatisk karakter, og *Rol* (1936) viser på denne baggrund, at alle naturlige forekomster af ædelgran (bortset fra en del af ædelgranforekomsten i Normandiet) findes inden for områder, hvor ariditetsindex er mindst 45. Hovedparten af forekomsterne har ariditetsindex 50—60; som absolut lavest mulige grænse for ædelgranens dyrkning angives ariditetsindex 40.

Zentgraf (1949) finder ariditetsberegningen anvendelig også for Schwarzwaldområdet vedkommende, men tilføjer dog, at ædelgran ved en årstemperatur på 8° kræver ca. 800 mm nedbør, deraf mindst 350 mm i perioden maj-september (pentanedbør).

Prøver man at udregne ariditetsindex for Danmarks vedkommende, kommer man til meget lave værdier, som umiddelbart viser, at man ikke hos os kan sætte ariditetsindex 45 som normal grænse eller 40 som absolut laveste mulighed for træartens anvendelighed. Ariditetsindex kan med andre ord ikke anvendes til sammenligning mellem fjerntliggende klimaområder med henblik på ædelgrandyrkning. Dette resultat kan ikke overraske i betragtning af, at der af klimatal kun indgår årsnedbør og årstemperatur i beregningerne, størrelser, der hver for sig må formodes at have sekundær betydning for træarten.

Et lignende misforhold mellem tallene fra franske og danske stationer finder man ved at bedømme mulighederne for ædelgrandyrkning ved hjælp af den reducerede regnfaktor, beregnet på basis af pentanedbør og pentatherm for maj-september (*Løfting*, 1951, side 70). Sammenligner man værdierne for ariditetsindex og regnfaktor indenfor Danmarks grænser, finder man en vis overensstemmelse i de to størrelses variation. For Jyllands vedkommende er det således iøjnefaldende, at begge udtryk har den højeste værdi vest for israndslinien, specielt i Midt- og Sydjylland og ned gennem hele Sønderjylland, medens de falder stærkt i Østjylland. Regnfaktoren aftager dog også kendetligt i klitområderne mod vest og nordvest, medens ariditetsindex synes

at omfatte de vestlige klitområder og en del af Thy i indexområdet over 40. Ædelgranens gode udvikling og sundhedsforhold i Vestjylland og Thy kunne tyde på, at ariditetsindex som indikator for de forskellige egnes større eller mindre værdi for ædelgrandyrkning kan være fuldt så pålidelig som den reducerede pentaregnfaktor.

Begge beregningsmetoder viser gennemgående lave værdier på øerne, navnlig i kystegnene, et forhold, som stort set synes rimeligt, hvis de skal være udtryk for, hvordan ædelgran trives; men selv om den reducerede regnfaktor og ariditetsindex her varierer nogenlunde parallelt, virker de fremkomne resultater ikke overbevisende, når man går i detaljer. Således tyder de forhåndenværende ædelgranbevoksninger i Vestsjælland ikke på, at dette område skulle være det ugunstigste i hele landet for ædelgrandyrkning. Regnfaktoren ligger her mellem 2 og 3, ariditetsindex mellem 20 og 30, — tal, som indikerer, at ædelgrandyrkning skulle være umulig, medens forholdene i dette område i virkeligheden er tålelige for ædelgranen og i hvert fald langt bedre end i visse områder af det østlige Jylland, hvor beregningerne giver væsentlig højere værdier for regnfaktor og ariditetsindex.

Overensstemmelsen mellem ariditetsindex og regnfaktor er således ikke en garanti for, at de klimatiske fugtighedsbetingelser for ædelgrandyrkning herigennem er rigtigt udtrykt.

De to udtryk er af samme primitive natur, opbygget på grundlag af tal for gennemsnitsnedbør og -temperatur for henholdsvis hele året og en 5 måneders periode. Deres parallelt løbende variationer viser kun, at temperatur og nedbør ved de enkelte stationer indenfor et begrænset klimaområde ændres efter en nogenlunde fælles rytme året igennem. Som baggrund for en detaljeret undersøgelse af ædelgranens afhængighed af de klimatiske fugtighedsforhold må disse summariske regnestørrelser være meget usikre. Deres værdi kan kun betragtes som groft orienterende og synes at være helt problematisk, hvis de lokaliteter, man vil undersøge, ligger i områder med forskellig klimatisk rytme.

Når ariditetsindex og regnfaktor alligevel har krav på særlig opmærksomhed, skyldes det, at de, trods deres åbenlyse mangler, i grove træk viser umiskendelig relation til ædelgranens skovdyrkningsmæssige anvendelighed henholdsvis i Frankrig,

Schwarzwaldområdet, Ardennerne og Danmark. Dette synes at understrege, at det som forudsat ved anvendelse af ariditetsindex og regnfaktor, normalt er muligt at bedømme ædelgranens vanskeligheder omkring dens tørkegrænser på rent klimatisk basis.

DEN KLIMATISKE TØRKEGRÆNSE FOR ÆDELGRAN I DANMARK

I Danmark er ædelgranens årlige diameter­til­væksts afhæn­gighed af nedbørsforholdene i maj-juni tidligere påvist (*Holms­gård*, 1955). Danmarks beliggenhed omkring eller i nærheden af en klimatisk tørkegrænse for ædelgran fremgår umiddelbart af

- 1) en sammenligning mellem klimaforholdene ved træartens naturlige tørkegrænser og vore klimaforhold,
 - 2) træartens reaktioner over for klimaet i lande, der ligesom Danmark ligger udenfor de naturlige udbredelsesområder,
 - 3) træartens sundheds- og vækstforhold i Danmarks forskel­lige egne,
 - 4) dens periodiske svækkelser, som kan føres tilbage til tørke- eller fordampningskriser i ugunstige år eller til uheldig skovbehandling,
 - 5) den samme grove anvendelighed i Danmark for ariditets­index og regnfaktor, som man finder i nærheden af træ­artens naturlige tørkegrænse,
- og 6) erfaringerne fra vore proveniensforsøg (*Løfting*, 1954).

Tørkegrænsens nærhed markeres ved, at tørke- eller fordamp­ningskriser tidvis kan svække ædelgranen (se side 55—57). Tørkekriserne opstår, i hvert fald i nærheden af vor klimatiske tørkegrænse for ædelgran, i perioder med hård og langvarig for­dampning i forsommeren, d. v. s. samtidig med, at ædelgranen under skudstrækningen er dårligt beskyttet mod kutikulær for­dampning. Da kriserne opstår, selv om fugtighedsforholdene i rodrummet er gunstige, må man slutte, at vandtransporten (saft­stigningen) foregår for langsomt til at erstatte fordampnings-

tabet under ekstreme vejrforhold på denne årstid, selvom rodrummets vandreserve ikke er opbrugt. (Jvf. rodudviklingen side 16, træartens naturlige tørkegrænser side 55 og undersøgelserne over træartens vandoptagelse side 65).

Den umiddelbare nærhed af ædelgranens klimatiske tørkegrænse medfører, at såvel træartens skovdyrkningsmæssige anvendelighed i de forskellige egne som dens særlige krav til vokseplads og skovbehandling først og fremmest må ses på denne baggrund. Tilsvarende betragtninger gælder for ædelgranens proveniensproblemer i Danmark, — dette er tidligere behandlet (*Løfting*, 1954) og skal kun nævnes for at vise problemernes fælles rod.

FORUDSÆTNINGEN FOR AT DE NORMALE KLIMATISKE
FUGTIGHEDSMANGLER FOR ÆDELGRANDYRKNING I
DANMARK KAN UDTRYKKE GJENNEM EN FORMEL

Forudsætningerne for, at en bedømmelse af fordampningsforholdene alene kan give tilstrækkelig vejledning såvel med hensyn til træartens skovdyrkningsforhold som med hensyn til proveniensvalg vil være:

- a) at andre klimatiske begrænsninger for dyrkningen end tørkegrænsens nærhed ikke samtidig gør sig gældende (forårsnattefrost, vinterkulde),
- b) at træartens jordbundskrav med heraf følgende begrænsninger i træartens anvendelighed ikke griber forstyrrende ind i billedet.

Ad a): Som nævnt vanskeliggør sen forårsnattefrost på mange lokaliteter i Danmark ædelgrandyrkningen, hvorfor en supplerende klarlæggelse af dette forhold vil være absolut påkrævet (se side 135); derimod synes man normalt at kunne se bort fra vinterkulde som begrænsende faktor for ædelgranens anvendelighed i Danmark.

Vinterkulde (i forbindelse med mangelfuld skudmodning) synes derimod at kunne svække visse nordmannsgrantryper i Danmark på afgørende måde (herom senere).

Ad b): Træartens jordbundskrav er beskedne, men særlig fladgrundet bund kan som omtalt give anledning til tørkesvækkelser, der begrænser ædelgranens anvendelighed. Disse tilfælde må tages i betragtning, og eksempler herpå vil senere blive nævnt, men da de kun synes knyttet til ekstreme jordbundsforhold, kan man normalt se bort herfra.

I det omfang, den klimatiske tørkegrænse afgør udviklingsmulighederne for ædelgran, må det være muligt at bedømme betingelserne for ædelgrandyrkning på de forskellige lokaliteter

på grundlag af de klimafaktorer, der har relation til tørke- eller fordampningskriserne.

Da kriserne opstår under ekstreme klimaforhold, kan man ikke vente, at klimatiske gennemsnitstal skal kunne udtrykke fremtidige dyrkningsbetingelser ved de enkelte lokaliteter med fuld sikkerhed. Ved hjælp af normalværdierne for de klimafaktorer, der medvirker til at fremkalde eller hindre krisernes opståen, kan man derimod danne en klimatisk formel, som udtrykker de enkelte lokaliteters indbyrdes beliggenhed i forhold til den klimatiske tørkegrænse for ædelgran.

Inden for et begrænset klimaområde må man antage, at de årlige klimatiske afvigelser fra normaltallene er af samme størrelsesorden, således at formlen, hvor den er rigtigt opbygget, vil være et udtryk for de større eller mindre klimatiske fugtighedsmangler for ædelgrandyrkningen ved de forskellige stationer inden for området.

Formlens sikkerhed er betinget af:

- 1) at de klimatiske forhold, som svækker ædelgranen, er rigtigt bedømt, og at de kan analyseres i klimafaktorer, hvis normalværdier er kendte,
- 2) at man kun betragter den korte periode af året, hvor de klimatiske forhold kan blive kritiske for ædelgran,
- 3) at formlen kun er opbygget af de under 1 nævnte faktorer, og at hver faktor er tillagt den rette vægt i formlen.

Ædelgranens tørkesvækkelser hos os synes som nævnt — når man ser bort fra lokaliteter med ekstreme jordbundsforhold — at være identiske med fordampningssvækkelser, der kan opstå i forsommeren i perioder med stærk fordampning, idet træarten ikke synes at kunne forcere saftstigningen i tilstrækkelig grad til at modsvare en vedvarende hård fordampning.

Dette medfører, at de klimafaktorer, der er knyttet til træartens fordampningsforhold i forsommeren, får afgørende betydning for ædelgranens udviklingsmuligheder og skovdyrkningsforhold i Danmark. Idet formlen (side 107), som skal vise de enkelte lokaliteters større eller mindre fugtighedsmangler med henblik på ædelgrandyrkning, vil blive opbygget på dette grundlag, bliver hypotesens holbarhed ganske afgørende for, om den følgende bedømmelse af ædelgranens skovdyrkningsforhold er rigtig.

UNDERSØGELSER OVER ÆDELGRANENS VANDFORBRUG

Som kontrol på den foreløbigt opstillede arbejdshypoteses rigtighed blev der i foråret og sommeren 1957 foretaget målinger af vandforbruget — eller rettere af vandforsyningen fra rødderne — på 3 ædelgraner og 1 rødgran i en 36-årig blandingsbevoksning i Torskov under Århus kommunes skove. Målingerne blev i usædvanlig grad begunstiget af vejret, hvorved bl. a. de sidste og meget vigtige målinger før og efter træernes oversavning kunne forløbe under udmærkede og nogenlunde ensartede meteorologiske forhold.

Måleteknikken og de anvendte instrumenter er tidligere beskrevet af dr. agro. *K. Ladefoged* (1956) og skyldes et samarbejde mellem Århus universitet og dr. *Ladefoged*.

Her skal kort omtales, at saftstrømmen i træerne i en nøje afmærket højde på stammen (ca. 1,3 m over jorden) modtager en kortvarig opvarmning fra et diatermiapparat, som er tilsluttet lysnettet (strømstyrke f. eks. 250 amp. i 50 sek.). Idet opvarmningen begynder (strømmen slutes), sættes et stopur i gang. I konstant afstand oven for opvarmningsstedet er anbragt et termoelement, som er sat i forbindelse med et galvanometer. Idet det første af den varme saftstrøm når termoelementet, sker der et udslag på galvanometrets skala; aflæsning af dette udslag sker hvert minut og værdierne indføres i et koordinatsystem med tiden siden opvarmningsens begyndelse som abscisse og galvanometrets skalaværdier som ordinat. De aflæste værdier danner en kurve, som stiger, kulminerer og falder; tiden fra opvarmning til kulmination, stigningstiden, t , er et mål for saftstrømmens hastighed, som ved de målinger, som udføres efter at træerne er oversavede, koordineres med vandforbruget i liter.

Under målingen aflæses luftens temperatur og fugtighed (tørt

og vådt termometer), jordbundstemperaturen og lysstyrken (på en fotocelle konstrueret af amanuensis *I. C. Madsen*, Århus universitet). Desuden angives vindstyrken i Beauforts skala efter skøn. Een gang i løbet af hver måledag udtages prøver i 0—10, 25, 50 og 100 cm dybde til måling af jordbundens fugtighed.

Målingerne blev udført 28.—29. april (inden udspring), 31. maj og 14. juni (under skudstrækningsperioden), 4.—5. juli, 2.—3. og 6.—8. august (efter skudstrækningens ophør). Stigningstiderne blev så vidt muligt målt fra saftstigningens begyndelse om morgenen til dens standsning om aftenen med intervaller på $1\frac{1}{2}$ til 2 timer for hvert træ.

Formålet med målingerne var dels at få et overblik over ædelgranens vandforbrug — i lighed med de undersøgelser over vandforbruget, som dr. *Ladefoged* tidligere har foretaget for rødgrans og en række andre træarters vedkommende; men desuden var det magtpåliggende at vise, om der er forskel på rodvirksomhedens forskellige muligheder for vandforsyningen af ædelgran og rødgran på samme jordbund og under samme, men skiftende, klimatiske forhold. Selv om det for undersøgelsernes forsvarlige gennemførelse fandtes rimeligt at indskrænke forsøgstræernes antal til 4, medtoges derfor 1 rødgran i forsøget, således at ædelgranmaterialet blev indskrænket til 3 træer.

Forsøgsarealet muliggjorde en direkte sammenligning mellem jævnaldrende ædelgran og rødgran under samme klimaforhold og så ens jordbundsforhold som praktisk muligt; afstanden fra rødgranen, træ nr. 3, til den nærmeste ædelgran, træ nr. 4, var 3,6 m, medens afstanden til de øvrige ædelgraner, træ nr. 1 og 2, var mindre end 10 m.

Af ædelgranerne var nr. 1 et kraftigt, herskende træ med god evne til at holde en mørk krone, diameter (1,3 m) 15,8 cm, højde 10,8 m. Træerne nr. 2 og 4 var medherskende, mindre træer, nr. 2 med god, mørk krone, diameter (1,3 m) 11,2 cm, højde 9,45 m, træ nr. 4 derimod med ringe evne til at bevare de gamle nåle (kronen gennemsigtig), diameter (1,3 m) 13,9 cm, højde 10,6 m. Enkelte stammelus kunne påvises på alle 3 ædelgraner, men ingen alvorlige Chermes-angreb. Rødgranen, træ nr. 3, var et kraftigt, slankt, herskende træ med god (grovnålet) nålefyldte, diameter (1,3 m) 14,6 cm, højde 11,1 m.

Bevoksningen består hovedsagelig af ædelgran med indblanding af enkelte rødgraner og lidt — tildels undertrykt — løvtræ.

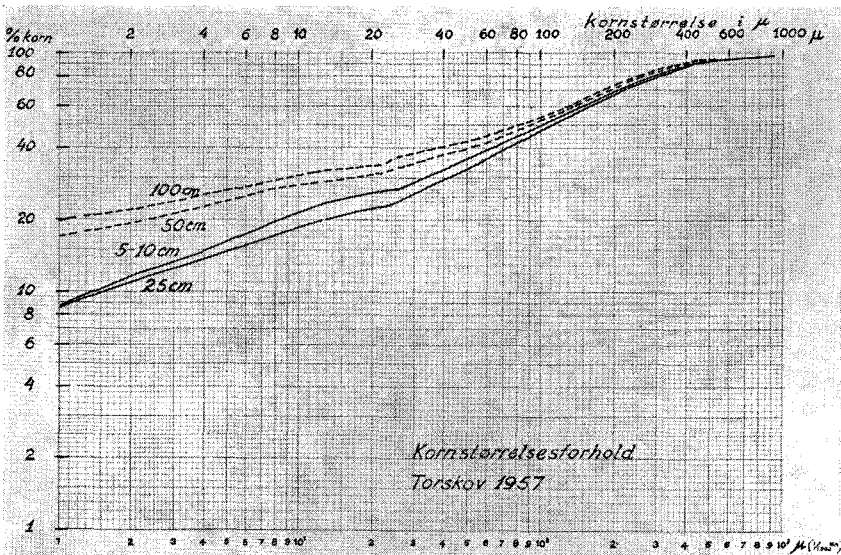


Fig. 13. Kornstørrelsesforhold for jordprøver udtaget i tilknytning til transpirationsmålingerne i Torskov ved Århus, 1957.

Fig. 13. Particle-size distribution for soil samples taken in connection with transpiration measurements in Torskov Forest near Århus, 1957.

Bevoksningens areal er kun lille, i øst-vest er den næppe mere end 20 m bred, mod øst begrænset af skovløberstedet Morvads- husets have og mod vest af et smalt spor, bag hvilket der findes en jævndrende eller lidt ældre egebevoksning. Mod syd be- grænses stykket af en øst-vestgående skovvej umiddelbart nord for bebyggelse. I det nordvestlige hjørne af ædelgranstykket fin- des en gammel eg, hvis krone dog ikke går ud over forsøgstræer- ne; nord for ædelgranstykket findes iøvrigt jævndrende løvtræ og japansk lærk.

Terrænet er ret højtliggende med hovedfald mod syd, men næsten vandret omkring forsøgstræerne. Jordbunden viser en udpræget brunjordsprofil med god jordbundstilstand.

Jordbundsbeskrivelse:

0—5 cm løst muldlag,

6—40 cm lerblandet mørkbrunligt sand, kun få sten, mange rødder i de øvre jordlag,

fra 40 cm efterhånden stærkere lerblandet mørk brunlig un- dergrund, enkelte rødder i 80—90 cm dybde.

Tabel 5. Kornstørrelsesforhold.
 Tabellen angiver % korn, der er mindre end anførte
 kornskel.

Table 5. Particle Size Distribution.
*The Table indicates percentages of particles smaller than
 the stated particle boundary.*

Kornskel 1/1000 mm <i>Particle boundary</i>	Dybde, cm <i>Depth</i>			
	5—10	25	50	100
2000	100	100	100	100
919	97.76	97.76	98.46	98.56
540	93.62	93.08	94.94	95.08
441	90.76	90.14	92.36	92.70
351	84.84	84.16	86.69	87.24
225	73.03	71.50	75.08	76.46
135	58.08	55.76	59.70	61.68
108	51.70	49.48	53.69	55.84
58	38.44	35.90	41.27	44.12
25	26.92	23.88	32.41	36.08
22.4	26.17	22.95	31.89	34.20
12.8	23.58	19.99	28.72	32.08
7.28	18.90	16.79	26.38	28.90
3.94	14.64	13.54	22.27	25.22
2.30	12.14	11.46	19.93	22.87
1.24	9.50	9.17	17.57	20.35

Jordprøver fra 5—10, 25, 50 og 100 cm dybde blev på forsøgs-
 væsenets laboratorium i Springforbi undersøgt af forstkandidat
H. Holstener-Jørgensen.

Kornstørrelsesforholdet fremgår af tabel 5 og er vist grafisk
 på fig. 13.

Vandindholdet ved visnegrænsen (15 atm.) blev bestemt og
 gav følgende vægtprocenter vand i forhold til jordens tørvægt:

Dybde	Vægtprocent
5—10 cm	9,0
	9,3
25 cm	4,1
	4,2
50 cm	7,2
	7,3
100 cm	8,3
	8,1

Tabel 6. Jordens indhold af plantetilgængeligt vand
(% af tør jord).

Table 6. Content in soil of water accessible to plants
(per cent of dry matter).

Dato Date	Dybde, cm Depth			
	5—10	25	50	100
29/4	9.85	7.65	7.65	7.85
31/5	8.50	6.05	2.20	2.20
14/6	15.35	8.75	6.35	7.75
4/7	7.00	2.80	5.40	5.60
5/7	5.30	7.15	6.30	—
2/8	0	2.50	4.50	6.10
6/8	14.40	15.20	10.90	13.85

Jordbundens pH-værdi viste sig at være ret lav:

Dybde	pH i vand	pH i kali
5—10 cm	3,70	3,00
	3,68	3,00
25 cm	4,10	3,60
	4,10	3,55
50 cm	4,11	3,32
	4,18	3,32
100 cm	4,55	3,22
	4,55	3,28

I tilknytning til måledagene udtoges jordprøver i de nævnte jordlag til vandindholdsbestemmelser; efter vejning hensattes jordprøverne i tørreskab i 2 døgn, hvorefter tørvægten blev bestemt. Det herved fundne vandindhold ÷ vandindholdet ved visnegrænsen giver indholdet af tilgængeligt vand for rødderne; dette er udtrykt i vægtprocent af jordens tørvægt. De fundne værdier er angivet i tabel 6 og er afbildet grafisk i fig. 14.

Det fremgår heraf, at jordbunden ved målingernes begyndelse havde et ret anseligt indhold af tilgængeligt vand uden større forskelle i de forskellige dybder af rodrummet. Godt 1 måned senere (31. maj) var vandindholdet i 50 og 100 cm dybde svundet stærkt, hvorimod vandindholdet i de øvre lag den pågældende dag var nogenlunde; den mellemliggende periode

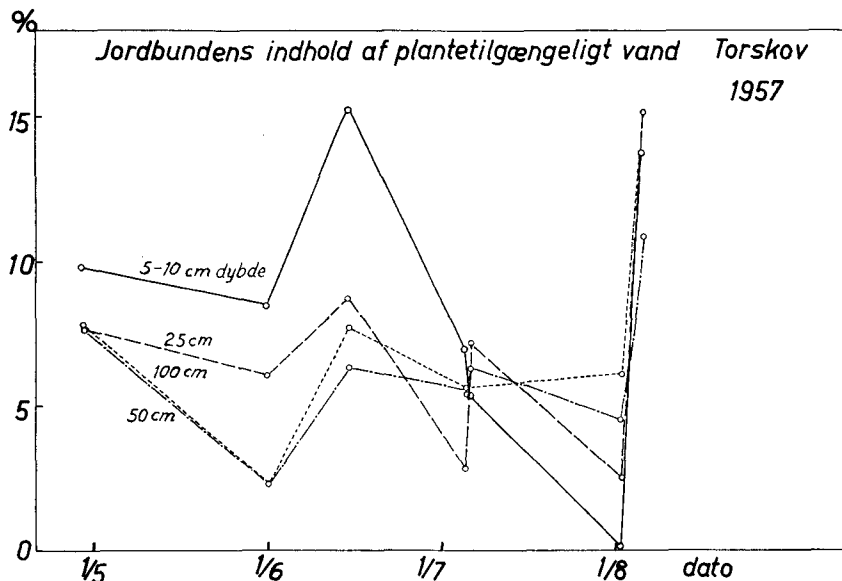


Fig. 14. Jordbundens indhold af plantetilgængeligt vand i pct. af tør jord for transpirationsmålingslokaliteten i Torskov, 1957.

Fig. 14. Percentage of plant-accessible water contained in the soil of the transpiration measurement locality in Torskov Forest, 1957, calculated on the dry matter.

havde nedbøren været ringe, således at der næppe er sket ned-sivning af betydning fra de øvre lag. Efter meget stærke regn-fald omkring den 10. juni var jordbunden den 14. juni påny ret velforsynet med vand i alle dybder — påfaldende våd i det øverste jordlag. 3 uger senere (4. juli) er de øvre jordlag temmelig tørre, medens der er moderat fugtighed i 50 og 100 cm dybde; efter kortvarig regn om eftermiddagen den 4. juli viser fugtigheden i 25 cm dybde en kendelig forbedring den 5. juli. 2. august synes overfladen at være helt udtørret og fugtigheden i 25 cm dybde er påny meget lav, hvorimod der i 50 og navnlig i 100 cm dybde er moderat fugtighed. Endelig viser samtlige jordlag som venteligt en meget stor fugtighed den 6. august efter en vanding af jordbunden, der svarede til ca. 200 mm nedbør.

Saftstigningshastigheden i de 4 træer fremgår af fig. 15—22. Det fremgår, at saftbevægelsen synes at være af samme størrelsesorden for ædelgran og rødgran, men at der dog er interessante forskelligheder. Man ser således, at rødgranen den 29. april havde en fuldt så hurtig saftstigning som de 3 ædelgraner; 31. maj var

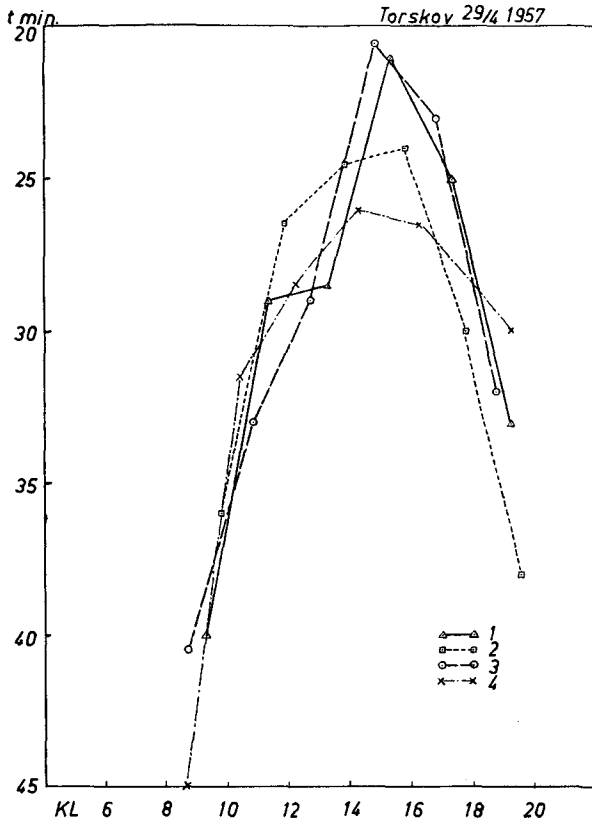


Fig. 15.

Fig. 15—19. Transpirationsstrømmens hastighed udtrykt ved t , \ominus : tiden i minutter fra opvarmningens begyndelse til største påvirkning af termoelementet ved saftstrømmens passage.

Træ nr. 1: herskende ædelgran.

- - 2 og nr. 4: medherskende ædelgraner.

- - 3: herskende rødgran.

Figuren viser de fire træers dagkurver for henholdsvis 29/4, 31/5, 14/6, (4)—5/7 og 2/8 1957.

Fig. 15—19. Rate of transpiration flow as expressed by t , i. e. the time in minutes from the start of the heating to the highest reading of the thermo-couple during passage of the sap flow.

Tree No. 1: Dominant Silver fir

- - 2 and 4: Co-dominant Silver fir.

- - 3: Dominant Norway spruce.

The figure shows the daily curves for the four trees for Apr. 29, May 31, June 14, July (4)—5, and Aug. 2, 1957.

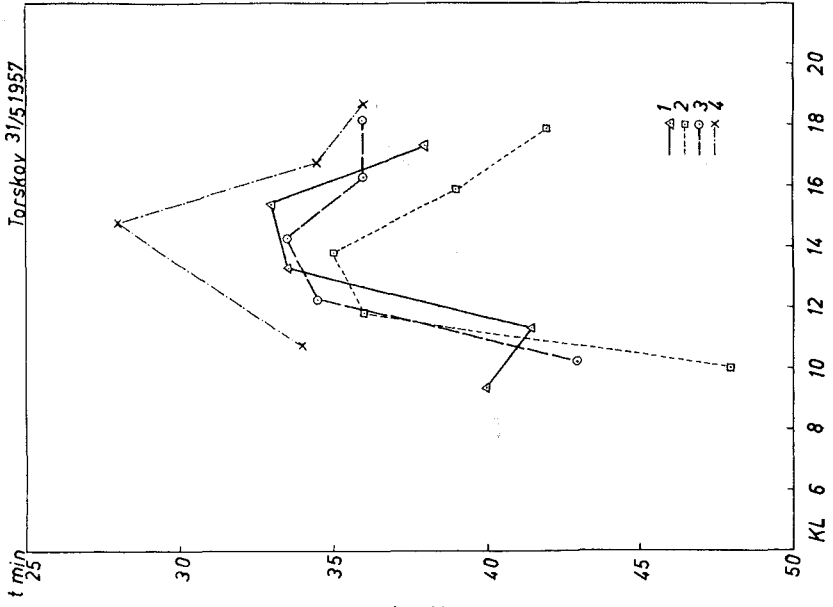


Fig. 16.

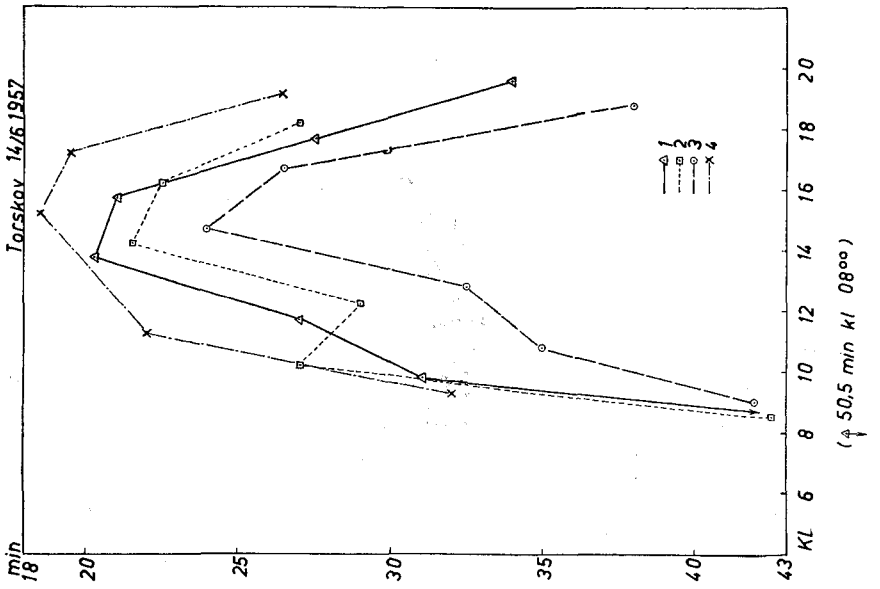


Fig. 17.

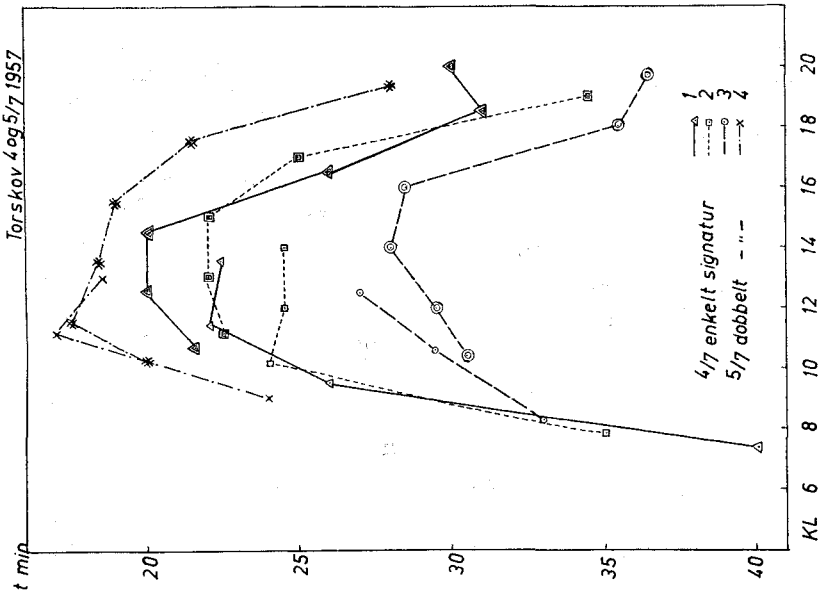


Fig. 18.

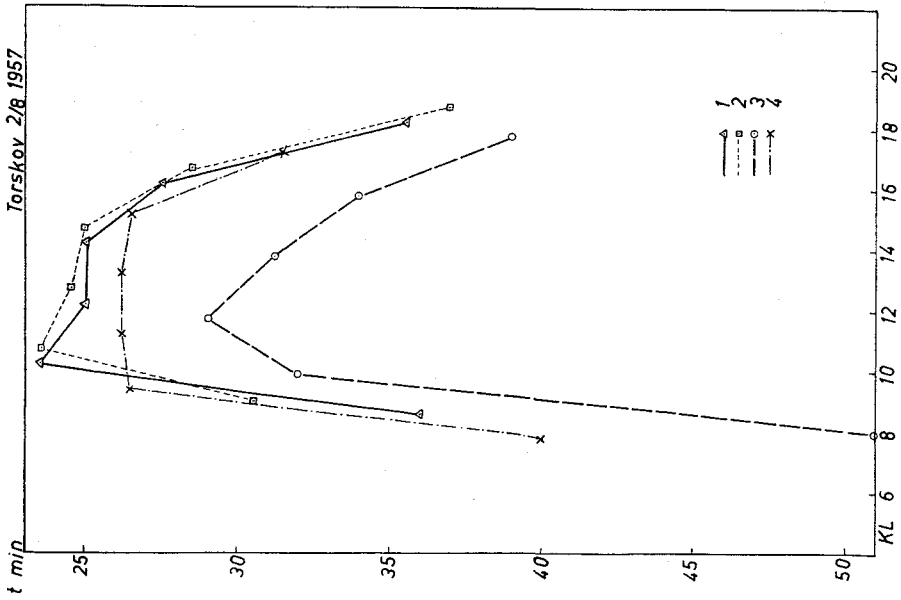


Fig. 19.

tempoet omtrent ens for de to træarter, hvorpå rødgranen tydeligt var den langsomste 14. juni, 4.—5. juli og 2.—6. august.

Blandt ædelgranerne syntes træ nr. 4 at afvige lidt fra de øvrige; træet var efter vinteren langt mere tyndnålet end de 2 andre ædelgraner. Ved den første måling — inden udviklingen af de nye skud — viste dette træ i forhold til de øvrige ædelgraner og rødgranen en saftstigning, som kun nåede en besked, men ret konstant hastighed dagen igennem; det ligger nær at antage, at den svage benåling kun har betinget et moderat vandforbrug. Allerede ved målingen sidst i maj havde den pågældende ædelgran den hurtigste saftstigning, endogså hurtigere end rødgranens — et forhold som gentog sig ved målingerne 14. juni og 4.—5. juli. Dette må formentlig tilskrives fordampningen fra de nye skud og synes at tyde på, at disse hurtigt har opnået en stærk fordampning, jvf. træets manglende evne til at beholde de gamle nåle. Ved målingerne i august viste træet påny en fladere dagkurve end de andre ædelgraner, men dog stadig en hurtigere saftstigning end rødgranen. Det ligger nær at antage, at denne ædelgran repræsenterer en type, som kræver et godt ædelgran-klima: stor luftfugtighed, tåge, lav fordampning m. m., idet nålene hos os udtørres gennem fordampningssvækkelser og tidligt kastes.

Under meget gunstige og ret ensartede meteorologiske forhold fra dag til dag inden for perioden 2.—8. august foretoges de sidste målinger, herunder oversavning af træerne under vand og direkte måling af deres påfølgende vandforbrug sammenholdt med saftstigningshastigheden. 2. august målted saftstigningshastigheden i samtlige træer, hvorpå oversavning under vand af ædelgranerne nr. 1 og nr. 2 blev foretaget 3. august om morgenen med påfølgende undersøgelse af vandforbrug og saftstigningshastighed. Selv om de meteorologiske forhold ikke skulle betinge stærkere fordampning 3. august end 2. august, viste begge træer en langt hurtigere saftstigning dagen igennem end den foregående dag (fig. 20). En kontrolmåling 3. august på den ikke oversavede ædelgran nr. 4 viste, at dette træ kl. 12,42 — umiddelbart efter at træ nr. 1 havde saftstigningstempo $t = 16\frac{3}{4}$ min. — havde $t = 24\frac{1}{4}$.

De to oversavede ædelgraners forøgede saftstigningstempo måtte derfor tilskrives

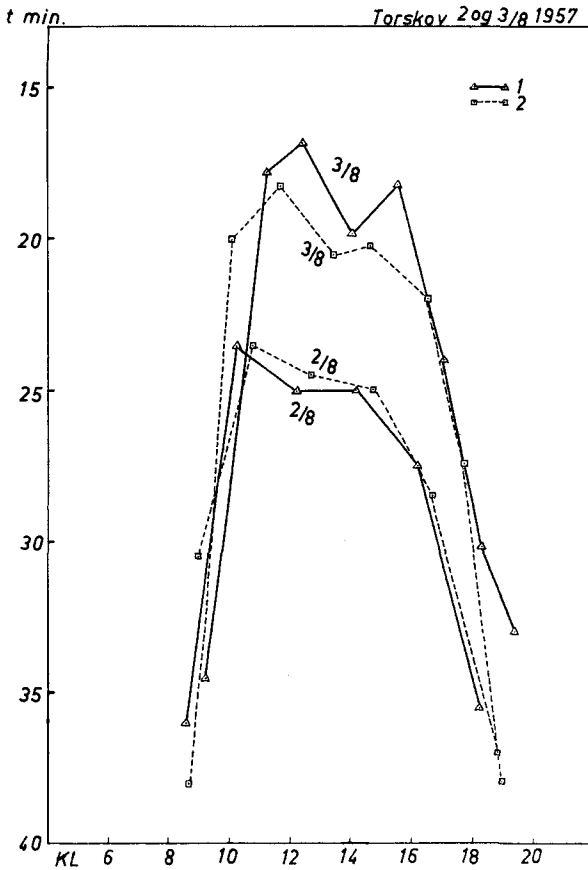


Fig. 20. Transpirationsstrømmens hastighed udtrykt ved t . Dagkurver for ædelgran nr. 1 og 2 den 2. august (efter en relativ tør periode) og 3. august (træerne anbragt i vand efter overskæring).

Fig. 20. Rate of transpiration flow, expressed by t . Daily curves for Silver firs Nos. 1 and 2 on Aug. 2 (after a relatively dry period) and Aug. 3 (the trees placed in water after being cut through).

enten 1) at rodtrumets vandindhold havde været for ringe til at modsvare den fordampning, træerne kunne have ønsket sig,

eller 2) at rodvirksomheden havde været for langsom til at modsvare den fordampning, træerne burde have for at „arbejde frit“ under vore klimaforhold, d. v. s. at fordampningen under vore klimaforhold er for hård i forhold til den fordampning, træerne ifølge deres natur er indstillet på.

Endelig kunne det tænkes, at træerne under oversavningen havde fået et chok, som havde ændret saftstigningshastigheden

— sandsynligheden herfor er dog meget ringe, idet uregelmæssigheder i forbindelse med oversavning ifølge tidligere erfaringer vil indskrænke sig til de første 20 minutter efter oversavningen.

Misforhold mellem fordampningskrav og vandoptagelse for henholdsvis ædelgran og rødgran.

For at skabe klarhed over, hvorvidt mangelfuld fugtighed i rodrummet eller langsom rodvirksomhed var hovedårsag til ædelgranernes ændrede saftstigningshastighed efter oversavning under vand, og for samtidig at få en sammenligning med rødgranens reaktioner under samme ydre forhold, blev det besluttet at udsætte oversavningen af træ nr. 3, rødgran, og træ nr. 4, ædelgran, et par dage, således at man i mellemtiden kunne få undersøgt disse træers saftstigningstempo efter en stærk vanding af jordbunden.

6. august fra kl. 7,15 til kl. 10,00 blev træ nr. 4, ædelgran, vandet med 2000—2500 liter vand fordelt på godt 10 m² omkring træet, svarende til ca. 200 mm vand på skovbunden. Vandings-tempoet blev afpasset således, at afstrømning i større udstrækning blev undgået. Fra kl. 10,00 til kl. 12,45 foretoges en ganske tilsvarende vanding af træ nr. 3, rødgran.

Måling af saftstigningshastigheden blev for begge træer påbegyndt om morgenen (6. august) og fortsat dagen igennem. Morgentågen lattede omkring kl. 7, men luftfugtigheden vedblev at være høj (over 90 %) de første 2 timer derefter og kronerne var længe fugtige, således at de første målinger viste en så langsom saftstigning, at en sikker hastighedsbestemmelse var udelukket. Først kl. 10, efter at ædelgranens vanding var afsluttet, kunne de sædvanlige målinger gennemføres med sikkerhed.

Sammenligner man ædelgranens dagkurve 6. august (efter vanding) med dagkurven 2. august, ser man, at den første måling 6. august (kl. 10,15) endnu ligger lavere end samtidige målinger 2. august, hvorpå kurven stiger ret stærkt til omkring kl. 14, således at den når noget op over den flade dagkurve 2. august, som den atter nærmer sig stærkt kl. 16 (fig. 21). Tager man de meteorologiske forhold de to dage i betragtning, kan det være rimeligt at antage, at vandingen har øget ædelgranens saftstigning noget i løbet af dagen 6. august.

I modsætning til ædelgranen reagerede rødgranen (nr. 3) både hurtigt og kraftigt på vandingen. Allerede ved den første

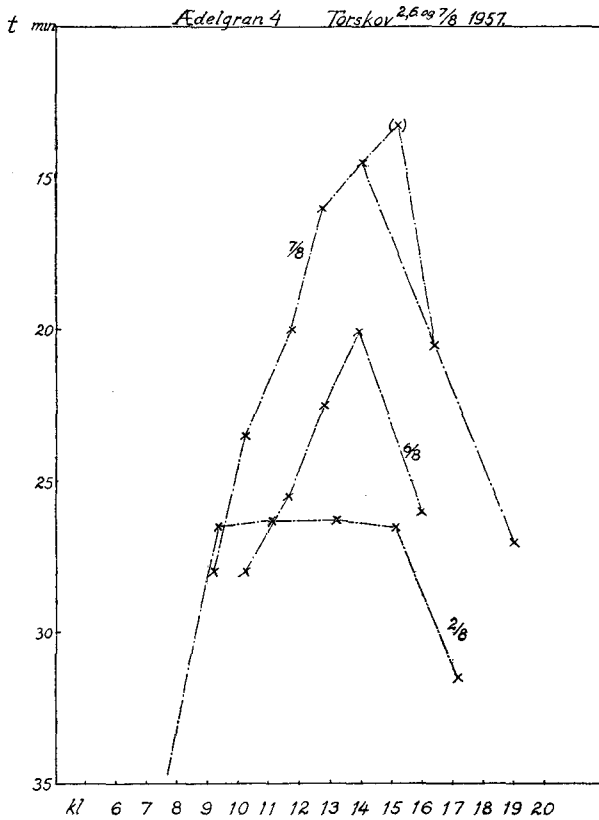


Fig. 21.

Fig. 21 og 22. Transpirationsstrømmens hastighed udtrykt ved t .
Dagkurver for ædelgran nr. 4 (fig. 21) og rødgran nr. 3 (fig. 22).

2. august (efter en relativ tør periode).

6. august (efter vanding af begge træer).

7. august (træerne anbragt i vand efter overskæring).

2. august har rødgranen en langsom saftstigning i forhold til ædelgranen. 6. august (efter vandingen af begge træer) er rødgranens saftstigning langt hurtigere end ædelgranens. 7. august (træerne overskåret og anbragt i vand) er ædelgranens saftstigning steget stærkt og er nu fuldt så hurtig som rødgranens.

Fig. 21 & 22. Rate of transpiration flow, expressed by t . Daily curves for Silver fir No 4 (Fig. 21) and Norway spruce No. 3 (Fig. 22).

Aug. 2 (after a relatively dry period).

Aug. 6 (after watering of both trees).

Aug. 7 (trees placed in water after being cut through).

On Aug. 2 Norway spruce has a slow sap ascent in relation to that of Silver fir. On Aug. 6 (after watering of both trees) the sap ascent of the Norway spruce is far more rapid than that of Silver fir. On Aug. 7 (trees cut through and placed in water) the sap ascent of the Silver fir has increased greatly, being now fully as fast as that of the Norway spruce.

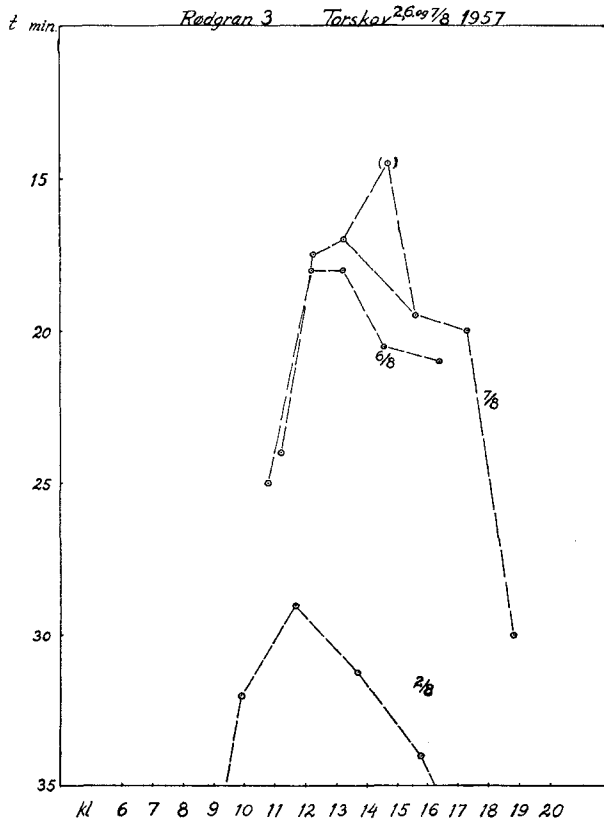


Fig. 22.

måling, som blev indledet kl. 10,30 — en halv time efter at vandingen af rødgranen var påbegyndt — viste træet betydelig stærkere saftstigning end på tilsvarende tidspunkt 2. august. Rødgranen, som gennem samtlige målinger siden 14. juni havde vist den langsomste saftstigning, nåede efter vandingen 6. august op på en betydelig hurtigere saftstigning end ædelgranen og drak vand i et tempo, som træet aldrig tidligere under målingerne havde præsteret (se fig. 22). Da de meteorologiske forhold (jvf. fig. 23) i hvert fald ikke skulle betinge et øget tempo, viste træet herved, at den langsomme saftstigning i den forudgående periode i vid udstrækning måtte tilskrives rodrummets ringe vandindhold.

Efter at saftstigningshastigheden således for begge træernes vedkommende var blevet kontrolleret 6. august, medens rodrum-

met var fuldt forsynet med vand, foretoges den følgende dag oversavning af træerne under vand med påfølgende målinger af saftstigningshastighed og vandforbrug. Morgentågen lettede 7. august endnu senere end dagen før, og luftfugtigheden var indtil kl. 12 betydelig større end på tilsvarende tider 6. august.

På trods heraf steg ædelgranens (nr. 4) saftstigning stærkt efter oversavningen; allerede kl. 10 var den hurtigere end dagen forud, og saftstigningen nåede i de følgende timer et tempo, som overgik alt hvad træet havde vist i målingerne sommeren igennem. Hastigheden kulminerede først ved målingerne kort efter kl. 15 for derpå at aftage hurtigt, uden dog at komme ned på de mere beskedne hastigheder, som var målt 2. og 6. august (fig. 21).

Rødgranens saftstigning var derimod indtil kl. 12 en ubetydelighed langsommere end dagen forud, lå ved de to følgende målinger lidt højere end dagen før, steg derpå betydeligt ved målingen kort efter kl. 14,30, og nærmede sig derefter påny den foregående dags værdier (fig. 22). Rødgranen viste således — bortset fra 1 eller 2 timer efter kl. 14 — omtrent samme saftstigningshastighed 7. august (i vand) som 6. august (efter vanding af rodrummet), men begge dage en langt hurtigere saftstigning end 2. august (efter en tør periode).

Selv om forskellene mellem rødgranens og ædelgranens vandoptagningsmuligheder og -krav fremgår med al tydelighed af det foregående, vil det dog være rimeligt at undersøge, om de ydre fordampningsbetingelser 2., 6. og 7. august har været tilnærmelsesvis ens, med andre ord om det øgede vandforbrug henholdsvis 6. og 7. august er „ægte“, d. v. s. udelukkende skyldes de ændrede betingelser for vandoptagningen, eller om det er påvirket af ydre, øgede eller mindskede, fordampningskrav.

Betragter man fig. 23, vil man se, at lysstyrken var større 2. august end 6. og 7. august, hvor forholdene var tilnærmelsesvis ens, bortset fra morgen- og aftentimerne. Vindstyrken var 2. august 3—6, 6. august 2—4 og 7. august 0—2.

Disse forhold — størst indstråling og stærkest luftbevægelse 2. august — skulle, hvis alt andet var lige, betinge et større vandforbrug 2. august end 6. og 7. august.

Luftfugtigheden var gennemgående lavest 2. august, faldende fra 87 % kl. 8 til 76 % kl. 12,15 for derefter at vise svagt stigende tendens til kl. 18 (83 %).

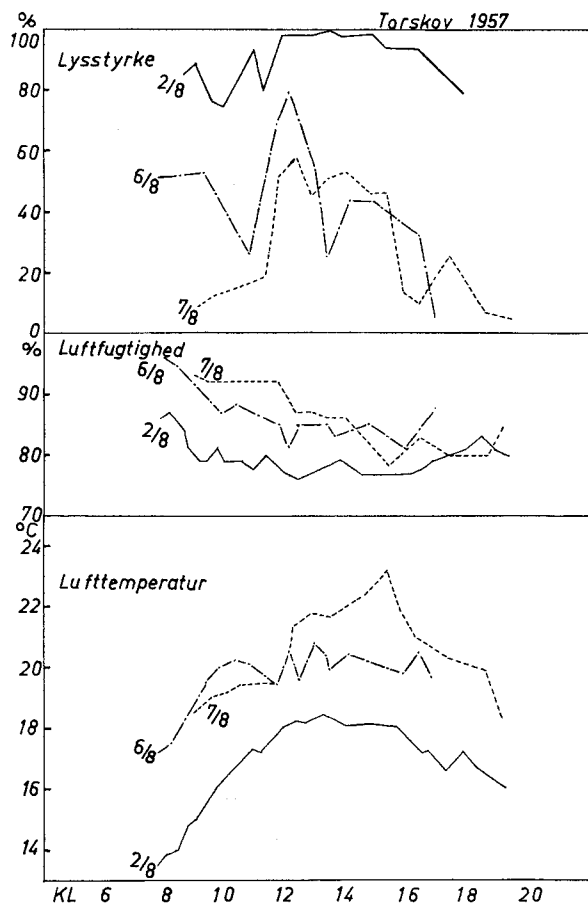


Fig. 23. Lysstyrke, relativ luftfugtighed og lufttemperatur, Torskov den 2., 6. og 7. august 1957.

Fig. 23. Light-intensity, relative humidity and air temperature, Torskov Forest Aug. 2, 6 and 7, 1957.

6. august var luftfugtigheden gennemgående 5—10 % højere end 2. august.

7. august lå luftfugtigheden højt om formiddagen, indtil kl. 11,40 på 92 %, men faldt derpå ret hurtigt, var efter kl. 14 lavere end ved samme tidspunkter den foregående dag og nåede efter kl. 15 ned på 78 % for derpå atter at vise stigende tendens.

Lufttemperaturen var lavest 2. august, stigende fra 13°,4 kl. 7,40 til 18°,5 kl. 13,10 og derpå aftagende til 16°,0 kl. 19,15.

6. august var temperaturen 17°,2 kl. 7,40, kulminerede kl.

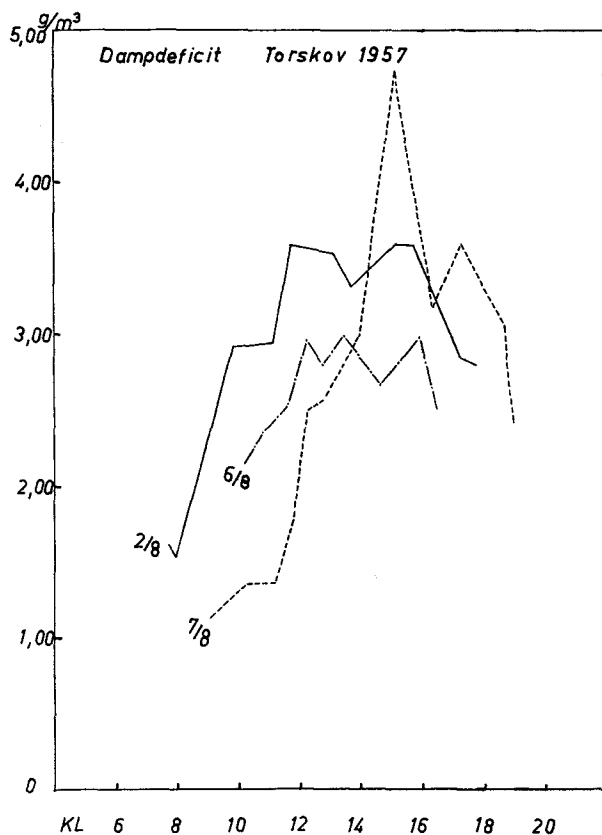


Fig. 24. Damptryksdeficit, Torskov den 2., 6. og 7. august 1957.

Fig. 24. Vapour pressure deficit, Torskov Forest Aug. 2, 6 and 7, 1957.

12,00 og kl. 12,48 med $20^{\circ},8$ for derpå at vise svagt faldende tendens.

7. august var formiddagstemperaturerne omtrent som den foregående dag, men temperaturstigningen fortsatte kraftigt indtil omkring kl. 15 — største aflæsning $23^{\circ},3$ kl. 15,12 — hvorefter der indtrådte et pludseligt temperaturfald, sluttende med $18^{\circ},6$ kl. 19.

Disse faktorer giver noget forskelligartede fordampningsbetingelser på de 3 dage, som det bedst fremgår af de udregnede værdier af dampdeficit, som er grafisk afbildet på fig. 24.

Man ser, at dampdeficit 2. august hele dagen ligger højere end 6. august; 7. august får dampdeficitkurven et ejendommeligt forløb, idet værdierne er meget lave om formiddagen, men fra

kl. 11 stærkt stigende; stigningen bliver særlig voldsom fra kl. 14 til kl. 15, hvor dampdeficit er langt større end på de to foregående dage. Efter kl. 15,10 følger et voldsomt fald, således at dampdeficit efter kl. 16 bliver af samme størrelsesorden som på tilsvarende tidspunkter 2. august. Den voldsomme stigning i dampdeficitkurven fulgte et optræk til en tordenbyge, som udløstes nogle få kilometer fra forsøgsarealet, omkring kl. 15.

På baggrund af det foranstående ser man, at den hurtigere saftstigning 6. august kun kan tilskrives vandingen, og at den sandsynligvis ville have været endnu hurtigere, hvis de meteorologiske forhold havde været helt som 2. august.

Hvis den forøgede saftstigning 7. august skal være „ægte“ i sammenligning med saftstigningen 6. august, må man i hvert fald eliminere den unormale stigning ved målingerne omkring kl. 15, 7. august — idet denne svarer til fordampningsmuligheder, som ikke kan sidestilles med forholdene 6. august. En eliminering af de pågældende målinger er vist på fig. 21 og 22 ved den punkterede linie, som forbinder målingen før den „unormale“ måling med målingen efter denne.

De ydre muligheder for fordampning synes herefter at have været størst 2. august (i hvert fald når man fraregner et kort tidsrum efter kl. 14, 7. august). Træernes stærkt forøgede vandforbrug, som blev målt henholdsvis efter vanding for rødgranens vedkommende og efter oversavning (med snitfladen under vand) for ædelgranens vedkommende, bekræfter derfor fuldt ud de slutninger, som var draget på baggrund af de to træarters rodbygning og deres reaktioner over for vokseplads og klima i Danmark.

For rødgranens vedkommende viser målingerne på den undersøgte lokalitet, at træartens koncentration af fine rødder i de øvre jordlag kan sikre den en hurtig vandoptagelse, som kan modsvare en hård fordampning, såfremt de øvre jordlag er fugtige. Dersom denne betingelse er opfyldt, synes der ikke hos os at være noget misforhold mellem kronens fordampningskrav og vandforsyningen gennem rødderne. Under samme fordampningsbetingelser synes vandforbruget ikke — eller kun i ringe grad — at stige, hvis man oversaver træet således, at snitfladen holdes under vand. Derimod viste målingerne, at rødgranens vandforbrug nedsattes i kendelig grad under de øvre jordlags udtørring; dette var således tilfældet i den tørre forsommer og indtil træet

blev vandet 6. august. Træet synes i hele denne periode at have „sovet“, d. v. s. at have indskrænket spalteaåbningernes virksomhed meget stærkt — hvorved foruden vandforbruget såvel assimilationen som tilvæksten er blevet hæmmet.

Ædelgranernes vandforbrug synes i langt mindre grad at have været påvirket af jordbundens udtørring. Deres saftstigningstempo, som var lidt langsommere end rødgranens ved den første måling, som fandt sted medens forårsvæden endnu var i jorden, blev derefter hurtigere end rødgranens i den tørre forsommerperiode og blev endelig kun i beskedent omfang påvirket af vandingen 6. august, hvor rødgranens saftstigning efter vandingen blev langt hurtigere end ædelgranens.

På en meget instruktiv måde synes det at fremgå af målingerne, at ædelgranen under vore klimaforhold trods alt har svært ved at opretholde vandbalancen. Dette kommer til udtryk gennem den meget kraftige stigning i vandforbruget, som træerne viste efter oversavning, hvadenten rodrummet i forvejen var vandet eller ej. Forholdet bekræfter, at træets rodvirksomhed har svært ved at holde trit med de fordampningskrav, der tidvis stilles under vore klimaforhold, selv på steder, hvor fugtigheden i rodrummet er stor. Man tør gå ud fra, at ædelgranen i vid udstrækning vil søge at bringe fordampningen i overensstemmelse med vandforsyningen ved en stærk begrænsning af spalteaåbningernes virksomhed, men dels vil dette hæmme træartens udvikling, dels kan den ufrivillige kutikulære fordampning rumme en direkte fare for udtørring af de unge skud, specielt i skudstrækningsperioden, hvor fordampningskravet ofte er højt som følge af stor indstråling og ringe luftfugtighed.

På grundlag af målingerne, som blev foretaget efter overskæringerne, er der for hvert træ udregnet en kurve, der viser vandoptagelsen i liter pr. time sat i relation til saftstigningens målte hastigheder (*Ladefoged*, 1956).

Vandforbruget for de enkelte træer på de forskellige måledage er vist i tabel 7. I tabellens andre kolonner er angivet de enkelte træers vedmasse og nåletørvægt. Man ser, som nævnt under omtalen af saftstigningen, at rødgranens vandforbrug i den tørre periode indtil vandingen er foretaget 6. august har været lavt i forhold til ædelgranernes. Man ser vandingens stærke indflydelse på rødgranens vandforbrug og ringe indflydelse på ædelgranens vandforbrug. Omvendt ser man, at overskæringen

Tabel 7. De enkelte træers vandforbrug på alle måledage.
 Table 7. Water consumption of individual trees on all measuring days.

		Ædelgran 1	Ædelgran 2	Ædelgran 4	Rødgran 3
stammemasse m ³		0.1054	0.0509	0.0886	0.1117
<i>stem volume</i>					
tørvægt af nåle, kg		11.430	5.755	6.956	9.257
<i>Dry weight of needles</i>					
	29/4	10.13	7.73	6.98	9.34
Dagligt vandforbrug	31/5	4.13	3.93	4.81	4.50
på anførte dato i liter	14/6	12.06	8.37	10.86	7.34
	4—5/7	14.28	9.47	12.51	8.52
<i>Daily water consumption</i>	2/8	10.40	8.18	7.26	6.03
<i>in litres on days stated</i>	3/8*)	17.34	10.95	—	—
	6/8**)	—	—	7.65	12.22
	7/8***)	—	—	12.03	13.51

*) overskæring af ædelgran 1 og 2.

*) *cutting of Silver firs 1 and 2.*

***) vanding af ædelgran 4 og rødgran 3.

***) *watering of Silver fir 4 and Norway spruce 3.*

****) overskæring af ædelgran 4 og rødgran 3.

****) *cutting of Silver fir 4 and Norway spruce 3.*

har virket stærkt på ædelgranernes vandforbrug, hvorimod rødgranens vandforbrug kun i ringe grad synes at være påvirket heraf.

Af tabellen vil man se, at ædelgran nr. 4 har haft et lidt større vandforbrug (4)—5. juli pr. døgn end 7. august (efter oversavning af ædelgranen). Dette forklares ved, at fordampningskravet var langt stærkere (4)—5. juli end 7. august samtidig med at saftstigningsperioden var længst (4)—5. juli. Indstrålingen var 5. juli meget stærk, himlen var det meste af dagen skyfri, vindstyrken 4—6, den relative luftfugtighed fra 83 % til 76 %, morgentemperaturen var 17°,6, dagtemperaturen 18°—19°,8 og aften-temperaturen 15°C.

7. august var indstrålingen ret ringe, himlen var overskyet, tidvis dog med sol gennem stærk dis, vindhastigheden 0—2. (Lysstyrke, relativ luftfugtighed, temperatur og dampdeficit er vist på fig. 23 og 24).

Det langt større fordampningskrav (4)—5. juli fremgår endvidere af en sammenligning mellem ædelgran nr. 4's vandforbrug

dette døgn og samme træes vandforbrug 6. august (hvor ædelgranens rodrum var vandmættet, medens fordampningskravet var af samme størrelsesorden som 7. august). På trods heraf blev saftstigningstempoet efter overskæringen 7. august stærkere end på noget tidspunkt tidligere under målingerne, (4)—5. juli indbefattet.

Forholdet viser således, at saftstigningen ved stort fordampningskrav bliver forceret i nogen grad, men samtidig ses det eentydigt, at fordampningskravet ikke herved er blevet opfyldt.

Med henblik på en eventuel beregning af det omtrentlige vandforbrug pr. ha for de enkelte måledage målttes de enkelte træers vokseareal. Endvidere foretoges friskvægtbestemmelser på mindre nåleprøver, således at den samlede friskvægt kan beregnes på grundlag af tørvægtsbestemmelserne, og endelig foretoges en planimetrering af overfladerne på nåleprøverne, således at man kan få et skøn over nålearealet.

De 3 ædelgraners middelhøjde og vedmasse svarer ganske nøje til bonitet 3 (*Henriksen*), hvor det tilsvarende stamtal er 2390 pr. ha. Rødgranen svarer efter højde og alder nøje til bonitet 3 (*C. M. Møller*), selv om træets dimensioner iøvrigt ikke repræsenterer et gennemsnitstræ efter bonitetstabellen.

Tabel 8. Vandforbrug i liter pr. ha pr. døgn for ædelgran og rødgran omregnet til 1 ha efter vedmasse.

Table 8. Water consumption in litres per hectare per 24 hours for Silver fir and Norway spruce, converted into 1 ha according to stem volume.

	29/4	4—5/7	2/8
Ædelgran 1, 2 og 4	20.000	29.000	21.000
Rødgran 3	18.000	16.000	12.000
	2/8	6/8	7/8
		efter vanding	efter overskæring
		after watering	after cutting
Ædelgran 4	16.000	17.000	27.000
Rødgran 3	12.000	24.000	26.000

Bedømmelsen af det omtrentlige vandforbrug pr. ha for enkelte måledage er vist i tabel 8. Beregningerne er foretaget på grundlag af træernes vandforbrug pr. m³ sat i relation til bonitetstabellernes vedmassetal pr. ha for den tilsvarende alder og

bonitet. Resultaterne kan ikke gøre krav på større nøjagtighed, men de synes i det foreliggende tilfælde at give et bedre billede af forholdene end en beregning foretaget på grundlag af de enkelte træers skønnede vokseplads.

Bedømmelse af relationen mellem ædelgrans og rødgrans vandforbrug pr. ha.

Det kunne efter tabellen se ud som om en ædelgranbevoksning i sommermånederne har et større vandforbrug pr. ha end en rødgranbevoksning. Det er imidlertid meget usikkert, om dette er tilfældet under alle forhold. Man ser, at vandforbruget pr. 29/4 har været af samme størrelsesorden for de to træarter, hvorpå rødgranen, trods stigende fordampningskrav i sommermånederne, har måttet sætte sit vandforbrug ned, indtil den er blevet vandet 6. august.

Vandingen har imidlertid sat rødgranens vandforbrug så stærkt i vejret, at ædelgranerne kun efter at være overskåret og anbragt i vand er kommet op på et vandforbrug af samme størrelsesorden pr. ha. Resultaterne er derfor snarere et udtryk for, at rødgran på fugtig bund ved højt fordampningskrav vil have et større vandforbrug end ædelgran, men at rødgran ved jordens udtørring noget tidligere end ædelgran vil tvinges til at nedsætte vandforbruget betydeligt. Herved har ædelgranerne på den undersøgte lokalitet og under de klimaforhold, som sommeren 1957 bød træerne, haft det største vandforbrug, medens man meget vel kan tænke sig, at rødgranen på den samme lokalitet i en våd sommer ville have vist et større vandforbrug pr. ha end ædelgran. Disse betragtninger stemmer overens med, at man umiddelbart kan iagttage, at rødgrans vækst på en bund, hvis fugtighedsforhold svinger stærkt efter de skiftende nedbørsforhold, vil være betydeligt mere uregelmæssig end ædelgrans.

Sammenligner man de enkelte træers nåletørvægt med vandforbruget (tabel 7), vil man se, at ædelgranernes vandforbrug også i forhold til nåletørvægten har været større end rødgranens; dette er i direkte modstrid med tidligere undersøgelser foretaget af *Höhnel* (1879). Også dette forhold understreger rødgranens evne til at kunne præstere en langt stærkere fordampning end ædelgranen, forudsat rigelig fugtighed i rodrummet. *Höhnel*'s laboratorieforsøg viser formentlig denne situation, medens målingerne ved Aarhus i sommeren 1957 som nævnt viser træernes

vandoptagelse under forhold, hvor rodrummets udtørring har begrænset rødgranens vandforbrug stærkt.

Med henblik på den senere omtale og bedømmelse af dug- og tågevirkning og af nålenes betydning for vandoptagelsen kan en beregning af det sandsynlige nåleareal for ædelgranerne være af interesse. Det målte nåleareal sat i relation til nålevægtene giver for de 3 træer følgende nåleareal (dobbeltsidigt):

Træ nr. 1, 117,78 m², træ nr. 2, 61,38 m², træ nr. 4, 83,56 m².

Disse tal vil efter bonitetstabellens stamtal pr. ha give ca. 20 ha nåleareal. Søger man at udregne nålearealet efter træernes vokseareal, hvad jeg i dette tilfælde som nævnt vil finde mindre sikkert, kommer man til et nåleareal på 11,2 ha pr. ha bevokset areal.

Til sammenligning kan anføres, at *C. M. Møller* (1945) i gennemsnit af mange målinger finder et nåleareal for rødgran på ca. 13 ha pr. ha bevokset areal; *Ladefoged* (1946) har pr. ha for 21årig rødgran bonitet 1 fundet et nåleareal på ca. 15 ha, medens *Burger* (1925) har fundet nålearealer på ca. 20 ha og derover.

FORDAMPNINGSFØLSOMHEDENS INDFLYDELSE PÅ
ÆDELGRANENS UDVIKLINGSMULIGHEDER OG
DYRKNINGSKRAV.

Kontrolmålingerne viste, at stærk fordampning — eller rettere, at et misforhold mellem fordampningskravet og røddernes arbejdstempo — synes at danne grundlag for ædelgranens fugtighedsvanskeligheder i Danmark. Sagt med andre ord bekræfter målingerne den stillede arbejdshypotese på ganske utvetydig måde. Selvom der er udført et stort antal enkeltmålinger, som uden undtagelse støtter hypotesen, må det indrømmes, at forsøgsmaterialet (3 ædelgraner og 1 rødgran) er for beskedent til at tjene som fuldgyldigt bevis. En undersøgelse over vandoptagelsen omfattende et stort antal træer, repræsenterende såvel ædelgran som rødgran på forskellige lokaliteter, vil i praksis være vanskelig at gennemføre og desuden kræve store udgifter og megen tid.

De udførte målinger må derfor kun betragtes som en nødvendig støtte for den opstillede hypotese, der skal tjene til basis for en formel, som udtrykker de klimatiske betingelser med henblik på ædelgrandyrkning i Danmark. I det følgende skal jeg vise, at en formel opstillet på dette grundlag langt mere sikkert end ariditetsindex og regnfaktor giver udtryk for ædelgranens sundhedsforhold og skovdyrkningsmæssige værdi i Danmarks forskellige egne.

Yderligere synes træartens krav til vokseplads og skovbehandling indenfor hvert enkelt område at kunne belyses gennem formelen, og sluttelig skal jeg søge at vise, at de forskellige *Abies nordmanniana* typers reaktioner indenfor vore grænser til en vis grad kan sættes i relation til den anvendte formel for de klimatiske fugtighedsbetingelser for ædelgrandyrkning i Danmark.

Gennem 1) undersøgelserne over ædelgranens vandoptagelse, 2) de beregnede klimatiske fugtighedsbetingelsers overensstemmelse med træartens skovdyrkningsmæssige muligheder og krav i de forskellige egne af landet og 3) beregningernes relation til visse *Abies nordmanniana* typeres reaktioner vil der efter mit skøn være ført et sandsynlighedsbevis for den opstillede hypoteses rigtighed og for dens værdi som grundlag for vor bedømmelse af ædelgranens udviklingsmuligheder og proveniensproblemer i Danmark.

Fordampningsforholdenes grænsevirkning for ædelgranens udviklingsmuligheder er imidlertid ikke et isoleret dansk fænomen. Tværtimod fremgår træartens overfølsomhed på dette punkt umiddelbart af dens naturlige udbredelsesforhold, idet fordampningen som nævnt ganske normalt synes at fastlægge dens klimatiske tørkegrænser mere eller mindre uafhængigt af jordbundsforholdene. Selv i mange områder med høj nedbør viser fordampningsfølsomheden sig, idet ædelgranen undgår sydhælder (bortset fra snævre, beskyttede kløfter), medmindre stor regnhypighed, skydække, tågedannelser eller konstant høj luftfugtighed hindrer hård, vedholdende fordampning. I træartens udbredelsesområde vil man endvidere se, at ædelgranen på steder, hvor tågevirkning og luftfugtighed bestemmes af vindretningen, i konkurrence med rødgran og bøg viser langt større styrke på terrænhældninger, som vender mod den fugtige vindretning. *P. E. Müller* (1871) nævner et eksempel herpå fra et nedbørsrigt område i Jurabjergene i Frankrig, hvor naturskove på vesthælder domineres af ædelgran, medens alle østvendte skråninger domineres af bøg (vedrørende dugvirkningens retningsbestemte virkning se senere). Ædelgranens bedre sundhedstilstand og bedre udvikling på vesthældende end på østhældende terræn i Danmark skal senere blive omtalt.

Hypotesen støttes yderligere af ædelgranens særlige evne til i kronerne at fastholde vand i form af nedbør, fortættet tåge eller dug, idet denne egenskab formentlig må ses som et forsøg på at imødegå en for stærk fordampning, ikke mindst fordi træarten i nærheden af sine tørkegrænser ofte synes at have udviklet denne evne i særlig grad gennem en tæt, *nordmanniana*-agtig nålefyldte. Dette forhold bliver navnlig instruktivt på baggrund af, at ædelgranen ved denne foranstaltning formindsker den del af nedbøren, der når ned til jordbunden.

Mange af ædelgranens særprægede skovdyrkningskrav og reaktioner overfor klimatiske ændringer synes endvidere direkte at stå i forbindelse med fugtigheds- og fordampningsforholdene i kronerne, dette bliver navnlig iøjnefaldende i nærheden af træartens klimatiske tørkegrænser. Følgende forhold, som senere i beretningen vil blive nærmere gennemgået, kan fremhæves: ædelgranens gode sundhed og udvikling i uligealdrende bevoksninger med uregelmæssigt kronetag og dens særlig gode udvikling i blandingskov; dens følsomhed overfor træk; dens utilbøjelighed til at bevare dybe kroner i ensartede, ensaldrende bevoksninger; dens følsomhed overfor en pludselig fjernelse af en skærm, dens bedre udvikling på vest- og nordhældende terræn i Danmark end på østhælder, hvor tidlige „alderdomssvækkelser“ oftest vil indtræffe; de gamle bevoksningers evne til efter tørkesvækkelser at bevare en ydre, sund skal i den øverste, frie del af kronerne; de ældre ædelgraners karakteristiske „storkerededannelser“ oven i kronerne, når de rager op over den omgivende skov.

KUTIKULÆR VANDOPTAGELSE OG FORDAMPNING.

Det vand, der tilbageholdes i kronerne (interceptionen), bliver af stor betydning for ædelgranen, hvadenten det opfanges i form af nedbør eller gennem fortætning af tåge eller dug. Selvom man forudsætter, at dette vand atter fordamper uden først at være optaget af nålene, vil skadelig fordampning fra træerne være afbrudt, så længe kronerne er våde; en del af dette vand vil yderligere komme træerne til gode ved at blive opsuget gennem nålene, således at det direkte bidrager til at sikre træernes vandbalance.

En meget betydelig kutikulær vandoptagelse gennem nålene er påvist af *Stålfelt* (1944) på forsøgsmateriale af afskårne rødgrangrene. Kutikulær vandoptagelse gennem nåle af *Pinus ponderosa* (Douglas) er påvist af *Stone & Shachori* (1954) og *Stone, Shachori & Stanley* (1956). Forsøgsmaterialet var her unge planter med rod. Såvel kutikulær vandoptagelse som kutikulær transpiration er som nævnt undersøgt af *Härtel & Eisenzopf* (1953) i laboratoriet på forsøgsmateriale af nåle af forskellige nåltræer. Disse undersøgelser omfatter nåle af forskellig alder og udviklingstrin, såvel lysnåle som skyggenåle fra forskellige dele af kronen og fra forskellig placering på årsskuddet.

Kutikulær vandoptagelse skulle efter *Härtel & Eisenzopf's* undersøgelse foregå hurtigst på skyggenåle og på nyudsprungne skud og — alt andet lige — være kraftigst i træernes øverste del (specielt langt fra hovedaksen), — slg. senere vedrørende ædelgranens evne til at bevare de perifere skud friske øverst i kronerne og dens tilsvarende manglende evne til at bevare dybe kroner, hvor de klimatiske fugtighedsbetingelser er utilstrækkelige. Kutikulær vandoptagelse synes at variere med årstiden, idet man finder de laveste værdier om vinteren. I gennemsnit angives vandoptagelsen at være 3—10 mg pr. time pr. gram friskvægt

af nålene, men nyudsprungne nåle af *Abies alba* viste en kutikulær vandoptagelse på 30 mg pr. time. Den kutikulære transpiration vil ligesom vandoptagelsen ske hurtigst på nåle under udvikling og på skyggenåle, men synes — alt andet lige — at foregå stærkest fra nåle et stykke nede i kronen for derfra at aftage såvel mod den øverste del af kronen som ned mod jorden.

Den årstidsbestemte variation er også i laboratoriet stærkere i den kutikulære transpiration end i den kutikulære vandoptagelse, hvorved „den kutikulære balancekvotient“, som udtrykker forholdet mellem kutikulær vandoptagelse og kutikulær transpiration indenfor lige lange tidsrum, bliver størst om vinteren. På denne årstid vil den kutikulære vandoptagelse — også i betragtning af, at muligheden herfor strækker sig over lange tidsrum sammenlignet med de tidsrum, hvor kutikulær fordampning kan foregå — fuldtud modsvare den kutikulære fordampning og stort set overtage den nødvendige vandforsyning af træerne. Om sommeren vil den kutikulære vandoptagelse i forhold til træernes samlede vandforbrug derimod kvantitativt være underordnet, og den bliver af *Härtel & Eisenzopf* tillagt en tilsvarende ringe økologisk rolle. Om dette er rigtigt for ædelgranens vedkommende, når den som i Danmark befinder sig i nærheden af en klimatisk tørkegrænse, tør jeg ikke afgøre; meget taler for (jvf. også *Stålfelts* undersøgelser), at dug, tåge m. m. yder en kendelig aktiv hjælp navnlig gennem de helt unge nåles kutikulære vandoptagelse — ved siden af den beskyttende virkning imod fortsat fordampning. I denne forbindelse skal det nævnes, at saftstigningen ved undersøgelser foretaget på ædelgran i 1957, i overensstemmelse med tidligere målinger på andre træarter foretaget af *K. Ladefoged* (1956), stedse synes at standse helt, så snart solen er gået ned, således at den genoprettelse af saftspændingen i de friske skud, som kan foregå om natten, kun synes at kunne ske gennem kutikulær vandoptagelse.

Når der i det følgende ved beregningerne kun tages hensyn til duggens og tågens fordampningsbeskyttende virkning, er dette gjort af forsigtighedshensyn, men i fuld erkendelse af, at disse faktorerers økologiske betydning herved undervurderes.

Idet ædelgranens fordampningsfølsomhed og evne til at opfange og nyttiggøre sig den fugtighed, der rammer kronerne, bekræftes såvel gennem træartens reaktioner i skoven som gennem undersøgelserne over kutikulær fordampning og vandopta-

gelse, må man i Danmark, hvor vi befinder os i nærheden af en klimatisk tørkegrænse for ædelgran, kunne bedømme træartens dyrkningsmuligheder på denne baggrund. Dette kræver som nævnt, at man bedømmer virkningen af de klimafaktorer, der bidrager til at fremkalde eller hindre skadelig fordampning på hver enkelt lokalitet.

De klimafaktorer, der må tages i betragtning, er ikke blot gennemsnitstemperatur og -nedbør (som ved ariditetsindexberegning), men tillige relativ luftfugtighed (dampdeficit), solskinstimernes antal, tågedannelser, dugfald, regnhypighed og vindstyrke, der alle har direkte indflydelse på fordampningens størrelse eller forløb.

Muligheden for at bedømme den enkelte klimafaktors indflydelse og for på grundlag heraf at opstille en brugelig formel, der kan vise de enkelte lokaliteters større eller mindre klimatiske fugtighedsmangel med henblik på ædelgrandyrkning, skal jeg søge at belyse — efter først at have fastlagt det tidsrum af året, indenfor hvilket fordampningssvækkelserne kan blive kritiske for ædelgrandyrkning.

BESTEMMELSE AF DEN PERIODE AF ÅRET, INDENFOR HVILKEN ÆDELGRANENS TØRKESVÆKKELSER OPSTÅR.

Ædelgranens fordampningskriser i Danmark må ses på baggrund af

- 1) den årlige rytme i vore klimatiske fugtighedsforhold,
- 2) den årlige rytme i ædelgranens fugtighedskrav (følsomhed overfor fugtighedsmangler).

Den klimatiske tørkegrænse for ædelgran, som vi befinder os i nærheden af, udmærker sig i særlig grad ved, at perioden maj-juni normalt giver stærk fordampning i forbindelse med lav nedbør. Perioden bliver herved ugunstig for de fugtighedskrævende træarters udvikling. Sammenligner man med andre klimatiske tørkegrænser for ædelgran, synes Danmark derimod at ligge gunstigt med hensyn til fugtighed i eftersommeren.

En grov, men meget anskuelig orientering herom kan man få ved at benytte månedlige ariditetsindexberegninger efter formelen

$$I_m = \frac{P_m \times 12}{T_m + 10},$$

hvor P_m er månedens nedbør og T_m er mån-

dens gennemsnitstemperatur. Forstkandidat *G. Poulsen* har — i forbindelse med udtagning af forsøgsmateriale til brug i Danmark — foretaget sådanne udregninger for lokaliteter i Frankrig omkring ædelgranens klimatiske tørkegrænser; i denne sammenhæng blev der foretaget en tilsvarende beregning for ædelgranforekomsten ved Erlenbach i Forstamt Bergzabern, på den tyske side af grænsen mod Frankrig, i Vogesernes nordlige udløbere, ca. 60 km nord for Saverne. Månedlige ariditetsindexkurver for de nævnte lokaliteter samt for Freudensstadt, en fugtig lokalitet i Schwarzwald, og for et par danske stationer (Høgildgård og Stenderup) er angivet i fig. 25. Samtlige franske stationer ved

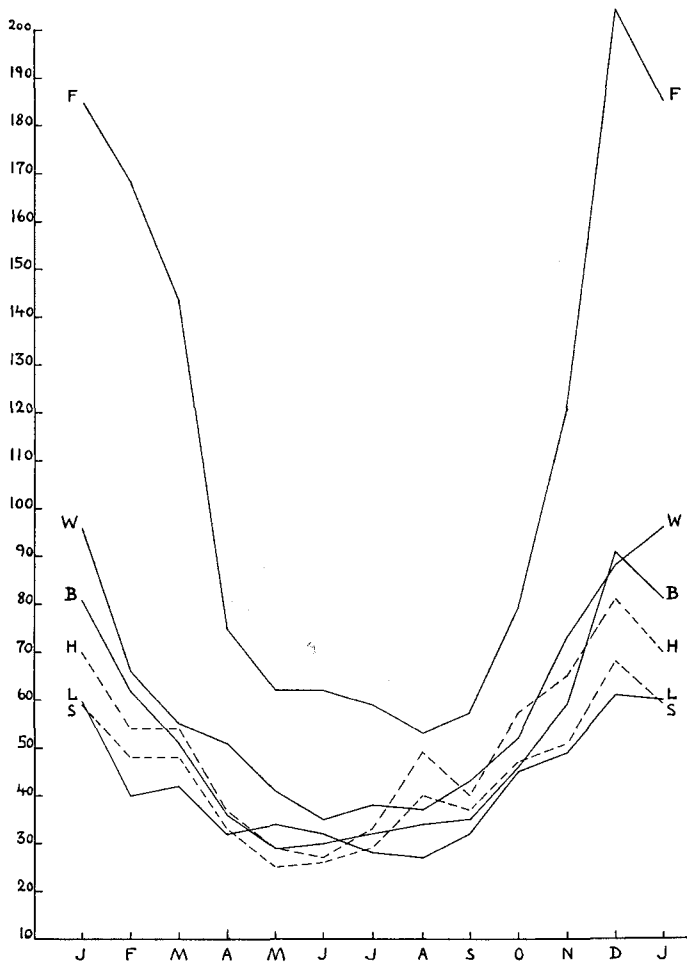


Fig. 25. Ariditetsindeks udregnet måned for måned ved nogle stationer i ædelgranens nordvestlige udbredelsesområde.

F: Freudenstadt (fugtigt område i Schwarzwald, 730 m over havet).

W: Wolfenhütte (tørkegrænse i Zinzeldalen, nordlige Vogeser, 210 m over havet).

B: Bergzabern (Vogesernes nordlige udløbere, 183 m over havet).

L: Laigle (tørkegrænse i Normandiet, 242 m over havet).

til sammenligning (stiplede linier):

H: Høgildgård (Danmark) og

S: Stenderup (Danmark).

Ædelgranen er navnlig tørkefølsom i perioden 16/5—30/6.

Fig. 25. Aridity index, calculated monthly at some stations in the north-westerly habitat of Silver fir.

F: Freudenstadt (damp region in the Black Forest, at an altitude of 730 m).

W: Wolfenhütte (drought limit in the Zinzel Valley, the northern Vosges, at an altitude of 210 m).

B: Bergzabern (northern spurs of the Vosges, at an altitude of 183 m).

L: Laigle (drought limit in Normandy, at an altitude of 242 m).

For comparison (dash-dotted lines):

H: Høgildgård (Denmark) and

S: Stenderup (Denmark).

The silver fir is specially sensitive to drought in the period May 16—June 30.

tørkegrænserne viser et højere månedligt ariditetsindex i maj-juni end stationerne i Danmark og i gennemsnit et noget højt årligt ariditetsindex i sammenligning med Danmark. Tørkegrænsen i Normandiet danner dog en undtagelse, idet månedligt ariditetsindex her, såvel i det tidlige forår som i august-september, er lavt i sammenligning med vore forhold, medens det årlige ariditetsindex er lavere end ved de øvrige franske tørkegrænser for ædelgran. Ædelgranforekomsten ved Bergzabern er tydelig tørkepræget, og træarten er her muligvis indført fra Schwarzwaldområdet i 1584; den månedlige ariditetsindexkurve stemmer ret nøje med de danske kurver.

Det månedlige ariditetsindex fra ædelgranens tørkegrænse i Polen er om foråret lavere end det danske, men stiger derefter i løbet af forsommeren for at kulminere i juli ved en værdi, der er lidt højere end normalt for juli måned i Danmark. Medens det danske index når en relativt høj værdi i august, bliver det polske index påny lavt i denne og de følgende måneder. Det årlige ariditetsindex bliver herved lavere ved den polske tørkegrænse for ædelgran end ved de fleste danske stationer og langt lavere end ved de franske tørkegrænser for træarten. På fig. 26 er angivet månedligt ariditetsindex for et par polske stationer i nærheden af tørkegrænsen samt for Krakow, der ligger forholdsvis langt bag tørkegrænsen; til sammenligning er indtegnet månedligt index for henholdsvis Høggildgård og Stenderup i Danmark.

Når vort klima normalt er tørt i maj-juni, vil dette som nævnt hæmme udviklingen for mange af de træarter, som efter danske forhold må betegnes som fugtighedskrævende, men virkningen bliver af en særlig alvorlig karakter for ædelgran, hvis fugtighedskrav og følsomhed overfor fordampning netop synes at være forstærket i den samme periode som følge af en tidligt gennemført skudstrækning, som stort set afsluttes (for sideskudenes vedkommende) i den sidste uge af juni.

Denne særlige følsomhed overfor klimatisk fugtighedsmangel i skudstrækningsperioden kan forklares gennem de laboratorieundersøgelser over kutikulær transpiration og vandoptagelse, som *O. Härtel* og *R. Eisenzopf* (1953) har foretaget på nåle af forskellige nåletræer. Herfra skal følgende citeres: „Die jung ausgetriebenen Nadeln zeigen zunächst eine ausserordentlich hohe Kutikulartranspiration, die aber rasch abnimmt“ ... „auch die anfänglich sehr grosse kutikuläre Wasseraufnahme nimmt

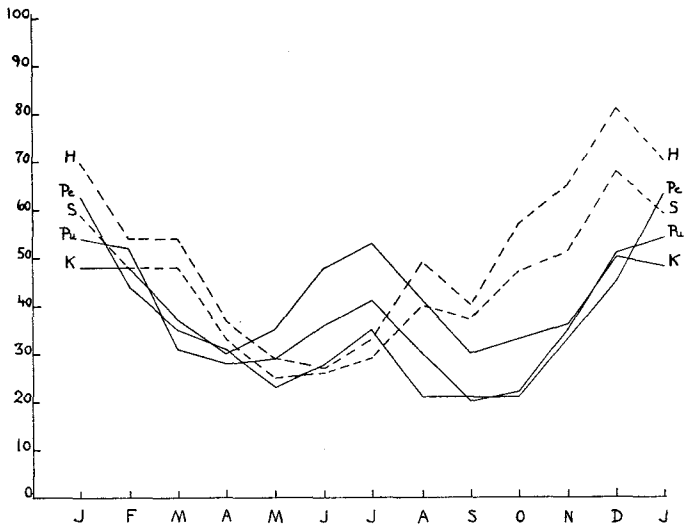


Fig. 26. Ariditetsindeks udregnet måned for måned ved nogle polske stationer (fuldt optrukne linier).

Pe: Petrikow (tørkegrænse i Polen) $51^{\circ}25'$ nordl. bredde, $19^{\circ}41'$ østlig længde, 207 m over havet.

Pu: Pullawy (tørkegrænse i Polen) $51^{\circ}25'$ nordl. bredde, $21^{\circ}57'$ østlig længde, 148 m over havet.

K: Krakow (Polen) $50^{\circ}04'$ nordlig bredde, $19^{\circ}57'$ østlig længde.

Til sammenligning (stiplede linier):

H: Høgildgård (Danmark).

St: Stenderup (Danmark).

Ædelgranen er navnlig tørkefølsom i perioden 16/5—30/6.

Fig. 26. Aridity index, calculated monthly at some Polish stations (solid lines).

Pe: Petrikow (drought limit in Poland) $51^{\circ}25'$ N lat., $19^{\circ}41'$ E longit., altitude 207 m.

Pu: Pullawy (drought limit in Poland) $51^{\circ}25'$ N lat., $21^{\circ}57'$ E longit., altitude 148 m.

K: Krakow (Poland) $50^{\circ}04'$ N lat., $19^{\circ}57'$ E longit.

For comparison (dash-dotted lines):

H: Høgildgård (Denmark).

St: Stenderup (Denmark).

The silver fir is specially sensitive to drought in the period May 16—June 30.

rasch ab.“ — Idet netop kutikulærtranspirationen i modsætning til „frivillig“ fordampning gennem åbne spalteåbninger kan medføre fordampningssvækkelser, viser disse forhold entydigt, at der for træarter, som efter vore forhold må betegnes som fugtighedskrævende, vil være en tid på året, sammenfaldende med skudstrækningsperioden, hvor manglende klimatisk fugtighed får kritisk indflydelse på udviklingen.

Idet vort klima i eftersommeren normalt bliver mere fugtigt (mindre fordampning, større nedbør), følger heraf, at tørkefølsomme træer med sen skudstrækningsperiode hos os som regel vil finde gunstigere klimatiske forhold for deres udvikling end tidligt brydende træer.

Det er i beretningens 1. del, Proveniensenvalg, nævnt, at de mere fugtighedskrævende træarter i forårstørre områder søger at udvikle klimaracer, hvis fugtighedskrav gennem en forhaling af skudstrækningsperioden synes at komme i bedre overensstemmelse med de lokale klimatiske fugtighedsforhold. Evnen

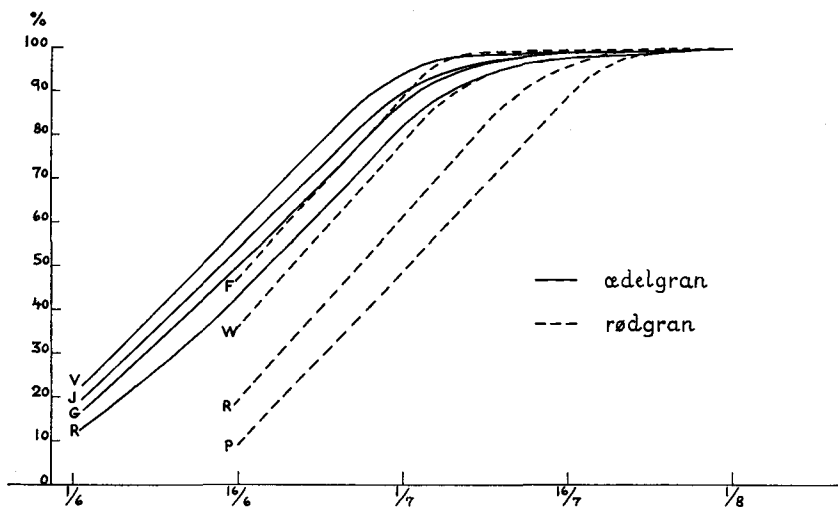


Fig. 27. Skudstrækningskurver for ædelgran og rødgran 1955. Ædelgran (proveniensenforsøget i Børsted hestehave afd. 12, Bregentved skovdistrikt).

Provenienser:

V: Vogeserne. J: Jura. G: Gurrevang. R: Rumænien (Lapos).

Rødgran (proveniensenforsøget i Tokkekøb hegn).

Provenienser: F: Finland (Vilppula). W: Württemberg (Wildberg).

R: Rumænien (Valea Mare). P: Polen.

Skudstrækningen for ædelgran faldt i 1955 mindst 8 dage senere end normalt, jvf. skudstrækning 1954 (fig. 29) og 1956 (fig. 44).

Fig. 27. Flushing curves for Silver fir and Norway spruce 1955. Silver fir (provenance experiment in Børsted Hestehave Forest, compt. 12, Bregentved Forest District).

Provenances: V: Vosges. J: Jura. G: Gurrevang. R: Roumania (Lapos).

Norway spruce (provenance experiment in Tokkekøb Forest).

Provenances: F: Finland (Vilppula). W: Württemberg (Wildberg).

R: Roumania (Valea Mare). P: Poland.

In 1955 the flushing of Silver fir took place at least 8 days later than normal, cfr. flushing in 1954 (Fig. 29) and 1956 (Fig. 44).

hertil synes f. eks. at være ret tydelig for rødgranens vedkommende, medens japansk lærk ved at have henlagt skudstrækningen til juli-september i udpræget grad synes at have sit største fugtighedskrav i denne periode. Det er nævnt, at en tendens til en forskudt vækstperiode også kan spores hos ædelgran fra tørkegrænser, hvis kritiske tidspunkt falder ved vækstperiodens begyndelse, men denne evne synes for ædelgrans vedkommende at være temmelig svag. Sideskudsmålinger gennemført i proveniensforsøgene i 1954 og 1955 har således kun vist små forskelle for afkom af de forskellige provenienser; da udspringet navnlig i 1955 er faldet unormalt sent for alle ædelgraners vedkommende, har spredningen dog måske været mindre end normalt; tilsvarende målinger foretaget i 1956 viste dog ikke større spredning.

Betragter man skudstrækningskurverne for ædelgran (fig. 27, 29 og 44), vil man se, at skudstrækningen stort set falder i tidsrummet 15. maj til 1. juli — med hovedstrækningen i første halvdel af juni. Sammenholder man dette med de klimatiske forhold, bliver det naturligt at udpege tiden 15. maj til 30. juni som den kritiske periode med hensyn til fugtighed for ædelgran-
dyrkning i Danmark, d. v. s. den periode, som på afgørende måde bestemmer træartens sundhedstilstand og vækst fra år til år og fra lokalitet til lokalitet.

Idet vore klimatiske fugtighedsforhold normalt er særlig mangelfulde samtidig med, at ædelgranens følsomhed overfor tørke efter alt at dømme bliver maksimal under skudstrækningen, synes den kritiske periode for opfyldelsen af træartens fugtighedskrav ganske entydigt bestemt. Selvom fordampningen fortsat er meget kraftig i juli måned, og de klimatiske fugtighedsforhold i det hele taget ofte er meget mangelfulde langt ind i denne måned, synes ædelgranen efter skudstrækningens afslutning at være meget lidt sårbar overfor tørkesvækkelser.

Tørkefølsomhedens nøje sammenhæng med selve skudstrækningsperioden bliver herigennem stærkt understreget, — et forhold, som ædelgranen synes at have fælles med de andre fugtighedskrævende træarter under vore klimaforhold. Et meget stærkt vidnesbyrd herom får man ved at betragte træarternes reaktioner i vore plantager i og efter tørkesommeren 1955. Denne sommer vil, ikke mindst i hede- og klitplantagerne, mindes på grund af dens usædvanlige varme i juli-september i forbindelse med en for mange plantninger katastrofal tørke i den samme periode.

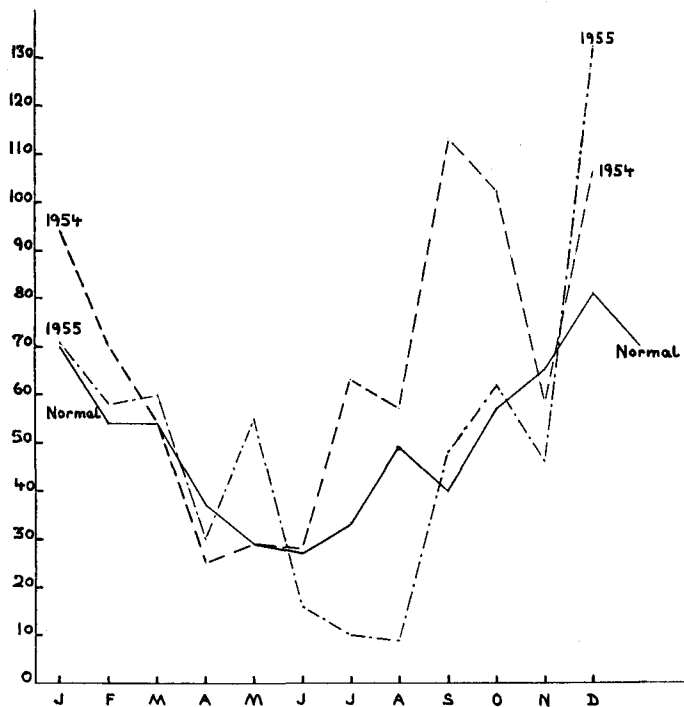


Fig. 28. Ariditetsindeks måned for måned ved Høgildgård. Figuren viser værdierne for 1954 og 1955 samt de normale værdier. Bemærk det ekstremt lave ariditetsindeks for juli-august i 1955.

Fig. 28. Monthly aridity index at Høgildgård. The figure shows the values for 1954 and 1955 as well as the normal values. Note the extremely low aridity index for July-August, 1955.

Den månedlige ariditetsindexkurve for 1955 for Høgildgård (syd for Herning) er afsat på fig. 28 til sammenligning med normalkurven for den samme lokalitet. Man ser her, hvorledes de ekstremt lave værdier på årets ariditetsindexkurve er forskubbet fra maj-juni til juli-august. Der faldt ved Høgildgård kun 0,1 mm regn i tiden fra 6. juli til 6. august. Vejret havde i maj-juni været køligt, nedbøren i maj betydeligt højere end normalt, i juni noget under normalen. Den afgørende periode for ædelgranens udvikling havde således været god i maj og nogenlunde i juni. Det skal dog bemærkes, at træerne efter usædvanlig ublide klimaforhold i sen vinteren og det tidlige forår ligesom de fleste andre træarter kan have været noget svækkede, og under alle omstændigheder fik de deres udspring forsinket op imod 14 dage, således at udviklingen af skuddene i alt væsentligt måtte foregå i juni; til gengæld satte varmen og tørken først rigtigt ind efter 5. juli.

Den sene vinters svækkelse af en del træarter og juli-september-tørkens og -varmens indvirkning på de forskellige træarter er et meget lærerigt emne; ved denne lejlighed skal kun tørkesommerens indflydelse på nogle fugtighedskrævende træer berøres for at vise specielt ædelgranens stærkt rytmebetonede fugtighedskrav.

På særlig tørre, græsbundne lokaliteter kunne man i sommeren 1955 iagttage tørkesvækkelser og tørkedød for alle træarters vedkommende, indbefattet de mest tørketålende. Det sædvanlige forhold syntes dog at være, at de tørketålende træarter var ret uberørte af tørkeperioden og i mange tilfælde regenererede tydeligt efter alvorlige vintersvækkelser; dette kunne f. eks. bemærkes på mange kulturer af skovfyr og douglasgran.

For de mere fugtighedskrævende træarters vedkommende havde sensommertørken en meget forskellig virkning. Ædelgranen viste sig påfaldende ufølsom overfor tørken de fleste steder; skududviklingen havde været ret normal og var for sideskuddenes vedkommende afsluttet inden tørken, stedvis var topskuddenes vækst ikke afsluttet inden tørkens indtræden, og man kunne der iagttage en nedsat højdevækst i 1955, men skudmodning og afslutning fandtes normal overalt. I de målte ædelgranparceller i proveniensforsøgene var længden af sideskuddene lidt kortere end i 1954, men skudstrækningen var som nævnt afsluttet inden tørkeperiodens begyndelse, og skuddenes benåling, modning og knopdannelse blev normal. Sundhedstilstanden for ædelgran (chermesangreb m. m.) var ikke på nogen måde foruroligende. Kun nålefaldet af ældre nåle synes at have været påfaldende stort, specielt i ældre bevoksninger.

Også for rødgrans vedkommende synes væksten at have været tilfredsstillende, dog så man her tydelige tørkesvækkelser i de fleste unge bevoksninger, og navnlig var det foruroligende at iagttage de mange krampagtigt bøjede topskud, hvis afslutning, specielt knopdannelse, blev meget svag. Eftervirkningen heraf blev meget tydelig i 1956, idet en del toppe helt eller delvis visnede, medens udspringet på mange af træerne blev usikkert og nølende, og hele bevoksninger viste tydelige tegn på stagnation i dette år trods ret gunstige klimaforhold i vækstperioden. Skudstrækningen i 1955 har delvis været afsluttet inden tørkens indtræden, men skudmodningen er kun for de tidligst afsluttede skud forløbet normalt, medens træer med sen skudstrækning blev varigt svækkede.

Som en parallel hertil kan det nævnes, at *Abies nordmanniana* stedvis led mere af sommertørken i 1955 end almindelig ædelgran — ganske modsat af, hvad man kan iagttage i normale år, hvor fugtighedsforholdene er bedst for de sent brydende træer. Et eksempel herpå danner proveniensforsøget i Horserød hegn, afd. 151 (Kronborg statsskovdistrikt), hvor mange ædelgranparceller er delvis ødelagt gennem chermesangreb, medens parcellen med *Abies nordmanniana* indtil 1955 var langt sundere. Parcellen viste forkortede skud i 1955 og blev i 1956 stærkt angrebet af chermes, hvorimod de almindelige ædelgraner i forsøget (efter opstamning) netop i dette år viste tiltagende sundhed og vækst.

Udspringstidspunktets (skudstrækningsperiodens) afgørende indflydelse på de forskellige *Abies nordmanniana*-typers krav til klima og vokseplads i Danmark og nogle af disse typers reaktioner overfor tørken 1955 vil senere blive omtalt.

For japansk lærk fik sommertørken i 1955 på mange lokaliteter en katastrofal virkning, idet mange kulturer fra de sidste 10—15 år helt eller delvis gik til grunde. Som vist på fig. 29 ligger japansk lærks skudstrækning i perioden juli-september, hvorved tørken netop har ramt denne træart i det sårbare tidsrum, da tørkefølsomheden nødvendigvis må være stor. En skudmåling foretaget 16. august 1955 på de samme træer, som i 1954 blev anvendt som materiale til skudstrækningsundersøgelser, viste i gennemsnit top-skud på 18 cm imod ca. 50 cm på samme tid i 1954. At lærkens fugtighedskrav tidligere på sommeren er meget beskedent, viser bl. a. de ret store, vellykkede bevoksninger på Mols; i denne egn har japansk lærk først i 1955 vist, at den med rette må betragtes som en fugtighedskrævende træart, hvis tørkefølsomhed må søges i juli-september.

Interessant er det samtidig at konstatere, at ædelgran i det tørre klimaområde på Djursland udvikler sig dårligt; det kan således nævnes, at man i Rugård skov på frisk, næringsrig og fugtig bund finder stærkt svækkede chermesangrebne ædelgraner. Ganske tilsvarende iagttagelser kan man gøre — også på frisk, god skovbund — i mange andre, østjyske egne, f. eks. i området Vejle-Trelde-Fredericia, ved det indre af Vejlefjord, i nærheden af Århusbugten, Randerseggen o. s. v. Ældre bevoksninger, som det er lykkedes at frembringe i disse egne, mangler normalt evne til at holde dybe kroner og viser kun fuld benåling

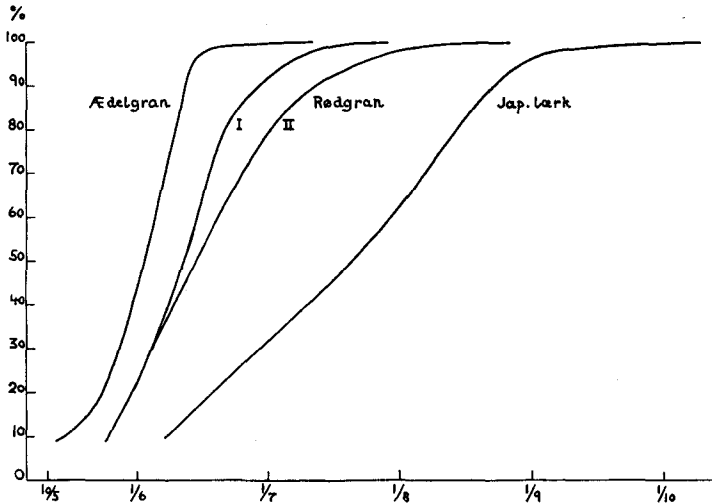


Fig. 29. Skudstrækningskurver for ædelgran, rødgran og japansk lærk 1954.

Ædelgran: Proveniensenforsøget i Sølunden afd. 15, Frijsenborg skovdistrikt. Gennemsnit af 5 provenienser.

Rødgran I: Silkeborg Sønderskov, afd. 232. Proveniens Gludsted.

Rødgran II: Gludsted plantage, afd. 28. Proveniens Gludsted.

Japansk lærk: Gludsted plantage, afd. 78. Proveniens Velling skov.

Fig. 29. Flushing curves for Silver fir, Norway spruce and Japanese larch in 1954.

Silver fir: The provenience experiment in Sølunden Forest, compt. 15, Frijsenborg Forest District. Average of 5 proveniences.

Norway spruce I: Silkeborg Sønderskov Forest, compt. 232. Gludsted provenience.

Norway spruce II: Gludsted Plantation, compt. 28. Gludsted provenience.

Japanese larch: Gludsted Plantation, compt. 78. Velling Forest provenience.

i kronernes øverste, perifere dele. Disse forhold er tillige karakteristiske for ædelgran i de fleste områder på øerne.

Billedet af chermesangrebne unge ædelgranbevoksninger og af nålefattige gamle ædelgraner er i disse områder så almindeligt, at en oprensning af enkelte bevoksninger, som viser disse forhold, vil være unødvendig. Langt interessantere vil det være at påvise sunde bevoksninger i disse områder, idet man herigenem kan få et indtryk af de mikroklimatiske og i forbindelse hermed de skovdyrkningsmæssige forholds store betydning for ædelgran.

Stor betydning for vor forståelse af ædelgranens klimatiske fugtighedskrav har træartens forholdsvis gode udvikling i det

nordvestlige Sjælland (f. eks. på Asnæs), idet man her befinder sig i et af landets nedbørsfattige områder. Til dette forhold skal jeg senere vende tilbage. I de nævnte tørre områder — Nordvestsjælland indbefattet — viser rødgran på tør bund en meget usikker udvikling og bukker under for sygdomme, hvorimod den på frisk bund i de samme egne kan udvikle sig upåklageligt. Sitkagranen viser i disse områder en god vækst, men bukker på tør jordbund under for sygdomme (trametes, *Hylesinus micans*) i 35—40 års alderen.

Disse erfaringer med hensyn til de fugtighedskrævende træarters trivsel i et relativt tørt klimaområde giver et instruktivt billede af ædelgranens placering blandt disse træarter ved dyrkning i Danmark.

1. Ædelgran (hidtil anvendte provenienser) er på grund af stor følsomhed overfor manglende klimatisk fugtighed (hård fordampning) i forsommeren ret uegnet til dyrkning i visse af de nedbørsfattige områder; mangel på klimatisk fugtighed kan for denne træarts vedkommende kun i ringe grad afhjælpes gennem fugtighed i rodrummet.
2. Rødgran er på grund af stor tørkefølsomhed i forsommeren ret uegnet til dyrkning på tør bund i tørre områder, mangel på klimatisk fugtighed synes i vid udstrækning at kunne afhjælpes gennem gunstige fugtighedsforhold i rodrummet.
3. Japansk lærk trives i normale år godt også i tørre områder, idet træarten er ret ufølsom overfor forsommerens tørke. I juli-september kan en tørkeperiode dog få katastrofale følger på tør bund på grund af træartens tørkefølsomhed i dette tidsrum.*)

Tørkesvækkelsernes relation til skudstrækningsperioden for de fugtighedskrævende træarters vedkommende synes at fremgå af alle de nævnte træarters forhold, og man kommer således ad flere veje til det resultat, at de tørkekriser, som begrænser ædelgranens anvendelighed i Danmark, må søges i tidsrummet 15. maj—1. juli.

*) I 1959 medførte den hårde sommertørke allerede i sidste uge af juni måned alvorlige ødelæggelser i mange lærkekulturer idet lærkens udspring dette år faldt unormalt tidligt.

Klimatiske forhold, som i perioden 16/5—30/6 influerer på ædelgranens tørkesvækkelser.

Ædelgranens klimatiske tørkesvækkelser i Danmark synes som nævnt at skyldes hård vedvarende fordampning i skudstrækningsperioden (bestemt til perioden 16/5—30/6), idet man tør forudsætte, at rodvirksomheden (saftstigningen) ikke kan modsvare en stærk fordampning, medens de nye skud under skudstrækningen er dårligt beskyttede imod kutikulær fordampning.

De normale klimatiske fugtighedsmangler for ædelgrandyrkning i Danmark vil på denne baggrund dels afhænge af totalfordampningen på de enkelte lokaliteter indenfor perioden 16/5—30/6, dels af fordampningens forløb indenfor samme periode. Fordampningen minus nedbøren indenfor perioden angiver den vandmængde, rodrummet skal afgive til vegetationen for at opretholde vandbalancen — idet man i den nævnte periode kan se bort fra afstrømning. I betragtning af ædelgranens dybe rodudvikling vil rodrummet ganske normalt rent kvantitativt kunne opfylde denne betingelse for ædelgrans vedkommende, hvorfor fordampningskriserne må tilskrives, at rodrummets vandreserve ikke kan mobiliseres tilstrækkelig hurtigt. Fordampningens forløb får herved stor betydning indenfor tidsrummet 16/5—30/6, idet alt, hvad der kan nedsætte eller midlertidigt afbryde specielt den kutikulære fordampning, vil modvirke fordampningskrisernes opståen og herigennem gavne ædelgranen.

En fuldstændig afbrydelse af den kutikulære fordampning sikrer træerne sig, så længe nålene er våde — her erstattes fordampningen endog af kutikulær vandoptagelse — hvorfor regnhypigheden eller regnens varighed i denne forbindelse bliver mere afgørende end den absolutte nedbørsmængde (forudsat tilstrækkelig vandreserve i rodrummet); endvidere vil man se, at dug- og tågevirkning herigennem får en afgørende betydning indenfor denne periode. Særlig værdifuldt er det for træerne at have fugtig overflade på nålene, medens lys og åbne spalteåbninger kan sikre fuld assimilation.

Da enhver afbrydelse af den stærke fordampning i skudstrækningsperioden er gavnlig for ædelgranen, er der grund til at antage, at et stærkt vekslende skydække vil have en gunstig indflydelse på træartens udvikling (jvf. ædelgranens udvikling i Normandiet).

OPSTILLING AF EN FORMEL FOR DE NORMALE
KLIMATISKE FUGTIGHEDSMANGLER FOR ÆDEL-
GRANDYRKNING I DANMARK (\mathcal{A}_{kf}).

Vil man for Danmarks vedkommende gennem en nogenlunde pålidelig formel give udtryk for de enkelte egnens normale klimatiske fugtighedsmangler med henblik på ædelgrandyrkning, synes det rimeligt at opbygge en sådan formel som en simpel flerleddet størrelse, omfattende fordampningsunderskudet (fordampning \div nedbør) for perioden 16/5—30/6, med fradrag af passende værdier for de klimafaktorer, der indenfor dette tidsrum afbryder skadelig fordampning.

En formel opbygget efter disse retningslinier har den iøjnefaldende fordel fremfor ariditetsindex m. v., at hvert enkelt led genspejler en klimatisk faktor, som har direkte indflydelse på de fugtighedsforhold, der synes at være afgørende for ædelgrans anvendelighed som skovtræ. Sammenligner man formlens enkelte led på forskellige lokaliteter, kan man få et indtryk af, hvilke særlige klimatiske vanskeligheder eller fordele, der knytter sig til ædelgrandyrkning på den enkelte lokalitet. Den samlede udregning af formlen skal, hvis hvert led er tillagt den rette vægt, give en talstørrelse, der udtrykker, om de normale klimatiske fugtighedsmangler volder ædelgrandyrkning større eller mindre vanskelighed.

For anvendelse i praksis har en formel, opstillet efter de nævnte retningslinier, følgende mangler:

- 1) Fordampningen er omstændelig at udregne og ansættelserne endnu ikke helt sikre.
- 2) Der stilles meget store krav til de meteorologiske målingers alsidighed, således at antallet af brugelige stationer til dette formål indskrænkes betydeligt.

Det vil under alle omstændigheder være rimeligt kun at medtage de klimafaktorer, som, indenfor det klimaområde, man vil betragte, kan medføre væsentlige variationer i formlens værdi. For et begrænset klimaområde (som f. eks. Danmark) vil det således være unødvendigt at medtage variable faktorer for regnhypighed og vekslende skydække, idet man tør formode, at regnhypigheden vil variere fra egn til egn nogenlunde parallelt med nedbørsfordelingen, og ligeledes, at solskinstimernes antal (som indgår i fordampningsberegningen) i tilstrækkelig grad registrerer det vekslende skydækkes indflydelse fra egn til egn.

Et sammenligningsgrundlag for de normale klimatiske fugtigheds manglers (\bar{E}_{kf}) variation indenfor Danmarks grænser skulle man herefter kunne få ved at betragte fordampningsunderskuddet i perioden 16/5—30/6 og herfra trække tåge- og dugvirkningen i samme tidsrum.

Formlen får da følgende udseende:

$$\bar{E}_{kf} = (F \div N) \div c_1 \text{tg} \div c_2 d,$$

hvor: F	er maksimal fordampning, målt i mm 16/5—30/6,		
N	er nedbør,	”	”
(F ÷ N)	er fordampningsunderskud,	”	”
tg	er tågedagenes antal,	”	”
d	er dugfaldet,	”	”

medens c_1 og c_2 er konstanter.

Maksimal fordampning (F).

Som grundlag for en klimatisk inddeling har navnlig *Thornthwaite* (1948) i U.S.A. og *Penman* (1948) i England beskæftiget sig med fordampningen sat i forbindelse med andre klimatiske faktorer og bl. a. ved opgørelser over fordampning ÷ nedbør opstillet beregninger over den klimatiske vandbalance fra måned til måned på forskellige lokaliteter (over vand, ubevokset areal, bevoksede arealer af forskellig art o. s. v.) både under ens og under forskellige klimaforhold. *Thornthwaite & Kenneth Hare* (1955) indfører et fugtighedsindex som udtryk for den klimatiske vandbalance og bruger det som basis for en klimatisk inddeling.

Undersøgelser over fordampningen i Danmark er bl. a. foretaget af *H. C. Aslyng* (1954) og *K. J. Kristensen* (1956), som har benyttet *Penmans* betragtninger og „normalværdier“ for klimatiske faktorer, udtrykt gennem formelen: $F = \frac{d \cdot K_n}{59 \cdot (d + 0,5)} +$

$\frac{0,5 \cdot A}{d + 0,5}$, her taget fra *Aslyng* (1954). Hos *K. J. Kristensen* (1956) og *Penman* (1948) er formlens sidste led $\frac{A}{d + 0,5}$.

F = Maksimal fordampning eller potentiel fordampning d. v. s. fordampningen fra bevokset areal forudsat tilstrækkelig fugtighedsoptagelse til planternes frie fordampning.

d = Damptryksskurvens hældning, mm Hg/°C.

K_n = Nettovarmeindstråling, kal./cm²/time.

59 = Energi til fordampning af 1 mm vand, kal./cm².

0,5 = Psykrometerkonstant, mm Hg/°C.

A = Mætningsdeficit multiplic. med 0,0146 (1 + 0,54 v).

Mætningsdeficit = Vandmættet lufts damptryk ÷ luftens virkelige damptryk, mm Hg.

v = Vindhastigheden, meter/sekund.

Vedrørende udregningen af K_n henvises til *Penman* (1948), *Aslyng* (1954) og *Kristensen* (1956).

Af de meteorologiske stationer kræves gennemsnitstal for følgende:

Temperatur, luftfugtighed, antal solskinstimer (eller sky-dække) og vindstyrke. Mindre variationer i vindstyrken synes dog at have ringe indflydelse på resultatet, hvorfor man f. eks. i maj-juni uden nævneværdig fejl kan anvende samme gennemsnitstal for vindhastigheden ved samtlige stationer i Danmark.

Maksimal fordampning, F, i perioden 16/5—30/6 udregnet for nogle danske klimastationer.

Tager man *Aslyngs* beregninger over maksimal fordampning fra bevokset areal på grundlag af de meteorologiske gennemsnitstal for Lyngby bliver tallene henholdsvis ca. 87 mm og 112 mm for maj og juni for denne station. $F_{16/5-30/6}$ bliver da ca. 156 mm, når man for nemheds skyld sætter $F_{16/5-30/6} = F(0,5\text{maj} + \text{juni})$.

Selv om det, som *Aslyng* antyder, skulle vise sig, at der bør foretages mindre korrektioner i beregningerne, vil dette næppe få større indflydelse på det indbyrdes forhold mellem fordampningstallene for de forskellige stationer i Danmark og således være af mindre betydning for denne undersøgelse.

Nedbøren skal for samme periode, hvis man vil udtrykke det klimatiske fugtighedsunderskud, fradrages med fuld værdi, idet

også den del, som fordamper uden direkte at komme træerne til gode, er medregnet i maksimal fordampning, medens man på den årstid helt kan se bort fra afstrømning. N er nedbøren målt i mm.

Det klimatiske fugtighedsunderskud i perioden 16/5—30/6 bliver herefter i ovennævnte taleksempel ca. 88 mm.

Dette fugtighedsunderskud må plantevæksten for at oprettholde fuld fordampning søge erstatning for i den tilgængelige del af den vandreserve, som findes i jordbunden ved periodens begyndelse, samt ved eventuel optagelse gennem blade eller nåle — af dug og tåge. I virkeligheden vil fordampningen oftest være mindre end den maksimale fordampning, idet den i nogen grad afhænger af rodrummets fugtighedsforhold og formindskes, efterhånden som den tilgængelige vandmængde i rodrummet aftager. *Thorntwaite & Hare* sætter således formindskelsen i fordampning ligefrem proportional med formindskelsen af tilgængeligt vand i rodrummet.

Hertil kommer for ædelgrans vedkommende nedsatte fordampningsmuligheder som følge af røddernes begrænsede vandforsyningstempo (se afsnittet vedrørende ædelgranens vandforbrug side 65—87).

De udregnede værdier for maksimal fordampning ($F_{16/5-30/6}$) findes, for de danske stationer, som har tilstrækkelig alsidige observationer, i tabel 11.

Tågevirkningen. Ansættelse af tågekonstanten (c_1).

Konstanterne, der skal give tåge- og dugvirkningen en rimelig vægt i formlen, hvor F og N angiver henholdsvis maksimalfordampning og normalnedbør i mm, kan volde visse vanskeligheder.

Tågens værdi for ædelgran omfatter dels en indirekte virkning gennem afbrydelse af fordampningen, dels en direkte virkning i form af tågenedbør i forbindelse med vandoptagelse gennem nålene. Tågevirkningen synes at kunne udtrykkes ved at man giver konstanten en værdi svarende til fordampningen på en normaldag i perioden, idet træerne ved at få en „fridag“ for fordampning får lejlighed til at indhente 1 dags fordampningsforspring og vil møde den følgende dag i fuld vandbalance. Da fordampningen i hele perioden (45 dage) ligger på 140—190 mm, vil tågekonstanten c_1 passende kunne sættes til 3,5 for Danmark. Herimod kan indvendes, at begrebet „tågedag“ ved meteorologi-

ske observationer ikke nødvendigvis dækker over en hel dag med tåge, men det er overvejende sandsynligt, at den herved begåede fejl mere end ophæves gennem tågens direkte nedbørsværdi, herunder vandoptagelsen gennem nålene, selvom man ikke for Danmarks vedkommende har målinger af disse størrelser.

Ved anvendelse af konstanten 3,5 synes tågevirkningen derfor at være udtrykt i formlen med den laveste vægt, man med rimelighed kan tillægge den; en udregning af tågevirkningen 3,5 tg er gennemført i det omfang, vejrstationernes målinger muliggør det, og er indført i tabel 11 side 118.

Der er dog en mulighed for, at tågekonstanten — som følge af tågens særlig høje nedbørsværdi i skov — burde ansættes betydeligt højere, hvilket flere udenlandske undersøgelser synes at tyde på. *T. Hori* (1953) finder således i 10—15 m høj blandingsskov af nåletræ og løvtræ på Hokkaido (Japan) en gennemsnitlig tågenedbør på $\frac{1}{2}$ mm pr. time ved et vandindhold i luften på 800 mg pr. m^3 og en vindhastighed af 4 m/sec., medens en græsslette under samme betingelser kun får 1/6—1/10 af dette kvantum. Vindsiden af skoven opfanger (i vertikal udstrækning) lige så meget vand som et 3 gange så stort horisontalt kronetag i den bagved liggende skov.

T. Kashiyama (1953) finder en meget stor tågenedbør i et nåletrælæbælte ved kysten af Hokkaido (1 mm pr. time). *H. R. Byers* (1953) hævder, at tågen i Californiens tågebælte kun får betydning gennem indvirkningen på fordampningen og ikke som tågenedbør. Herimod strider *L. A. Isaacs* undersøgelser over nedbør i skov og på åben mark (1946), udført i Oregons tågebælte; 2 km fra havet findes nedbøren på jordbunden at være ca. $\frac{1}{4}$ større under bevoksning end udenfor skoven, til trods for interception i kronerne. Det anføres, at tågen bliver fortættet og opfanget af kronerne og drypper ned på skovbunden i betydelige mængder, selv på dage, da der ikke måles nedbør på åben mark. 5 km fra havet måles på grund af interceptionen ca. $\frac{1}{3}$ mindre nedbør under bevoksning end under åben himmel.

Selvom såvel de japanske som de amerikanske målinger af tågenedbøren stammer fra egentlige tågebælter, må man også i Danmark regne med en betydelig tågenedbør. Stærk tågenedbør, specielt i vestvendte skovkanter, kan bl. a. umiddelbart iagttages på mange tågedage. Til måling af tågenedbør kan anvendes regn-

målere kombineret med lodret skærm til opfangelse af det for-tættede vand. Sådanne regnmålere er ganske almindeligt anvendte bl. a. i Mellemeuropa, hvor der navnlig i mange bjergområder registreres en meget betydelig tågenedbør.

Dugvirkningen. Ansættelse af dugkonstanten (c_2).

Medens tågevirkningen — eller rettere tågens laveste sand-synlige værdi for ædelgran — kan gives en rimelig vægt i form-len gennem konstanten 3,5, er materialet til belysning af dug-virkningen overordentlig spinkelt, bl. a. fordi målinger af dug-faldet i landets forskellige egne endnu ikke foreligger.

Da maksimalfordampningen svarer til den vandmængde, der kan fordampe ved den energi, som ved nettoindstråling tilføres jorden, kommer fortætning og fordampning af duggen ikke til udtryk i maksimalfordampningen. Duggens fysiologiske virkning på ædelgranen synes dog at være overordentlig stor i skudstræk-ningsperioden; dette kan bl. a. forklares ved, at dugfaldet netop efter udtørrende, varme dage med klart solskin normalt hver aften vil lægge sig som et koldt, vådt omslag på de udmattede nåle. På dette tidspunkt er saftstigningen ophørt (jvf. målinger-ne), således at genoprettelsen af de nye skuds saftspænding må tilskrives kutikulær vandoptagelse af dug. Betragter man dug-gens fordampningsbeskyttende betydning for ædelgranen, vil man se, at navnlig dugfugtighedens varighed i morgen- og for-middagstimerne, hvor lys- og temperaturforholdene tillader assi-milation, vil have stor betydning for træarten, jvf. senere ved-rørende ædelgranernes vanskeligheder på østvendt terræn, der rammes af morgensolen.

I formlen er dugfaldet d udtrykt i mm i modsætning til tågen t_g , der er udtrykt i dage; grunden hertil er, at navnlig dugfugtigheden i morgen- og formiddagstimerne får betydning som hjælp mod ædelgranens fordampning og her formentlig må få en virk-ning, der er nogenlunde proportional med dugfaldets størrelse.

Desværre er dugfaldets størrelse ikke oplyst i et omfang, der giver mulighed for en beregning af normaldugfald ved de danske stationer. Gennem „Danmarks klima“ kan man dog ved at sam-menligne tabellerne „Middeltemperatur“, „Middel af daglige Maksimums- og Minimumstemperaturer“ og „Relativ Fugtighed (Fugtighedsgrad)“, danne sig et skøn over dugfaldets variation indenfor landets grænser. I den for ædelgran kritiske periode vil

for Jyllands vedkommende Vest- og tildels Midtjylland have relativ høj luftfugtighed, medens Østjylland ligger med forholdsvis lave værdier. Temperatursvingningerne er i samme tidsrum kraftigst i det indre af landet, specielt i de midt- og nordjydske plantageområder. Man kan heraf udlede, at dugfaldet på denne årstid må være kraftigst i de midt- og tildels vestjydske hedeplantager og af mindre omfang ved østkysten.

Som et første forsøg på at bestemme dugfaldets normale størrelse i perioden fra midt i maj til ca. 1. september — henholdsvis i Midt- og Østjylland — er der i de senere år foretaget dugmålinger henholdsvis ved Stendalgård og Vosnæs (nord for Århus) i forståelse med de pågældende distrikter. De daglige målinger (vejninger) er udført ved lokal hjælp. På Stendalgård blev der i sommeren 1953 udført en mere kortvarig måling, ved hvilken daværende forststuderende *Blinkenberg* og *Feilberg* var behjælpelige, hvorpå parallelforsøgene blev sat igang i 1954 på de to distrikter. De daglige målinger er på Stendalgård foretaget af daværende forststuderende *H. Hüttmann* i 1954, af skovfoged *O. Glittrup* i 1955 og af skovløber *Fr. Danielsen* i 1956 og 1957, medens målingerne på Vosnæs er foretaget af skovrider *Kaufmann*. Samtlige målinger (vejninger) bærer præg af at være omhyggeligt udført.

De anvendte metoder er meget simple, idet der begge steder bliver udlagt 1 m² filt (nøjagtigt ens stykker) over en ramme 5—10 cm over jorden. Filtstykkerne bliver (forudsat tørvej) vejet hver eftermiddag i tiden fra ca. 15. maj til ca. 1. september og vejet på ny tidlig hver morgen inden for samme tidsrum; vægtforøgelserne hver nat noteres, idet de angiver den faldne dugmængde. Hvis der i løbet af en nat er faldet regn, noteres der intet dugfald, hvorimod de faldne regnmængder måles ved hjælp af almindelig regnmåler. Standpladserne er valgt således, at de ydre forhold er så ensartede som muligt, i begge tilfælde over ren jord ca. 5 m vest for en hæk, der skal forhindre den tidlige morgensol i at ramme arealerne. Anbringelsen blev beset og godkendt af statsmeteorolog *I. Sestoft*.

Filtstykkernes arealer på de to stationer er blevet kontrolleret hvert år, hvorefter tallene for de vejede dugmængder er korrigerede, så at de svarer til et areal på 1 m²; en vægtforøgelse på 1000 g svarer således til et vandlag på 1 mm (opfanget på vandret flade).

Foruden de primitive, men vistnok pålidelige dugmålere, som filtmåtterne udgør, forsøgtes dugmåleren „Duvdevani Dew Gauge“ ved Stendalgård og ved Vilsbøl plgt. (Thy); dels som kontrol på filtmåttevejningerne, dels for at få en tredje station draget ind i undersøgelsen. Disse måleapparater viste sig at være anvendelige, når de har været i brug i ca. 1 uge, men målingerne synes dog at være mindre pålidelige end filtmåttevejningerne, måske fordi dugfaldet „måles“ ved en ren okularbedømmelse på basis af en række fotografier, der viser forskellige grader af dugfald. Mest interessant ved denne målemetode viste det sig at være, at fortætningen på en plade anbragt ca. 1 m over jordoverfladen stedse var større end den samtidige fortætning på en plade anbragt 10 cm over jorden. Dette forhold bekræfter, at dugfaldet på træerne ikke først og fremmest vil være knyttet til grene helt nede ved jorden, men at det ganske på samme måde som rimdannelser navnlig vil afsætte sig på nåle og grenspidser i de ydre ris og grene i kronetaget (jvf. ædelgranens nålefald i forbindelse med den ydre krones friskhed i tørre perioder).

Efter vejningerne varierer de enkelte døgns dugfald fra 0 til 0,34 mm i nøje overensstemmelse med, at meteorologerne regner ca. $\frac{1}{3}$ mm dugfald til maksimal dugdannelse. Resultatet af fire års dugbestemmelser fremgår af tabel 9.

Gennemsnitstallene for dugfaldet taget måned for måned viser sig at være større ved Stendalgård end ved Vosnæs. Der synes normalt at være en reel forskel for juni, hvorimod det er mere usikkert, om der normalt vil være større dugfald i juli-august ved Stendalgård end ved Vosnæs. Forholdet tilsløres noget, fordi den i klimatisk henseende unormale sommer 1955 indgår som en af de fire undersøgelsesperioder. De fundne gennemsnitstal giver således ikke sikre „normalværdier“ for de to stationer, hertil vil kræves en længere årrække. Målingerne, som tænkes fortsat i en række år, kan derfor indtil videre kun angive, i hvilken størrelsesorden dugfaldet kan ventes. Man tør, selvom målingerne, der skulle repræsentere dugfaldet i sidste halvdel af maj måned, er meget ufuldstændige, skønne, at dugfaldet ved Stendalgård i ædelgranens kritiske periode (16/5—30/6) normalt vil ligge imellem 4 og 6 mm, medens dugfaldet ved Vosnæs i samme periode normalt vil ligge ved 3—4 mm.

I 1955 (4. juni—31. august) bestemtes dugfaldet ved Vilsbøl (Thy) med „Daudevani Dew Gauge“; de daglige målinger blev

Tabel 9. Dugfald og nedbør i mm 1954—57, Stendalgaard og Vosnæs.

mm dugfald, Vosnæs, i parentes antal dage med dugfald <i>dewfall, Vosnæs, No. of days with dewfall in parentheses.</i>					
	1954 start 28/5	1955 start 25/5	1956 start 18/5	1957 start 11/5	1954—1957 gennemsnit <i>average</i>
sidst i maj <i>late may</i>	(4) 0.621	(7) 1.402	(11) 1.373	(16) 1.575	1.243
juni	(10) 1.008	(20) 2.946	(14) 1.910	(18) 2.285	2.037
juli	(10) 1.608	(23) 3.148	(18) 2.499	(12) 2.095	2.338
august	(14) 3.079	(21) 4.142	(14) 2.081	(12) 2.240	2.886
mm nedbør, Vosnæs, i parentes antal dage med nedbør <i>rainfall, Vosnæs, No. of days with rainfall in parentheses</i>					
sidst i maj	0	0	(4) 8.3	(5) 6.5	3.7
juni	(13) 53*	(9) 27.0	(15) 37.1	(11) 58.9	44.0
juli	(21) 83.7	(3) 11.7	(10) 42.7	(14) 43.7	45.5
august	(17) 61.6	(6) 43.5	(14) 90.1	(15) 77.6	88.2
mm dugfald, Stendalgaard, i parentes antal dage med dugfald					
	1954 start 28/5	1955 start 25/5	1956 start 18/5	1957 start 11/5	1954—1957 gennemsnit
sidst i maj	(4) 0.828	(7) 0.952	(14) 1.679	(18) 2.245	1.424
juni	(15) 2.456	(24) 2.504	(18) 2.829	(22) 2.775	2.641
juli	(11) 1.461	(28) 3.927	(22) 2.801	(22) 2.360	2.637
august	(14) 2.147	(26) 4.433	(16) 2.847	(18) 3.350	3.194
mm nedbør, Stendalgaard, i parentes antal dage med nedbør					
sidst i maj	(0)	(0)	(2) 2.3**	(3) 3.0	1.3
juni	(15) 50**	(6) 26**	(12) 45.0	(18) 49.8	42.7
juli	(14) 115**	(3) 31**	(9) 58.4	(13) 102.7	76.8
august	(17) 105**	(5) 51**	(15) 100.0	(13) 124.1	95.0

* Tal fra station Gl. Mørke.

* *Figures from Gl. Mørke station.*

** Tallene er et gennemsnit af stationerne Hald Folkekur og Karup.

** *Figures are averages for Hald Folkekur and Karup stations.*

udført af forstkandidat *Moldrup*. Selvom man ikke kan tillægge en sådan isoleret måling større vægt, specielt ikke, når den er udført i en klimatisk set unormal periode, skal det dog nævnes, at dugfaldet i juni måned målt på påfaldende lavt, sammenlignet med dugfaldet ved Stendalgård og Vosnæs. Dette kan dog stå i forbindelse med „Daudevani Dew Gauge“'s tidligere nævnte upålidelighed i den første tid efter opstillingen. Dugfaldet i juli måned gav til gengæld meget høje værdier, ca. 5,2 mm ialt; også

Tabel 10. Sammenligning af absolutte dugmængder i mm, 1955, ved Vosnæs, Stendalgaard og Vilsbøl.

Table 10. Comparison of absolute quantities of dew in mm. 1955, at Vosnæs, Stendalgaard and Vilsbøl.

Måle- periode	Vosnæs		Stendalgaard		Vilsbøl	
	dugfald	antal dage med nedbør og øvr. dage uden dug	dugfald	antal dage med nedbør og øvr. dage uden dug	dugfald	antal dage med nedbør og øvr. dage uden dug
Measuring period	dewfall mm	No. of days with rainfall and other days without dew	dewfall mm	No. of days with rainfall and other days without dew	dewfall mm	No. of days with rainfall and other days without dew
18/6—30/6	1.700	5	1.235	5	0.700	10
1/7—31/7	3.148	9	3.927	3	5.225	5
1/8—31/8	4.142	10	4.433	6	3.850	8

ved Stendalgaard og Vosnæs var dugfaldet usædvanlig stort i denne periode, henholdsvis ca. 3,9 og ca. 3,1 mm. I august måltet ca. 3,9 mm ved Vilsbøl, ca. 4,4 mm ved Stendalgaard og ca. 4,1 mm ved Vosnæs (tabel 10).

De påfaldende store dugmængder, der blev målt ved de 3 stationer i den meget alvorlige tørkeperiode i juli-august 1955, understreger dugfaldets store fysiologiske betydning for plantevæksten, idet dugfaldet, også kvantitativt, får øget vægt i tørkeperioden.

Dugfaldet er i henhold til de foretagne målinger beskedent, målt i mm på en vandret flade; man må antage, at det for perioden 16/5—30/6 normalt næppe vil overstige 6—7 mm på lokaliteter med stærkt dugfald og næppe vil ligge lavere end 2—3 mm på lokaliteter med særlig ringe dugfald.

Dette er kun ret ringe brøkdele af normalnedbøren målt på et horisontalt plan indenfor samme tidsrum. Når dugvirkningen på trods heraf er meget betydelig for ædelgran, skyldes det

- 1) duggens regelmæssige tilbagevenden efter dage med hård fordampning og dugmængdens forøgelse i tørkeperioder,
- 2) at duggen, som fortættes og lægger sig over et meget stort areal i kronerne, udgør en betydelig større vandmængde end den, man får udtrykt ved at opfange og måle dugfaldet — ligesom nedbør — i et horisontalt plan,
- 3) ædelgranens nålestilling (specielt hos træer af tørkepræget proveniens), som sikrer fastholdelsen af små vand-

mængder og yder beskyttelse mod vandets fordampning i den stillestående luft mellem nålene.

Betragter man duggens beskyttende virkning, specielt imod den kutikulære fordampning, uden at medregne den vandmængde, træerne indsuger i nålene gennem dugfaldet, synes det forsvarligt at give dugkonstanten samme størrelse som tågekonstanten, idet man herigennem udtrykker, at fuldt dugfald (0,3 mm) vil have en værdi for træerne, der modsvarer $\frac{1}{3}$ dags normalfordampning.

Formlen for \mathcal{A}_{kf} og de enkelte leds vægt og variation gennem de ansatte konstanter.

Formlen for ædelgranens klimatiske fugtighedsmangel (16/5—30/6) får idet begge konstanter ansættes til 3,5 følgende udseende:

$$\mathcal{A}_{kf} = (F \div N) \div 3,5 (tg + d).$$

I formlen for \mathcal{A}_{kf} er fordampning og nedbør udtrykt i mm, medens tågedagenes antal og dugfaldet, målt i mm, gennem konstanten 3,5 er tillagt en værdi, som skal angive det fugtighedsunderskud, ædelgranen får lejlighed til at erstatte i de hvilepauser i fordampningen, som tåge og dug frembringer.

Selvom samtlige størrelses virkning således er sat i relation til maksimalfordampningen, bliver \mathcal{A}_{kf} ikke en fordampningsstørrelse angivet i mm, men simpelthen et tal, som skal vise, om de klimatiske fugtighedsforhold volder ædelgrandyrkningen større eller mindre vanskeligheder.

I formlen vil dugvirkningen i perioden 16/5—30/6 med den nævnte konstant få en numerisk værdi, som ved de danske stationer varierer fra ca. 10 til ca. 25; værdien af tågevirkningen i samme periode vil variere fra 1 til 22. I samme periode vil normalnedbøren ligge mellem 50 og 80 mm og således numerisk få større vægt end tåge- og dugvirkning sammenlagt; derimod vil man se, at variationerne i normalnedbøren fra sted til sted ikke får en så dominerende indflydelse sammenlignet med variationerne i tåge- og dugvirkningen, idet de maksimale forskelle kan blive henholdsvis 30, 21 og 15. Større variation finder man som nævnt i maksimalfordampningen i den samme periode, idet denne kan variere med indtil 50.

Ædelgranens normale klimatiske fugtighedsmangel 16/5—30/6, (\mathcal{E}_{kf}), udregnet for danske stationer.

Som nævnt kan \mathcal{E}_{kf} endnu kun udregnes for så få danske stationer, at oplysningerne ikke kan dække landets forskellige egne — dugmålingerne er endog så mangelfulde, at den endelige værdi for \mathcal{E}_{kf} kun meget groft kan skønnes. Endvidere er det sandsynligt, at tåge- og dugkonstanten er for lavt ansat, jfr. vandoptagelse gennem nålene, tågens nedbørsværdi og duggens særlige fysiologiske betydning for ædelgranen gennem forstærket dugfald efter dage med hård fordampning.

De udregnede værdier af \mathcal{E}_{kf} , dog bortset fra dugvirkningen, som er vist i tabel 11, må derfor kun betragtes som et første forsøg på at sammenligne de klimatiske fugtighedsmangler for ædelgrandyrkningen ved forskellige stationer i Danmark på biologisk baggrund.

De anvendte klimafaktorerens normale variation fra egn til egn.

Den endelige værdi for \mathcal{E}_{kf} bliver noget usikker og ufuldstændigt belyst i tabellen, men de enkelte faktorerens variation fra station til station kan give os meget værdifulde oplysninger om de forskellige egnes klimatiske fortrin og mangler med henblik på ædelgrandyrkning. De enkelte faktorerens variation skal derfor i det følgende sammenholdes med vore erfaringer med hensyn til ædelgrandyrkning i landets forskellige egne.

I ædelgranens „kritiske periode“ (16/5—30/6) viser den maksimale fordampning F størst variation; mindste udregnede størrelse ca. 142 mm (Døjringe, nord for Sorø), største ca. 188 mm (Gjerlev, nord for Randers), differens ca. 46 mm.

For Jyllands vedkommende viser de vestligste egne, repræsenteret ved Tønder, Husby og Vestervig, en lav fordampning; hertil slutter Thisted sig, således at Thy som helhed må antages at have en lav fordampning i denne periode. I det indre Jylland synes variationerne at være temmelig store. I de vestligere egne, repræsenteret ved Tarm og Tylstrup, synes fordampningen at være ret lav, hertil slutter Hornum i Vesthimmerland sig (egnen øst for Limfjordens store bredning). Påfaldende lavt ligger endvidere Skanderborg, medens Tvingstrup og navnlig Herning viser høj fordampning. Endelig viser de østjydske stationer Gjerlev, Vejlefjord Sanatorium og Stenderup en meget høj fordampning.

T a b e l 1 1.
T a b l e 1 1.

Station	F mm	N mm	F — N mm	tg	3.5 tg	(F — N) — 3.5 tg
Døjringe	142.3	63.5	78.8	2.9 ²⁾	10.1	68.7
Tønder	146.0	72.5	73.5	0.8	2.8	70.7
Husby	150.5	67.0	83.5	3.2	11.2	72.3
Vestervig	157.5	61.5	96.0	5.0	17.5	78.5
Tylstrup	159.8	71.0	88.8	2.4	8.4	80.4
Græshave	154.2	64.0	90.2	1.7	5.9	84.3
Skanderborg	155.2	66.0	89.2	1.1	3.9	85.3
Tarm	159.3	69.0	90.3	1.0	3.5	86.8
Thisted	152.4	62.5	89.9	0.8	2.8	87.1
Lynby	162.3	71.5	90.8	1.0	3.5	87.3
Hornum	159.2	68.0 ¹⁾	91.2	0.7	2.5	88.7
Slangerup	166.0	71.5	94.5	1.2	4.2	90.3
Herning	173.0	71.0	102.0	3.0	10.5	91.5
Hammershus	162.1	53.5	108.6	4.5	15.8	92.8
Tvingstrup	168.6	66.5	102.1	1.8	6.3	95.8
Tranebjerg	157.5	58.0	99.5	1.0	3.5	96.0
Tystofte	163.3	62.0	101.3	1.5	5.2	96.1
Stenderup	176.6	74.0	102.6	1.8	6.3	96.3
Blangstedgd.	164.7	66.0	98.7	0.3	1.1	97.6
Hundstrup	177.3	68.0	109.3	3.3 ³⁾	11.6	97.7
Vejlefjd. san.	180.5	71.0	109.5	0.6 ⁴⁾	2.1	107.4
Maribo	179.0	67.5	111.5	1.0	3.5	108.0
Gjerlev	187.6	67.5	120.1	0.6	2.1	118.0

1) Gatten. 2) Sorø. 3) Korinth. 4) Sandal.

også sammenlignet med øerne. Samsø (Tranebjerg) synes at have en temmelig lav fordampning.

Fyn er kun repræsenteret ved Hundstrup (Sydfyn), som har en høj, og Blangstedgård (ved Odense), som har en moderat fordampning.

På Sjælland viser som nævnt Døjringe (nord for Sorø) en påfaldende lav fordampning, medens de øvrige stationer, Tystofte, Slangerup og Lynby, der repræsenterer Syd- og Østsjælland, ligger temmelig højt og omtrent ens.

På Lolland findes to stationer, Græshave og Maribo, heraf viser Græshave (vestligst) en meget lav fordampning, hvorimod Maribo viser en meget høj fordampning.

Endelig er der fra Bornholm medtaget Hammershus, som viser moderat fordampning.

Nedbøren i perioden 16/5—30/6 ligger ved de ovennævnte stationer fra 53,5 mm ved Hammershus til 74,0 ved Stenderup.

For Jyllands vedkommende finder man lave normalværdier i Thy (Vestervig 61,5 mm, Thisted 62,5 mm); tilsvarende værdier finder man ved Vendsyssels kyster, medens vestkysten sydpå, spec. i Sønderjylland, viser større nedbør (Tønder 72 mm). Vestlige indland viser moderat til høj nedbør (Tarm 69 mm) med højeste værdi på bakkeøerne, specielt i Sydjylland (Lindknud 83 mm) og i Sønderjylland. Plantageegnene op mod Jyllands højderyg, navnlig sydpå, samt Rold skov og det bakkede terræn (Tolne m. v.) vest for Frederikshavn og Sæby synes ret godt stillede med hensyn til nedbør i denne periode. Samtidig har det nordøstlige Jylland og Djursland, navnlig kystområderne, lav nedbør (Ebeltoft 53,5 mm), hvorimod nedbøren stiger kendeligt mod sydøst (Vejlefjord sanatorium 71 mm, Stenderup 74 mm) og når meget høje værdier i det østlige Sønderjylland (Sønderborg 77 mm, Åbenrå 83 mm).

I forhold til årsnedbøren synes Fyn og de sydfynske øer ret heldigt stillede, idet kun de nordligste egne og østkysten samt det meste af Langeland har under 65 mm nedbør 16/5—30/6, medens Sydfyn, bortset fra kysterne, har mellem 70 og 75 mm.

På Sjælland har kun Kalundborgegnen, det nordlige kystområde ud mod Storebælt og det vestlige Odsherred under 60 mm nedbør, medens Nordøstsjælland når forholdsvis høje værdier, navnlig ud mod Øresund (Rungsted 78 mm). I de øvrige dele af Sjælland har alle kystområderne og hovedparten af indlandet mellem 60 og 65 mm, medens 65—70 mm nås i et område fra Jyderup øst om Tissø og nedover Slagelse samt i et større, langstrakt område, der strækker sig fra Hvalsø ned til egnen vest for Præstø. Den vestlige del af Møn samt Lolland-Falster, bortset fra en del af Lollands sydkyst, viser en ret gunstig nedbørsfordeling med over 65 mm i perioden, på Midt- og Vestlolland endda stedvis over 70 mm.

Bornholm synes derimod meget ugunstigt stillet med hensyn til nedbør i denne periode; kystegnene har således 50—55 mm (Dueodde 50 mm), og kun et meget begrænset område omkring Almindingen har over 60 mm.

Den skitserede nedbørsfordeling for perioden 16/5—30/6 synes kun i meget grove træk at følge forandringerne i årsnedbør og pentanedbør fra egn til egn (jvf. kort over pentanedbør F.F.D.

bd. XX, h. 1, side 67). Sammenholder man normalnedbørens variation fra sted til sted i den kritiske periode med ædelgranens trivsel i de tilsvarende egne af landet, synes nedbørstallene ikke at give et pålideligt udtryk for træartens udvikling — svarende til, at nedbøren som isoleret faktor kun har begrænset indflydelse herpå. Betragter man differensen mellem maksimalfordampningen og nedbøren, d. v. s. nedbørsunderskuddet i perioden (3. kolonne i tabellen), ser man, at dette tal står i nærmere sammenhæng med træartens udvikling fra egn til egn uden dog at virke helt overbevisende.

For at finde tågedagenes antal 16/5—30/6 ved stationerne i tabellen, har det for stationerne Døjringe (Sorø), Tønder, Thisted, Græshave, Skanderborg, Hornum, Tylstrup, Tystofte og Maribo været nødvendigt at gennemgå Meteorologisk Instituts materiale fra årene 1936 til 1955, medens de øvrige stationers tal er udregnet på basis af oplysningerne i „Danmarks klima“ (1886—1925).

Tågevirksomheden 16/5—30/6, 3,5 tg (tågens formentlig laveste værdi for ædelgran) varierer stærkt i tabellen og ofte på en måde, som kan virke overraskende. For de enkelte stationers vedkommende kan iagttagelserne være noget subjektivt prægede, da observatørens skøn danner grundlag for registreringen; endvidere kan stationens beliggenhed i forhold til f. eks. skov og bakker medføre rent lokale variationer.

For at få et bedre overblik over denne faktors variation fra egn til egn er resultaterne fra samtlige danske, tågeregistrerende stationer gennemgået for en kortere årrække. Det er herved blevet muligt — i grove træk — at finde de enkelte egne indbyrdes placering med hensyn til tågevirksomhed 16/5—30/6.

I Jylland finder man et ret kraftigt „tågebælte“ langs vestkysten fra Ringkøbing fjord nordpå til Skagen (3—7 tågedage), medens tågehyppigheden synes at blive langt ringere syd for Ringkøbing fjord (1—2 tågedage), muligvis undtaget et lokalt område øst for Hjerting—Esbjerg (Esbjerg 3,7 tågedage). Sønderjyllands vestkyst og hele det vestlige Sønderjylland viser i denne periode meget få tågedage (0,8—1,4), hvorimod det østlige Sønderjylland og Als viser en påfaldende stor tågehyppighed (3—5 tågedage). Det sydvestlige Jylland indtil Skjernå viser som helhed få tågedage (0,8—1,5), medens egnen langs den jydsk højderyg og umiddelbart vest derfor viser højere værdier

(1,5—2,5 tågedage); påfaldende højt ligger Vorbasse, hvilket måske kan markere et smalt tågebælte fra Hjerting mod øst-nordøst ind til den jydsk højeryg. Følger man den jydsk højeryg nord på, synes tågehyppigheden at holde sig ret konstant, i hvert fald til man kommer på højde med Viborg. Vest for højeryggen på denne strækning (nord for Skjernå) og helt ud til den del af „tågebæltet“, der strækker sig fra Ringkøbing fjord til det sydlige Thy, finder man en tågehyppighed, der er varierende, men gennemgående større end syd for Skjernå (Herning 3 tågedage). Nord for Limfjorden omfatter „tågebæltet“ det sydlige Thy og synes at fortsætte bredt op gennem Thy, dog således at i hvert fald Thisted og den nordlige del af Mors samt måske det meste af Thys kystområde ind mod Limfjorden kommer til at ligge i et område med ringe tåge (0,1 tågedag), som fortsætter ind over det meste af Himmerland. Bredden af „tågebæltet“, som fortsætter op langs Vendsyssels vestkyst, kan ikke med sikkerhed fastslås på basis af de forhåndenværende målinger; det skal dog nævnes, at Hjørring synes at have mange tågedage, medens det bakkede terræn længere øst på (Tolne bakker m. v.) ligesom de øvrige indlandsstationer i Vendsyssel viser 1—2 tågedage. Samme værdier finder man i Østkystegnene ud mod Kattegat helt ned til det ydre af Vejle fjord; herfra og til munden af Kolding fjord finder man et område med 0—1 tågedag, dette område breder sig mod øst og sydøst ud over det meste af Fyn, medens det kan følges fra Lillebælt ind over Vejle fjord (inclusive Vejle) og derfra nordpå i et ret smalt bælte (vest for Horsens) lidt øst for højeryggen langt op i Jylland. Syd for Kolding fjord stiger tågehyppigheden stærkt (Stenderup 2,3 tågedage) for i det østlige Sønderjylland at nå de tidligere omtalte høje værdier.

Som nævnt er tågehyppigheden på det meste af Fyn meget lav (under 1 tågedag), og Langeland synes ikke at ligge meget højere, hvorimod tallene fra Korinth og vestspidsen af Ærø viser megen tåge, således at det er muligt, at der findes lokalområder på Sydfyn og på den vestlige del af de sydfynske øer, hvor tågevirkningen er betydelig.

For Sjællands vedkommende finder man et interessant „tågeområde“, som fra den nordlige del af Storebælt og Kalundborg-egnen (hvor tågedagenes antal er ca. 2) synes at strække sig i sydøstlig retning ind over Sorø-Ringsted-egnen til omkring Thu-

reby. Det meget sparsomme materiale synes at vise, at der nord herfor, omfattende det meste af Odsherred, Hornsherred, Roskildeegnen og egnen mellem København og Køge findes et område med meget lav tågehyppighed (0—1 tågedag). Nordøstsjælland har 1—2 tågedag med de største værdier ud mod Kattegat, medens man i Sydøstsjælland synes at have mindre end 1 tågedag.

På Lolland synes de vestlige og nordvestlige egne at have mere end 1,5 tågedag, medens tågehyppigheden på Sydøstlolland synes lav (under 1 tågedag).

Bornholm viser en meget interessant fordeling af tågedagene, idet egnen omkring Rønne viser en lav værdi (ca. 1 tågedag), medens man både mod nordvest (Hammeren-Sandvig), mod sydøst (Dueodde) og omkring Almindingen finder en meget stor tågehyppighed (4—9 tågedage).

Det ret begrænsede antal stationer inde i landet, som foretager tågeobservationer, og den fejlmargen, man må regne med for de enkelte resultater, tillader ikke en stærkt detailleret oversigt over variationen i tågedagenes antal; på trods heraf synes tågevirknin- gens store betydning som variabel størrelse tydeligt at fremgå af overensstemmelsen med ædelgranens reaktioner i mange egne. Dette forhold, som kan tyde på, at tågekonstanten i formlen er noget undervurderet, skal jeg komme tilbage til ved en egns- vis vurdering af de klimatiske fugtighedsbetingelser for ædel- grandyrkning på baggrund af de enkelte faktorerers variation (s. 187—192). I tabellens sidste kolonne vil man se, at den medreg- nede tågevirkning i nogen grad ændrer relationen mellem tallene for de enkelte stationer, som herved skulle være bragt i et rimeligere forhold til hinanden, selvom tågevirksomheden muligvis er for svagt repræsenteret gennem konstanten 3,5. Tal for dugvirk- ningen vil det være uforsvarligt at indsætte i tabellen på nu- værende tidspunkt, men sandsynlige variationer i dugfaldet skal omtales under den afsluttende gennemgang af ædelgranens ud- vikling i forskellige egne af landet, idet træartens dyrkning her er sat i relation til de makro- og mikroklimatiske forhold, der kan udledes af formlen, samt til forårsfrostens indflydelse m. v.

De anvendte klimafaktorerers mikroklimatiske variationsmulighed og betydningen heraf for dyrkning af ædelgran.

Formlen for Æ_{rf} søger i første række at vise og forklare vort klimas fugtigheds mangler med henblik på ædelgrandyrkning og således at finde de enkelte egnes „normalværdi“ for ædelgran. På dette grundlag kan man bestemme, i hvilke områder og i hvilket omfang man finder det rimeligt at anvende træarten.

Mindst lige så vigtigt er det imidlertid, at formelen ved at være opdelt i klimafaktorer kan anvendes til bedømmelse af rent skovdyrkningsmæssige foranstaltninger under givne klimatiske forhold. Dette kræver dog, at man analyserer den enkelte faktors mikroklimatiske variationsmulighed eller, udtrykt på anden måde, at man undersøger, om den enkelte faktors virkning kan forstærkes eller afdæmpes til gavn for ædelgranen gennem en særlig skovbehandling, ved udnyttelse af terrainhældninger m. v. Disse undersøgelser, der tager rent skovdyrkningsmæssigt sigte, er nødvendige til supplerung af formelen, hvis man vil foretage en bedømmelse af ædelgranens anvendelsesmuligheder i landets forskellige egne. I det følgende afsnit skal jeg derfor søge at redegøre for, hvilke muligheder man har for at dæmpe eller udnytte hver enkelt faktors virkning på ædelgranen.

1) Fordampningen. (I tilknytning hertil nogle nåleundersøgelser).

Fordampningsintensiteten i den kritiske periode 16/5—30/6 synes hos os som helhed at være alvorlig for ædelgran; det kan således nævnes, at Danmark netop på den årstid modtager en stærk netto-indstråling i sammenligning med mange langt sydligere lokaliteter. Ædelgranens følsomhed på dette punkt ses tydeligt i dens naturlige udbredelsesområde, hvor den i mange af Mellemeuropas bjergegne undgår sydhælderne — ikke mindst i nærheden af sine tørkegrænser. En morsom undtagelse herfra danner Normandiet, hvor ædelgranen også kan findes på sydhælder trods et ariditetsindex, der ligger lavere end sædvanligt for træartens naturlige forekomst i Frankrig. Dette forhold må forklares ved, at fordampningsintensiteten netop i dette område er ringe, regnhypigheden usædvanlig stor og solskinstimernes antal ret begrænset og nogenlunde jævnt fordelt.

Overført til vore forhold vil dette betyde, at sydhælder såvidt muligt bør undgås i områder med høj fordampning, f. eks. Øst-

jylland. Omvendt kan man på nordhælder se gode resultater af ædelgrandyrkning, selv i områder, som iøvrigt volder træarten klimatiske vanskeligheder; f. eks. kan det nævnes, at der ved Viffertsholm i det sydøstlige Himmerland findes en fortrinlig, sluttet, ca. 60-årig ædelgranbevoksning på en jævn nordhælde, skønt klimaet i mange henseender kun byder træarten ringe fugtighedsbetingelser (høj fordampning, moderat nedbør, moderat tågevirkning).

Som direkte foranstaltning mod solbestråling og deraf følgende stærk fordampning vil plantning under skærm af gammel bevoksning eller forkultur, langsom nordrands- eller kulissefor- yngelse samt kappeplantning være effektiv og således være side- løbende med foranstaltninger mod forårsnattefrost (se senere). Selvom sådanne foranstaltninger kun kan beskytte de unge kul- turer mod fordampningssvækkelser, synes de hos os, også hvor frostfaren er underordnet, at være af stor værdi for ædelgranen.

Dette synes at kunne forklares rent anatomisk gennem de nåleundersøgelser, som kriminalassistent *E. Tellerup* har udført for afdelingen. Det undersøgte materiale omfatter nåle fra unge, mellemaldrende og ældre træer, dels skyggenåle, dels soludsatte nåle, idet hovedvægten dog er lagt på undersøgelsen af lysnålene for om muligt at konstatere proveniensbestemte forskelle i evnen til at udvikle et kraftigt hypodermalag. Af denne grund er en stor del af materialet hentet i de proveniensforsøg, der er be- skrevet i F.F.D. bd. XXI, h. 4, og udtaget fra et stort antal træer af forskellig proveniens på så ensartet måde som praktisk gen- nemførligt (f. eks. nåle fra sideskud årgang 1955 i 3. grenkrans, udtaget på sydsiden af træerne i fuldt lys fra sydligste række i parcellerne o. s. v.). Det nævnte hypodermalag består af tyk- væggede celler, som under overhudens cellelag danner et mere eller mindre udviklet indre lag. Mikroskopisk kan dette iagt- tages på tværsnit af nålene (fig. 30), men for at få et pålideligt indtryk af dækningsprocenten af det indre lag i forhold til den enkelte nåls overflade kræves der et meget stort antal tværsnit pr. nål. Man tør gå ud fra, at hypodermens funktion bl. a. består i at sikre nålene mod kutikulær fordampning. Kriminalassistent *Tellerup* udfandt en teknik, hvorved det blev muligt ved gennem- lysning af en hel nåleoverflade ad gangen med polariseret lys at konstatere dækningsprocenterne af et hypodermalag i forhold til overfladerne.

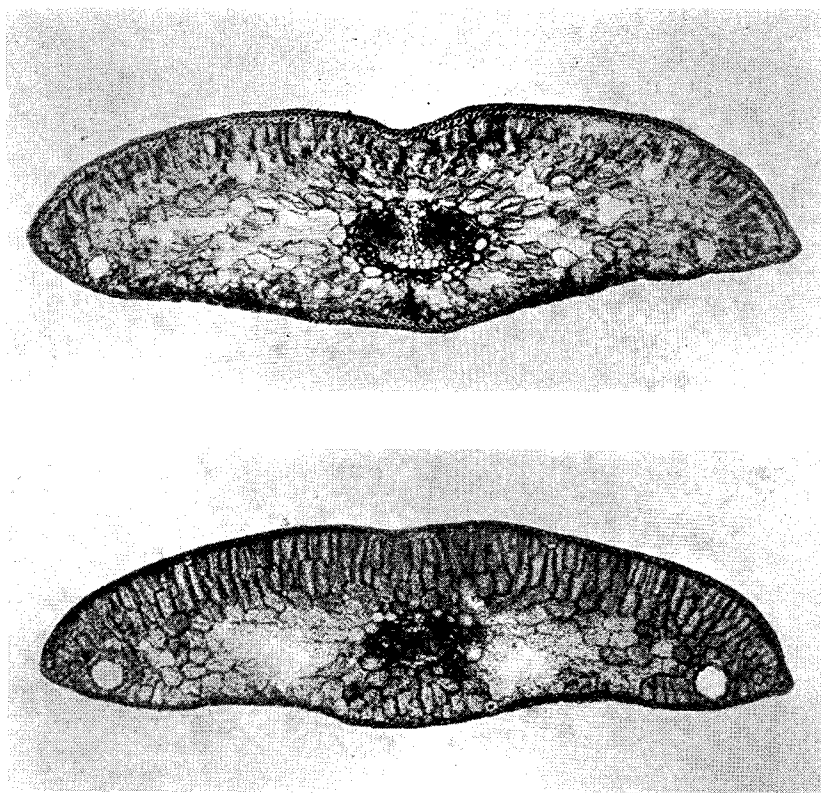


Fig. 30. Tværsnit af ædelgrannåle visende forskellig udvikling af hypodermalag. Fot. E. Tellerup.

- a. Næsten ubrudt cellelag i hypoderma. Nål fra 22-årigt træ (proveniens Lapos, Rumænien, proveniensforsøget i Børsted hestehave).
- b. Kun spredte antydninger af hypodermalag. Nål fra 4-årig plante (Tolne planteskole).

Fig. 30. Cross sections of Silver fir needles showing different development of hypoderma layers. Phot. E. Tellerup.

- a. Almost continuous cell layer in hypoderma. Needle from a 22 years old tree (provenance Lapos, Roumania, the provenance experiment in Børsted Forest).*
- b. Only sporadic traces of hypoderma layer. Needle from 4 years old plant (Tolne Nursery).*

De fremkomne resultater, som for nemheds skyld kan betegnes som nålenes sikringsprocenter (mod fordampning), synes at være meget instruktive til forklaring af skærmens betydning for ung ædelgran og træartens følsomhed overfor pludselige forandringer i beskygningsforholdene.

Sikringsprocenternes proveniensbestemte variation, som det var undersøgelsernes oprindelige formål at klarlægge, er endnu uvis, da afkom af de interessanteste provenienser hos os kun findes i de ensaldrende proveniensforsøg (alder 20—22 år), samt for polsk ædelgrans vedkommende (proveniensen Svierka Katarzyna, som ikke er repræsenteret i proveniensforsøgene) i en bevoksning på 8 år under bjergfyrskærm.

Nåle fra 1954 taget af 4-årige planter (dansk avl) i Tolne planteskole i fuldt lys havde således kun en sikringsprocent på $17 \pm 6,5$.

På 8-årige planter under bjergfyrskærm i Mosbjerg præstegårds plantage havde nålene fra 1954 fra planter af dansk proveniens en sikringsprocent på $14 \pm 7,8$, medens nåle fra planter af polsk proveniens havde en sikringsprocent på $19 \pm 9,3$.

Samme år viste to undersøgelsesrækker af nåle fra ca. 15-årige ædelgraner (dansk avl) i Tolne skov i fuldt lys sikringsprocenter på 55 ± 11 og $64 \pm 11,4$.

Lysnåle af 20-årige ædelgraner (proveniensforsøget på Bregentved) viste i 1954 sikringsprocenter varierende fra 53 til 76, medens lysnåle fra samme træer i 1955 viste sikringsprocenter fra 73 til 80.

Skyggenåle fra proveniensforsøgene (alder 20 år) viser meget store variationer i sikringsprocenten, der i nåle fra 1954 lå mellem 26 og 55.

Nåle fra ældre træer synes at have omtrent samme sikringsprocent som nåle fra de ca. 20-årige ædelgraner i proveniensforsøgene.

Resultaterne af disse nåleundersøgelser kan foreløbig resumeres på følgende måde:

- 1) Afkom af vort almindeligt anvendte ædelgranmateriale synes ved udplantningsalderen kun i ringe udstrækning at have udviklet et lag hypodermceller i nålene til sikring mod fordampning.

- 2) Ældre træer synes i højere grad at være i stand til at sikre nålene mod fordampning gennem et kraftigere udviklet hypodermvæv ($\frac{1}{2}$ —1 lag celler). Sikringsprocenten er dog lav i skyggenålene, hvis cellevægge også er svagere udviklet. For lysnålenes vedkommende synes sikringsprocenten at være noget afhængig af det enkelte års klima (relativt lav for nåle udviklet i den våde sommer 1954 og relativt høj for nåle udviklet i den solrige, tørre sommer 1955); i overensstemmelse hermed synes sikringsprocenten at variere i træartens naturlige vokseområde. Det sidste fremgår af undersøgelser af nålemateriale, som forstkandidat *G. Poulsen* har hjemsendt fra Frankrig, dels fra træartens tørkegrænser, dels fra fugtigere klimaområder. Materiale fra den nedbørsrige del af Vogeserne (Longemer) viste sikringsprocenten 57 ± 11 , medens materiale fra Pyrenæerne viste indtil $90 \pm 3,5$ % sikring. Endelig skal det nævnes, at nåle på blomsterbærende skud kan have usædvanlig høj sikringsprocent; materiale fra tørkegrænsen ved Bergzabern (Pfalz) viste således op til 99 ± 1 % sikring.

De unge planters ringe evne til at sikre nålene mod kutikulær fordampning og skyggenålenes ringe sikring i almindelighed synes at vise den gavnlige indflydelse af skærm og skygge for de unge kulturer og at forklare den forsigtighed, der bør udvises ved skærmens afvikling over en ædelgrankultur. Det ser ud, som om denne overfølsomhed hos de unge ædelgranplanter kan være proveniensbestemt, og det er muligt, at evnen til tidligt at udvikle et kraftigt hypodermalag er særlig fremtrædende hos visse provenienser; med sikkerhed kan man dog ikke udtale sig herom, førend det bliver muligt at foretage undersøgelser på unge planter af de specielt egnede provenienser (se F.F.D. bd. XXI, h. 4) og at foretage parallelløbende nåleundersøgelser på jævnaldrende, mindre specialiseret materiale.

Det skal i denne forbindelse nævnes, at *Giacobbe* (1951) skelner mellem 2 hovedtyper af ædelgran: en nordlig skyggeelskende (*sciaphil*) type, og en sydlig, lyselskende (*heliophil*) type. Den første type, hvortil vort sædvanlige ædelgranmateriale hører, kræver stærk skærm under foryngelsen, medens den lyselskende type kan selvstå sig i fuldt lys. Netop de provenienser, hvis afkom synes at udmærke sig ved chermes-resistens i vore forsøg, tilhører

øjensynligt den heliophile type, som åbenbart i ungdommen tåler en stærkere fordampning. Vor stærke nettoindstråling i maj-juni i forbindelse med vort blæsende klima kan muligvis medvirke til, at den heliophile type klarer sig bedre hos os — selv om *Giacobbe* angiver frostfare som den egentlige grund til den nordlige types skyggekrævende foryngelser.

Skovdyrkningsmæssigt forklarer træartens overfølsomhed overfor fordampningen, at ædelgranen i særlig grad tiltrækkes af det gode skovklimas stille, fugtige luft, og at træarten, ikke mindst efter schweizisk og tysk opfattelse, når sin smukkeste udvikling i plukhugstskov, hvor kronetaget — i modsætning til de rene, ensaldrende bevoksningers kronetag — er uregelmæssigt og afbrudt af lysbrønde over opvækst. Under disse forhold vil højskovens og de åbne fladers træk være udelukket, således at selv små dug-, tåge- og regnmængder længe vil kunne holde nålenes overflade fugtig. Jvf. *Hermann Meyer* (1957) vedrørende ædelgranens evne til at udvikle og bevare dybe kroner i plukhugstskov. Både *Karl Dannecker* (1955) og *Hermann Meyer* (1957) fremhæver ædelgranens gode sundhed og vækst i plukhugstdrevene blandingssskove og angiver den regelmæssige højskovsdrift som direkte årsag til træartens dårlige udvikling og stærke tilbagegang i Nordtyskland.

Ædelgranens store skyggetålingsevne giver træarten særlig gode betingelser for at udnytte beskyttelse fra andre træarter både i blandede bevoksninger og under skærm af forkulturer. Under disse forhold vil man — forudsat en skovbehandling, der giver ædelgranerne tid til at tilpasse sig en gradvis stærkere lys-tilgang og fordampning — opnå en smuk udvikling af træarten selv i områder, hvor de klimatiske fugtighedsforhold er noget mangelfulde for træarten. Som et eksempel herpå kan nævnes ædelgranens påfaldende gode udvikling og sundhed i foryngelserne på Erdmannshausen distrikt (syd for Bremen), hvor de klimatiske fugtighedsforhold iøvrigt er ret mangelfulde. Også herhjemme er træartens fortrinlige udvikling i mange blandingsbevoksninger og under skærm meget iøjnefaldende, medens en pludselig blottelse overfor fordampning til gengæld kan give anledning til svækkelser med opblussen af voldsomme chermesangreb (vedrørende forårsnattefrost se senere).

Dette forhold er særlig iøjnefaldende i egne, hvor fordampningsfaktoren er høj (uanset de andre fugtighedsfaktorerers stør-

relse). Omvendt vil det i et område, hvor fordampningsfaktoren er lav, være mindre farligt for ædelgranerne at få fjernet en skærm gennem et mere hårdhændet indgreb. Et eksempel herpå ser man i Normandiets bønderskove, hvor ædelgranerne i nærheden af en klimatisk tørkegrænse trods hårdhændede foryngelsesmetoder formår at selvforynge sig og at vokse op efter en brutal fjernelse af den løvtræskærm, der indfinder sig på arealerne.

Trækkens skadelige virkning for ædelgran vil som nævnt være stærkest i de ensaldrende, ensartede bevoksninger, men den kan med synlig virkning imødegås gennem underplantninger og anlæg af tætte skovhegn langs udkanten af skoven. Dette kan bl. a. iagttages i mange ældre ædelgranbevoksninger i klitplantagerne, hvorfor overklitfoged *Rasmussen* i de omfattende ædelgranunderplantninger, som foretages under bjergfyrskærm, indplanter løvtræbælter, specielt bøg, ved ædelgrankulturernes anlæg.

2) Nedbøren.

Medens fordampningen fra ædelgranerne synes at have stor mikroklimatisk variation såvel efter terrænhældning som efter skovbehandling, synes nedbøren at være mere makroklimatisk bestemt i kraft af sit nogenlunde lodrette fald; dog er også nedbørsvirkningen til en vis grad retningsbestemt gennem de mere eller mindre nedbørsgivende vindretninger. Ædelgranens mulighed for at udnytte nedbøren vil imidlertid ikke udelukkende bestemmes af de omtalte fordampningsforhold. En skærm over en ædelgrankultur vil således ved siden af sin fordampnings- og frostbeskyttende virkning dels opfange og tilbageholde en del nedbør i kronerne, dels påføre underplantningen en mere eller mindre følelig rodkonkurrence. Dette vil ofte medføre, at en tæt skærm er nødvendig for at yde tilstrækkelig beskyttelse, samtidig med at ædelgranerne tydeligt viser den bedste udvikling, hvor skærmen har mindre huller; her er rodkonkurrencen nedsat, og nedbøren, selv i form af let regn, kan nå ned til de unge planter, medens udtørrende træk forhindres. Tilsvarende gode forhold opnår ædelgraner, der indplantes i trameteshuller i granbevoksninger, som iøvrigt er sluttede, idet planterne her foruden effektiv beskyttelse opnår direkte nedbør og kun møder ringe rodkonkurrence fra de nærmeste, ofte rodsvækkede træer eller fra græsvegetationen (bølget bunke m. v.). Også for udnyttelsen af ned-

børen synes ædelgranen at opnå fordele i blandingsbevoksninger med løvtræer, idet den dels opfanger og udnytter en relativt stor del af nedbøren i kronerne, dels vil nyde godt af den forholdsvis store del af nedbøren, der gennem løvtræernes kroner når jordbunden.

3) Tågevirksomheden.

Tågedagenes antal i perioden 16/5—30/6 varierer stærkt fra egn til egn, og virkningen synes desuden at være stærkt præget af lokale forhold. Dette må ses i forbindelse med tågens næsten vandrette bevægelser, der giver terrænforhold og skove stærk mikroklimatisk indflydelse på dens virkning. Tågen synes navnlig at trænge ind over landet fra vest- og nordvestvendte kyststrækninger ud mod åbent vand. Navnlig vesthælderne vil herved normalt være gunstigt stillede, især hvor terrænet hæver sig op fra et vest for liggende vandområde eller et lavere liggende, åbent landskab. Til gengæld synes vest for liggende skove og højdedrag (jvf. tågenedbør) at nedsætte virkningen kendeligt, således vil der være ringe tågevirksomhed øst for den jyske højderyg. Skovarealernes tågeopfangende evne ses bl. a. i Vestjylland, hvor de meteorologiske stationer, der ligger med skovområder umiddelbart vest for observationsstedet, viser påfaldende få tågedage, selv i egne, som iøvrigt viser god tågevirksomhed (Fruerhøj i Klosterheden plantage, Høgildgård, Birkebæk, Haderup). Endelig må man (jvf. *Hori*) antage, at selve vestkanten af en skov opfanger langt mere fugtighed i form af tåge (tågenedbør) end den bagved liggende skov. I overensstemmelse hermed ser man ofte, at ædelgran, bortset fra vindpåvirkning, er påfaldende sund i vestranden af en skov, forudsat underlæ; ædelgranernes styrkelse gennem tågenedbøren forklarer muligvis den iagttagelse, at chermes ikke synes at trives i den salte luft, der kommer direkte fra Vesterhavet, og at man længere inde i Jylland får indtryk af, at lusene ikke kan lide at sidde i vindudsatte træer i skovens vestside.

Tågevirksomhedens normale indtrængen fra vest eller nordvest kan følges på landkortet, ikke blot i Jylland, men også i Vestsjælland, på Vestlolland og vist nok på Bornholm. Også tågevirksomheden i det østlige Sønderjylland kan være trængt ind fra vest, idet højderyggen og bakkelandet her ligger meget østligt; det er dog muligt, at Østersøens indvirkning forhøjer tågedagenes

antal kendeligt i dette tilfælde. Større øst-vestgående tågevirkning fra Kattegat og Østersøen synes man iøvrigt ikke at kunne spore, medmindre den høje tågevirkning på en stor del af Bornholm kan opfattes som et resultat af både øst- og vestgående tågedannelser.

4) Dugvirkningen.

Dugfaldets variation fra egn til egn er som nævnt kun meget mangelfuldt undersøgt, ligesom dugfaldets størrelsesorden på bevokset areal i sammenligning med dugfaldet på åbne flader ikke er klarlagt herhjemme.

Dugpunktet gennem temperaturfaldet om aftenen vil hurtigst blive nået i lavninger, hvor den kolde luft samler sig, eller over græsarealer, således at dug modsat tåge kan give den kraftigste fortætning på åbne og lavtliggende arealer. Luftbevægelse vil på den anden side kunne tilføre skovkanter, kronetag og skråninger en stadig luftfornyelse, som giver lejlighed til fortætning af anseelige vandmængder ganske som for tågens vedkommende. Inde under kronetaget på bevoksede arealer vil temperatursvingningerne være så små, at fortætningen vil blive ubetydelig, således at duggens fortætning hovedsagelig vil ske i det ydre kronetag. Det er derfor sandsynligt, at dugfaldet i en ensaldrende og ensartet ædelgranbevoksning vil blive dårligt udnyttet, medens dugfaldet i blandings- og plukhugstskovens uregelmæssige kronetag i højere grad vil komme ædelgranerne til gode. Ganske særligt må dette gælde plukhugstskovens „dybdeformede“ kronetag over opvækst, som udelukker enhver træk over bunden.

Ædelgranens tilbagegang i mange mellemeuropæiske områder, hvor regelmæssig højskovsdrift har vundet indpas, kan som nævnt også ses ud fra denne synsvinkel, selvom frostvirkningen på de åbne kulturflader, træartens langsomme begyndelsesvækst sammenlignet med rødgran, vildtskade m. m. kan være mere iøjnefaldende årsager til træartens dårlige trivsel ved denne driftsform.

Selvom dugfaldet hos os ikke kvantitativt fordeler sig på samme ensidige måde som tågenedbøren, der normalt favoriserer vestskråninger og vestsider i skove, vil duggens fysiologiske betydning for ædelgranen derimod være lige så retningsbestemt som tågens. Træernes udnyttelse af duggen er i særlig grad knyttet til morgen- og formiddagstimerne, derfor vil lokaliteter, der er

beskyttet mod morgensol, vind og træk, give træerne langt bedre muligheder for at udnytte dugfaldet i døgnets lyse timer end østskråninger, udkanter og åbne flader. Terrænmæssigt synes således vest- og nordskråninger at give de bedste betingelser for dugvirkning, hvorved denne i mange tilfælde vil være koordineret med den bedste tågevirkning. Det senere nævnte eksempel fra Tykhøj krat, hvor ædelgranen, i et område, der klimatisk synes at være relativt gunstigt, viser tidlig „alderdomssvækkelse“ på østskrånende terræn, kan således både markere nedsat tåge- og dugvirkning.

Tågens og duggens afgørende mikroklimatiske virkning og variationsmulighed kan belyses gennem et eksempel fra Vejle Nørreskov. De klimatiske fugtighedsforhold er her meget dårlige for ædelgran, idet skoven ligger i et område (nærmere omtalt på side 121), der karakteriseres ved høj fordampning og meget lav tågevirkning i perioden 16/5—30/6. Den østlige grænse af Vejle Nørreskov følger på en lang strækning Bybækken, som løber i hovedretning nord-syd og munder ud i Vejle fjord. Terrænet, som i hele skoven er stærkt kuperet, falder langs skovens østlige side stejlt ned mod bækken; kun mod nord, i Høgholt, hvor kommuneskoven omfatter arealerne på begge sider af bækken, finder man de største skråninger (vest- og sydvestvendte) øst for bækken. Jordbunden varierer fra lerblandet sand til sandblandet ler med frisk vandbevægelse i skrænterne, hvor der således er udmærkede vækstbetingelser for bøg og rødgran samt stedvis ær og ask.

På skrænterne langs bækken findes, eller rettere fandtes, fire omtrent jævnaldrende ædelgranbevoksninger, de tre plantet 1902—04, den fjerde nogle år senere. I 1937 trængte alle fire bevoksninger stærkt til hugst, og chermesangreb var ret udbredt, omend i forskellig grad, i dem alle. Den sydligste bevoksning (afd. 24), plantet på en temmelig stejl østskråning overfor en lavere vestskråning, var stærkest medtaget. Samtlige bevoksninger blev i de følgende år tyndet hyppigt, men ret forsigtigt; den nævnte sydlige bevoksning syntes overhovedet ikke i stand til at reagere for hugsten, de bedste træer bevarede en frisk kost i toppen og er senere — efter underplantning med bøg — fjernet. Den næste bevoksning (afd. 11), ligeledes på en ret stejl østhælde, men ned mod en snævrere, bevokset dal, har til dels klaret sig bedre. Kun på den øverste del af skråningen vedblev ædelgranerne at være

syge, så at de måtte fjernes, medens en del af træerne på den nederste del af skrænten reagerede for hugst. Efter mange tyndinger, hvorunder der stadig er fjernet en del syge træer, fremtræder denne del af bevoksningen nu som en noget utrivelig, men nogenlunde sluttet bevoksning; enkelte rødgraner, der findes indblandet her, viser en langt bedre udvikling med friske, dybe kroner. Længere nord på langs bækken finder man de to sidste bevoksninger (afd. 3 og 4) på stærkt vest-sydvestskrånede terrain. De modsvarer på en morsom måde de andre bevoksninger, idet den yngste, afd. 3, ligger overfor en skovbevokset østhælde, medens afd. 4 falder ned mod en bredere dal, der først for 10—15 år siden er tilplantet. Selvom begge de to nordlige bevoksninger ved de første tyndinger indeholdt chermesangrebne træer og endnu viser spredte angreb, har deres udvikling dog været langt mere sikker og væksten nogenlunde tilfredsstillende; en dybere kroneudvikling har det dog været umuligt at bevare.

Ædelgranens udvikling i de fire afdelinger i Vejle Nørreskov kan anvendes som et rent skoleeksempel; man ser, at træartens normale vanskeligheder her synes dikterede af rent klimatiske forhold, idet jordbundsforholdene som nævnt i alle disse tilfælde er gunstige, og at rodrummet tilmed gennem frisk vandbevægelse i usædvanlig grad er sikret mod udtørring. Når træartens udvikling på trods heraf varierer fra slet til middelmådig på de nævnte lokaliteter, må man antage, at de klimatiske forhold i det pågældende område er ugunstige for ædelgran, hvilket er i overensstemmelse med områdets høje fordampning og ringe tågevirkning i den kritiske periode. På østhælderne i dette område synes det at være udelukket at frembringe nogenlunde god ædelgran på den del af skråningerne, der ligger udsat for morgensolen, — ingen tågevirkning, tidlig fordampning af duggen; kun på den nedre del af skråningerne, i den lukkede, skovklædte del af dalen, er det lykkedes at bevare en nogenlunde levedygtig ædelgranbevoksning, — her yder naboskrænten en vis beskyttelse mod morgensolen, medens træk og vind holdes ude. For vesthældernes vedkommende giver både skrænten ned til den åbne lavning og skrænten mod den lukkede, skovklædte dal bedre vækstforhold for ædelgran, i første tilfælde måske mest på grund af tågevirkning, i sidste tilfælde formodentlig mest på grund af længere dugvirkning.

Endelig kan man af rødgranens gode vækst og sundhed på de nævnte østskrænter se, at rødgranens klimatiske fugtighedskrav under gunstige jordbundsforhold er langt mindre end ædelgranens (jvf. undersøgelsen af de to træarters vandforbrug).

Den foretagne gennemgang af de enkelte faktorerers mikroklimatiske variation synes at være nødvendig for vor forståelse af ædelgranens reaktioner under vekslende terrænforhold og overfor skovbehandlingen i landets forskellige egne. Herved lærer man bl. a., at ædelgranen i de områder, hvor maksimalfordampningen ligger højt, dels kræver beskyttelsesforanstaltninger mod fordampningen, dels kræver størst mulig udnyttelse af de øvrige faktorer for at klare sig, hvorimod kravene herom kan slækkes i de områder, hvor maksimalfordampningen er forholdsvis lav.

FORÅRSNATTEFROSTENS INDFLYDELSE PÅ ÆDELGRAN- DYRKNINGEN I DANMARK.

Fugtighedsproblemerne er imidlertid ikke ene om at volde træarten dyrkningsvanskeligheder i Danmark. Som nævnt lider de unge ædelgraner stærkt som følge af vor sene forårsnattefrost, og den ødelæggelse, nattefrosten anretter i vore ædelgrankulturer, er endog så alvorlig, at den med god ret kan betegnes som den stærkest begrænsende faktor for træartens større anvendelse i de fleste hedeplantager.

Da frostskaide på ædelgrankulturerne normalt først indtræffer, efter at knopperne er begyndt at bryde i begyndelsen af maj, kan man skaffe sig et vist overblik over frostfaren i landets forskellige egne ved hjælp af de gennemsnitlige tidspunkter for den sidste forårsnattefrost (Danmarks klima, tavle XXVI); man vil heraf se, at disse tidspunkter varierer meget stærkt (fra 3/4 ved Thyborøn til 10—11/5 i de midtjydske plantageområder), således at faren for forårsfrost er mindst i kystområderne og alvorlig længere inde i landet. Man vil af tallene se, at forårsfrost efter ædelgranens udspring vil være en ganske normal foreteelse over store områder af det indre Jylland, navnlig når man tager i betragtning, at temperaturlæsningerne er foretaget i 1,3—2,0 meters højde over jordoverfladen, medens den største fare for nattefrost findes umiddelbart over jordoverfladen, specielt i lavninger og over græsbundne arealer. Erfaringerne har i overensstemmelse hermed vist, at det praktisk taget er umuligt at frembringe ædelgran på store, åbne flader i det meste af Jylland, medmindre man træffer ganske særlige beskyttelsesforanstaltninger for planterne.

Medens de meteorologiske stationers tal kan orientere om forholdenes variation fra egn til egn, vil nattefrostfaren i hvert enkelt område være stærkt lokalt præget og især knyttet til græs-

bundne lavninger og flader, hvor den stille, kolde luft kan samle sig, eller til dalbunde, hvorigennem den kolde luft ledes ned til lavere liggende terræn. På sådanne arealer vil man efter en forårsnattefrost kunne iagttage, at samtlige nye skud på ædelgranerne er ødelagt fra jordoverfladen og op til et vandret plan, svarende til det kolde luftlags øverste grænse.

Undtagelsesvis kan man iagttage, at den kolde luft som en bølge er løbet hen over et større landområde; dette var f. eks. tilfældet med den meget ondartede nattefrost natten til den 20. maj 1952. Nattefrosten opstod i dette tilfælde i forbindelse med en kuldebølge, som fra nord langsomt trak ned over Jylland og videre gennem store dele af Tyskland til Holland, hvor nattefrosten indtraf natten til den 22. maj. Frostvirkningerne blev særlig omfattende, dels på grund af det sene tidspunkt, dels fordi den kolde luft ikke alene samlede sig i de sædvanlige frosthuller, men over store områder gled hen over jorden uden at indskrænke sig til lavningerne.

For ædelgranens vedkommende resulterer nattefrostvirkningen som nævnt i, at alle de nye skud under frosthøjden svides; i mange tilfælde, også indenfor områder, hvor de klimatiske fugtighedsforhold er relativt gunstige, efterfølges frostødelæggelserne af kraftige chermesangreb. Ofte vil man se, at topskuddet undgår nedfrysning, også på små planter, som ikke når op over frosthøjden, idet topknoppen på mange ædelgraner bryder betydeligt senere end de øvrige knopper. Under disse forhold udvikles de karakteristiske ranglede, næsten grenefri ædelgraner, som til tider får held til at komme op over frosthøjden, hvor normal kronedannelse kan finde sted. Mere almindeligt ser man, at hele ædelgrankulturer dræbes ved gentagne nedfrysninger og chermesangreb, navnlig på græsbundne, åbne flader eller lavninger. Man må derfor, når man beundrer de gamle ædelgraner, man finder i de midtjydske hedeegne, have i erindring, at disse udgør en meget lille del af de talløse ædelgranplanter, man har anvendt i hedeplantagerne.

Ædelgranens udspringstid og skudstrækningsrytme har været berørt under omtalen af træartens fugtighedsproblemer; i den forbindelse er det navnlig sideskuddenes forhold, der kan tillægges betydning, hvorimod topskuddets udvikling betyder mindre for den samlede fordampning. Helt anderledes forholder det sig, når man skal bedømme planternes evne til at overvinde forårs-

nattefrostens virkninger; her gælder det for de enkelte planter om hurtigst muligt at nå op over den højde, hvortil nattefrosken normalt vil virke, og de planter, der forener et sent udspring af topknoppen med en relativ hurtig højdevækst i de første år, er derfor mindst udsat for at få topskuddet ødelagt af frosten. Fig. 31.

Fig. 31. Blåbjerg klitplantage.
Frostskadet ædelgran. Næsten alle de øverste sideskud er dræbt, medens topskuddet på grund af senere udspring har klaret sig bedre.
Fot. august 1953.

*Fig. 31. Blåbjerg Dune Plantation.
Frost-damaged Silver fir. Almost all the uppermost lateral shoots killed, while the top shoot has stood up better on account of later flushing.
Phot. Aug. 1953.*



For ædelgrans vedkommende synes sideknoppernes udspringstid som omtalt kun i ret ringe grad at variere fra træ til træ indenfor det enkelte år. Topknopperne hos unge ædelgraner bryder i almindelighed lidt senere end sideknopperne, men forsinkelsen er mere individuelt præget, på mange træer ganske ubetydelig, på andre 2—3 uger.

Evnen til at holde topknoppernes udspring tilbage synes endvidere at være særlig udviklet hos visse provenienser. Dette forhold synes ikke at fremgå tydeligt af vore proveniensforsøg, selv om parcellerne med afkom af proveniensen Lapos (Rumænien) afslutter topskuddenes strækning senere end normalt. Derimod kan der konstateres et noget sent udspring af topknoppen på praktisk taget alle planter i den tidligere omtalte ædelgrankultur i Mosbjerg præstegårds plantage med afkom fra Polen (proveniensen Svierka Katarzyna). Da planterne samtidig viser en påfaldende god højdevækst sammenlignet med en tilstødende kultur

med ædelgran af dansk avl, skal jeg nærmere omtale nogle sammenlignende skudmålinger, som skovfoged *Rytter*, Tolne, har udført for afdelingen siden sommeren 1954.

De danske ædelgraner er plantet forår 1952 som 2/2 planter, de polske forår 1953 som 2/3 planter. De to kulturer grænser umiddelbart op til hinanden og udgør tilsammen en underplantning under skærm af bjergfyr og hvidgran. Terrænet er højtliggende og fladt på en længere strækning langs skellet mellem de to kulturer, medens det nogle rækker inde i de polske ædelgraner får fald mod øst; jordbunden er tørt, magert sand.

Til målingerne blev der udtaget ialt 40 planter, heraf står 20 (10 danske og 10 polske) under ret lys skærm i 2 parallelle rækker i umiddelbar nærhed af hinanden, medens 20 (10 danske og 10 polske) står under en noget tættere skærm; af disse sidste står de polske i en række lidt nede ad østskråningen.

Skudmålingerne har til formål dels at få undersøgt, om skudstrækningen foregår samtidigt på de polske og de danske ædelgraner, dels at få sammenlignet de polske og de danske ædelgraners højdevækst.

13/5 1954 var sideknopperne på de danske ædelgraner brudt; under åben himmel eller lys skærm havde skuddene en længde på ca. 1 cm, under tæt skærm varierede længden fra $\frac{1}{2}$ til 1 cm, medens ganske enkelte planter endnu ikke var igang. Knopperne på de polske ædelgraner var på samme tid endnu ikke brudt, lys spids kunne dog iagttages på ca. halvdelen af sideknopperne; udviklingen syntes upåvirket af lystilgangen. En ganske tilsvarende udvikling kunne noteres 26/5 for topknoppernes vedkommende. Målingerne viste iøvrigt, at skudstrækningen hos de polske ædelgraner (navnlig for topknoppens vedkommende) falder lidt senere end hos de „normale“ ædelgraner. Forskellen i udspring er størst, hvor planterne står i lys, d. v. s. mest frostudsat, iøvrigt synes overskyggede ædelgranskud gennemgående at afbryde strækningen tidligere end skud i fuldt lys.

Målingerne blev gentaget i 1955 (fig. 32); skudstrækningens første del blev dette år ikke fastlagt så nøje, at kurven kunne tegnes helt igennem, men iagttagelser viste, at topknopperne på de „normale“ ædelgraner var brudt 31/5, hvorimod topknopperne på de polske ikke var brudt, og kun en enkelt havde lys spids.

Målingerne af de 40 planters højdevækst viser en klar forskel mellem de polske ædelgraner og planterne af dansk avl, idet de

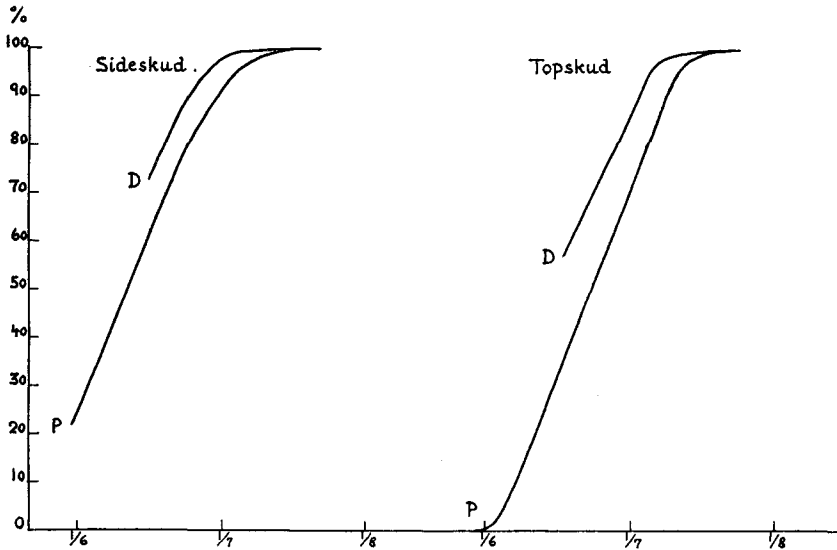


Fig. 32. Skudstrækningskurver 1955 for ædelgran i Mosbjerg præstegårdens plantage. 8-årige planter.

D: Planter af dansk avl.

P: Planter af polsk proveniens (Svierka Katarzyna).

Fig. 32. Flushing curves for Silver fir 1955 in Mosbjerg Rectory Plantation. 8—10 years old plants.

D: Plants of Danish growth.

P: Plants of Polish provenance (Svierka Katarzyna).

polske ædelgraner på denne lokalitet viser sig at være de danske ædelgraner meget overlegne; vækstbetingelserne er vanskelige, og planterne af dansk avl gik praktisk taget i stå i årene 1955 og 1956. Materialet er herved blevet så ringe, at skudstrækningsmålinger vil være af meget tvivlsom værdi som udtryk for de pågældende planters normale vækstrytme. Selvom målingerne fortsattes også på de først udtagne planter, blev der desuden i 1956 udvalgt 20 særlig kraftige planter af dansk avl til supplerung af materialet. Heller ikke disse planter viser topskud, der tåler sammenligning med de polske ædelgraner (fig. 33).

De polske ædelgraners langt bedre højdevækst end kontrolplanternes er meget iøjnefaldende, og foreløbig synes de polske planter således at indfri de forventninger, man ud fra rent teoretiske betragtninger har kunnet stille til afkom af visse polske proveniens (F.F.D. bd. XXI, h. 4).

Hertil skal dog bemærkes:

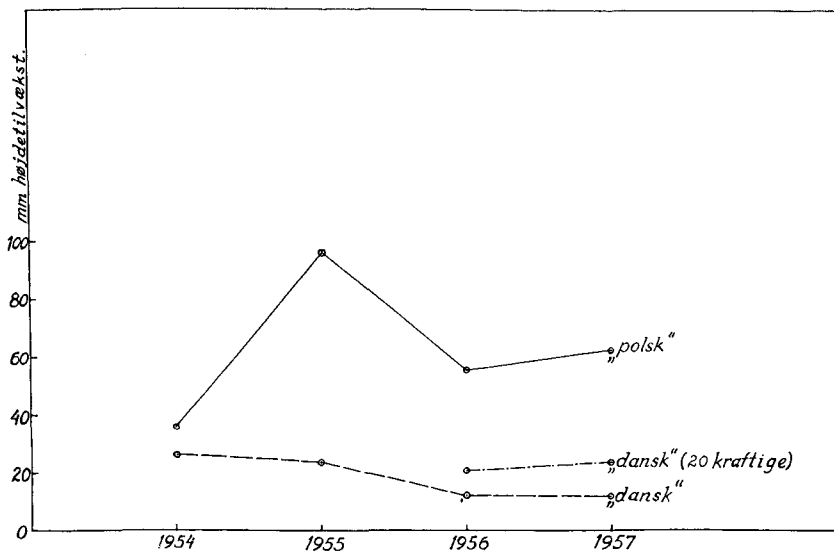


Fig. 33. Højdetilvækst for ædelgran i Mosbjerg præstegårds plantage. Planter af dansk avl og af polsk proveniens (Svierka Katarzyna).
 Fig. 33. Height increment of Silver fir in Mosbjerg Rectory Plantation. Plants of Danish growth and Polish provenance (Svierka Katarzyna).

- 1) Chermes er iagttaget på en del planter uden dog hidtil at have anrettet påviselig skade.
- 2) I ædelgranens udbredelsesområde i Polen må man kunne finde et stærkere specialiseret materiale med henblik på dyrkning i Danmark; ædelgranfrø til proveniensforsøg fra ædelgranens klimatiske tørkegrænse i Polen er i henhold hertil hjemtaget af forsøgsvæsenet.
- 3) Kontrolplanterne og de polske ædelgraner er plantet henholdsvis i foråret 1952 som 2/2 planter og i foråret 1953 som 2/3 planter, hvorved startgrundlaget ikke har været ganske ens; de danske ædelgraner har været tiltrukket i distriktets planteskole i Tolne, medens de polske ædelgraner kom fra Forsøgsvæsenets planteskole. Man skulle dog ikke mene, at disse forhold på forhånd vil give de polske ædelgraner væsentlig bedre udviklingsmuligheder end kontrolplanterne.

På baggrund af disse foreløbige undersøgelser synes der at være en mulighed for, at de polske ædelgraner vil være mere hårdføre overfor forårsnattefrost og vise mindre følsomhed overfor fordampning end vore almindeligt anvendte ædelgraner.

Selvom dette skulle vise sig at holde stik, tør man ikke vente, at vanskelighederne i forbindelse med forårsnattefrost hermed vil være afhjulpet i tilstrækkelig grad. Faren for nedfrysning af ædelgrankulturerne er i de fleste af vore hedeegne så overhængende, at ædelgrandyrkningen under alle omstændigheder må indrettes med henblik herpå, hvis det skal lykkes at få ædelgran til at vokse med op i kulturerne.

Som tidligere nævnt vil forholdsregler, der skærmer ædelgrankulturerne mod fordampning, samtidig virke beskyttende mod nattefrost. Dette skyldes i første række, at temperatursvingningerne bliver mindre på arealer, der beskyttes mod stærk ind- og udstråling, men tillige kan fordampningssvækkede planter muligvis være mere frostfølsomme end planter i god vandbalance.

Det sidste forhold kan man undertiden iagttage i planteskoler. Skovrider *Sv. Larsen*, Tolne, har således erfaret, at ædelgranplanter, som på en tør dag var rodløftede til udplantning, blev frostskadede den følgende nat i planteskolen, mens de omkringstående ædelgranplanter var uskadede. Distriktet, som tidligere i sene frostnætter søgte at skærme planterne mod nedfrysning ved røgbeskyttelse fra bål omkring planteskolen, har nu med godt resultat skærmet planterne ved at oversprøje dem med vand forud for frostnætterne. Virkningen heraf må navnlig ses på baggrund af vandets store varmekapacitet, men måske også på baggrund af planternes gode vandbalance.

Såvel fordampningssvækkede som frostskadede ædelgraner synes i særlig grad udsat for chermesangreb. I de midtjydske hedeegne, hvor sen forårsnattefrost de fleste steder er almindelig, medens de klimatiske fugtighedsforhold gennemgående er relativt gunstige, finder man gamle ædelgraner, som efter at have overvundet forårsnattefrostens virkninger har udviklet sig fortrinligt. De unge kulturer viser derimod ofte i forbindelse med frostsvækkelserne meget stærke chermesangreb i de samme egne.

Forårsfrostens klimatiske grænsevirkning for træartens anvendelighed bliver derfor bedst udtrykt gennem de foranstaltninger, som er nødvendige for at sikre ædelgrankulturerne mod nedfrysning på de forskellige lokaliteter. Dette vil være et rent kulturteknisk-økonomisk spørgsmål og således være nøje forbundet med de skovdyrkningsmæssige forudsætninger, man har for at skabe tilstrækkelig beskyttelse og med, hvor meget man kan og vil ofre på at skærme ædelgranerne, indtil de er udenfor frostfare.

Rent teoretisk kan man overvinde forårsfrostens virkninger og frembringe ædelgran i enhver egn af landet, hvad tilstedeværelsen af de gamle ædelgranbevoksninger i vore hede- og klitplantager vidner om. Selv i så frostudsatte plantager som Gludsted og Kompedal ser man således gamle sunde ædelgraner i bælder og småbevoksninger. Disse træers stærkt stabiliserende virkning i rødgranplantagerne og deres sundhed og vedholdende vækst i forhold til rødgranerne er meget iøjnefaldende og viser, hvor værdifuldt et stærkere islæt af ædelgran vil kunne være i vore midtjydske plantager.

Nogle erfaringer fra ædelgrandyrkningen i de gamle plantageanlæg.

Af ædelgranens store værdi, men beskedne forekomst i de gamle førstgenerationsbevoksninger i de midtjydske hedeegne bør man ikke slutte, at de første hedeskovdyrkere har anvendt træarten i alt for ringe grad. De gamle ædelgraner er i virkeligheden kun spredte rester efter en ret udstrakt anvendelse af træarten. Langt de fleste af de oprindeligt plantede ædelgraner er i de første år efter plantningen blevet dræbt af forårsfrost efter gentagne nedfrysninger eller kvalt af mere frostsikre rødgraner, der har overvokset dem i ungdommen. Stort set har disse tidlige forsøg på at indbringe ædelgran i førstegenerationsbevoksningerne således været mislykkede.

Gennem de gamle planer fra statens hededistrikter og andre optegnelser kan man se, at også flertallet af de nuværende gamle ædelgranbevoksninger i ungdommen har været betragtede som mislykkede. Til tider har ædelgranen end ikke været nævnt i de træartsvise beskrivelser af afdelingerne, idet de for en tid helt har været afskrevet.

I planen fra 1896 over Feldborg distrikt står der således med henblik på Borbjerg og Sevel plantager: „Fremherskende træ vil i fremtiden blive bjergfyr, kun på enkelte steder vil rødgran kunne vokse.“ Ædelgran indrømmes der overhovedet ingen plads til. De pågældende plantager er nu i alt væsentligt bevokset med gammel rødgran, som de fleste steder er ret stærkt trametesangrebet; i flere afdelinger (specielt i Borbjerg plantage) findes der dog indblandet jævaldrende sunde ædelgraner, som gennemgående er større end rødgranerne og af overordentlig stor

værdi for bevoksningernes stabilitet. Dette gælder f. eks. Borbjerg plantage, afd. 6, som i planen 1906 omtales som en 23-årig bevoksning af bjergfyr og rødgran i rækkevis blanding, indblandet enkelte hvidgraner. Borbjerg plantage, afd. 70, omtales samtidig som en 9-årig kultur, i hvilken ædelgran ikke er nævnt, idet den sandsynligvis helt har været afskrevet; i 1951 var Skovreguleringens tal:

Ædelgran: højde 15,3 m, diameter 19,4 cm.
Rødgran: „ 12,5 m, „ 13,4 cm.

I Sevel plantage finder man nu i vestkanten af de gamle rødgranafdelinger 78 og 79 store, kraftige gamle ædelgraner som støtte for de ret stærkt trametesangrebne og ustabile rødgranbevoksninger. Disse ædelgraner stammer fra et læbælte, som i planen af 1906 beskrives på følgende måde: „15-årigt læbælte; yderst forkrøblet eg, derefter et bælte af bjergfyr og hvidgran i rækkevis blanding, inderst (mod rødgranerne) hvidgran og ædelgran — den sidste lav og delvis udgået“. De tidligere nævnte trametesangrebne rødgraner og de dertil hørende udmærkede ædelgranbælter i Sevel plantage, afd. 100—101, omtales i planen fra 1906 på følgende måde: „Plantning på 3 × 4', fuldstændig, pletvis af noget lys farve, navnlig i øst, hvor læstriberne mangler — et par grupper ædelgran (jævnaaldrende) af tarvelig beskaffenhed.“ I afd. 100 var Skovreguleringens tal i 1951:

Ædelgran: højde 14,4 m, diameter 17,4 cm
Rødgran: „ 12,9 m, „ 14,1 cm,

medens rødgranerne endnu ved planlægningen i 1936 var højere end ædelgranerne:

Ædelgran: højde 7,3 m, diameter 14,4 cm
Rødgran: „ 8,4 m, „ 12,9 cm.

Det samme trøstesløse billede af de unge ædelgraner finder man i de gamle planer fra de øvrige midtjydske distrikter. Om de gamle, stærke ædelgranbælter i Kompedal plantage, som nu viser en forbløffende vækst og sundhed, kan man i planen for Viborg distrikt fra 1908 læse følgende vedrørende afd. 376: „Bjergfyr med læbælte. Langs nord- og vestgrænsen et ca. 50 alen bredt læbælte af 14-årig 5' høj bjergfyr i blanding, dels med

$\frac{1}{3}$ noget trykket hvidgran, dels med $\frac{1}{3}$ ganske undertrykt ædelgran. Plantet efter reolpløjning.“ — Planen fra 1938 angiver følgende for samme afdeling: „Langs nord- og vestsiden et 44-årigt uregelmæssigt læbælte, i inderste halvdel ædelgran, i yderste hvidgran og overalt indblandet bjergfyr. Ædelgranerne er meget uensartede, stærkt medtaget af frost og vildtbid, står spredt med kroner til jorden; en del i ganske god vækst. Hvidgranerne er noget spredt stående.“ Ifølge distriktets undersøgelser har ædelgranerne i dette bælte været gennemsnitlig 31 år om at nå 1,3 m højde.

Ædelgranens langsomme og usikre vækst i ungdommen synes at være et fællestræk for udviklingen i alle de gamle fortrinlige ædelgranbælter, som støtter de gamle rødgranafdelinger i mange midtjydske hedeplantager på tarvelig bund. Betingelsen for ædelgranens tilstedeværelse synes overalt i frostudsatte områder at være, at de har været totalt overvoksede af bjergfyr og hvidgran. Det er således intet mindre end en bedrift, at det på åben hede ved hjælp af disse træarter er lykkedes at frembringe kraftige ædelgranbælter i Gludsted, Kompedal, Dalgas plantager m. fl. En fremtrædende rolle herunder synes navnlig hvidgranindblandingen at have spillet. Denne frost- og vindtålsomme træart med den rolige, sejge vækst i ungdommen har åbenbart formået at yde de indblandede ædelgraner effektiv beskyttelse, inden den årlige forårsfrost helt har taget livet af ædelgranerne. Disse har derefter været totalt overvoksede af hvidgranerne og ofte glemt. Hvadenten der senere er blevet hugget rettidigt i hvidgranerne eller ej, har lysforholdene været tilstrækkelige til, at ædelgranerne ikke er blevet kvalt, formentlig navnlig fordi hvidgranerne ret tidligt er begyndt at blive tyndnålede. Herved har ædelgranerne, efter at have fristet en kummerlig tilværelse, men med rigelig tid til at udvikle et kraftigt rodnet, efterhånden fået udmærkede udviklingsmuligheder og er vokset op gennem de mere eller mindre sygnende hvidgraner. Måske tør man endog tro, at netop den tarvelige hvidgranproveniens, vi i lange tider har anvendt i vore plantager, har været særlig velegnet til blanding med ædelgran under vanskelige forhold i 1. generation.

Hvor ædelgranen i de gamle rødgranbevoksninger i Midtjylland optræder som spredt, jævaldrende indblanding, finder man sædvanligvis et større antal helt undertrykte træer samt ofte nogle stærkt dominerende ædelgraner.

I hvilken grad ædelgran vil formå at gøre sig gældende i blanding med rødgran i hedeplantagerne, synes ikke blot at være et spørgsmål om lokale forhold vedrørende forårsnattefrost eller om brugen af hjælpetræer, men også om rødgranens begyndelsesvækst og senere udtyndings- og sundhedsforhold. Selvom ædelgranerne på grund af heldige klimatiske forhold eller gennem beskyttelse af hjælpetræer har undgået nedfrysning, vil man normalt se, at rødgranerne overvokser de fleste af dem i ungdommen, hvorved mange ædelgraner bliver kvalt eller totalt undertrykte. De undertrykte ædelgraner kan imidlertid bevare deres livskraft gennem en meget lang årrække for senere, hvis lystilgangen forøges gennem hugst, stormfald eller begyndende sygdom i rødgranerne, at vokse op gennem kronetaget. Ofte kan man endog se, at små, forkrøblede ædelgraner, som gennem hele bevoksningens levetid har ført en ubemærket tilværelse som undervækst, skyder kraftigt i vejret, når den øvrige bevoksning er afskovet.

Til belysning af sammenhængen mellem de to træarters begyndelsesvækst og senere indbyrdes styrkeforhold i bevoksningerne kan nævnes afd. 191 og 192 i Gludsted plantage. Ifølge skovfoged *Andersens* optegnelser blev den nordøstlige del af afd. 192, „*Andersens graner*“, tilplantet i 1879 i „*Rosenske huller*“ (dybe huller gravet direkte i den oprindelige, flade hede) uden forudgående overfladebehandling. Plantematerialet bestod af 2/0 rødgran isprængt en del 2/0 ædelgran. Planterne stod godt i nogle år, men nåede ikke op over lyngen, førend de gik fuldstændig i stå; 1887 eller 1888 indplantedes Bjergfyr, som efterhånden dækkede arealet helt. Efter senere forsigtig lysning i bjergfyrskærmen voksede granerne til og udgør nu en sund rødgranbevoksning i blanding med stærkt dominerende, sunde ædelgraner, som yderligere bliver favoriseret gennem den hugst, der føres i bevoksningen. I den øvrige del af afdelingen og i afd. 191 blev der før 1887 foretaget skræpløjning og reolpløjning; arealerne tilplantedes 1887/88 og 1888/89 med rødgran (hvor der har været isprængt ædelgran) og bjergfyr. I de følgende år er der foretaget forskellige rensninger og efterbedret med bjergfyr (1895/96); i årene 1899/1900—1902/03 er der foretaget kapping af bjergfyr. Rødgranerne har her haft en hurtigere udvikling end i de „*rosenske huller*“, og bevoksningen har nu udviklet sig til en noget trametesangrebet rødgranbevoksning isprængt

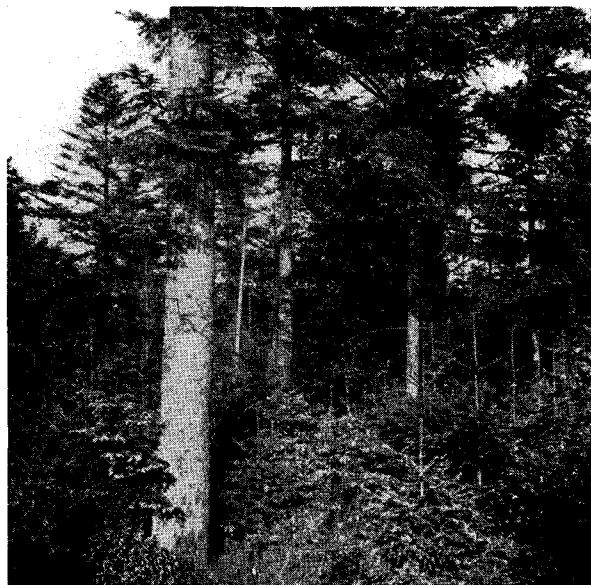


Fig. 34. Ørbæk plantage, Djursland. Rest af rødgranbevoksning med rækkevis indblandede ædelgraner, fra 1903. Rødgranerne blev efter en hurtig ungdomsvækst totalt ødelagt af trametes og er nu helt fjernede, medens de tidligere tildels overvoksede ædelgraner danner en stærk skærm over selvsået ædelgran og rødgran. Jordbund tørt sand (gammel ager), de klimatiske forhold for ædelgran middelmådige. Fot. juni 1952.

Fig. 34. Ørbæk Plantation, Djursland, Denmark. Remnants of Norway spruce stand mixed with rows of Silver fir, from 1903. After a fast juvenile growth the Norway spruces were totally destroyed by butt rot and are now completely removed, while the Silver fir trees, which were formerly partially overtopped, now form a strong screen for naturally reproduced Silver fir and Norway spruce trees. The soil consists of dry sand (old arable land); the climatic conditions are mediocre for Silver fir. Phot. June 1952.

enkelte, hovedsagelig helt undertrykte ædelgraner, som nu hvor de er efterladt ved den indledende kulisseforyngelse, viser stærkt tiltagende vækst.

Under andre forhold, hvor rødgran efter en hurtig begyndelsesvækst tidligt bliver svækket — enten som følge af vindslid og saltnedslag som f. eks. i Vestjylland eller som følge af tidlige trametesangreb — vil indblandede ædelgraner, der i de første år er blevet overvoksede, efterhånden gøre sig gældende og få afgørende betydning for bevoksningens stabilitet (fig. 34).

Forståelse og udnyttelse af disse forhold vil være af uvurderlig betydning for hedeplantagerne i mange egne, hvor rødgran

ukritisk har været anvendt i rene bevoksninger under forhold, som medfører tidlig opløsning af rødgranbevoksningerne. En stor del af trametesproblemet og af de stormødelæggelser, som vanskeliggør foryngelsen i vore plantager, kan i virkeligheden føres tilbage til, at vi ikke har magtet den opgave at få tilstrækkelig mange ædelgraner med op i første generationsbevoksningerne til sikring af sundhed og stabilitet.

Dette forhold kan som nævnt ikke bebrejdes de første hedeskovbrugere, som ganske øjensynligt har haft blik for ædelgranens værdi; men man har manglet den fornødne teknik og erfaring til at sikre træarten mod nedfrysning og overvoksning i de første år. Dårligt nok kan man dadle senere hedeskovbrugere, at de i mange egne anvendelsen af ædelgran i plantagerne, efter at de havde set træartens kummerlige udvikling i de unge år. Nu er det en livsbetingelse for vore plantager i de fleste egne, at man indser nødvendigheden af at forlade de rene rødgranplantninger og at frembringe blandingsbevoksninger, hvori ædelgran indgår som en af de vigtigste træarter. Selv i de bedste rødgranegne op mod israndslinien og på gode bakkeøer synes en fortsat ren rødgrandrift kun at være forsvarlig under særlig gunstige jordbundsforhold, hvilket dog på ingen måde skal betyde, at rødgran bør opgives som hovedtræ i disse egne.

Medens de klimatiske fugtighedsforhold i de vestjydske klitområder og i hedeplantagerne vest for israndslinien synes at være tilstrækkelige for en nogenlunde sikker udvikling af ædelgran, vil de skovdyrkningsmæssige problemer i forbindelse med sikring af ædelgranen imod nedfrysning og overvoksning i kulturerne variere stærkt fra egn til egn, ligesom rent lokal- eller mikroklimatiske forhold kan være afgørende for, hvilke foranstaltninger der må træffes. Alt andet lige vil vanskelighederne være alvorligst i det indre af landet; men vore erfaringer og tekniske muligheder sætter os nu i stand til at beskytte ædelgranerne i kulturerne, også i de mest frostudsatte dele af landet, således at de i det mindste har en mulighed for at vokse med op, overalt hvor man ønsker det. Lettest vil dette kunne gennemføres i andengenerationskulturer, hvor beskyttelsen fra de gamle bevoksninger kan udnyttes, samtidig med at planterne yderligere sikres ved hjælpetræer; men selv på renafdrevne arealer og i første generation vil det med vor nuværende teknik være muligt at få ædelgran med i kulturerne. Hvor meget der bør ofres på at

få ædelgran med i første generation, vil bl. a. afhænge af, om ædelgranen, som f. eks. i de bedste rødgranområder, kun skal anvendes som et hjælpetræ til sikring af en vedvarende produktion, i det væsentlige bestående af rødgran, eller om træarten selv må indtage rødgranens plads som hovedtræart, som f. eks. i klitområderne, i de vestlige hedeområder, Thy og dele af Vendsyssel.

ÆDELGRANENS PRODUKTION I SAMMENLIGNING MED RØDGRANENS.

I visse egne, f. eks. i dele af Østjylland, hvor den klimatiske fugtighed er særlig lav og fordampningen i forsommeren stærk, vil ædelgranens udviklingsmuligheder som nævnt være usikre. Her kan der være grund til at indskrænke ædelgrandyrkningen stærkt, hvorimod rødgran i de samme egne kun vil svigte på tør bund, medens den, hvor der findes tilstrækkelig fugtighed i rodrummet, kan finde gode vækstbetingelser (jfr. de nævnte eksempler fra Rugaard og Vejle).

En sammenligning mellem ædelgranens og rødgranens produktion og økonomi giver meget forskellige resultater i de forskellige egne og på forskellige lokaliteter. Under forhold, hvor begge træarter finder tålelige kår, vil deres produktion være af samme størrelsesorden, medens tilvækstgangen synes at vise karakteristiske forskelligheder. Disse forhold fremgår af *Henriksens* (1957) beretning med tilhørende tilvækstoversigter for ædelgran, som viser, at træarten sammenlignet med rødgran har en langsommere begyndelsesvækst, men til gengæld en mere vedholdende vækst i de ældre bevoksninger. Dette forhold er som nævnt meget karakteristisk for udviklingen i hedeplantagerne, kun ser man her i områder, hvor forårsfrostens virkninger har været meget følelige (f. eks. i Gludsted plantage), at ædelgranen ofte er blevet så stærkt ødelagt eller forsinket i ungdommen, at den ikke har haft mulighed for at indhente rødgranen. Til gengæld synes ædelgranernes mere vedholdende vækst, når træerne er sluppet op over frosthøjden og har undgået kvælning under rødgranerne, at blive kraftigt markeret netop på tarvelig, tør bund, hvor manglende fugtighed i rodrummet synes at virke stærkt dimensionsbegrænsende på ældre rødgran. Dette forhold ses tydeligt såvel i Gludsted plantage som i Kompedal plantage, hvor de gamle ædelgranbælter er sunde og har en ret konstant,

god tilvækst, hvorimod de bagved liggende rødgranbevoksninger i nogen grad stagnerer under stærke trametesangreb.

På grundlag af Skovreguleringsmålinger i forbindelse med planlægning på Palsgård statsskovdistrikt i 1952 kan der gives et meget instruktivt billede af de to træarters vækstforhold. Talmaterialet er velvilligst stillet til rådighed af Skovreguleringen. Forstfuldmægtig *Jørgen Nielsen* har sammenstillet og behandlet det omfattende materiale til belysning af tilvækstgangen for de to træarter på distriktet. Ved undersøgelsen er distriktet delt i to dele. 1) Skovene på højtliggende, bakket moræne (Palsgård, Snabegård og Velling skove) og 2) Plantagerne (45 bevoksninger i Gludsted plantage, 1 i Nørlund plantage, 2 i Langebjerg plantage og 17 i Hampen plantage). Materialet fra plantagerne er præget af, at ædelgranerne under de ublide klimatiske kår (navnlig i Gludsted plantage) har været stærkt nedfrosne og overvokse. Undersøgelsen gengives her i uddrag:

„Sammenligning mellem diametre og højder for ædelgran og rødgran i blandingsbevoksninger i Velling, Snabegård og Palsgård skove, Palsgård distrikt. — Materialet er fremkommet ved planlægningen sommeren 1952. Det omfatter blandingsbevoksninger af ædelgran og rødgran, idet der er medtaget alle bevoksninger på over ca. 0,25 ha, hvor der er foretaget taksation, og hvor indblandingstræartens grundflade er over ca. 10 % af hovedtræartens.“

Forstfuldmægtig *Jørgen Nielsen* har derefter opstillet en tabel, i hvilken er angivet alder, grundflade, diameter og højde for begge træarter for hver enkelt af bevoksningerne. Denne tabel er ikke medtaget her.

„Taksationen er foretaget dels som fuldtaksation, dels ved cirkulære prøveflader, . . . I alle bevoksningerne er højdemåling foretaget særskilt for hver af de to træarter.

Aldrene er angivet efter oplysningerne i planen fra 1937. I en del tilfælde er det formentlig gennemsnitstal for uensaldrende bevoksninger. Alderen for de to træarter er overalt den samme, hvilket næppe er i overensstemmelse med de faktiske forhold. (Efterbedring m. v.).

Beregninger: For hver enkelt bevoksning er udregnet diameter og højde for ædelgran i % af de tilsvarende størrelser for rødgran. Resultaterne af beregningerne er grafisk oplagt i to figurer

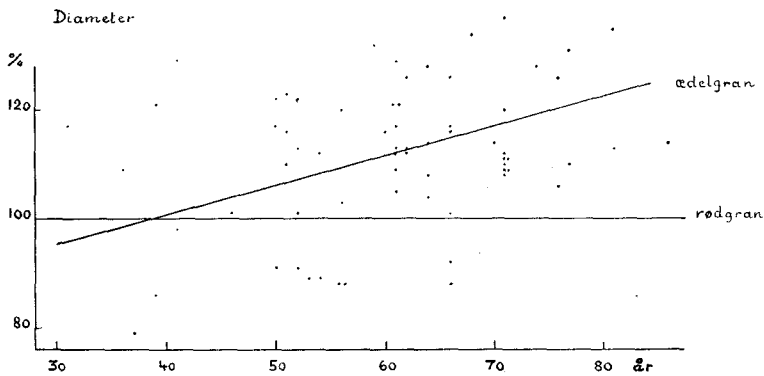


Fig. 35. Ædelgranens gennemsnitsdiameter på Palsgård statskovdistrikt udtrykt i pct. af jævnaldrende rødgrans diameter på distriktet (blandingsbevoksninger i Palsgård, Snabegård og Velling skove).
Efter Jørgen Nielsen.

Fig. 35. Average diameter of Silver fir in Palsgård State Forest District, expressed in percentage of the diameter of Norway spruce trees of the same age in the district (mixed stands in Palsgård, Snabegård and Velling Forests). After Jørgen Nielsen.

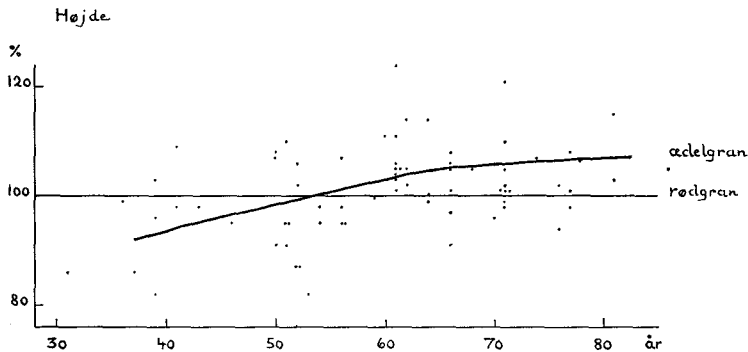


Fig. 36. Ædelgranens gennemsnitshøjde på Palsgård statskovdistrikt udtrykt i pct. af jævnaldrende rødgrans højde på distriktet (blandingsbevoksninger i Palsgård, Snabegård og Velling skove).
Efter Jørgen Nielsen.

Fig. 36. Average height of Silver fir in Palsgård State Forest District, expressed in percentage of the height of Norway spruce trees of the same age in the district (mixed stands in Palsgård, Snabegård and Velling Forests). After Jørgen Nielsen.

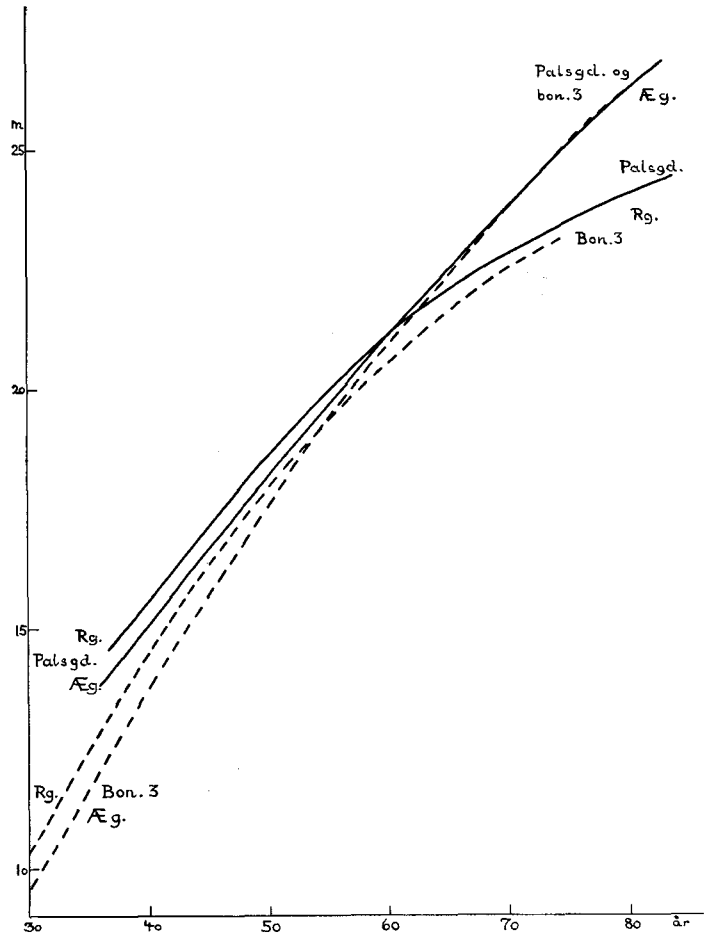


Fig. 37. Højdetilvækstgang for ædelgran og rødgran i blandingsbevoksninger på Palsgård statsskovdistrikt (Palsgård, Snabegård og Velling skove). Til sammenligning er anført træarternes højdekurver for bonitet 3. (Efter henholdsvis H. A. Henriksen og C. M. Møller).

Fig. 37. Rates of height increment of Silver fir and Norway spruce in mixed stands in Palsgård State Forest District (Palsgård, Snabegård and Velling Forests). For comparison, the site quality 3 of the trees has been indicated. Height curves. (After H. A. Henriksen and C. M. Møller).

med alderen som abscisse For at lette udjævningen af det stærkt spredende materiale er beregnet gennemsnitstal for 10-årige aldersklasser“

Resultatet af denne grafiske oplægning er vist på figurerne 35 og 36. Fig. 37 viser på basis af undersøgelsesmateriale højde-

tilvækstgangen for ædelgran og rødgran sammenlignet med kurverne for bonitet 3, henholdsvis ædelgran bonitet 3 efter *H. A. Henriksen* og rødgran bonitet 3 efter *C. M. Møller*.

„Ædelgran i plantagerne på Palsgård distrikt.

I Gludsted plantage forekommer ædelgran dels i alle læbælterne, dels indblandet i en række af rødgranbevoksningerne. Det er desværre umuligt af de gamle planer at se, hvorledes indblandingen oprindeligt er foregået. I læbælterne forekommer ædelgran i det inderste 10—12 m brede bælte, blandet med hvidgran. Undertiden er ædelgran erstattet med Nordmannsgran eller balsamgran. Af læbælterne er dels takseret en del særlig godt udviklede i Hjøllundpartiet, dels et antal typiske i den øvrige del til støtte for et skøn over vedmassen i nabolæbælterne.

I en række af rødgranafdelingerne, især i Hjøllundpartiet og i det store areal syd for Tyvkærvejen, har der ved taksationen vist sig at være indblandet ædelgran, hvoraf de fleste står som undertrykte træer mellem rødgranerne. Man har ved taksationen søgt at få et pålideligt billede af indblandingsmængde, f. eks. ved i en række afdelinger, hvor ædelgranerne forekom i hveranden række, at måle hver 9. eller 12. dobbeltrække. Da indblandingsprocenten er meget lille, kan der dog ikke tillægges tallene for den enkelte afdeling større vægt, medens derimod det samlede billede må anses for at give et korrekt indtryk af ædelgranens udvikling.

I en del af rødgranbevoksningerne er vedmassen skønnet, og der er derfor mulighed for forekomst af ædelgran i andre afdelinger end de i tabellen forekommende. Men der er dog foretaget taksation (rækkevis) på langt over halvdelen af arealet med ældre rødgran i Gludsted plantage, bl. a. også for at få materiale til en tilvækstberegning for rødgranbevoksningerne.

I Langebjerg og Hampen plantager forekommer ædelgran ligeledes indblandet i en række rødgranbevoksninger, således som det fremgår af tabellen. Udviklingen er her anderledes end i Gludsted, idet ædelgranindblandingen er noget større og enkelte ædelgraner har udviklet sig, så de er blandt bevoksningens dominerende træer. I en særlig tabel er gengivet bevoksningsspektre for et læbælte i Gludsted, en rødgranbevoksning med ædelgranindblanding i Gludsted og en i Hampen plantage.“

Tabel 12. Bevoksningsspektre for 2 rødgranbevoksninger med ædelgranindblanding (Hampen 26 a og Gludsted 203 a) samt et læbælte (Gludsted 53 b). Henholdsvis 75, 68 og 64 år gamle.

Table 12. Growth spectra for 2 Norway spruce stands with mixing of Silver fir (Hampen 26 a and Gludsted 203 a) and a shelter belt (Gludsted 53 b). 75, 68 and 64 years old, respectively.

Diameter	Hampen 26 a		Gludsted 203 a		Gludsted 53 b			Eg Oak
	Stamtal No. of stems		Stamtal No. of stems		Stamtal No. of stems			
	Rød- gran Norway spruce	Ædel- gran Silver fir	Rød- gran Norway spruce	Ædel- gran Silver fir	Ædel- gran Silver fir	Hvid- gran White spruce	Bjerg- fyr Mountain pine	
6			12	7	26	4	2	4
8			34	18	20	5	28	27
10	3	1	69	11	20	14	30	30
12	16	2	143	17	18	21	30	10
14	76	1	207		14	25	10	9
16	168	2	251	3	20	22	6	3
18	179		222	1	20	10	1	
20	165	4	164	2	27	14		
22	107	1	96	1	17	3		
24	47	1	44	1	13			
26	15		10		6			
28	5		6		4			
30	1	1	2		2			
32		1			1			
34	1							
36					1			
	783	14	1260	61	209	118	107	83

Tabellen over samtlige de målte bevoksninger er af pladshensyn udeladt her, men bevoksningsspektrene, der repræsenterer typiske bevoksninger, er gengivet i tabel 12.

De valgte spektre viser for Hampen plantages vedkommende, at de spredte ædelgraner nu fuldt ud står mål med rødgranerne. Afd. 203 a i Gludsted plantage giver et karakteristisk billede af en afdeling, hvor ædelgranerne er overvokset af rødgranerne, medens læbælteafdelingen 53 b viser, hvordan ædelgranerne, beskyttet imod frost af hvidgran og bjergfyr, har opnået gode dimensioner. De pågældende læbælter viser som tidligere nævnt ædelgranernes gode, vedholdende vækst og gode sundhed sammenlignet med de tilgrænsende rødgraner. Disse ædelgranbælter, såvel som tilsvarende bælte i Kompedal plantage, Dalgas plan-

tage m. fl., viser, at det er muligt at skabe ædelgran i Midtjylland under de barskeste klimaforhold og på meget tarvelig jord, hvis man evner at beskytte planterne mod forårsnattefrost og vildt og kan hindre, at andre skyggetræer kvæler de unge ædelgraner. Samtidig må man indrømme, at frembringelsen er vanskelig og kræver stor omhu, og at ædelgranen først på et sent tidspunkt vil give større udbytte.

Ædelgranens vedholdende vækst, således som den kommer til udtryk i gennemsnitskurverne fra Palsgård distrikt og i *Henriksens* tilvækstoversigter, synes, når man drager sammenligning med rødgranens tilvækstgang, først og fremmest at udtrykke træartens bedre sundhedstilstand i de ældre aldersklasser. Herpå tyder også eksemplet fra Omberg i Sverige, hvor de to træarters tilvækst først viser kendelige forskelle, efter at trametesangrebene i 60-års alderen bliver kritiske for rødgranen. I god overensstemmelse hermed forstærkes ædelgranens overlegenhed i de ældre aldre i Vestjylland, hvor vind og saltnedslag foruden trametes svækker rødgranen tidligt; jvf. også forholdene ved Tolne og overalt, hvor trametesangreb gør sig påfaldende tidligt gældende.

Omvendt kan man som nævnt på østvendt terræn i Vejle Nørreskov, på gammel, frisk, sund løvtræbund, iagttage rødgranens absolutte overlegenhed i den ældre alder, idet trametesangrebene her er elimineret, samtidig med at ædelgranen er udsat for alvorlige fordampningskriser.

I mere afdæmpet form kan noget tilsvarende iagttages også i områder, hvor de klimatiske fugtighedsforhold er gunstige for ædelgran. Som eksempel herpå kan nævnes Tykhøj krat, Randbøl statsskovdistrikt, hvor man i afd. 122 og 128 finder udmærket, ca. 73-årig ædelgran og rødgran i blanding på henholdsvis vest- og østhældende terræn. Målinger i vinteren 1955/56 afslørede en interessant forskel i forholdet mellem ædelgranens og rødgranens højdevækst i de to afdelinger. Materialet bestod af udhugnings-træer, i afd. 122 9 ædelgraner og 9 rødgraner, i afd. 128 10 træer af hver art. Målingerne omfattede højden samt længden af top-skuddene 1946—55; gennemsnitstallene ses i tabel 13.

Det kunne på forhånd ventes, at så gamle træer ville have mindre topskud i vestsiden af skoven (afd. 122), hvor de er meget udsat for vindslid. Det ses dog i tabellen, at dette kun gælder for rødgranerne, hvorimod ædelgranerne står med fuldt så lange

T a b e l 13. Højde og topskudslængde på ædelgran og rødgran (udhugningstræer) i Tykhøj krat. Alder 73 år.

T a b l e 13. Height and top-shoot length of Silver fir and Norway spruce (thinning trees) in Tykhøj coppice. Age 73 years.

		Højde Height	Gennemsnitlig topskudslængde 1946—55 Average top-shoot-length
Afdeling 122	Ædelgran	24.3 m	23 cm \pm 1.3 cm
Compartment 122 (vesthælde)	Rødgran	22.1 m	18 cm \pm 1.3 cm
(west slope)			
Afdeling 128	Ædelgran	22.0 m	21 cm \pm 1.2 cm
(Østhælde)	Rødgran	22.1 m	33 cm \pm 1.4 cm
(east slope)			

topskud på vesthælden og iøvrigt her har nået den største højde og det sundeste udseende. På østhælden, hvor vindsliddet ikke spiller den samme rolle, har rødgranerne derimod meget længere topskud end ædelgranerne, som her virker noget tyndnålede. Som tidligere berørt er der grund til at tro, at dette forhold skyldes, at tåge- og dugvirkningen er mindre på østhælden end på vesthælden, hvorved forholdene for ædelgranerne er ringere på østskrånningen end på den stærkt vindudsatte vesthælde.

Ædelgranens vedkvalitet nærmer sig stærkt til rødgranens, således at der i savværkstræets værdi ikke vil være nævneværdig forskel på ædelgran og rødgran, forudsat samme rethed og slankhed. Ædelgranens ligeberettigelse som tømmertræ anerkendes fuldt ud i Tyskland, hvor begge træarter forekommer naturligt, medens man i Norge og Sverige vil foretrække rødgranen. Danske købere vil dog altid betragte rødgran som den „normale“ gran og, alt andet lige, foretrække den for ædelgran. I de første tyndinger vil rødgran normalt give rigeligere og langt mere ensartede, velformede effekter end ædelgran.

Af det foregående vil det fremgå, at man under forhold, hvor begge træarter har nogenlunde gode udviklingsmuligheder, vil foretrække rødgran som hovedtræart af følgende grunde: Plante-materialet er billigt, kulturen er let at frembringe, planterne kræver kun ringe beskyttelse, væksten kan ved en gennemprøvet jordbearbejdningssteknik og eventuel bjergfyrrindblanding m. m. gøres ret ensartet og sikker, og udbyttet vil, også bortset fra juletræshugst, begynde forholdsvis tidligt og være letsælgeligt.

Vore erfaringer fra de ældre rødgranplantager viser dog som tidligere nævnt, at en ren rødgrandrift i plantagerne, selv under gunstige forhold, vil være uforsvarlig i det lange løb. Vi bør, selv i første generation, undgå at frembringe ren rødgran på de fleste lokaliteter, idet bl. a. en ædelgranindblanding vil øge stabilitet, sundhed og produktion i de ældre bevoksninger, forlænge første generations levetid og skabe bedre forhold for foryngelserne.

Selv om en ædelgranindblanding i første generation altid vil betyde øgede kulturudgifter og senere ofte vil kræve nye ofre og rejse nye problemer, vil ædelgranens udvikling som indblanding i førstegenerationsbevoksningerne være af overordentlig stor værdi. Dette forhold står nutidens hedeskovbrugere ganske klart, således at der selv i nattefrosthærgede egne i Midtjylland, hvor rødgrankulturer kan frembringes med sikkerhed og med udsigt til at give et godt foreløbigt udbytte, udfoldes de største anstrengelser for at sikre en ædelgranindblanding også i første generation.

EKSEMPLER PÅ EGNSVIS OG LOKAL VARIATION I FORÅRSFROSTEN.

Faren for sen forårsnattefrost er som nævnt alvorligst i de indre dele af landet, og her vil sikring af ædelgranplantninger på åben mark normalt kræve omfattende beskyttelsesforanstaltninger i form af stærk anvendelse af hjælpetræer, kappeplantninger, renholdelse af jordbunden m. m. Vanskelighederne er dog i høj grad afhængige af terrænforhold, således af lokaliteter, der ligger højt i forhold til omgivelserne, og skrænter — specielt ned mod større vandflader — lokalt kan nedsætte faren for forårsnattefrost. Terrænforholdenes betydning for ædelgranens sikring mod forårsfrost genspejles i mange af de gamle bevoksninger, hvori ædelgran indgår. Tydeligt ses dette f. eks. i Palsgård skov, afd. 104. Denne afdeling, som må betegnes som den bedste gamle andengenerationsbevoksning i vore hedeskove, er plantet på renafdrevet areal som rækkevis blanding af rødgran, ædelgran og bøg; alderen er nu ca. 80 år. Terrænet er relativt højtliggende, bølget, med hovedfald mod vest, jordbunden består af morænesand, stedvis i blanding med grus og ler. Ædelgranerne er nu stærkt dominerende i de højereliggende partier af afdelingen, hvor bøgene danner en 2. etage, medens rødgranerne stort set er fjernede. I de lavereliggende dele af afdelingen, hvor frostvirkningen har været alvorligere, er hovedtræarten rødgran, medens relativt få ædelgraner har undgået nedfrysning. Som et andet eksempel på resultat af terrænbeskyttelse mod forårsnattefrost kan nævnes en 55-årig 1. generationsbevoksning af ædelgran i Nørre Risager plantage, afd. 14. Bevoksningen står på et svagt vesthældende terræn ovenfor en stejl østskråning ned mod Skjernådalen. Jordbunden består af magert, tørt bakkensand. Bevoksningen er vokset op på åben mark og har kun været beskyttet i de første år af gyvel, som har været sået mellem rækkerne. Kulturen synes aldrig at have lidt væsentligt som følge af forårs-

nattefrost, og bevoksningen er nu sund efter i ungdommen at have haft moderate chermesangreb. Ædelgranernes gennemsnitshøjde og diameter er nu større end rødgranernes i de jævndrendende nabobevoksninger, hvor trametesangreb er i hastig udvikling.

Selv om man således inden for større frostudsatte områder kan finde lokaliteter, hvor faren for nedfrysning er ringe, kræver ædelgranen normalt omfattende beskyttelse gennem en lang årrække for at kunne vokse frem i de midtjydske hedeplantager. Vanskelighederne kan være overordentlig store på fladerne og i terrænsænkninger, som kun behøver at være ubetydelige for at få afgørende indflydelse på frostfaren.

Lige så alvorlig som i Midtjylland er faren for nedfrysning i dele af det indre Vendsyssel, f. eks. på Tolne-egnen. Samtidig gør rødgranens tidlige svækkelse under de hårde vindforhold og på tørt bakkesand i disse egne en udstrakt anvendelse af ædelgran ønskelig, således at det her er ganske afgørende for plantagernes økonomi og fortsatte beståen at finde en praktisk gennemførlig teknik til sikring af ædelgranen i kulturerne. Det skal dog nævnes, at vanskelighederne ved at få ædelgran op i blanding med rødgran er mindre her end i mange midtjydske plantageområder, netop fordi rødgranen i en forholdsvis ung alder begynder at blive tyndnålet og ofte stærkt angrebet af trametes. Ædelgranindblandinger får herved tilstrækkelig gode lysforhold til at kunne indhente rødgranerne og vil efterhånden indtage disses plads som de dominerende træer, smlg. ædelgran-hvidgran-blandingerne i Midtjylland. I Tolne bakker ser man således rester af gamle plantninger, der har bestået af rødgran med rækkevis indblanding af ædelgran; rødgranerne, som tidligere udgjorde hovedbestanden, er stort set faldet bort, medens ædelgranrækkerne er vokset op og nu danner skærm for foryngelserne.

I de vestligste hedeområder og den vestligste del af Sønderjylland viser rødgran ofte, efter en god begyndelsesvækst, tidlige svækkelsestegn på grund af saltnedslag, blæst og trametes, medens faren for sen forårsnattefrost stort set er mindre i disse egne. Under disse forhold vil ædelgran i blanding med rødgran efterhånden blive dominerende og få afgørende betydning for plantagernes stabilitet og produktion. Denne udvikling kan i dette område iagttages overalt, hvor de to træarter vokser op sammen, f. eks. i bevoksninger i Stråsø-Hoverdal plantage, i Klosterheden plantage, i Ulfborg kommunes plantage, i Klåby-



Fig. 38. Sennels plantage ved Thisted. Selvsået ædelgranopvækst på sydsiden af bevoksningen. Fot. juni 1952.

Fig. 38. Sennels Plantation near Thisted, Denmark. Selfsown Silver fir regeneration on the south-side of the stand. Phot. June 1952.

gård plantage ved Ribe, ved Skærbæk og i Lovrup skov i Sønderjylland.

Ædelgranens absolutte overlegenhed i forhold til rødgran er stærkt udtalt i de vestligste hedeområder, i klitplantagerne og det meste af Thy — dels på grund af rødgranens totale svigten i områder med kraftig blæst og saltnedslag, dels på grund af mindre indflydelse af forårsnattefrost og dels på grund af, at de klimatiske fugtighedsforhold (tågedage m. m.) netop i disse områder begunstiger ædelgranen. Ædelgranens forbavsende evne til at tåle havets umiddelbare nærhed kan ses i mange klitplantager (Tværsted, Tvorup, Langdalen o. s. v.); tydeligt kan denne evne iagttages, hvor faren for nedfrysning og stærk solbestråling er nedsat, f. eks. i nogle unge forsøgsplantninger, som overklitfoged A. H. Rasmussen har anlagt omkring Hanstholm på kalkholdig, kraftig bund helt ud til de stejle brinker ned mod havet. Al trævækst bliver her kuet af vinden og udsat for saltnedslag, men blandt nåletræerne synes ædelgranen at tåle de ublide kår bedst — langt bedre end de anvendte fyrrearter og fuldtud så godt som de anvendte Sitkagraner (proveniens Nystrup); også bøgen viser under de gunstige jordbundsforhold en forbavsende modstandskraft.

Helt ideelle dyrkningsmuligheder for ædelgran synes man at have i den sydlige del af Sennels plantage ud mod Thisted bredning. Plantagen ligger umiddelbart ud mod vandet på en forholdsvist lav og ret flad kyststrækning; forårsfrostens virkning synes her betydningsløs, når man ser bort fra græsbundne lavninger. Fordampningen 16/5—30/6 er i dette område meget moderat og tågevirkningen formentlig stærk. Jordbunden er i denne del af plantagen meget stenet (rullestenslag), men synes iøvrigt at være stærkt humusholdig og ret finkornet; afstanden til grundvandet er 1—2 m. Plantagen bestod her af ca. 60-årig ædelgran og rødgran i blanding, begge træarter var sunde og i god udvikling, om end rødgranen var begyndt at blive noget tydnålet. Trods en meget hårdhændet behandling af plantagen — renafdrifter begyndende fra sydvest — kan man her se rigelige opvækstholme af ædelgran (og rødgran), fig. 38, som kun i græsbundne sænkninger er bukket under for forårsnattefrost. Pletvis synes ædelgranen endog her at kunne vokse op under en åben vegetation af tagrør.

KULTURTEKNIK I 1. GENERATION OG PÅ RENAFDRIFTER.

De forholdsregler, der må træffes for at sikre ædelgranplanterne imod forårsnattefrost, vil som nævnt variere stærkt fra egn til egn og i hvert enkelt område efter lokaliteten. De vanskeligste forhold møder man i det indre af landet, og her, specielt i egne, hvor rødgran har vist sig usikker og har givet dårlige dyrkningsresultater, er der udfoldet store anstrengelser for at sikre ædelgranens opvækst også i 1. generation. Ædelgranens iøjnefaldende overlegenhed i forhold til rødgran i dele af Vendsyssel berettiger træartens store anvendelse i disse egne til trods for de ofre, der må bringes for at sikre ædelgranen imod nedfrysning på de frostudsatte lokaliteter, f. eks. ved Tolne.

De efterhånden meget udbredte kappeplantninger for ædelgran, som man nu kan træffe på de fleste distrikter i Jylland, er først anvendt og gennemprøvet i Vendsyssel. Metoden består i, at man ved plantningen anbringer en plante af en hurtigere voksende lystreart umiddelbart op ad ædelgranplanten (afstand højst 10 cm); ved de første plantninger af denne art, udført af skovfoged *Jensen*, Bagterp plantage, var hjælpetræet stedse en skovfyr. Hjælpetræets mission er for det første at beskytte ædelgranen mod forårsnattefrost og dernæst at forhindre vildtskade på ædelgranen; i blandingskulturer vil de kraftige hjælpetræer endvidere for en tid kunne holde grene fra hurtigere voksende skyggetræer (f. eks. rødgran) på afstand fra ædelgranerne. (Fig. 39 a og b). Metoden er udbygget af skovrider *Sv. Larsen*, Tolne, som har gennemført kappeplantninger med en række forskellige hjælpetræer og bl. a. ved Tolne har anlagt et sammenlignende forsøg med henholdsvis skovfyr, Banksfyr, japansk lærk, el og birk som hjælpetræer, se tabel 14.

Det fremgår heraf, at alle de anvendte arter har ydet god beskyttelse; ædelgranernes vækst i de første år synes særligt at fremmes af ellen, men måske yder denne mindre beskyttelse,



Fig. 39. Tolne skov. Kappeplantet ædelgran (skovfyrrkappe) i blanding med rødgran.

- a. Fotograferet april 1948.
- b. Fotograferet marts 1954.

Fig. 39. Tolne Forest. Nurse-planted Silver fir (Schotch pine nurses) mixed with Norway spruce.

- a. Photographed in April 1948.*
- b. Photographed in March 1954.*

Tabel 14. Opmåling af den vestlige halvdel af kappeplantningsforsøget i Tolne skov, afd. 76, ved E. Holmsgaard, H. Holstener-Jørgensen og J. Rafn, 25.—26. juli 1957.

Table 14. Survey of western half of the nurse-crop experiment in Tolne Forest, compt. 76, by E. Holmsgaard, H. Holstener-Jørgensen og J. Rafn, July 25—26, 1957.

Ammer Nurses	Banksfyr Jack pine	Jap. lærk Japanese larch	Rødel Common alder	Birk Birch	Skovfyr Scotch pine
Højde af ammer, cm [*]) Height of nurses, cm [*])	450	520	310	350	370
Højde af ædelgran, cm ^{**}) Height of silver firs, cm ^{**})	55	86	106	109	106
Topskud 1957 på ædelgran, cm ^{**}) Top Shoots on Silver firs 1957, cm ^{**})	3.9	7.0	14.2	15.8	6.2
Lysstyrke på ædelgranernes topknop, % af fuldt dagslys ^{**}) Intensity of light on top buds of Silver firs, % of full daylight ^{**})	31.0	9.5	36.1	26.6	14.7

^{*}) 20 træer i hver parcel (sanghøjdemåler).

^{*}) 20 trees in each plot (height by rod measure).

^{**}) 41—48 ædelgranplanter pr. parcel.

^{**}) 41—48 Silver fir plants in each plot.

specielt mod vildtbid, end flere af nåletræerne. Af disse synes navnlig japansk lærk at have en gunstig indflydelse på ædelgranernes vækst, og den synes ligeledes at yde en udmærket hjælp imod grene fra nabotræerne; dog kan skyggegivningen blive temmelig voldsom, så at en ret tidlig lysning i kulturen bliver nødvendig.

I forskellige andre kulturer har skovrider *Larsen* anvendt eenstammet bjergfyr, alm. bjergfyr og *Pinus contorta* som hjælpetræer. Blandt disse synes eenstammet bjergfyr at yde særdeles god hjælp til ædelgranerne, hvorimod alm. bjergfyr ved at vige ud fra den lodrette akse blotter ædelgranens top for stærkt, hvorved beskyttelsen mod frost og navnlig mod råvildtbid nedsættes betydeligt. *Pinus contorta* (kysttypen) synes at være for voldsom og grådig til at være ammetræ for ædelgran, hvorimod *Pinus murrayana* (*latifolia*) (indlandstypen) med held er anvendt under vanskelige jordbundsforhold ved Sebstrup sande (skovrider *E. Madsen*).

Anvendelse af kappeplantning synes i vid udstrækning at kunne sikre ædelgran mod nedfrysning og tildels også mod vildtskade. Metoden anvendes nu på en lang række distrikter; sjældent med det formål at frembringe rene ædelgranbevoksninger i det indre af landet, idet de her vil være for kostbare og vanskelige at anlægge i 1. generation, men sædvanligvis for at sikre en spredt indblanding af ædelgran i 1. generations rødgrankulturer. I hvor høj grad det igennem kappeplantning vil lykkes at få ædelgranen til at gøre sig gældende i disse blandingskulturer, kan vanskeligt overses endnu. I de ældste kappeplantninger i Tolne (med skovfyr som hjælpetræ) er ædelgranerne trods god beskyttelse og pæn vækst gennemgående langt mindre end de omkringstående rødgraner, således at der kræves en ret tidlig udtynding i rødgranerne for at sikre ædelgranerne mod overvoksning. I dette område, hvor rødgranen ret tidligt vil blive svækket, tør man dog vente et godt resultat af ædelgranindblandingen. Et tilsvarende godt resultat synes man at være sikker på at opnå i de vestligste hededistrikter; på midtjydske lokaliteter, hvor rødgranerne længe kan holde sig sunde, kan spredt indblandede ædelgraner næppe indhente rødgranerne, medmindre de hjælpes frem gennem kraftige tyndinger i rødgranerne. Muligvis vil japansk lærk anvendt som hjælpetræ give ædelgranerne den stærke støtte i disse områder ved at trænge de nærmeste rødgraner tilbage, metoden er bl. a. anvendt i Gludsted plantage, afd. 78. I andre tilfælde, f. eks. i Kompedal plantage, søger man at sikre en rækkevis forekomst af ædelgran gennem skovfyrrækkeplantning, medens naborækkerne er tilplantet med japansk lærk; endelig anvender man, f. eks. i Birkebæk plantage, ædelgran med skovfyr som kappe og japansk lærk skiftevis i samme række. Hvor birkesåning har udsigt til at lykkes, bl. a. i Dalgas plantage, kan man se kappeplantning kombineret med birkesåning i kulturerne; under mindre frostudsatte forhold ser man også kappeplantningen erstattet med birkesåning omkring ædelgranplanterne (Hedeselskabets 8. distrikt).

Kappeplantningerne har vundet stor udbredelse og vil efter alt at dømme give ædelgran mulighed for at vokse op også i 1. generationsbevoksninger og på renafdrifter; den ældre metode med indblanding af f. eks. 25 % ædelgran, plantet på normal måde, i rødgrankulturer anvendes stadig, men det er vel tvivlsomt, om disse ædelgraner vil have større mulighed for at klare

sig i de frostudsatte områder i Midtjylland. På fuldbearbejdet jord, hvor der eventuelt foretages årlige rensninger mellem rækkerne, er det muligt, at frostoffaren mange steder kan nedsættes så meget, at regelmæssige nedfrysninger kan undgås. Rensningerne vil dog samtidig give de omkringstående rødgraner en så kraftig begyndelsesvækst, at faren for en kvælning af ædelgranerne synes at være overhængende, medmindre der gribes meget tidligt og hårdt ind med tyndinger i rødgranerne.

På baggrund af ædelgranplanternes fuldstændige afhængighed af beskyttelse på frostudsatte steder vil en tæt forkultur af lystræer i 1. generation eller på renafdrevne arealer ofte yde den sikreste skærm for ædelgran. Birkeforkulturer er i stor udstrækning blevet anvendt i de gamle plantager efter renafdrifter. Rent teknisk kan der ses udmærkede resultater heraf, forudsat at birkeskærmen har været tilstrækkelig livskraftig. Frembringelsen af en effektiv og holdbar birkeskærm er imidlertid vanskelig i 1. generation i de midtjydske hedeområder; i vinteren 1954/55 blev birken således stærkt svækket, og et stort antal forkulturer i hedeområderne blev ødelagt. Endelig vil birkens selvstændige værdi her altid være ringe. Tilsvarende betragtninger synes at gælde for ellearternes vedkommende, selv om ellene midlertidigt kan give god dækning og gunstige jordbundsforhold.

Et langt mere værdifuldt forkulturtræ for de midtjydske plantager synes den japanske lærk at være, idet denne træart, i hvert fald under nogenlunde gunstige jordbundsforhold, såvel i 1. som i 2. generation er i stand til at yde effektiv beskyttelse og til at opnå en selvstændig værdi. Et eksempel herpå finder man i Snabegård skov, afd. 124, hvor en fuldt beskyttet ædelgrankultur, noget trykket af den sluttede skærms skygge, vokser op under en meget smuk, ca. 30-årig bevoksning af japansk lærk efter renafdrevet rødgran. Lærkeskærmens stærke beskyttelse ses bl. a. også i Gatten plantage, hvor en ædelgransåning er lykkedes under skærm af japansk lærk i en frostudsat lavning.

Trods den japanske lærks evne til hurtigt at nedkæmpe lyng og græsvegetation, dens stærke beskyttende virkning på underplantningerne og dens selvstændige værdi som skovtræ, viser erfaringerne dog, at også lærken kan svinge, navnlig på tørre lokaliteter under tørkeperioder i juli-september, således som det f. eks. var tilfældet i sommeren 1955. Dette kan i nogen grad imødegås ved rettidig rensning af jorden mellem rækkerne, men

i mange tilfælde synes en blanding af lærk og birk eller af lærk og el at give en skærm, der både er sikrere og mere tiltalende for underplantningerne. Udmærkede resultater af forkulturer bestående af japansk lærk og birk i blanding kan bl. a. ses i Palsgård skov, afd. 72, hvor de bedste lærk nu er efterladt som en værdifuld skærm over blandingskulturer af bøg og ædelgran m. v. Forkulturforsøg med japansk lærk, birk og el, dels hver for sig, dels i indbyrdes blanding, er anlagt på afbrændt areal i Kompedal plantage, afd. 200.

Ædelgranunderplantninger under skærm af lystræer bør foretages kort efter at skærmen har sluttet sig og kvalt græs- og lyngvegetation, idet man herved opnår, at ædelgranerne forholdsvis længe kan være beskyttet mod frost og fordampning. Man sikrer sig desuden herved, at ædelgranerne kan få rodfæste, inden græsvegetation m. m. påny indfinder sig, samt at den lave skærm yder god beskyttelse mod træk.

Som et sikkert og værdifuldt forkulturtræ for ædelgran kan man endvidere anvende rødgran, idet man her råder over en træart, som dels er robust i kulturstadiet, dels meget tidligt kan give sælgelige effekter — juletræer, stager m. m. Anvendelsen af rødgran som forkulturtræ vil navnlig være rimelig i områder, hvor man ikke kan vente at få frembragt tømmerkov af rødgran, fordi denne vil blive svækket i en tidlig alder. Ved meget kraftige indgreb allerede i juletræstadiet vil man kunne sikre ædelgranerne en forholdsvis langvarig beskyttelse både mod frost, sol og træk og opnå et tilfredsstillende økonomisk resultat af forkulturerne, selvom indplantningen af ædelgran foregår på et meget tidligt tidspunkt.

KULTURTEKNIK VED UDNYTTELSEN AF 1. GENERATIONS BESKYTTELSE.

Muligheden for beskyttelse af ædelgrankulturer mod frost vil være langt større i 2. generation end i 1. generation, blot foryngelserne indledes rettidigt og på rette måde. Udmærkede plantningsbetingelser, også for ædelgran, finder man således under intakt bjergfyrskærm; bjergfyrbevoksninger uden for de rene værnskovsarealer bør derfor betragtes som forkulturer, der bør underplantes med værdifuldere træarter, så snart de kan yde betryggende skærm for en følgende kultur.

Blandt de sædvanligt anvendte underplantningstræarter kræver ædelgran (og bøg) den stærkeste og varigste frostbeskyttelse; samtidig tåler den stærk overskygge i en lang årrække og synes under nogenlunde gode jordbundsforhold at tåle rodtryk fra overstanderne godt. Kravene til skærmens tæthed og varighed vil rette sig efter, i hvor høj grad lokaliteten er udsat for forårsfrost (og fordampning). Herved bliver det gennemgående langt lettere at få ædelgran frem under bjergfyrskærm i klitplantagerne og de vestligste hedeområder end i Midtjylland, hvor den mindste blottelse mange steder vil resultere i ædelgranens nedfrysning. I mange tilfælde ser man i klitplantagerne, at ædelgran under bjergfyrskærm meget hurtigt kommer i vækst uden frosthæmninger; som et eksempel kan nævnes Vanned præstegårds plantage, hvor hele den daværende ca. 25-årige bjergfyrplantage for omkring 15 år siden blev underplantet med ædelgran, som nu danner en meget smuk, omtrent mandshøj bevoksning under en ret lys bjergfyrskærm. Lignende gunstige betingelser for ædelgran finder man, når blot bjergfyrskærmen er nogenlunde sikker, i de fleste klitplantager og vestlige hedeområder; i plantagerne

vest for Hurup (Hedeselskabets 9. distrikt) kan man endog se vellykkede såningskulturer af ædelgran under bjergfyrskærm.

Hvor bjergfyrskærmen er usikker (foryngelsen for sent iværksat) eller i områder, hvor frostfaren er alvorligere, indblander man ofte japansk lærk i underplantningerne for herigennem at have en sikring mod nedfrysning af kulturen på de steder, hvor bjergfyrskærmen svigter på et for tidligt tidspunkt. Under en mørk, holdbar bjergfyrskærm, som er ønskelig for ædelgranen i frostudsatte områder, er denne indblanding betydningsløs, hvorimod lærkene, hvis skærmen i større eller mindre grad svigter, kan få afgørende betydning for ædelgranernes udvikling. Som et ekstremt tilfælde kan nævnes ædelgranproveniensenforsøget i Gludsted plantage, afd. 197; på denne stærkt frostudsatte lokalitet er bjergfyrskærmen over kulturen helt i opløsning, ædelgranerne er herved blevet så mishandlede af forårsfrosten med efterfølgende chermesangreb, at kulturens totale udslettelse ville være sikker, hvis distriktet ikke hurtigt havde indplantet japansk lærk til hjælp for de overlevende ædelgraner.

I de fleste underplantninger under bjergfyr i Midtjylland bør rødgran være hovedtræarten, men det vil dog være ønskeligt at have en vis indblanding af ædelgran. Denne indblanding er vanskeligst at gennemføre på stærkt frostudsatte lokaliteter, idet ædelgranerne her kræver en meget tæt skærm, som vil trykke rødgranerne hårdt. Dette medfører ofte, at lysningsgraden tilpasses efter rødgranerne i så høj grad, at ædelgranerne delvis fryser ned og i bedste fald kommer til at indgå i rødgranerne som en undertrykt indblanding. Hvor frostfaren er noget mindre, kan det derimod være muligt at finde en lysningsgrad, der skaber nogenlunde balance mellem ædelgranens og rødgranens vækst, uden at rødgranen svækkes for stærkt af skærmen. Dette kan iagttages i mange plantager i Vestjylland, f. eks. ved Ulfborg, samt i Gatten plantage m. fl. i Himmerland.

Også 1. generations rødgranplantager kan give udmærkede vilkår for foryngelser, hvori ædelgran indgår; betingelsen for ædelgranens anvendelse i de frostudsatte områder må dog her som overalt være, at den sikres mod forårsnattefrost gennem en længere årrække. Dette medfører, at ædelgranindplantning uden hjælpetræer bør iværksættes tidligst muligt. Såfremt den beskyttelse, 1. generationsbevoksningen kan yde, er mere usikker eller kortvarig, bør ædelgranplantningerne yderligere sikres mod frost

gennem hensigtsmæssig blanding med hjælpetræer, kappeplantning o. l. som nævnt under ædelgranplantning i 1. generation og på rendrift.

Resultaterne af foryngelserne i de gamle midtjydske hede-distrikter giver en meget håndfast belæring om disse forhold, idet hele afdelinger med lovende ædelgranunderplantning under usikker rødgranskærm er frosset bort efter stormfald eller for tidlig fjernelse af skærmen. Til gengæld kan man samtidig fra tidligt og forsigtigt indledte foryngelser fremvise fortrinlige 2. generationsbevoksninger af ædelgran i de samme plantager.

Stærkest viser ædelgranens stabiliserende evne i plantagerne sig ved tidlig indplantning i trameteshuller eller under vindslidte, men endnu nogenlunde stationære vestkanter. Et særlig smukt eksempel herpå danner vestsiden af Palsgård skov ud mod Vejle-Viborg landevej. Man finder her under de ca. 100-årige rødgraner talrige ædelgranholme, som har udviklet sig til faste støttepunkter i plantagen. De ældste af disse holme er indplantet for mere end 50 år siden (af kgl. skovrider *V. Fabricius*) i de trameteshuller eller mindre stormfaldshuller, der dengang var opstået i rødgranbevoksningerne. Ædelgranerne har her haft en meget langsom udvikling, idet lysningerne i rødgranernes kronetag tildels har lukket sig, efter at ædelgranerne har skabt læ og sunde jordbundsforhold for de tilbagestående rødgraner. Senere er (væsentligst af kgl. skovrider *K. Kierkgård*) hele den flere kilometer lange vestside af de gamle rødgranbevoksninger blevet underplantet med ædelgran og bøg samt eg m. m. langs udkanterne. Herved er den tidligere svagt vigende, tyndslidte vestkant i rødgranbevoksningerne blevet styrket i en sådan grad, at hele plantagens vestside praktisk taget har holdt sig intakt og sund, medens 2. generationsbevoksningerne østfra, gennem kulisseforyngelser, har nærmet sig vestkanten, hvor de nu har opnået forbindelse med ædelgranunderplantningerne under de gamle rødgraner mod vest (fig. 40). Den stabilisering af vindbrudshuller og af hele plantagens vestside, som ædelgranunderplantningerne har bevirket, har været forudsætningen for hele plantagens heldigt gennemførte foryngelse. Det må dog tilføjes, at jordbundsforholdene og dermed betingelserne for rødgranens vækst og sundhed her er bedre end i langt de fleste hedeplantager.

Under forhold, hvor rødgranbevoksningerne tidligt, d. v. s. i 40—50 års alderen, går i opløsning, kan underplantning med



Fig. 40. Palsgård statsskovdistrikt, vestkanten af Palsgård skov, afd. 35 a. Gamle rødgraner underplantet med ædelgran, set fra øst.
Fot. april 1955.

Fig. 40. Palsgård State Forest District, the western verge of Palsgård Forest, compt. 35 a. Old Norway spruce trees with undergrowth of Silver fir, viewed from the east. Phot. April 1955.

ædelgran, eventuelt i forbindelse med hjælpetræer, næppe indledes for tidligt. Som et eksempel herpå kan nævnes Veggerby plantage (Hedeselskabets 15. distrikt), hvor rødgranbevoksninger fra 1910 nu er i fuld opløsning; allerede for 16 år siden påbegyndtes her underplantning med ædelgran, som viser en god udvikling. Ædelgran er ligeledes hovedtræart i fortsatte foryngelser, som nu sker efter jordbearbejdning med Tolneploven og med anvendelse af hjælpetræer under den usikre skærm.

Ædelgranens evne til at fastholde eller genoprette stabilitet og sundhed i vore plantager, når den anvendes i tidligt indledte, men forsigtigt gennemførte foryngelser, kan næppe vurderes for højt. Disse egenskaber, i forbindelse med træartens bevarelse af en enestående livskraft efter at have vegeteret i stærk skygge igennem en lang årrække, kan danne grundlag for en stor del af vore rødgranplantagers overgang til mere vedvarende og sunde skovtyper, idet ædelgran som indledning til foryngelser, der først tænkes afsluttet mange år frem i tiden, kan indbringes som un-

derplantning allerede, når de første svækkelsestegn viser sig i rødgranbevoksningerne.

Billigt og praktisk gennemførligt kan dette udføres efter pløjning med Tolneplov i f. eks. hvert 3. eller 4. rækkemellemrum i 1. generations rødgranbevoksninger. Man opnår herved at give ædelgranen fuld beskyttelse og rigelig tid til at udvikle et kraftigt rodnet; samtidig får træarten et forspring for en senere mellemplantning, som efter forholdene kan komme til at bestå af lyskrævende træarter med stærkere begyndelsesvækst (rødgran, japansk lærk m. m.). Ædelgranrækkerne danner med andre ord indledning til en kommende blandingskultur, hvori man har draget omsorg for, at der findes et skelet af en trametesresistent træart, som kan opnå en god produktion. Ved kun at pløje i hvert 3. eller 4. rækkemellemrum opnår man endvidere, at rødgranerne i 1. generation kun i uvæsentlig grad svækkes overfor storm som følge af de udførte pløjninger.

Metoden er bl. a. anvendt under gamle granafdelinger, frembragt efter reopløjning, i Gludsted plantage; i disse tilfælde har plovens grubber været sat ud af funktion for at skåne de gamle træers rodnet. Endvidere er tilsvarende pløjninger udført i Nørre-Risager plantage under en 45-årig, tidligt trametesangrebet rødgran. Endelig skal det nævnes, at metoden er anvendt i Birkebæk plantage under gammel gran, bl. a. på arealer, hvor man kan vente rødgranselsåning med eller uden bearbejdning af jorden i mellemrummene.

Meget velegnet synes metoden at være, hvis man vil indbringe ædelgran i forhåndenværende rødgranselsåninger under gammel rødgran. Tidligere har man i mange tilfælde tilstræbt dette ved indplantning af ædelgran på stor afstand, oftest i gravede huller, f. eks. i Hesselvig, Ndr. Feldborg og Bommerlund plantager. Resultaterne heraf kan blive udmærkede, men ofte vil man være tilbøjelig til at indrette lystilgangen efter rødgranselsåningernes behov, hvorved skærmen kan blive usikker og vælte i en påfølgende storm. I frostudsatte områder vil ædelgranerne og dele af rødgranselsåningerne derefter gå til grunde, jvf. erfaringerne efter stormen i februar 1952, bl. a. på Feldborg Statsskovdistrikt.

Det er tidligere omtalt (side 16), at ædelgran har langt større evne til at selvså sig end rødgran, og at ædelgranplanterne langt bedre tåler både skygge og udtørring under skærm. Man må der-

for vente, at ædelgransselvsåninger under skærm af gamle bevoksninger vil kunne få betydning i fremtidens hede- og klitskove under forudsætning af, at det lykkes at frembringe modertræer i tilstrækkeligt antal i plantagerne, og at den vildtskade, som navnlig råvildt og kronvildt anretter, kan holdes indenfor rimelige grænser.



Fig. 41. Randbøl statsskovdistrikt, Tykhøj krat, afd. 122. Selvsåede ædelgraner under gammel ædelgran og rødgran på vestskråning i skovens vestkant. Fot. september 1955.

Fig. 41. Randbøl State Forest District, Tykhøj Coppice, compt. 122. Selfsown Silver fir plants under old Silver fir and Norway spruce trees on western slope at the western verge of the forest. Phot. Sep. 1955.

I de tidligere nævnte nåletræplantninger i Tykhøj krat (Randbøl statsskovdistrikt) finder man holme og bevoksninger af gammel ædelgran, som dels har haft en meget smuk udvikling, dels viser en usædvanlig evne til selvsåning. En stor del af arealet har tidligere været egekrat, jordbunden er god bakkeøbund og terrænet er stedvis stærkt kuperet. Også rødgran har haft en god og sund udvikling og viser stor evne til selvsåning i det meste af skoven; spredte ege fra de gamle krat og enkelte bøgeholme findes indblandet i nåletræsbevoksningerne. I skovens højtliggende partier og på skråningerne finder man overalt en rigelig

ædelgranopvækst under og i nærheden af de gamle ædelgranholme. Fig. 41 viser således gamle ædelgraner og rødgraner i afd. 122 ned mod skovens vestkant; bunden er dækket af en frodig ædelgranselsåning iblandet plantede bøge. I denne del af skoven finder man stedvis meget tætte rødgranselsåninger, hvor planterne hæmmes stærkt af indbyrdes konkurrence, hvorimod indblandede selvsåede ædelgraner viser en forbavsende kraftig vækst. Dels gennem kulisseforyngelser, hvori indblandede ædelgraner også synes at have en stærkere vækst end rødgranerne, dels gennem tynding og pleje af selvsåningerne er det her lykkedes distriktet at skabe en værdifuld skovtype med en god og sikker produktion. Bortset fra, at ædelgranen overalt gør sig stærkt gældende i selvsåningerne, kan man, hvor ædelgran og rødgran optræder i holmevis blanding (f. eks. i afd. 128), se en vis naturlig tilbøjelighed til træartskifte, idet ædelgranselsåningerne er stærkt dominerende under rødgranholmene, medens selvsåede rødgraner i hvert fald talmæssigt overgår ædelgranplanterne under de tilstødende ædelgranholme. Forholdet kan bl. a. forklares ved, at selvsået ædelgran bedre end rødgran modstår udtørring i granhumus (jvf. rodudviklingen), medens jordbundstilstanden er langt bedre under de gamle ædelgraner, som tilmed på det østhældende terræn har mere åbne kroner end rødgranerne, således at lystilgangen til selvsåningerne her bliver større til fordel for rødgranerne.

I mange plantager i Thy, hvor ædelgran indgår som hovedtræart, finder man selvsåninger af ædelgran i udstrakt grad, således f. eks. i Dover plantage. I flere af de meget stærkt tynkede plantager i denne landsdel får man herved smukke eksempler på ædelgranens særlige betingelser for, navnlig i blandingskov, at danne kernen i et vedvarende skovbrug.

Også i Klitvæsenets plantager synes de gamle ædelgraners evne til selvsåning at kunne få stor værdi. I Tversted plantage finder man således i plantagens nord-nordvestvendte udkant mod havet, få hundrede meter fra stranden, flere små bevoksninger og holme af gammel ædelgran, som viser en usædvanlig modstandskraft mod vejrliget på de udsatte lokaliteter (fig. 42). Under og omkring disse gamle plantninger finder man udmærkede selvsåninger af ædelgran, bl. a. ind under egekrat og andet løvtræ. I den nordligste del af plantagen, hvor de gamle ædelgraner kun findes spredt og i småholme, der rager op over bjerg-



Fig. 42. Tversted klitplantage. Holm af gamle ædelgraner i plantagens nordkant, ca. 200 m fra yderste klitrække. Fot. juni 1955.

Fig. 42. Tversted Dune Plantation. Group of old Silver fir trees at northern verge of the plantation, about 200 m from the outermost range of dunes. Phot. June 1955.

fyrbevoksninger og hvidgraner, ser man udmærket ædelgran-selvsåning ind under de omgivende bjergfyr og hvidgraner; opvæksten er ret tæt i nærheden af de gamle ædelgraner, mere spredt indtil 150 m fra modertræerne.

Kunstig ædelgransåning.

Ædelgranens villighed til selvsåning og frøplanternes evne til at vokse op i skygge, også på rødgranmor, har opfordret til forsøg med kunstig såning. En absolut forudsætning for et godt resultat vil det være, at arealet er beskyttet mod forårsfrost i en længere årrække efter såningen; i de mere frostudsatte områder bør såning formentlig kun prøves under rødgran, som med nogenlunde sikkerhed kan overholdes i en længere årrække, eller under en meget sikker skærm af et lystræ, der selv kan stå med en god værditilvækst, f. eks. tidlig såning under en skærm af japansk lærk, som fuldtud behersker arealet (jvf. eksemplet fra Gatten plantage).

Forsøg med såning i forbindelse med fræsning mellem ræk-

kerne i ældre gran er foretaget på Randbøl distrikt, bl. a. i Frederikshåb plantage og i Hastrup plantage. Det endelige resultat heraf kan ikke overses endnu, men bedømt efter spiringen og planternes første udvikling synes den bedste fremgangsmåde at være, at der foretages en let fræsning, hvorefter mos og løs mor fjernes fra den fræsede stribe, hvori frøet bliver sået; efter endnu en fræsning, hvorved mineralsk jord og det resterende morlag blandes, trædes den fræsede stribe til. Det urørte morlags tykkelse varierer på de nævnte lokaliteter fra 5 til 10 cm. Foruden ædelgran er der i stribene kommet rødgransselvsåning, som synes at klare sig under disse forhold.

NOGLE SKADEDYR OG -SVAMPE FOR ÆDELGRAN- DYRKNINGEN I DANMARK.

I mange plantager vil navnlig råvildt- eller kronvildtbestanden umuliggøre opvækst af ædelgran udenfor indhegninger, medmindre der årligt sørges for beskyttelse af planternes topknopper ved anvendelse af tjære eller blå, eller der foretages sprøjtninger, indtil træerne er kommet over vildtbid (for råvildt godt 1 m's højde). Det skal i denne forbindelse nævnes, at selv en beskeden råvildtbestand kan overkomme at bide topknopperne af forbausende mange ædelgraner, ligesom ganske få kronhjørte senere kan ødelægge hele ædelgranbevoksninger ved skrælning. Tilsvarende kan det nævnes, at ædelgran i Sverige, f. eks. ved Omberg, efterstræbes stærkt af elg, som helt eller delvis kan vælte 4—5 m høje træer for at kunne bide de øverste knopper. En mere indgående omtale af skovdyrkning i forbindelse med vildtskade skal undlades her; disse problemer kan hos os stort set løses på håndfast vis, hvis man vil tilsidesætte jagtinteresser, hvorfor dette emne snarere falder ind under jagt end under skovdyrkning.

Vedrørende insekter og svampe, som kan angribe ædelgran, henvises til *J. E. V. Boas* (1923): Forstzoologi og til *C. Ferdinandsen & C. A. Jørgensen* (1938): Skovtræernes sygdomme, idet kun nogle forhold af ren skovdyrkningsmæssig interesse skal omtales.

Størst betydning hos os har lusen *Chermes nordmannianae* (*Dreyfusia Nüsslini*). Den klimatiske og skovdyrkningsmæssige baggrund for ædelgranens modstandskraft over for chermesangreb herhjemme er behandlet i det foregående.

Angrebene farlighed og variation afhænger imidlertid også af lusenes formeringsevne og af tilstedeværelsen af smittekilder. I Danmark synes intet sted at ligge uden for smittefare, medens nærstående lusebefængte træer (specielt overstandere) dog vil

forøge faren for en pludselig opblussen af angreb. Lusene formeres kraftigt i varme perioder, medens rigelig regn i sommerhalvåret kan decimere lusebestanden stærkt (*Varty* 1956). Forårsfrost synes ikke at skade lusene, som tværtimod, jvf. *Varty*, koncentrerer sig om de tiloversblevne skud.

Man skulle tro, at sommeren 1955 med den ekstremt varme og tørre periode juli-september gav ædelgranlusene særlig gode formeringsbetingelser. Imidlertid blev ædelgranen ikke i denne sommer udsat for nogen alvorlig klimatisk svækkelse, jvf. træartens tørketålsomhed efter 1. juli. Stedvis, f. eks. ved Tolne, kunne man iagttage usædvanlig mange lus, navnlig i foråret 1956, men virkningen af chermesangrebene på ædelgran i 1955 og 1956 synes ikke at have været større end normalt. Ædelgranens klimatisk betingede modstandskraft synes i dette tilfælde at have haft afgørende betydning.

Chermesangreb vil ofte medføre ødelæggelse af et større eller mindre antal af de unge træer. I værste fald kan de unge bevoksninger næsten fuldstændig ødelægges, i lettere tilfælde bidrager angrebene til at gøre kulturerne uregelmæssige. Midlertidigt kan angrebene bekæmpes ved sprøjtning eller pudring; tidligst blev dette forsøgt på Frijsenborg skovdistrikt med lysol og frugttrækarbolineum. Senere forsøg i Nordsjælland (*Math. Thomsen* 1933) viste en kraftigere virkning af forskellige olieemulsioner. Sidenhen er der endvidere opnået god virkning bl. a. med Bladan (Bagterp plantage m. fl.). Over for pludseligt opblussede angreb, f. eks. efter en opstået blottelse som følge af fjernelse af skærmen, kan direkte bekæmpelse være hensigtsmæssig; derimod kan angreb af mere kronisk art næppe afhjælpes uden urimelige omkostninger.

Det er muligt, at chermesangreb stedvis kan imødegås ved en kraftig opstamning af ædelgranerne, „grønkvistning“. Dette er sket i proveniensforsøget på Bregentved skovdistrikt (Børsted Hestehave, afd. 12), hvor chermesangrebene efter forsøgets beliggenhed og sammenlignet med parallelforsøgene i andre egne af landet synes påfaldende svage — selv om angreb nu er under langsom udvikling i en del af parcellerne. En tilsvarende foranstaltning udført 1955/56 i det stærkt chermes-ødelagte parallelforsøg på Kronborg statsskovdistrikt (Horserød hegn, afd. 151) synes at have givet de tilbageværende ædelgraner større modstandskraft. En betingelse for et godt resultat af grønkvistningen

må det formentlig være, at man ikke skaber træk under bevoksningen ved opstamningen.

Mindre udbredte, men stedvis meget følelige, synes angreb af *Mindarus abietinus* at være. Disse angreb synes ikke i særlig grad at være knyttet til klimatisk uheldige områder for ædelgrandyrkning; ofte synes de at være af forbigående karakter og herved at få mindre betydning, selv om bl. a. en del topskud ødelægges (jvf. *Boas* 1923). I enkelte tilfælde synes disse angreb dog at kunne blive mere stationære. Som et eksempel kan det nævnes, at der i Hvilshøj plantage ved Øster Brønderslev igennem en lang årrække har været kraftige mindarusangreb. Plantagen, hvis areal kun udgør ca. 5 ha, består hovedsagelig af ædelgran i aldre indtil ca. 45 år. Arealet er forholdsvis højtliggende med hovedfald mod nordøst, frostfaren er ret ringe og jordbundsforholdene gode. Ædelgranernes vækst er overalt kraftig (bonitet 2—3), men træerne hjemsoeges, tilsyneladende i alle aldre, af stærke mindarusangreb, som har givet mange af de ældre stammer den karakteristiske bajonetform, som opstår ved toppens ødelæggelse og den derpå følgende opbøjning af et eller flere sideskud. Også i Fosdal plantage og ved Tolne synes der enkelte år at være ret udbredte mindarusangreb, uden at den anrettede skade dog er iøjnefaldende.

Udbredte angreb af *Tortrix rufimitrana* (*Math. Thomsen* 1930) har ædelgranerne i Danmark hidtil været forskånet for, hvorimod denne vikler anretter betydelig skade mange steder i Mellemeuropa, tilsyneladende navnlig i nærheden af klimatiske tørkegrænser. Man kunne således ved Ribeaupville i Vogeserne i sommeren 1955 se meget kraftige angreb på de ældre ædelgraner. Larverne æder navnlig nålene i den øverste trediedel af kronen, som herved får et rustrødt skær og ved gentagne angreb indsnævres stærkt og får et karakteristisk tilspidset, tæt klippet udseende. Angreb er ifølge *Olberg & Röhrig* (1955) iagttaget på Flensborg statsskovdistrikt i 1954. I Vanned og Vilsbøl plantager kunne angreb i hvert fald konstateres i 1955, og i sommeren 1956 og 1957 fik disse et noget større omfang. I sommeren 1958 var angrebene ret betydningsløse.

Som et mere specielt tilfælde kan det nævnes, at ædelgran og navnlig *Abies nordmanniana*, plantet under egekrat i Skovsbøl krat plantage, i de senere år har fået de nye skud ødelagt af larver af egeviklere, *tortrix viridana*, som sammen med målerlarver

(*Cheimatobia brumata* m. fl.) i stort tal har afløvet egene. Skaden synes udelukkende at omfatte planter, som direkte rammes af larver, der fires eller falder ned fra egeoverstanderne.

Såvel over for trametes (*Fomes annosus*) som over for honningsvamp (*Armillaria mellea*) viser unge ædelgraner i sammenligning med de fleste andre nåletræer stor modstandskraft. En opgørelse over planter, der var dræbt af honningsvamp efter gammelt egekrat i Lindet skov, afd. 215, gav således følgende resultat: Sitkagran 60 %, rødgran 10 %, men ædelgran 0 % (*Løfting* 1937). På trametesinficeret bund vil man dog ofte kunne finde enkelte ædelgraner, som synes at være dræbt af trametes.

På ældre ædelgraner skal angreb af honningsvamp ikke være ualmindelige; i hede- og klitplantagerne har jeg dog kun i et enkelt tilfælde konstateret honningsvampangreb på ædelgran. Forvekslinger med angreb af *Fomes annosus* er dog mulige (*Yde-Andersen* 1958).

I unge ædelgrankulturer, navnlig på foryngelsesflader, hvor gederams (*Chamaenerium angustifolium*) er stærkt udbredt, udsættes ædelgranerne ofte for angreb af rustsvampen *Pucciniastrum pustulatum* (værtsskifte mellem ædelgran og gederams), hvorved en stor del af de nye nåle bliver ødelagte. Angrebene kan enkelte år se faretruende ud (f. eks. på Randbøl statsskovdistrikt i 1951), men synes hidtil ikke at have fået alvorlige følger. *Abies nordmanniana* (men ikke krydsninger med alm. ædelgran) synes at være resistent overfor *pucciniastrum*.

Noget mere alvorlige synes angrebene af *Rehmiellopsis abietis* at kunne være. Angrebene er fra gammel tid kendt under betegnelsen Sphaerella og synes (*Ferdinandson & Jørgensen* 1938) at opstå dels i forbindelse med luseangreb, dels i tilknytning til frost- eller kuldevirkning på de nye skud. Angrebene, der sjældent medfører store ødelæggelser, kan på visse lokaliteter være meget generende i en årrække ved bl. a. også at ødelægge mange top-skud. Et usædvanlig kraftigt angreb synes i 1956 at have anrettet kendelig skade i Vanned, Vilsbøl m. fl. plantager i Thy, sandsynligvis er det opstået i forbindelse med kraftig kuldevirkning i juni måned.

Gennem smårevner på kvistene, opstået ved bratte temperatursvingninger i senvinteren, synes som nævnt angreb af *Nectria cucurbitula* visse år at være meget udbredte på ædelgran og andre *Abies*-arter (*Robak* 1951). Selv om angrebene til tider

kan være meget iøjnefaldende i foråret, hvor mange døde småkviste med brune nåle kan skæmme træernes udseende stærkt (f. eks. forårene 1947, 55 og 56), synes de ikke at være særlig farlige for alm. ædelgran hos os. Stærkere synes nålefald, som kan stå i forbindelse med senvinterens temperatursvingninger, at svække træerne. Her kan man ikke afvise den mulighed, at ædelgran på østvendt terrain og i østkanter af skovene bliver svækket mest, men dette forhold forklarer ikke, at ædelgran i en mild egn (ved Vejle f. eks.) kan blive helt ødelagt på østskråninger, medens virkningen af den samme terrænhældning er langt mere afdæmpet i de midtjydske plantageegne, hvor temperatursvingningerne normalt er stærkere. Forklaringen herpå må som nævnt søges i den retningsbestemte dug- og tågevirkning.

SKÆRMENS AFVIKLING OG DEN SENERE BESTANDSPLEJE.

Beskyttelse mod frost indgår som nævnt som en nødvendig kulturforanstaltning på de fleste arealer, hvor ædelgran skal vokse op, idet dog såvel beskyttelsesgraden som den årrække, ædelgranerne kræver skærm, varierer stærkt efter de lokale forhold. En pludselig fjernelse af skærmen, selv efter at træerne er nået over frostdaren, kan imidlertid medføre fordampningskriser, som får alvorlige følger for ædelgranen i form af chermesangreb m. m.; et eksempel herpå fra Dronninglund Storskov er nævnt i denne beretnings 1. del (F.F.D. XXI, h. 4, side 358). Ofte vil de fordampningssvækkelser, der opstår efter en pludselig fjernelse af beskyttelsen, blive forvekslet med eller kombineret med frostskafer, hvorved deres betydning let bliver overset. Skærmens afvikling kræver i overensstemmelse hermed størst forsigtighed, hvor fordampningen i forsommermånederne er høj, jvf. ædelgranens klimatiske tørkegrænser. Dette kan lettest anskueliggøres, når man sammenholder forholdene i Øst- og Vestjylland, idet fordampningssvækkelserne, som fremkommer ved fjernelsen af en skærm over ædelgran, oftest vil være vanskelige at bedømme i de midtjydske plantager, hvor forårsfrostens virkninger normalt vil få en mere iøjnefaldende indflydelse på træernes udvikling.

Da de østjydske stationer gennemgående har en hård fordampning 16/5—30/6, medens fordampningen i Vestjylland normalt er relativ lav i samme periode (jvf. tabel 11), bliver såvel terrænhældningernes indflydelse på ædelgranernes udvikling som den skade, en pludselig afvikling af en skærm over ædelgran forvolder, langt mere iøjnefaldende i Østjylland end i Vestjylland. Sammenligner man de omtalte forholds virkning på ædelgranerne i det gunstige område for træarten i Thy med

deres indflydelse på ædelgranernes udviklingsmuligheder ved Vejle, bliver forskellen trukket meget skarpt op, alt under forudsætning af, at forårsnattefrost ikke forstyrrer sammenligningsmulighederne. Terrænhældningerne i Langdalen pltg. i Thy synes f. eks. ikke at have større indflydelse på ædelgranernes udvikling, medens det ved Vejle (jvf. de omtalte bevoksninger fra Vejle Nørreskov) synes at være uforsvarligt at plante ædelgran på østvendt terræn, ligesom man i dette område får langt bedre og sundere ædelgraner på nordvendt end på sydvendt terræn.

Det er som nævnt muligt at foretage en pludselig fjernelse af en skærm over ædelgran i Sennels plantage (Thy), uden at man derved fremkalder alvorlige fordampningskriser, ligesom man kan se, at der i mange andre plantager i Thy foretages ret hårdhændede indgreb over unge ædelgraner, uden at ædelgranerne herved tager alvorlig skade.

I modsætning hertil kan man se, at der må vises den største varsomhed, når man afvikler en skærm over ædelgran ved Vejle, hvis man skal undgå ødelæggende chermesangreb. Som et eksempel kan nævnes Vejle Sønderskov afd. 118; ædelgran og nordmannsgran er her plantet i 1937 og 1938 med japansk lærk som hjælpetræ. Udviklingen har i betragtning af egnens klimatiske forhold hidtil været god, men endnu, efter at faren for forårsfrostskade er overstået, viser ædelgranerne tydelig afhængighed af den tilbageværende temmelig lyse lærkeskærm. Fordampningssvækkelser har gang på gang vist sig i forbindelse med den førte, forsigtige lysningshugst i skærmen.

De fordampningssvækkede, chermesangrebne unge ædelgranbevoksninger i de fleste østjydske egne og mange steder på øerne viser som nævnt et ganske normalt stadium for ædelgranerne i områder, hvor \bar{A}_{kf} 16/5—30/6 er høj. Ædelgranerne er her i en langt alvorligere situation end i de midtjydske hedeområder, hvor en effektiv frostbeskyttelse kan bringe dem frelst gennem det farlige kulturstadium, der i disse egne kun danner en midlertidig vanskelighed for træartens gode udvikling.

I særlig frostudsatte egne, navnlig på tarvelig bund, hvor begyndelsesvæksten er meget langsom, kan det være nødvendigt at udstrække beskyttelsen mod nattefrost over en lang årrække; dette er allerede berørt under omtalen af de gamle ædelgranbælter i Midtjyllands plantager og de tidligt indplantede ædelgraner under rødgran. Indirekte fremgår det endvidere af de

talrige bortfrosne ædelgranforyngelser, som i disse områder ofte først er blevet ødelagt efter stormfald i de rødgranoverstandere, som i en længere årrække har skærmet kulturen.

Et par af de forholdsvis vellykkede 2. generationsbevoksninger, som er frembragt under rødgranskærm af gamle træer i disse områder, skal omtales for at vise, hvilke krav der må stilles til skærmens holdbarhed på særlig frostudsatte lokaliteter. I Ulvedal plantage (Viborg statsskovdistrikt), afd. 158, finder man nu en 8—10 m høj ædelgranbevoksning, plantet 1918/19—1920/21 under 95-årig skærm af dybkronede, vindfaste, ca. 15 m høje rødgraner. Terrænet er ret højtliggende og jævnt med svagt fald mod nord og vest og stærkere fald langs sydgrænsen. Skærmen var i mange år meget tæt, og afviklingen blev foretaget gennem forsigtige tyndinger; de sidste overstandere blev fjernet, da ædelgranerne var ca. 35 år. På trods heraf og trods de relativt gunstige terrænforhold finder man i den nordlige del af bevoksningen huller, hvor ædelgranerne endnu er holdt tilbage af forårsnattefrosten.

I afd. 111 i Havredal plantage (Viborg statsskovdistrikt) finder man nu på en del af arealet en fortrinlig, 50—55-årig ædelgranbevoksning i god vækst. Denne bevoksning er en del af en underplantning under ca. 70-årige, dybkronede, vindfaste rødgraner; over disse ædelgraner er afviklingen af skærmen foregået meget langsomt, idet de sidste overstandere fjernedes efter 1938, da ædelgranerne var ca. 35 år. Over en andel del af underplantningen foregik skærmens afvikling hurtigere med det resultat, at en del af ædelgranerne frøs bort og måtte erstattes af rødgran. Arealerne beskrives i 1928 (*A. Mørch Sørensen*) på følgende måde: „Paa omtrent Halvdelen af Arealet langs Nord- og Østsiden findes endnu Overstandere af Rødgran, iblandt ganske enkelte Skovfyr, Højde ca. 20 m. Under disse Overstandere en sluttet Ædelgrankultur i god Vækst, men af noget varierende Højde, gennemsnitlig ca. 3 m, hist og her spredt Indblanding af selvsaet Rødgran. Resten af Afdelingen er en stærkt hullet Ædelgrankultur, de aabne Partier er lyngklædte og tilplantede i 1926 med 2/2 Rødgran, 1/1 Skovfyr og 1/2 Bjergfyr samt i 1919/20 enkelte Douglasgran. Alt endnu næppe over Lynghøjde. De sluttede Grupper af Ædelgran viser en god Vækst . . .“ Mod syd i afdelingen, hvor skærmen havde svigtet på et tidligt tidspunkt og ædelgranerne var helt frosset bort, plantedes 1918/19

Banksfyr, som senere er underplantet med rødgran m. m. Terrænet i afdelingen er svagt bølgeformet.

I sammenligning med rødgran vil ædelgran i unge bevoksninger sædvanligvis vise stor spredning, samtidig med at formsikkerheden oftest vil vise sig at være ringere end hos rødgran. Disse forhold kan dels skyldes ædelgranplanternes følsomhed over for små kårændringer, dels kan såvel spredning som uregelmæssigheder i stammeform ofte føres tilbage til skader forvoldt af vildt eller forårsnattefrost eller skyldes insekt- og svampeangreb i de unge bevoksninger.

Trods plantematerialets store spredning vil det, bl. a. for at fjerne syge og misdannede træer, være rimeligt at tynde tidligt og ret kraftigt i de unge ædelgranbevoksninger, hvis sunde træer viser en usædvanlig evne til at reagere efter tyndinger; de enkelte hugstindgreb må dog ikke blive for voldsomme.

Hvorvidt en kraftig tyndingsgrad vil være fordelagtig i ældre ædelgran synes at være tvivlsomt og muligvis at kunne afhænge af de lokale klimaforhold. Under forhold, hvor træerne synes i stand til at bevare dybe kroner i forbindelse med god reaktions-evne efter tynding, som f. eks. i Dover plantage i Thy, vil en kraftig tynding muligvis være forsvarlig også i de ældre ældre. Som regel vil det dog hos os være umuligt at bevare dybe kroner i bevoksningerne trods tynding, og det er i så fald sandsynligt, at en tættere slutning gennem en forsigtig hugst vil være fordelagtigst og bevare bevoksningens stabilitet bedst, jvf. *Henriksen* (1957).

Over for chermesangreb synes en kraftig kroneudvikling fremkaldt ved hyppige tyndinger i de unge bevoksninger, hvorved sygelige træer fjernes, at være tilrådelig; derimod synes hårde indgreb i hvert fald midlertidigt at kunne begunstige chermesangreb. Hvorvidt det er chokvirkning efter hugstindgrebet eller det rigeligere sollys på stammerne, der fremkalder luseangrebets opblussen, kan diskuteres.

En undersøgelse af chermesangrebs afhængighed af hugststyrke er foretaget af Forsøgsvæsenets træmålingsafdeling (afdelingsleder *H. A. Henriksen*) i prøveflade OB i Vester Vanned klitplantage. Prøvefladen omfatter to ædelgranparceller, hvis alder i 1943, da prøvefladen blev anlagt, var 40 år. Parcel OB I er ret svagt udtyndet, mens parcel OB II er stærkt udtyndet. Før tynding 1943 viste

OB I : stamtal 3541, grundflade 43,94 m², vedmasse 258,6 m³
 OB II: „ 3468, „ 43,93 m², „ 266,1 m³

Begge parceller er tyndet hvert andet år fra E. 1943 til E. 1951. Større forskel i tyndingsgrad synes først at fremkomme ved tyndingen i 1945, idet grundfladen i m² pr. ha efter tynding opgøres til:

	E. 1943	E. 1945	E. 1947	E. 1949	E. 1951
OB I :	38,61	42,58	45,03	46,47	46,58
OB II:	38,43	36,39	35,85	35,37	36,02

Navnlig i årene efter 1947 synes angreb af *Chermes-stammelus* at have været i tiltagen, hvilket er ganske normalt for landsdelen; men ved en meget detaljeret opgørelse foretaget af træmålingsafdelingen i 1951, hvorved samtlige træer blev klassificeret efter en 4-delt skala, fandt man følgende tal for angrebne træer:

	stærkt angreb		middel angreb		svagt angreb		intet angreb	
	stk.	%	stk.	%	stk.	%	stk.	%
OB I :	68	20	70	20	116	34	88	26
OB II:	106	42	61	24	68	27	17	7

En tilsvarende undersøgelse foretaget sommeren 1953 af forstkandidat *K. Brandt* viser følgende tal:

	stærkt angreb		middel angreb		svagt angreb		intet angreb	
	stk.	%	stk.	%	stk.	%	stk.	%
OB I :	0	0	4	1	8	2		97
OB II:	0	0	1	0	4	2		98

Tallene viser, at angrebet nu er betydningsløst. Dets kortvarighed og godartede forløb synes at tyde på, at der har været tale om et angreb af *Chermes piceae* og kun i meget ringe grad om et angreb af *Chermes nordmannianae*.

EGNSVISE DYRKNINGSBETINGELSER FOR ÆDELGRAN
 BELYST GENNEM FORMLÉN FOR \mathcal{A}_{kf} , FORÅRS-
 FROSTENS VIRKNING M. M.

Som nævnt består fordelén ved formlén for \mathcal{A}_{kf} blandt andet i, at man af de enkelte faktorers variation kan danne sig et billede af, hvorved de klimatiske fugtighedsvanskeligheder for ædelgran adskiller sig fra hinanden fra egn til egn i den kritiske periode 16/5—30/6.

Talstørrelsen for \mathcal{A}_{kf} (tabel 11) skulle herefter udtrykke, om risikoen for alvorlige tørkesvækkelser er større eller mindre ved hver enkelt station. Samtidig vil normalværdien af de enkelte led i formlén vise, på hvilke punkter de klimatiske fugtighedsforhold er særlig gunstige eller ugunstige for ædelgrandyrkning ved de enkelte stationer. Da de enkelte faktorers virkning i større eller mindre grad er retningsbestemt og påvirket af skovbehandlingen, skulle man herigennem samtidig kunne få et skøn over, hvilke særlige krav med hensyn til valg af vokseplads og skovbehandling der knytter sig til ædelgrandyrkningen i de forskellige dele af landet.

I bedømmelsen må indgå de vanskeligheder i kulturstadiet, faren for forårsnattefrost bereder dyrkningen i de forskellige egne og på forskellige lokaliteter indenfor de enkelte egne.

Endelig må man for at få et rent praktisk skøn over træartens skovdyrkningsværdi i den enkelte egn og på den enkelte lokalitet betragte udviklingsbetingelserne for træarten sat i relation til andre træarter, i første række rødgran, i klitterne tildels sitkagran.

Dyrkningsbetingelserne er normalt bedst i det vestlige Jylland, bl. a. i klitområderne i Thy, selv om nedbøren her er lav, idet fordampningen her er moderat, tågevirkningen betydelig, medens frostfaren kun lokalt er alvorlig. Da rødgran samtidig er uanvendelig som skovtræ i denne egn og i nogen grad er erstattet af sitkagran, får ædelgranen her overordentlig stor dyrk-

ningsværdi. Kravet om beskyttelse mod fordampning er moderat og terrænhældningernes indflydelse derfor begrænset.

I de vestlige hedeområder og det vestlige Sønderjylland er de klimatiske betingelser for ædelgran fortsat gode. Fordampningen er moderat, nedbøren ret god, tågevirkningen skiftende, faren for forårsnattefrost skiftende, men gennemgående moderat. Samtidig er forholdene for rødgran også her ret dårlige; træartens dyrkningsvanskeligheder er derfor begrænsede og kun i ringe grad afhængige af terrænhældninger, medens dyrkningsværdien er relativ stor.

I de midtjydske hedeegne er de klimatiske fugtighedsbetingelser fortsat gode. Selv om fordampningsfaktoren synes at være større end i Vestjylland, er nedbøren gennemgående høj, tågevirkningen kendelig og dugvirkningen antagelig høj. Frostfaren bliver dog gennemgående overordentlig stor, således at kulturstadiet bliver farligt for planterne, som kræver effektiv og langvarig beskyttelse mod frost. Samtidig bliver rødgranens udviklingsmuligheder gennemgående gode, således at ædelgran trods stor dyrkningsværdi bør udgøre en mindre del af det producerende skovareal.

Manglende meteorologiske oplysninger vedrørende fordampningen i Vendsyssel vanskeliggør bedømmelsen af udviklingsbetingelserne for ædelgran i denne landsdel. Vestkystens tågevirkning, formentlig i forbindelse med moderat fordampning og moderat fare for forårsfrost, gør dog dyrkningsbetingelserne ret gunstige i de vestlige klitområder, medens forholdene i det indre af Vendsyssel bliver mindre gunstige såvel m. h. t. klimatisk fugtighed som til forårsnattefrost. Forholdene synes dog at være tålelige i de bakkede områder ved Tolne, hvor rødgranens tidlige svigten giver ædelgranen en øget dyrkningsværdi trods mere usikre klimatiske fugtighedsforhold og fare for forårsfrost.

I det nordøstlige Jylland bliver fordampningsfaktoren høj og terrænhældningernes indflydelse kendelig forstærket. Dyrkningsbetingelserne bliver her temmelig usikre, men synes i højtliggende, bakkede områder, hvor tåge- og nedbørsvirkningen formentlig lokalt er forbedret, og faren for nattefrost nedsat, at være gunstige, jvf. de gode betingelser for ædelgrandyrkning i Dronninglund storskov og i Rold skov.

I de vestlige kystområder af Himmerland (tildels også ud mod Nibe bredning) finder ædelgranen udmærkede udviklingsmulig-

heder (nedsat frostvirkning, formentlig i forbindelse med god tågevirkning), særlig kan fremhæves Kornum skov mod nord og Lynderupgård længst mod syd.

Forholdene i det indre af Himmerland synes at variere stærkt efter terrænforholdene (øget frostvirkning og fordampning, ringere tågedannelse).

Direkte dårlige synes betingelserne at være i det østlige og nordlige Djursland, hvor samtlige faktorer for klimatisk fugtighed er ugunstige.

Selv om nedbørsforholdene bedres sydligere i Østjylland, er fordampningen fortsat høj og betingelserne for ædelgran tilsyneladende stærkt skiftende. Kulturstadiet er gennemgående vanskeligt, idet der kræves langvarig beskyttelse mod fordampning. Terrænhældningernes betydning er stor.

Særlig ugunstige synes forholdene som nævnt at være mellem Vejle og Kolding fjord (manglende tågevirkning), medens forholdene ved Stenderup forbedres kendeligt trods fortsat hård fordampning. Her bliver såvel nedbør som tågevirkning forøget, og forholdene forbedres yderligere i det østlige Sønderjylland, hvor såvel nedbør som tågevirkning bliver meget betydelig, medens fordampningsfaktoren er ukendt. Da både jordbund og klima ligesom i størstedelen af Østjylland tiltaler såvel rødgran som mange andre træarter, bliver ædelgranens anvendelse trods alt begrænset i dette område.

Meget store og smukke ædelgraner kan man dog finde i de fleste østlige statsskove i Sønderjylland, f. eks. på Als og ved Gråsten. Særlig interessant i de sønderjydske skove, såvel nord som syd for den nuværende grænse, er ædelgranernes dominerende stilling i de gamle „Eneiskulturer“, som omkring århundredeskiftet er anlagt i de sønderjydske landsdele. Disse bevoksninger er fremgået af rækkevisse blandingskulturer, oftest af ædelgran, bøg, eg og rødgran, mellem hvilke der har været indskudt rækker af hurtigvoksende lystræer som el, birk, lærk og fyr. Ædelgranerne har her fundet beskyttelse mod frost og fordampning og har i blandingsskoven nået en meget smuk udvikling. Eksempelvis kan nævnes en ca. 60-årig bevoksning i den østlige del af Kjelstrup plantage, hvor ædelgranerne nu (med diam. i 1,3 m højde på op til 60 cm) er stærkt dominerende i blanding med bøg, eg og enkelte rødgraner. På ringere bund i den vestlige del af Sønderjylland finder man i Skærbæk kommu-

nes plantage en tilsvarende 56-årig bevoksning, hvor ædelgranerne (3 km fra Vesterhavet) er stærkt dominerende. Vedmassen var her i efteråret 1957, efter hugst, således: ædelgran 218 m³ (højde 20,5 m, diam. 31,9 cm), rødgran 10 m³, bøg 76 m³ og eg 22 m³, ialt 326 m³ pr. ha.

Syd for grænsen får man samme indtryk af ædelgranens fortrinlige udvikling i Emeisblandingskulturer, f. eks. i de 56-årige bevoksninger i Bohmstedt fællesskov, ligesom man under Flensborg distr. kan se meget smukke, gamle ædelgraner, bl. a. i Handewitt skovpart en 95—100-årig ædelgranskærm (højde ca. 28 m, diam. 50—55 cm) over tæt, sund selvforyngelse.

De forholdsvis få muligheder for beregning af \mathcal{A}_{kf} på øerne synes ikke på betryggende måde at kunne klarlægge de klimatiske fugtighedsbetingelser for træartens dyrkning med henblik på en mere detaljeret gennemgang af forholdene.

Ædelgranens gode udvikling i en del af det nedbørsfattige vestsjællandske område viser dog så interessante forhold, at en nærmere omtale deraf er påkrævet. Både ariditetsindeks og den reducerede regnfaktor (1/5—30/9) aftager ud mod Storebælt, hvor de specielt på Asnæs og Refnæs viser landets laveste værdier, henholdsvis ca. 20 og 2. Dette skulle således give udtryk for, at ædelgran ikke kan trives i denne egn. Når erfaringerne viser det modsatte, ses det, at de 2 udtryks anvendelighed i Danmark er problematisk i denne forbindelse.

Som tidligere nævnt finder man, hvis man gennemgår materialet for de meteorologiske stationer på Sjælland, et „tågebælte“, som fra det nordlige Storebælt i maj-juni kan spores fra Kalundborgegnen i sydøstlig retning ind over Sjælland, bl. a. medvirkende til, at stationen ved Døjringe (nord for Sorø) viser den laveste (gunstigste) værdi for \mathcal{A}_{kf} (16/5—30/6) i Danmark. Man kan nære tvivl om, at de meteorologiske oplysninger, som får \mathcal{A}_{kf} ved denne station til at afvige så stærkt fra værdierne ved de øvrige sjællandske stationer, kan være helt korrekte. „Tågebæltets“ tilstedeværelse kan dog ikke bortforklares; det kan bl. a. nævnes, at landbruget tidligt har regnet med virkningen heraf på afgrøderne (specielt ved dyrkning af byg) i egnen omkring Kalundborg, omtalt bl. a. i „Holbæk Amts økonom. Selsk.“ (Eriksholm, 1912) som referat fra et møde ca. 1845. I samme skrift nævner vandrelærer Mathiesen, ca. 1895, de friske havvindes gunstige indflydelse på visse arter af frugttræer.



Fig. 43. Lerchenborg skovdistrikt, Asnæs. Gamle ædelgraner langs vejen ved afd. 16, Forskoven. Fot. 1956.

Fig. 43. Lerchenborg Forest District, Asnæs. Old Silver fir trees along road at compt. 16, Forskoven. Phot. 1956.

En sikker beregning af \mathcal{A}_{kf} for Kalundborg er desværre ikke mulig, da de meteorologiske oplysninger herfra ikke er tilstrækkelige, men alt tyder på, at værdien for \mathcal{A}_{kf} vil være moderat eller lav og således modsat ariditetsindeks og reduceret regnfaktor indicerer ret gunstige forhold for ædelgrandyrkning.

I Lerchenborg skove på Asnæs finder man udmærkede ædelgranbevoksninger såvel i Forskoven som i Vesterskoven. Afd. 16 i Forskoven omfatter således 8,30 ha ædelgran, plantet 1908 under gammel bøg. Bevoksningen gør et meget sundt indtryk. En højdemåling f. 1957 viste i gennemsnit 21,5 m for hovedparten af bevoksningen (d. v. s. bonitet 2 efter *Henriksen*), medens en mindre tilsyneladende yngre del af bevoksningen viste 18—19 m højde. Fig. 43 viser 2 gamle ædelgraner langs vejen ved afd. 16, diam. på det største træ i 1,3 m h. ca. 1 m. Fra Vesterskoven kan nævnes 2,40 ha plantet i 1912 (afd. 18), 3,38 ha plantet i 1918 (afd. 25) ned mod Kalundborg fjord og 0,77 ha i afd. 32 plantet i 1912; kun bevoksningen i afd. 25 synes tidligere at have været temmelig stærkt angrebet af chermes, medens den

lille bevoksning i afd. 32 er fuldkommen sund og synes at ligge mellem bonitet 1 og 2. Jordbunden på Asnæs veksler fra lerblandet sand til sandblandet ler; jordbundstilstanden er overalt under ædelgranen udmærket, og faren for forårsnattefrost ringe.

Øst for Kalundborg finder man i Snevris skov umiddelbart syd for Saltbækvig sund 50-årig ædelgran på kraftig, ret flad bund, og længere østpå ved Løgtved Gd. ser man rester af sunde ædelgraner på flad, tør sandbund.

Længere mod nordøst ved Dragsholm findes bl. a. en 180-årig ædelgran, 37 m høj og med en diam. på 156 cm, samt en mindre ca. 55-årig bevoksning af bonitet 1,5. Sydligere finder man på de sandede bakker ved Svebøllegavn (med hovedfald mod vest) udmærkede 50-årige ædelgraner og i bakkerne i Trustrup skov nord for Made sø gode 45—50-årige ædelgraner og nordmannsgraner. Også i Stenrand plantage findes ganske gode ca. 55-årige ædelgraner, selv om træernes kroner her tildels er noget nålefattige.

Hele dette nedbørsfattige område, hvor, ædelgranerne under meget skiftende jordbundsforhold har vist en god udvikling, giver således et eksempel på, at hverken nedbørstal, ariditetsindeks eller regnfaktor giver tilstrækkelig vejledning m. h. t. ædelgranens skovdyrkningsmæssige anvendelighed. Derimod synes værdien af $\bar{E}_{kf} (16/5-30/6)$ her, som overalt hvor det har været muligt at udregne formlen, at give et langt mere pålideligt billede af de klimatiske betingelser for ædelgrandyrkningen. På baggrund af erfaringerne vedrørende ædelgranens udvikling i Nordvestsjælland er det dog sandsynligt, at den ansatte tågekonstant, 3,5, giver tågevirksomheden for ringe vægt.

ABIES NORDMANNIANAS SKOVDYRKNINGSMÆSSIGE
RELATION TIL ABIES ALBA I DANMARK.

Som nævnt i indledningen synes nordmannsgran at være langt tydeligere opdelt i klimaracer end almindelig ædelgran. Det vil dog på nuværende tidspunkt ikke være muligt at inddеле vort nordmanniana-materiale i afkom af klimatisk veldefinerede eller blot stedfæstede provenienser. På baggrund af materialets store forskelligheder i dyrkningsværdi ville et nøje provenienskendskab være meget værdifuldt for denne træarts vedkommende.

I mangel heraf skal jeg i det følgende søge at inddеле vore nordmannsgraner i typer, som har vist karakteristiske forskelle med hensyn til vækst, sundhed og krav til vokseplads i vore plantager.

Nordmannsgranens nære slægtskab med almindelig ædelgran fremgår bl. a. af den lethed, hvormed krydsning mellem ædelgran og i hvert fald en del nordmannsgran-typer synes at foregå i vore skove, muligvis tør man fra et skovdyrkningsmæssigt synspunkt gå et skridt videre og betragte hele arten *Abies Nordmanniana* som en samling ædelgrantyper fra et geografisk område, hvor træarten under indflydelse af stærkt varierende klimatiske kår har formået at udvikle specialiserede klimaracer med et vist ydre fælles præg. Denne tankes forsvarlighed støttes i nogen grad af ædelgranens morfologiske lighed med nordmannsgran ved nogle af ædelgranens tørkegrænser, hvor forudgående bastardering med nordmannsgran synes at være udelukket. Afkom af den tidligere omtalte værdifulde ædelgranproveniens fra Laposbjærgene i Rumænien synes således i vore proveniensforsøg

med hensyn til benåling at være en overgangsform til nordmannsgran — uden at der er tale om nogen som helst mulighed for, at moderbevoksningerne kan være bestøvet af nordmannsgran.

Tilstedeværelse af et ubrudt hypodermalag i nålene hos nordmannsgran giver heller ikke en skarp adskillelse fra ædelgran, som normalt kun har et hypodermalag under en større eller mindre del af nåleoverfladen (jvf. tidligere). Således fandt kriminalassistent Tellerup f. eks. 99 ± 1 % hypodermadækning i nåle på fertile skud af ædelgran fra den klimatiske tørkegrænse ved Bergzabern (Pfalz), medens laget hos nordmannsgran normalt dækker 96—100 % af arealet.

Rent praktisk og på baggrund af vort sædvanlige ædelgranmateriale er det fuldt berettiget at tale om *Abies Nordmanniana* som en selvstændig træart, ligesom jeg på ingen måde tør bestride den rent botaniske rimelighed heri. Skovdyrkningsmæssigt synes man derimod at opnå størst forståelse af de forskellige nordmannsgrantypers værdi ved at betragte dem som specialiserede ædelgrantyper.

Ganske som for almindelig ædelgran synes det klimatiske fugtighedskrav (fordampningssvækkelser), forårsnattefrost og vinterkulde på afgørende måde at kunne begrænse træartens anvendelighed. Det er sandsynligt, at nordmannsgranens klimatiske fugtighedskrav i vækstperioden i virkeligheden nærmer sig ædelgranens, og nyudsprungne *Abies nordmanniana* er på ingen måde mere modstandsdygtige over for frost end ædelgraner, hvis skud er på samme udviklingstrin, men nordmannsgranens senere udspring forskubber den kritiske periode m. h. t. tørkesvækkelser og forårsfrost i en efter vore normale klimaforhold gunstig retning. Til gengæld viser ædelgran hos os kun sjældent følsomhed overfor vinterkulde, medens mange sent udspringende nordmannsgraner hos os synes at tåle en hård vinter meget dårligt.

På baggrund af ovenstående bliver det under vore klimatiske forhold naturligt, at svækkelser, der medfører ødelæggende chermesangreb på almindelig ædelgran, oftest kan føres tilbage til tørkesvækkelser (kritisk fordampning) i skudstrækningsperioden eller til forårsnattefrost. Tilsvarende forhold kan man iagttagende på nordmannsgraner af tidligt brydende type, medens vintersvækkelser (kambialsprængning) oftere synes at give anledning til chermesødelæggelser på visse sentbrydende typer. De enkelte typers reaktioner over for vort klima, deres krav til

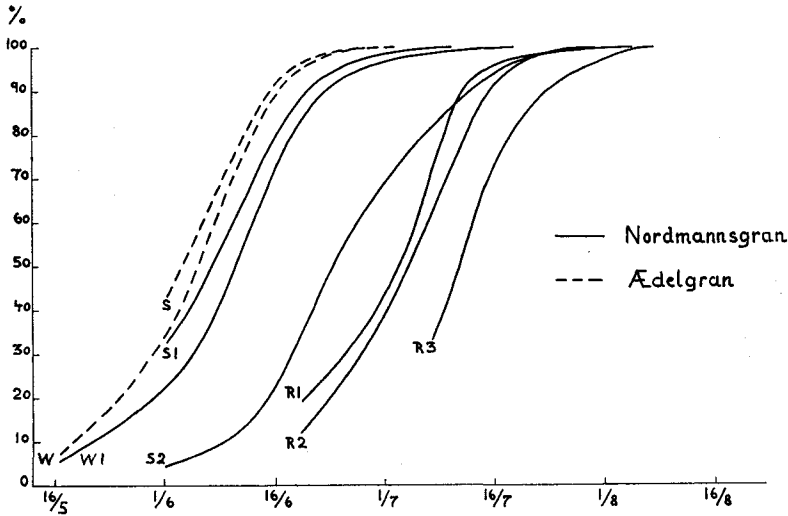


Fig. 44. Skudstrækningskurver for ædelgran og nordmannsgran 1956. W og W₁: Ædelgran og tidlig nordmannsgran i Ørslev plantage, afd. 26, Wedellsborg skovdistrikt.

S, S₁ og S₂: Ædelgran, tidlig og sen nordmannsgran i Skovsbøl krat, afd. 26.

R₁, R₂ og R₃: Sene nordmannsgrantyper i Nørre Riisager plantage, heraf R₃ under overskygge.

Fig. 44. Shooting curve for Silver fir and *Abies Nordmanniana*, 1956. W and W₁: Silver fir and early Nordmann's fir in Ørslev Plantation, compt. 26, Wedellsborg Forest District.

S, S₁ and S₂: Silver fir, early and late Nordmann's fir in Skovsbøl Coppice, compt. 26.

R₁, R₂ and R₃: Late *Abies Nordmanniana* types in Nørre Riisager Plantation, of which R₃ is under cover.

voksepladsen og deres skovdyrkningsmæssige værdi viser herved store indbyrdes forskelligheder.

Selv om man ser bort fra, at der i mange nordmannianabevoksninger findes et større eller mindre antal krydsninger med *Abies alba*, *Abies cephalonica*, Loudon m. fl., er udspringstiden hos nordmannsgran som nævnt proveniensbestemt på en langt tydeligere måde end hos ædelgran (se fig. 44). Rene *Abies nordmanniana* synes hos os tidligst at bryde midt i maj, lidt senere end normalt for alm. ædelgran, men i mange tilfælde kan man se *Abies nordmanniana*, som hos os først bryder i løbet af juni eller i begyndelsen af juli. Mange af vore nordmannianabevoksninger røber, ikke blot morfologisk, men også gennem deres stærke spredning med hensyn til udspring, en meget blandet oprindelse; men samtidig kan man finde bevoksninger, som både med hen-

syn til habitus og udspringstid gør et meget homogent indtryk; — oftest vil disse bevoksninger være fremgået af frø, der er importeret direkte fra Kaukasus.

Bedømt ud fra vore klimatiske fugtighedsforhold og den ganske normale sene forårsnattefrost i mange egne skulle man vente, at *Abies nordmanniana* langt lettere vil kunne tilpasse sig vore forhold end alm. ædelgran; i samme retning peger træartens tætte nålefyldte, som må være velegnet til at opfange vand, samt nålenes bygning, der bl. a. udmærker sig ved det stærkt udviklede hypodermalag.

At træarten er langt mindre følsom over for forårsnattefrost end ædelgran, kan tydeligt iagttages overalt i vore hedeplantager; dog skal det nævnes, at en meget sen nattefrost (11. juni 1954) i Gludsted plantage sved samtlige nye skud af mange 6—8 m høje nordmannsgraner, medens skaden på alm. ædelgran ved den lejlighed var langt mindre. Det vil sandsynligvis være muligt at undgå forårsnattefrostens virkninger helt ved at anvende meget sent udspringende nordmannsgraner, men de iagttagelser, man kan gøre i plantagerne, synes ikke entydigt at opfordre hertil. Eksempelvis kan nævnes en parcel med *Abies nordmanniana*, plantet 1927, i underplantningsforsøget under fransk bjergfyr i Gludsted plantage, afd. 9 og 10. Lokalitetens barske klimaforhold og sene forårsfrost ses bl. a. af, at det kun under en meget tæt bjergfyrskærm er lykkedes at holde en parcel med alm. ædelgran nogenlunde sikret mod nattefrost og at det endnu, 30 år efter plantningen, er nødvendigt at bevare så meget af den oprindelige bjergfyrskærm som muligt mellem de 5—7 m høje ædelgraner. Den nævnte nordmannsgranparcel synes (jvf. F.F.D., bd. XVI, h. 4, og F.F.D., bd. XXI, h. 4) at repræsentere et meget uensartet materiale. Tidligere kunne man her finde talrige krydsninger (med *Abies cephalonica* og *Abies alba*), og man finder stadig en usædvanlig stærk spredning med hensyn til vækst, form, nålefyldte og udspringstid. Bjergfyrskærmen har her været lysere end over ædelgranparcellen og er nu tidtids afviklet; efter ret alvorlige chermesangreb, spredt frostskaide m. m. synes parcellen nu at udvikle sig godt, domineret af spredte, sunde, vækstkraftige træer. Disse hovedtræer synes at tilhøre en type med et relativt tidligt udspring, som følger 8—14 dage efter den almindelige ædelgrans. Når de forholdsvis tidligt udspringende nordmannsgraner synes at blive dominerende i Gludsted plantage,

selv om faren for sen nattefrost her er usædvanlig stor, kan dette bl. a. skyldes, at de normalt synes at have størst vækstenergi; men desuden — og navnlig på baggrund af de tidligere chermesangreb i bevoksningen — kan det tyde på, at de sentbrydende nordmannsgraner i det barske klima, hvor efterårsfrost sædvanligvis indtræffer tidligt, vil få en utilstrækkelig vækstperiode og ofte vil svækkes af vinterfrost. Også det ret kraftigt voksende afkom efter prøveflade GT, Boller distrikt, viser et ret tidligt udspring i proveniensforsøgene.

Fra Nørre-Risager plantage kan nævnes et par småplantninger med nordmannsgran, som viser et sent udspring. På den ene lokalitet (afd. 9) — et tidligere hvidgranbælte, der blev underplantet med nordmannsgranerne omkring 1938 — står træerne nu frit, med bevoksningslæ fra øst og vest, på mager, jævn eller svagt skrånende sandbund. En del af træerne har en usædvanlig slank, symmetrisk, noget spinkel bygning med korte, vandrette sidegrene og ret konstante topkud; disse træer viste ingen sygdomstegn førend i 1955 — i modsætning til senere indplantede, tidligt brydende nordmannsgraner og ædelgraner, som tildels var angrebet af chermes.

Den anden sentbrydende bevoksning står på den øverste del af en nordskrænt ned mod Rørbæk sø (afd. 12). 1. generation var her sund rødgran af bonitet ca. 3,5. De fleste af nordmannsgranerne, som er plantet i 1937, viser den samme spinkle opbygning som den ovennævnte bevoksning; højdetilvæksten har i de senere år tildels været god, så at mange af træerne virker noget ranglede, men flere af dem har et gulgrønt skær og har i nogle år været mere eller mindre angrebet af chermes. Derimod er lidt ældre almindelige ædelgraner på denne lokalitet absolut sunde og i god vækst, ligesom lidt yngre rødgraner under samme forhold trives udmærket.

I forbindelse med skudstrækningsmålinger i somrene 1956—58 blev de to bevoksninger jævnlig tilset. Herved blev det konstateret, at de omtalte sentbrydende nordmannsgraner i afd. 9 var udsat for et chermesangreb i forsommeren 1956, men at angrebet kun blev af forbigående karakter; de omkringstående ædelgraner syntes ikke at være kraftigere angrebet end i de tidligere år. På nordskrænten (afd. 12) syntes sundhedstilstanden i 1956 forbedret for de sentbrydende nordmannsgraners vedkommende, medens ædelgranerne fremdeles var sunde.

Den rimeligste forklaring på disse forhold synes at være følgende: I normale år har de sentbrydende nordmannsgraner — i modsætning til ædelgran og tidligt brydende nordmannsgran — på grund af den sene skudstrækningsperiode klaret sig godt på den tørre, varme lokalitet i afd. 9; på den stejle nordskråning i afd. 12 har den samme nordmannsgrantype derimod under normale forhold haft utilstrækkelige modningsbetingelser og er, efter vintersvækkelser, blevet angrebet alvorligt af chermes. Under disse forhold reagerer denne type hos os på samme måde som nordmannsgranerne på vestlandet i Norge, hvor vækstperiodens varme er utilstrækkelig. Under samme forhold har de almindelige ædelgraner fundet gode vækstbetingelser og synes helt uberørte af chermesangreb. I sommeren 1955 har den usædvanlig varme og tørre periode i juli-august svækket de sentbrydende nordmannsgraner i afd. 9; svækkelsen, som har været efterfulgt af et forbigående chermesangreb, synes kun at have været kortvarig, idet træerne i eftersommeren 1956 atter var sunde. På nordskrænten i afd. 12 synes den varme og lange eftersommer 1955 derimod at have styrket de sentbrydende nordmannsgraner, som her har haft bedre modningsbetingelser end normalt og som i sommeren 1956 viste forbedrede sundhedsforhold. De omkringstående ædelgraner synes — jvf. deres tidlige skudstrækningsperiode — upåvirkede af de ekstreme klimaforhold i eftersommeren 1955.

Frø af en gammel *Abies nordmanniana*-bevoksning i Tversted klitplantage er blevet anvendt i ret stor stil i klitplantagerne; overklitfaged *A. H. Rasmussen* har således underplantet ca. 100 ha bjergfyr, bl. a. i Vanned plantage, med afkom herfra blandet med alm. ædelgran, til dels på arealer med et vekslende, men ofte temmelig svært flyvesandslag (indtil 1½ m). Samme blanding er anvendt i Fosdal plantage, tildels under gunstigere jordbundsforhold. Kulturerne udviser et meget broget billede, idet de foruden rene nordmannsgraner og ædelgraner synes at indeholde et ret betydeligt antal krydsninger. En sikker inddeling i nordmannsgraner, krydsninger og ædelgraner kan her være noget vanskelig, da nordmannsgranerne synes at variere en del i type; man finder dog almindeligt en kraftig, ret langnålet type med sund nålefarve og regelmæssig, tilfredsstillende vækst. Bedømt efter topskudsmålinger, foretaget 27/6 1955 i Vanned plantage af afdelingsleder *H. A. Henriksen*, synes nordmannsgranerne at

tilhøre en ret sent udspringende race, idet kun meget få topknopper viste begyndende strækning på dette tidspunkt; ædelgranerne viste dog også på denne lokalitet en sen strækning af topskudene i 1955. Nordmannsgranernes udseende tyder da heller ikke på, at skudstrækningen normalt falder så sent, at modningen volder vanskelighed på denne vokseplads.

Højde- og topskudsmålinger, foretaget i 1955, dels i Vanned plantage, dels i Fosdal plantage, viser, at den nævnte nordmanniana-type har en mere ensartet, sund udvikling i disse kulturer end de almindelige ædelgraner og krydsningerne, som både med hensyn til vækst og sundhed varierer langt mere efter terræn og jordbund og som bl. a. på de steder, hvor flyvesandslaget er kraftigt, synes tilbøjelige til at blive angrebet af chermes.

Bevoksningen i Tversted plantage, hvorfra bl. a. det gode *Abies nordmanniana*-afkom i Vanned plantage stammer, står på flad, tarvelig sandbund med ret højtstående, tidligere noget stagnerende grundvand. Under disse forhold har den gamle bevoksning fået et uensartet og stedvis utriveligt udseende, selv om skuddene gennemgående er tætnålede med smukke, lange, lidt bløde nåle. En gennemgang af bevoksningen 12. juni 1956 viste, at der i denne er ret stor spredning m. h. t. udspringstid, men at de fleste dominerende træer tilhører en ret sent brydende type, som genfindes i afkommet i Vanned plantage. Disse træers udspring i Tversted plantage var i 1956 begyndt ca. 1 uge ind i juni måned.

Tilsyneladende ganske samme *Abies nordmanniana*-typer (bedømt efter habitus og udspringstid) som omtalt fra Tversted og Vanned plantager genfinder man i en ca. 20-årig bevoksning i østsiden af Slotsholt plantage mellem Sæby og Aså. Nordmannsgranerne er her plantet på et åbent, fladt terræn, som oprindeligt synes at have været hede med kratrester; nabobevoksningen mod vest består af omtrent jævnaldrende almindelig ædelgran, som på denne lokalitet viser en god vækst og kun i ringe grad synes angrebet af chermes.

I modsætning hertil og ganske modsat forholdene i Vanned plantage bærer *Abies nordmanniana*-bevoksningen præg af stærke chermesangreb, som synes at være indtrådt efter frostsvekkelser, idet de mest angrebne træer viser tydelige kambialsprængninger på den øverste del af stammerne. Der kan dog ikke skaffes bevis for, at denne bevoksning stammer fra frø af den gamle bevoks-

ning i Tversted plantage; man må indtil videre nøjes med at konstatere, at tilsyneladende den samme *Abies nordmanniana*-type, som viser størst sundhed i den blandede kultur i Vanned plantage, synes at blive stærkt ødelagt af frost og chermes i Slotsholt plantage. Efter mangelfuld modning i sommeren 1957 og de hårde, stærkt svingende temperaturforhold i den lange vinter 1957/58 viser mange af disse nordmannsgraner svækkelser (chermesangreb m. v.) også i Vanned pltg.

Man kunne tænke sig, at disse meget smukke nordmannsgraner tilhører en varmekrævende race, som har et ret sent udspring hos os, bl. a. fordi den kræver en ret høj udspringstemperatur. Disse træer synes normalt at klare sig godt i de vestlige klitområder, hvor sensommeren er lang og efteråret mildt (middeldato for første frost 3. november ved Vestervig), og hvor vinterens temperatursvingninger er stærkt afdæmpede. I Slotsholt plantage er sensommer og efterår koldere, og navnlig i den åbne østside af plantagen vil temperatursvingninger og frostvirkning i vinterhalvåret være mere følelige for træerne og kunne give anledning til de omtalte kambialsprængninger efter mangelfuld modning.

I denne forbindelse skal det nævnes, at skudstrækningsmålinger blev foretaget i Nørre-Risager plantage i somrene 1956—58, bl. a. på en nordmannsgrantype (i afd. 4), som efter en sen skudstrækning bevarer den lyse nålefarve på årsskuddene indtil det følgende forår; også denne type er karakteriseret af en smuk benåling med lange, bløde nåle. Ved skudstrækningsmålingernes begyndelse blev det konstateret, at nogle af topskuddene fra 1955 på disse nordmannsgraner var revnet umiddelbart under topknoppen i vinteren 1955/56, uden at dette dog havde fået alvorlige følger for de nye skud. Typen har vist påfaldende svage skud i 1958 (efter en vanskelig og lang vinter og utilstrækkelig modning i 1957). Det er sandsynligt, at man her står over for en tilsvarende varmekrævende type, som ikke kan anbefales til brug i Midtjyllands barske egne (jvf. også erfaringerne fra Gludsted plantage).

Over for direkte solbestråling synes de sent udspringende *Abies nordmanniana* at reagere anderledes end almindelig ædelgran — når man ser bort fra ekstreme tilfælde under en sen tørkeperiode som f. eks. juli-september 1955. I 1956 blev det således iagttaget, at udspringet på de sentbrydende nordmanns-

graner i afd. 9, Nørre-Risager plantage, foregik tidligere og langt hurtigere på soludsatte træers sydside end på deres nordside. Endvidere kunne det konstateres, at skudstrækningen trak længere ud på de overskyggede træer. På fig. 44 er angivet skudstrækningskurverne for overskyggede *Abies nordmanniana*, som under stærkere lysforhold viste en tidligere indledt og afsluttet skudstrækning. Omvendt viser skudstrækningsmålinger på ædelgran en tendens til tidlig afslutning af strækningen på overskyggede træer.

DE SENTBRYDENDE NORDMANNSGRANERS ÆNDREDE
DYRKNINGSKRAV I FORHOLD TIL ÆDELGRAN OG
TIDLIGTBRYDENDE NORDMANNSGRAN BELYST GEN-
NEM FORMLEN FOR \bar{E}_{kf} OG SENSOMMERENS VARME-
FORHOLD OG LÆNGDE.

I det følgende skal jeg søge at vise sammenhængen mellem de enkelte nordmannsgrantypers indbyrdes varierende værdi på forskellige lokaliteter og de pågældende typers udspringstid, idet forholdene i vækstperioden efter udspringstidspunktet skal klarlægges på de enkelte lokaliteter m. h. t.

- 1) forårsnattefrost,
- 2) klimatisk fugtighedsmangel,
- 3) periodens varmeforhold og længde (med henblik på vintersvækkelser).

Ved denne fremgangsmåde betragtes *Abies nordmanniana* som alm. ædelgran, der gennem ændringer i udspringstidspunktet har forskubbet den frostfølsomme periode og den tørkefølsomme periode samt ændret længden på den vækstperiode, inden for hvilken modningen må foregå.

1) Arten er som helhed bedre rustet imod forårsnattefrost i Danmark end almindelig ædelgran. Forskellen mellem de to træarter er på dette punkt så udtalt, at man tør slutte, at forårsnattefrost som begrænsende faktor for nordmannsgranens anvendelighed kun i ret ekstreme tilfælde vil være alvorlig — og under alle omstændigheder forholdsvis let vil kunne imødegås.

Eksemplet fra Gludsted plantage afd. 9—10 viser, at forårsnattefrosten — forudsat fornuftig beskyttelse af kulturerne — selv i dette meget barske klimaområde får langt mindre betydning end modningsproblemerne for nordmannsgran betragtet som art.

Resultatet heraf bliver, at *Abies nordmanniana* er anvendelig i Gludsted plantage, forudsat at man anvender en type, der kan

afslutte modningen af de nye skud inden den korte frostfrie vegetationsperiodes ophør.

Herved bliver det nødvendigt til dette område at vælge en forholdsvis tidligt brydende type, som, modsat de sentbrydende nordmannsgraner, vil få en tilstrækkelig varme i vegetationsperioden til at forene størst mulig skudstrækning med påfølgende forsvarlig modning af de nye skud.

Udelukkelsen af de sentbrydende typer fra områder, hvor eftersommeren er kort, medfører den nødvendige ulempe, at de anvendelige typer (på grund af et relativt tidligt udspring) må beskyttes mod forårsnattefrost i områder, der (som Gludsted plantage) tillige har sen forårsnattefrost.

2) De tidligt brydende nordmannsgraner nærmer sig stærkt til ædelgran i reaktionerne over for klimatisk (herunder mikroklimatisk) fugtighed. Dette forhold bekræfter, at arten *Abies nordmannianas* fugtighedskrav er af samme art og samme størrelsesorden som ædelgranens. Dette såvel som de enkelte nordmannsgraners reaktioner over for klimatisk fugtighed i Danmark kan forklares på baggrund af den opstillede formel for \mathcal{A}_{kf} , idet \mathcal{A}_{kf} udtrykker de normale klimatiske fugtighedsmangler for ædelgrandyrkning i Danmark inden for skudstrækningsperioden, ansat til 16/5—30/6.

Betragter man formlen

$$\mathcal{A}_{kf} = F \div N \div 3,5 (tg + d),$$

hvor F er maksimalfordampningen i mm, N er normalnedbøren i mm, tg er det normale antal registrerede tågedage, og d er dugfaldet i mm, alt beregnet for perioden 16/5—30/6, vil man ved at ændre undersøgelsesperioden efter de enkelte nordmannsgran-typer udspring og skudstrækning få et overblik over de tilsvarende normale klimatiske fugtighedsmangler i de enkelte *Abies nordmanniana*-typer skudstrækningsperioder.

Udregningerne, i hvilke dugberegningerne dog af forsigtighedshensyn er udeladt, er foretaget for perioderne: 1/6—15/7, 16/6—31/7 og 1/7—15/8. Resultaterne er sammenstillet med tilsvarende udregninger for ædelgran for perioden 16/5—30/6 i tabel 15 for stationerne i Tønder, Vestervig, Herning, Stenderup og Gjerlev, altså henholdsvis vestlige Sønderjylland, Thy, midtjydsk hedeområde, sydlige og nordlige Østjylland.

Gennemgår man tabellens sidste kolonne, som skal give ud-

Tabel 15. Variationen af \bar{E}_{kf} sommeren igennem ved udvalgte stationer.
 Table 15. Variation of \bar{E}_{kf} throughout the summer at selected stations.

Station	Periode Period	F mm	N mm	F - N mm	tg	3.5 tg	(F - N) - 3.5 tg
Tønder	16/5—30/6	146.0	72.5	73.5	0.8	2.8	70.7
	1/6—15/7	146.9	87.5	59.4	0.6	2.1	57.3
	16/6—31/7	141.4	104.5	36.9	0.5	1.7	35.2
	1/7—15/8	127.0	135.0	— 8.0	1.4	4.9	— 12.9
Vestervig	16/5—30/6	157.5	61.5	96.0	5.0	17.5	78.5
	1/6—15/7	156.3	69.5	86.8	4.5	15.7	71.1
	16/6—31/7	148.1	77.5	70.6	4.5	15.7	54.9
	1/7—15/8	127.9	99.0	28.9	4.0	14.0	14.9
Herning	16/5—30/6	173.0	71.0	102.0	3.0	10.5	91.5
	1/6—15/7	168.4	81.5	86.9	3.5	12.2	74.7
	16/6—31/7	159.0	89.5	69.5	4.0	14.0	55.5
	1/7—15/8	134.7	112.0	22.7	4.5	15.7	7.0
Stenderup	15/5—30/6	176.6	74.0	102.6	1.8	6.3	96.3
	1/6—15/7	174.2	83.5	90.7	2.5	8.7	82.0
	16/6—31/7	164.3	89.0	75.3	2.0	7.0	68.3
	1/7—15/8	140.9	104.5	36.4	2.9	10.1	26.3
Gjerlev	16/5—30/6	187.6	67.5	120.1	0.6	2.1	118.0
	1/6—15/7	186.2	76.5	109.7	0.4	1.4	108.3
	16/6—31/7	175.0	84.5	90.5	0.4	1.4	89.1
	1/7—15/8	144.0	98.0	46.0	0.6	2.1	43.9

F: maksimalfordampning. *Max. evaporation.*

N: nedbør. *Rainfall.*

tg: antal tågedage. *No. of foggy days.*

tryk for normal klimatisk fugtighedsmangel (uden fradrag for dugvirkning), vil man se, at den beregnede fugtighedsmangel er størst i perioden 16/5—30/6 og derefter aftager for samtlige stationers vedkommende for ved den ekstremt sene skudstrækningsperiode (1/7—15/8) at blive ganske underordnet — for Tønders vedkommende bliver tallet endog negativt. De mindre vanskeligheder for perioden 1/6—15/7 (gældende for relativt tidligt brydende nordmannsgraner) skyldes ved samtlige stationer en kendelig opgang i den normale nedbør; kun for Herning og Stenderup viser maksimalfordampningen samtidig en nogenlunde sikker nedgang og tågevirkningen en opgang. Dette bevirker navnlig for Hernings vedkommende en kraftig nedgang i det beregnede normaltal for klimatisk fugtighedsmangel, som herved for

perioden 1/6—15/7 kommer ned i størrelsesorden med tallet for Vestervig (henholdsvis ca. 75 og 71). Den ret beskedne nedgang i de beregnede normale klimatiske fugtighedsmangler for de fleste stationers vedkommende gør det tvivlsomt, om en mærkbar forbedring i forholdene overhovedet vil kunne spores for de tidligst brydende nordmannsgraners vedkommende. Da maksimalfordampningen snarere vil være større for perioden 23/5—7/7 end for perioden 16/5—30/6, vil ekstremt ugunstige klimatiske forhold måske endog kunne være farligst i denne periode.

Dette forhold må man have for øje, når man i skoven sammenligner sundhedstilstanden hos særligt tidligt udspringende nordmannsgraner (og krydsningerne med *Abies alba*) med sundhedstilstanden hos alm. ædelgran. Normaltallene kan som nævnt kun give overblik over lokalitetens normale klimatiske forhold, medens det er de ekstreme klimatiske forhold, der medfører svækkelserne hos træerne. Tager man dette forbehold, vil man se, at den opstillede formel fuldtud bekræfter, at de tidligstbrydende nordmannsgrantyper med henblik på klimatisk fugtighed skovdyrkningsmæssigt må betragtes som almindelige ædelgraner. De „moderat tidlige“ nordmannsgraner, for hvilke klimatisk fugtighedsmangel i perioden 1/6—15/7 kan være kritisk, slutter sig i henhold til formlen stort set til samme gruppe, idet de skovdyrkningsmæssigt bør betragtes som stærkt specialiserede ædelgraner.

Betragter man de sent brydende nordmannsgraner, viser formlen, at normale vanskeligheder som følge af klimatisk fugtighedsmangel i perioden 16/6—31/7 er stærkt formindskede — i Vest- og Midtjylland ret underordnede, således at man kan skønne, at disse vanskeligheder ikke vil bestemme typens udviklingsmuligheder under nogenlunde normale forhold i disse egne. Herved løsriver denne type sig skovdyrkningsmæssigt fra ædelgran og tidligt brydende *Abies nordmanniana*. Den gode, sent brydende nordmannsgrantype fra Tversted og Vanned plantager viser netop klart dette forhold ved sin gode og ensartede udvikling i disse plantager — uafhængigt af jordbundsforholdene — i modsætning til de unge ædelgraner og krydsninger, som på det tørre klitsand tørkesvækkes og angribes af chermes. Forholdet må forklares ved, at fordampningskravet er stærkt nedsat i den periode, hvor de sent brydende nordmannsgraner er tørkefølsomme, medens fordampningskravet er betydelig stærkere i den

periode, hvor ædelgranerne er følsomme for tørkesvækkelser, således at de unge ædelgraner, hvis rodnet endnu er for svagt udbygget til at sikre vandbalancen, hvor rødderne ikke kan nå ned gennem flyvesandslaget, vil blive tørkesvækkede. Denne sentbrydende type vil i kraft af sin forskudte vækstrytme virke som en mere nøjsom træart end ædelgran i disse områder og må, da den desuden på disse lokaliteter synes at få modnet sine skud tilstrækkeligt, betragtes som en meget værdifuld type til plantning i milde vest- og nordvestlige klitområder. Heraf kan man dog som tidligere omtalt ikke slutte, at denne type vil være god at anvende i egne af landet, hvor eftersommeren er kortere.

Den nøje overensstemmelse, man finder mellem den aftagende værdi for \mathcal{A}_{kf} (de beregnede klimatiske fugtighedsmangler med henblik på ædelgrandyrkning) og den aftagende tørkefølsomhed hos de senere brydende nordmannsgrantyper, synes at bekræfte:

- a) at formlen for \mathcal{A}_{kf} er anvendelig også for *Abies nordmanniana*. Dette tyder på, at det teoretiske grundlag for formlen og de anvendte konstanter er rimelige.
- b) at *Abies nordmanniana* stillet overfor klimatisk fugtighedsmangel må betragtes som ædelgran med forskudt skudstrækningsperiode.

Den klimatiske fugtighedsmangels ringe normale betydning for sentbrydende nordmannsgraner i Danmark understreges yderligere af, at disse typer i områder, hvor vækstperioden om efteråret tidligt afbrydes, tydeligt foretrækker de lokaliteter, hvor indstrålingen er stærkest (slg. erfaringerne fra Nørre-Risager plantage), med andre ord netop de lokaliteter, hvor \mathcal{A}_{kf} vil være forholdsvis høj. Når dette er tilfældet, skyldes det, at en anden og for disse typer langt mere almindelig vanskelighed melder sig i form af vækstperiodens utilstrækkelige indstrålingsenergi efter træernes udspring.

3) Vækstperiodens utilstrækkelighed for sentbrydende *Abies nordmanniana* på mange lokaliteter og i mange egne fremgår ganske umiddelbart af træartens reaktioner i Gludsted plantage og i Slotsholt plantage, samt af de sentbrydende nordmannsgraners reaktioner overfor vokseplads i Nørre-Risager plantage. Man kan endog her følge virkningen af en unormalt varm, tør og lang eftersommer, idet den sentbrydende type på den solåbne, varme vokseplads er blevet tørkesvækket i 1955, medens den samme

type på den stejle nordhælde, hvor den normalt har været svækket på grund af for ringe varme til fuldførelse af en forsvarlig modning, netop i det samme år er blevet styrket gennem den lange, varme eftersommer. Samtidig med, at nettoindstrålingen og maksimalfordampningen gennem ringe skydække og høj temperatur i den kritiske periode for de sentbrydende nordmannsgraner (1/7—15/8) i 1955 må have nået unormale højder, vil man se, at $\bar{A}_{kr}(1/7—15/8)$ ville forhøjes med en talværdi på 92, hvis man i formlen erstattede normalnedbøren med den registrerede nedbør i 1955. (Normalnedbør på egnen — Nørre Snede: 1/7—15/8 — ca. 117 mm, medens nedbør 1/7—15/8 i 1955 var ca. 25 mm). Denne ændring vil — også betragtet på basis af formlen — forklare, at sommeren 1955 var så unormal, at de sentbrydende nordmannsgraner kun fandt gode betingelser for deres udvikling, hvor de i særlig grad var beskyttet mod fordampning. Også de sent udspringende nordmannsgraner bekræftede således i 1955, at deres normale tørketålingsevne for en væsentlig del må forklares ved, at den periode, hvori de er følsomme over for tørkesvækkelser, er forskudt så stærkt i forhold til almindelig ædelgrans kritiske periode, at man kun under meget unormale klimatiske forhold kan få lejlighed til at iagttage den.

De sent- og senestbrydende nordmannsgraner kræver således normalt en lang og varm eftersommer, hvis de hos os skal forene tilfredsstillende vækst med en forsvarlig modning af skuddene.

Herved falder arten *Abies nordmanniana* skovdyrkningsmæssigt i to grupper efter følgende retningslinier:

- 1) De tidligst brydende nordmannsgraner, som slutter sig nær til almindelig ædelgran, idet deres krav til klima, voksested og skovbehandling stort set ligesom ædelgrans bestemmes af de klimatiske fugtighedsforhold i skudstrækningsperioden.
- 2) De sent udspringende *Abies nordmanniana*, for hvilke fugtighedsproblemerne i skudstrækningsperioden normalt er underordnede, medens vækstperiodens længde og varmeforhold efter deres udspring afgør deres anvendelighed i de forskellige egne samt deres krav til vokseplads og skovbehandling.

Tabel 16 viser månedlige gennemsnitstemperaturer fra maj til november for nogle jydsk stationer samt den normale frost-

Tabel 16.
Table 16.

Station	Middeltemperatur °C Mean temperature °C				Middeldatum for Mean dates for		Gennem- snitlig varighed af frost- fri periode Average duration of frost-free period	Gennem- snit af årl. minimums- tempera- turer Average of annual minimum temperatures	
	Maj— juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	sidste forårs- frost Last spring frost			første efterårs- frost First autem frost
Gaardbogaard	13.2	14.6	11.5	(7.2)		8/5	8/10	152	—
Hals	13.5	15.1	12.0	(7.8)		30/4	15/10	167	— 13.2
Hanstholm	12.7	14.7	12.3	8.4	(4.5)	14/4	2/11	201	— 10.8
Vestervig	12.9	14.8	12.3	8.4	(4.7)	12/4	3/11	204	— 10.9
Nørmark (Lemvig)	13.0	14.7	12.2	8.2		15/4	31/10	198	—
Birkebak	13.7	14.9	11.7	(7.5)		10/5	6/10	148	— 15.7
Tarm	13.4	14.9	12.0	(7.9)		8/5	6/10	150	— 14.8
Aal	13.2	14.7	11.9	(7.8)		19/5	4/10	137	—
Skørping	12.9	14.3	11.4	7.4		23/4	23/10	182	— 15.2
Viborg	13.7	14.9	11.8	(7.6)		30/4	15/10	167	— 14.9
Gjerlev	13.4	14.7	11.6	(7.6)		28/4	20/10	174	—
Kolindsund	13.8	15.1	11.9	(7.7)		11/5	2/10	143	— 15.3
Palsgaard	13.1	14.4	11.5	(7.2)		7/5	12/10	157	—
Grindsted	13.6	14.8	11.6	(7.5)		8/5	8/10	152	— 15.2
Vejlefj. sanator.	14.0	15.4	12.4	8.5	(4.7)	15/4	1/11	199	—
Stenderup	13.7	15.0	12.3	8.2	(4.2)	18/4	1/11	196	— 12.1
Gram	13.3	14.9	12.1	(8.1)		10/5	9/10	151	— 16.1
Tønder	13.6	15.4	12.4	8.2		3/5	26/10	175	—
Sønderborg	13.9	15.4	12.7	8.9	(4.8)	9/4	10/11	214	—
Assens	14.1	15.6	12.7	8.6	(4.5)	9/4	10/11	214	— 10.0
Ryslinge	13.6	14.9	12.0	7.9		23/4	23/10	182	—
Marstal	14.1	16.0	13.3	9.1	(5.0)	6/4	16/11	223	— 8.4
Stensgd. Møllegd.	13.9	15.8	12.9	8.7	(4.5)	15/4	12/11	210	—
Kalundborg	14.4	15.8	12.7	8.5	(4.3)	13/4	1/11	201	—
Søndersted	13.7	15.2	12.1	(7.7)		10/5	1/10	143	—
Døjringe	13.9	15.4	12.1	7.8		22/4	22/10	182	— 14.4
Rungsted	14.2	15.8	12.6	8.5	(4.4)	6/4	12/11	219	—
Gjorslev	14.1	15.6	12.4	8.1		19/4	23/10	186	— 11.1
Stege	14.2	16.2	13.2	8.9	(4.7)	9/4	13/11	217	— 10.2
Orebygaard	14.5	16.2	13.0	8.6		23/4	24/10	183	—
Abed	14.2	15.9	12.8	8.4		19/4	30/10	193	— 12.3
Hammershus	13.1	16.0	13.3	9.2	(5.1)	14/4	19/11	218	— 8.4
Aakirkeby	13.2	15.4	12.6	8.3	(4.1)	15/4	3/11	201	— 10.6

frie periode (efter „Danmarks Klima“). Man ser af tabellen, at både gennemsnitstemperaturen for eftersommeren og efterårs-månederne samt tidspunktet for den første efterårsfrost varierer ganske betydeligt fra egn til egn.

En parallel til de sentbrydende nordmannsgraners dyrkningskrav i Danmark finder man for ædelgrans vedkommende i de fugtige vestnorske kystegne, hvor vækstperiodens varmesum synes at afgøre træartens udviklingsmuligheder, hvorefter ædelgranen, som hos os viser sig at være stærkt afhængig af de klimatiske fugtighedsforhold i skudstrækningsperioden, i Vestnorge optræder som et varmekrævende træ (*W. Opsahl 1954*). Da nordmannsgranens naturlige udbredelsesområde ligger i bjergene omkring Sortehavet, er det naturligt, at de racer, som først bryder henimod eller efter 1. juli, ved at være flyttet så langt mod nord vil finde vor eftersommer utilstrækkelig (for lav indstråling).

Der er grund til at tro, at et unormalt sent udspring hos os ofte skyldes, at træerne kræver en høj temperatur for at bryde og iøvrigt stammer fra et mildt klima (jvf. valnød, ægte kastanie, Robinie m. fl.); i nogle tilfælde kan det dog tænkes, at de pågældende træer repræsenterer sent udspringende provenienser fra stor bjerghøjde, hvor sommeren er kort, men mere intensiv (større solhøjde) end vor eftersommer. Det kan se ud, som om de smukke, langnålede, noget brede typer fra Tversted plantage slutter sig til den første gruppe, medens de spinkelt opbyggede træer i afd. 9 og 12 i Nørre-Risager plantage kan henføres til den sidste gruppe, jvf. denne types korte skudstrækningsperiode og beskedne, men sikkert afsluttede vækst, fig. 44. Mangelfulde proveniensopgivelser vedrørende nordmannsgran gør som nævnt disse forhold ukontrollable. Muligvis vil man dog på basis af de enkelte nordmannsgrantyper og deres reaktioner under vekslende klimatiske forhold og på forskellige voksepladser blive i stand til at finde tilbage til provenienser i Kaukasusområdet, som er velegnede for vort skovbrug, ligesom opformering af de rette typer herhjemme nu må være mulig.

I forbindelse med en gennemgang af de skudstrækningsmålinger, der er foretaget i Nørre-Risager og Skovsbøl krat plantager (Midtjylland), skal jeg derfor søge at karakterisere undersøgelsesmaterialet og vurdere dets anvendelsesmuligheder hos os. Det må dog fremhæves, at skudstrækningsmålingerne kun omfatter to vækstperioder (1956 og 1957), men såvel udspringstidspunk-

terne som de enkelte typers vækstrytmer viser nøje overensstemmelse ved målingerne i de to år.

Hver kurve i fig. 44 angiver skudstrækningsgangen i sommeren 1956 for en nordmannsgrantype; hver kurve viser gennemsnit for 10—15 træer, idet der er målt på sideskud i ca. 3. grenkrans fra oven på sydsiden af træerne. Kurven R_3 angiver skudstrækningen på stærkt overskyggede træer, de øvrige kurver repræsenterer træer under åben himmel eller meget lys skærm. Træernes alder er fra 15 til 25 år.

De to stiplede „kontrolkurver“ angiver på tilsvarende måde skudstrækningen for almindelig ædelgran 1956. W er fra proveniensforsøget i Ørslev plantage (Wedellsborg skovdistrikt) i umiddelbar nærhed af nordmannsgrantype W_1 ; S er fra Skovsbøl krat plantage, hvor ædelgranerne grænser op til nordmannsgrantyperne S_1 og S_2 — træerne S, S_1 og S_2 står alle på jævnt terræn på mager sandbund i gammelt egekrat.

S_1 og W_1 repræsenterer tidligt brydende nordmannsgran og viser i skudstrækningsrytmen god overensstemmelse med henholdsvis ædelgran S og W, parallelforskudt 6—8 dage; dog synes brydningens begyndelse for W_1 's vedkommende at nærme sig stærkt til ædelgran W. Typen ligner Bollertypen fra prøveflade GT. S_1 indeholder ligesom afkommet herfra, der er omtalt under proveniensforsøgene i 1. del af beretningen, nogle procent krydsninger, som synes stærkt modtagelige for chermesangreb. De rene nordmannsgraner har derimod været fri for chermes indtil 1955; i samme periode har de tilgrænsende ædelgraner (S) haft spredte chermesangreb. Ved de første målinger i 1956 var disse *Abies nordmanniana* ret tæt besat med lus, medens ædelgranerne kun var svagt besat — krydsningerne viste som hidtil stærke angreb. Udviklingen er på det punkt ganske som i proveniensforsøget i Horserød hegn (nordmanniana-afkom fra prøveflade GT, Boller). S_1 -typen synes ikke at stå tilbage for ædelgran med hensyn til vækstenergi og synes i kraft af tidlig skudmodning at være lige så hårdfør over for vinterfrost. Dens krav til vokseplads og klima synes hos os at gå i samme retning som den almindelige ædelgrans, dog vil den ca. 1 uge forskudte skudstrækningsperiode dels sikre typen bedre mod normal forårsnattefrost, dels bevirke, at de enkelte somres fugtighedsforhold ikke behøver at have samme indflydelse på denne types udvikling som på ædelgrans, jvf. erfaringerne i 1955. Typens gode sundhedstilstand i

normale år kunne tyde på, at den er lidt bedre sikret mod tørkekriser end det sædvanlige ædelgranmateriale.

Typen S_2 på samme lokalitet som foregående har et forholdsvis sent udspring, i 1956 omkring 1. juni, d. v. s. ca. 14 dage senere end S_1 og ca. 3 uger senere end almindelig ædelgran. S_2 's skudstrækning synes at være udstrakt over en længere periode og mere jævnt forløbende end de øvrige typer, men modningen synes alligevel at foregå sikkert. Chermesangreb på S_2 -typen er hverken iagttaget før eller efter tørkesommeren 1955. Typen virker meget mørknålet og har et sundt og robust udseende. Vintersvækkelser er ikke konstateret, og væksten synes at være tilfredsstillende; endelig synes S_2 i henhold til sit udspring (omkring 1. juni) at være sikret ret godt imod forårsnattefrost. Det kan virke overraskende, at juli-august tørken 1955 synes at have svækket denne type i mindre grad end S_1 -typen; det er muligt, at S_2 -typens langsomme skudstrækningsrytme kan have en vis forbindelse hermed. Idet S_2 -typen således viser mindre strenge klimatiske fugtighedskrav end ædelgran og S_1 -typen og forener denne egenskab med mindre følsomhed over for forårsfrost og en tilsyneladende tilstrækkelig afhærdning imod vinterfrost, synes den at have værdifulde skovdyrkningsmæssige egenskaber. Den vil formentlig, navnlig på tør jord og under usikre klimatiske fugtighedsforhold (under mangelfuld skærm, på sydhældende terræn m. v.), vise sig at være ædelgran og S_1 -typen overlegen, medens den, hvor forholdene er gunstige for ædelgran og S_1 -typen, eller hvor vækstperioden afbrydes særlig tidligt (jvf. Gludsted plantage), næppe fuldtud vil vise samme vækstenergi som S_1 -typen.

Den smalle, spinkelt opbyggede, sentbrydende nordmannsgrantype, „højlandstypen“, i Nørre-Risager plantage, afd. 9, havde i 1956 et udspring omkring 10. juni. Skudstrækningskurven for denne type, R_1 på fig. 44, viser dette år en stærk stigning i ca. 2 uger fra de sidste dage af juni til 10.—12. juli. Nålene på de nye skud antog i løbet af sommeren en mørk farve, således at modningen tilsyneladende blev tilstrækkelig. Denne type, R_1 , og dens reaktioner over for vokseplads og klima er beskrevet på side 197. Bedømt herefter synes den at være varmekrævende, men samtidig røber den følsomhed over for hård fordampning i juli måned; dette kan muligvis sættes i forbindelse med typens forcerede vækstrytme i første halvdel af denne må-

ned. På den varme lokalitet har R_1 været udsat for en alvorlig fordampningssvækkelse i sommeren 1955, medens den samtidig på nordskrænten har draget fordel af den usædvanlig varme sommer. Selv om denne type i normale år synes at have ret gode udviklingsmuligheder på varme lokaliteter, bør den næppe anvendes i større udstrækning på grund af sin følsomhed såvel over for vinterkulde (i forbindelse med mangelfuld modning) som over for tørke.

Den sentbrydende, lyse type med lange, bløde nåle i Nørre-Risager plantage, afd. 4, begyndte i 1956 at bryde omkring midten af juni (R_2 på fig. 44). Skudstrækningen fik et jævnt forløb, men de nye skud bevarede den nyudsprungne lyse farve sommeren igennem. Typen synes, jvf. beskrivelsen side 200, at modne noget mangelfuldt, men viser derimod ikke tegn på større følsomhed over for fordampningssvækkelser. R_2 står i afd. 4 på tør, mager bund, under let skærm af hvidgran; på samme lokalitet er plantet alm. ædelgran (et par år yngre), som viser ringere og mere uregelmæssig vækst. R_2 viser ved sin rige nålefyldte og brede, tætte opbygning stor evne til at dække og forsvare bunden mod græs, men de enkelte skud virker dårligt forveddede og spinkle. Som skovtræ bør denne type i hvert fald undgås i de mere barske egne med tidlig efterårsfrost og store temperatursvingninger om vinteren. Det er nævnt, at R_2 har en vis lighed med Tverstedtypen, som har givet det gode afkom i Vanned, Fosdal m. fl. klitplantager. Det er dog sandsynligt, at Tverstedtypen, hvis afkom i klitterne viser kraftigere, mørkere og bedre forveddede skud, snarere i type står mellem S_2 og R_2 , hvorved den må karakteriseres som en ret sentbrydende type med ringe følsomhed over for tørkesvækkelser (jvf. dens konstante vækst og dens større nøjsomhed end den almindelige ædelgran på tørt klitsand). Man må dog samtidig frygte, at denne type kan udsættes for vintersvækkelser i egne med ringere eftersommer, tidlig efterårsfrost og stærke temperatursvingninger om vinteren. Skovdyrkningsmæssigt vil dette betyde, at Tverstedtypen vil have de bedste udviklingsmuligheder i de vestlige klitegne, og at man, i hvert fald hvis den anvendes i egne, hvor der er større fare for vintersvækkelser, bør undgå nordhælder, åbent østhældende terræn og udsatte østsider, jvf. erfaringerne fra Slotsholt plantage.

Skudstrækningsrytmen for sentbrydende nordmannsgran under tæt skærm (Nørre-Risager plantage, afd. 14) er vist ved kurven R_3 på fig. 44. Overstanderne består af gammel rødgran på tørt, magert sand — en overgang mellem østhældende og højere-liggende fladt terræn. Skudstrækningen blev i 1956 indledt omkring 1. juli og fik et jævnt forløb. Ved målingen 28. juli blev det konstateret, at de fleste nye skud var helt slappe, men da der umiddelbart efter fulgte en fugtig, ret kølig periode (nedbør 30. og 31. juli ialt ca. 30 mm), var skuddene ved næste måling (7. august) atter saftspændte, og en beskeden strækning kunne påvises. En kontrolmåling 20. august viste, at der efter 7. august yderligere var sket en svag strækning i modsætning til, hvad man kunne konstatere for det øvrige forsøgsmateriales vedkommende. Som nævnt viser den samme nordmannsgranplantning et noget tidligere udspring og en tidligere afsluttet skudstrækning, hvor den mørke skærm er fjernet, hvorfor kurven for R_3 ikke viser typens skudstrækning under samme ydre betingelser som de øvrige skudstrækningskurver.

Udspringstidens stærke påvirkelighed af solbestråling for visse sentbrydende nordmannsgraners vedkommende, herunder et tidligere udspring på sydsiderne af træerne end på nordsiderne, tyder på et varmekrav hos disse nordmannianatyper, som kun vanskeligt kan tilfredsstilles hos os. Det sene udspring må derfor ikke opfattes som tegn på hårdførhed, selv om det medfører sikring mod forårsnattefrost. Det må tværtimod opfattes som en advarsel mod plantning af de pågældende typer på lokaliteter, hvor eftersommeren er kort og utilstrækkelig, eller hvor vinterens temperaturudsving kræver en stærk forvedning af de unge skud.

Forsøgsvæsenets prøveflader viser, at nordmannsgranens produktion pr. ha kan stå fuldt på højde med den almindelige ædelgrans (*Oppermann*, 1931, og *Henriksen*, 1957). De to træarters ungdomsvækst vil dog ofte være ret forskellig i vore hede- og klitplantager. På steder, hvor forårsnattefrost er almindelig, vil nordmannsgranerne komme langt hurtigere i gang end ædelgranerne (jvf. Gludsted pltg.), ligesom nordmannsgran på tør, mager bund ofte viser en langt bedre ungdomsvækst end ædelgranerne (jvf. eksemplet fra Vanned plantage). Disse forskelle er dog ikke udtryk for, at de pågældende nordmannsgraner i almindelighed har større vækstenergi end ædelgranerne, men viser som tidligere nævnt, at de ydre forhold påvirker nordmanns-

granerne (den anvendte type nordmannsgran) anderledes end ædelgranerne. Visse sentbrydende nordmannsgrantyper viser derimod overalt en beskeden vækst, som må være udtryk for ringe vækstenergi i sammenligning med ædelgran, medens f. eks. det tidligtbrydende afkom fra prøveflade G.T. på Boller statsskov-distrikt i vore proveniensforsøg stedse har vist omtrent samme vækst som ædelgranerne, hvor disse har undgået frostskaide.

På baggrund af det foregående er det sandsynligt, at de tidligtbrydende nordmannsgraner også med hensyn til vækstenergi ligger nogenlunde på linie med alm. ædelgran (måske dog med lidt større proveniensbestemt variation). For disse typers vedkommende synes vækstperiodens varmesum efter deres udspring også at være tilstrækkelig til at sikre såvel en god skudstrækning som en forsvarlig modning.

Anderledes er forholdene for de sentbrydende nordmannsgraner. Her virker den utilstrækkelige vækstperiode efter det sene udspring direkte begrænsende for flere typers anvendelighed. Dette må formentlig navnlig gælde for de forholdsvis stærktvoksende (varmekrævende) typers vedkommende, medens man i et så stærkt typeopdelt materiale, som vore nordmannsgraner udgør, kan finde langsomtvoksende typer, der vil være i stand til at modne tilstrækkeligt trods det meget sene udspring.

Det er et spørgsmål, om der blandt de sentbrydende nordmannsgraner, der kan trives i Danmark, findes typer, som kan opnå en produktion, der står fuldt på højde med den produktion, ædelgranerne og de tidligt brydende nordmannsgraner kan præstere under gode forhold. Spørgsmålets besvarelse vanskeliggøres ved, at de sentbrydende nordmannsgraners krav med hensyn til klima og vokseplads som nævnt går i en helt anden retning end ædelgranernes og de tidligtbrydende nordmannsgraners.

Fuld klarhed over, hvor den enkelte nordmannsgrantype bør foretrækkes med henblik både på produktion og sundhedsforhold, kan man kun få gennem anlæg af parallelforsøg, som kan vise de forskellige typers indbyrdes værdi under varierende klimatiske (og mikroklimatiske) forhold.

Vort manglende kendskab til de forskellige nordmannsgran-typers oprindelse i forbindelse med de ringe muligheder, der findes for at importere frø fra nøje stedfæstede provenienser, hvis klimatiske data er tilstrækkelig klarlagt, gør det rimeligt at bygge videre på det meget uensartede materiale, vi råder over.

Selv om man herved gennem forædling og gennem kåring af de bedste bevoksninger til frøavl vil kunne skaffe et godt materiale til vore nordmannsgrankulturer, vil en nøje forståelse af de enkelte nordmannsgrantypers krav være en forudsætning for, at materialet bliver rigtigt fordelt og udnyttet. Jeg skal derfor, idet parallelforsøg endnu mangler, ud fra de klimaforhold, der begrænser henholdsvis de tidligt brydende og de sent brydende nordmannsgraners anvendelighed, foretage en foreløbig vurdering af disse to hovedgruppers skovdyrkningskrav og af deres udviklingsmuligheder i landets forskellige egne.

De tidligt brydende nordmannsgraner møder som nævnt i Danmark klimatiske vanskeligheder i form af fugtighedsmangler (skadelig kutikulær fordampning) i skudstrækningsperioden. Disse vanskeligheder er normalt af underordnet betydning for de sent brydende nordmannsgraner, medens disse til gengæld udsættes for vintersvækkelser efter ufuldstændig modning.

Nordmannsgranerne i Danmark kan derefter dyrkningsmæssigt deles i:

- 1) tidligt brydende, vinterhårdføre typer, som dyrkningsmæssigt slutter sig nær til ædelgran, og
- 2) sent brydende, vinterfølsomme typer, som kræver en varm og lang eftersommer.

Mellem disse to hovedtyper findes som nævnt talrige mellemformer.

De tidligt brydende nordmannsgraner synes herefter at trives bedst i de egne, hvor den kritiske fordampning i skudstrækningsperioden normalt er mindst; de foretrækker ligesom ædelgran nord- og vestvendt terræn og kræver i de fleste egne skærm over kulturerne til sikring mod fordampning og forårsfrost, selv om deres følsomhed over for forårsfrost er mindre end ædelgranens.

De sent brydende nordmannsgraner udvikler sig sikrest i egne med lange og varme eftersommer i forbindelse med milde vintre; da deres klimatiske fugtighedskrav i skudstrækningsperioden normalt opfyldes, vil de på tør bund, f. eks. stort flyvesandslag, vise større nøjsomhed end almindelig ædelgran, i det mindste i ungdomsstadiet. Af hensyn til skudmodningen vil de foretrække sydhældende terræn, hvor nogle typer dog (jvf. erfaringerne fra 1955) kan udsættes for fordampningssvækkelser ved sen som-

mertørke. Såvel nord- som østhældende terræn bør undgås for disse typers vedkommende, henholdsvis af hensyn til skudmodningen og af hensyn til hårde temperatursvingninger om vinteren. Derimod synes vestvendt terræn også for sentbrydende nordmannsgran at være gunstigt. Hverken af hensyn til fordampning eller forårsnattefrost synes en kraftig skærm at være nødvendig, tværtimod vil en tæt skærm — som nævnt — sinke udspringet i kendelig grad, nedsætte indstrålingen og bl. a. herved vanskeliggøre modningen af skuddene. Det er dog sandsynlig, at en *let* skærm kan have en gavnlig indflydelse ved at dæmpe skadelige temperatursvingninger; sideskygge og læ fra øst vil i denne henseende være meget værdifuld.

Egnsvise dyrkningsbetingelser for tidligt- og sentbrydende nordmannsgrantyper.

I det følgende er der foretaget en klimatisk bedømmelse af mulighederne for dyrkning af henholdsvis tidligt- og sentbrydende nordmannsgran i forskellige egne af landet.

1) Tidligtbrydende nordmannsgran.

Idet de klimatiske fugtighedsbetingelser i skudstrækningsperioden — bedømt efter formlen for \bar{X}_{kf} i perioden 1/6—15/7 — synes at afgøre de tidligtbrydende nordmannsgraners anvendelighed i landets forskellige egne, vil man se, at denne type nordmannsgran stort set bør anvendes i de samme områder som den almindelige ædelgran.

For Jyllands vedkommende synes de klimatiske forhold i Nordvest- og Vestjylland, i de midtjydske hedeegne og i hele Sønderjylland at være relativt gunstige for de tidligtbrydende nordmannsgraner, medens forholdene øst for den jyske højderyg bliver mere skiftende, idet selve fordampningsfaktoren ved sin stærkt dominerende størrelse her giver terrænhældningerne stor indflydelse og i forbindelse med manglende tågevirkning i visse egne (f. eks. området øst for linien Kolding-Vejle samt i det østlige og tildels nordlige Djursland) gør de klimatiske betingelser for tidligtbrydende nordmannsgran meget ringe. Tilsvarende dårlige forhold for tidligtbrydende nordmannsgran må man vente at finde på Fyn ved den nordlige del af Lillebælt samt på Østfyn. På Sjælland må man vente at finde ret gode betingelser for denne type i „tågebæltet“ øst for den nordlige del af

Storebælt ned over Sorøegnen og videre ind mod Haslev-Turebyområdet.

2) *Sentbrydende nordmannsgran.*

Bedømt efter de meteorologiske oplysninger (fra „Danmarks Klima“ 1933, sammenstillet i tabel 16) vil de sentbrydende nordmannsgraner finde relativt gode udviklingsbetingelser i de vestlige og nordvestlige klitområder. De meget ugunstige temperaturforhold ved stationen i Aal viser dog, at der også her lokalt kan være farlige områder for dyrkning af denne type. I denne forbindelse skal det nævnes, at nogle ældre, sentbrydende nordmannsgraner i Aal plantage mistede nålene og blev fældet i foråret 1955, hvorved det viste sig, at kambiet var dræbt på indtil 6—7 år gamle skud.

De sentbrydende typer synes endvidere at finde gode betingelser i det vestligste og østligste Sønderjylland.

I de hidtil nævnte egne vil der som nævnt også være gode klimatiske betingelser for dyrkning af tidligtbrydende nordmannsgrantyper og alm. ædelgran, hvorved typevalget kan afgøres efter jordbund, terrænhældning, vækstenergi m. m. Klimatallene i de milde egne omkring Lillebælt synes at være gunstige for sentbrydende nordmannsgran nord for Kolding fjord; de samme gunstige betingelser synes man at kunne finde langs Vejle fjord og måske i en del af de østlige områder ud mod Kattegat indtil Aarhusegnen (jvf. dog typens ringe evne til at tåle hårde vintre).

Derimod synes klimaforholdene på Djursland, inkl. de østlige og nordlige egne, at være vanskelige også for sentbrydende nordmannsgran (kort eftersommer, hårde vintertemperatursvingninger). Forholdene i de nordøstlige kystegne af Jylland synes gennemgående at være ret vanskelige for de sentbrydende typer (jvf. Slotsholt plantage), helt mod nord viser Gårdbogård (ret nær Tversted plantage) meget ugunstige klimaforhold for sentbrydende nordmannsgran. Derimod synes klimaforholdene på Kattegatsøerne (specielt Anholt) at være ret gunstige for de sentbrydende typer. I det indre Jylland, navnlig i de midtjydske hedeegne, synes de klimatiske betingelser for sentbrydende nordmannsgran (jvf. Gludsted plantage) at være vanskelige; tilsvarende forhold viser det indre Sønderjylland (repræsenteret ved tallene fra Gram).

På Fyn synes klimaforholdene for de sentbrydende typer gennemgående at være gunstige, navnlig ved Lillebælt og videre langs sydkysten omfattende de sydfynske øer; mere usikre synes forholdene at være ved visse indlandsstationer, f. eks. ved Ryslinge.

På Sjælland forekommer de klimatiske forhold stort set at være gunstige for sentbrydende nordmannsgran, dette gælder dog navnlig de fleste kystegne, medens man inde i landet (og stedvis nær østkysten) kan finde stationer, hvis klimatal tyder på vanskelige forhold for sentbrydende nordmannsgran.

På Lolland-Falster synes forholdene at være jævnt gode for sentbrydende nordmannsgran, medens klimatallene på Bornholm, specielt nær vestkysten, er påfaldende gunstige.

Selv om man således rent summarisk kan danne sig et billede af, om tidligt- eller sentbrydende nordmannsgran bør anvendes i landets forskellige egne og på forskellige voksepladser, om man f. eks. helst skal anvende „Bollertypen“ eller „Tverstedtypen“ til anlæg af en nordmannsgrankultur på en given lokalitet, er vi herigennem kun nået et stykke frem mod udvælgelsen af det rigtige materiale.

Til bemærkningerne vedrørende anvendelsen af sentbrydende *Abies nordmanniana* skal dog tilføjes, at såvel det omtalte afkom fra Tversted plantage, udplantet i Vanned plantage, som de omtalte sentbrydende nordmannsgraner i Nørre-Risager plantage afd. 9, pletvis blev svækket stærkt i 1957 og 1958.

Dette kan muligvis sættes i forbindelse med de kolde efter-somre i 1956 og 1957 og de stærke temperatursvingninger i de påfølgende vintre.

Enkelte træer af den ret sentbrydende type (S_2) viste i denne periode forbigående og ret svage angreb af *Dreyfusia nüsslini* uden iøvrigt at være synligt svækkede.

De nævnte erfaringer fra 1957 og 1958 maner til nogen tilbageholdenhed med hensyn til anvendelsen af de sentbrydende typer uden for de mest eftersommervarme egne af landet, indtil resultater af mere sikre proveniensundersøgelser foreligger.

En sikker bedømmelse af materialet er langt vanskeligere end for ædelgrans vedkommende, hvor proveniensvalget lettes ved

- 1) at vi råder over afkom (til dels i parallelforsøg) af nøje definerede provenienser,

- 2) at materialet (forudsat sundhed) viser nogenlunde ensartethed med hensyn til vækstenergi og form,
- 3) at kravene med hensyn til klima og vokseplads synes at gå i samme retning for hele materialets vedkommende, selv om minimumskravene for en tilfredsstillende vækst og sundhed kan være forskellige.

For nordmannsgrans vedkommende er proveniensvalgene vanskeligere af følgende årsager:

- 1) Vi ved meget lidt om materialets nøjere oprindelse.
- 2) Både med hensyn til form og vækstenergi synes materialet at være meget uensartet.
- 3) Materialet er så uensartet med hensyn til udspringstid, at kravene med hensyn til klima og vokseplads er delt efter de foran omtalte hovedretningslinier, således at den indbyrdes værdi af de forskellige proveniensers afkom vil skifte fra egn til egn samt efter vokseplads og skovbehandling.

De mange kombinationsmuligheder, som nu vanskeliggør proveniensvalget for nordmannsgrans vedkommende, vil måske rigtigt udnyttede i fremtiden kunne sikre os et materiale, der kan forene god produktion med fuld tilpasning til de enkelte egnenes klimatiske forhold.

Om *Abies nordmanniana* som skovtræ bør afløse almindelig ædelgran i Danmark, kan først afgøres, når proveniensproblemerne for begge træarters vedkommende er tilfredsstillende løst. Vort mangeårige kendskab til ædelgranen og dens udviklingsmuligheder i Danmark samt materialets ensrettede krav med de deraf følgende ret sikre retningslinier for proveniensvalget gør det usandsynligt, at denne træarts fortsatte dyrkning vil berede ubehagelige overraskelser.

For *Abies nordmannianas* vedkommende har de forskellige typer som nævnt indbyrdes varierende værdi inden for landets grænser. Samtidig med, at dette giver mulighed for at finde racer inden for denne træart, som lokalt vil være vort sædvanlige ædelgranmateriale overlegent, synes man herigennem også at kunne blive udsat for ubehagelige overraskelser, idet vor dyrkning af denne træart i virkeligheden ikke er ude over forsøgsstadiet.

Indtil videre bør man derfor — når man ser bort fra juletrædyrkning og grøntsalg — betragte almindelig ædelgran som det normale skovtræ. Den stærke racedeling inden for vort nordmannsgranmateriale bør resultere i anlæg af rationelle parallelforsøg, hvor de forskellige nordmannsgrantyper kan sammenlignes under vekslende klimatiske og skovdyrkningsmæssige kår. Træartens udbredelse inden for et område, hvor de klimatiske forhold er stærkt vekslende (*Schenck*, 1939), og dens tydelige præg af at være opdelt i klimaracer opfordrer dog til, at man, så snart lejlighed gives, afprøver frø af provenienser, som inden for træartens naturlige udbredelsesområde er stedfæstet og belyst gennem klimatal m. m. Kunne man ad denne vej få lejlighed til at afprøve et både i klimatisk og teknisk henseende velvalgt materiale, er det sandsynligt, at vore dyrkningsresultater med denne træart ville blive kendeligt forbedrede.

RESUMÉ.

Idet et klimatisk grænseområde for en træart kan defineres som et område, indenfor hvilket visse uheldige klimaforhold for arten tidvis påvirker denne så stærkt, at de pågældende klimaforhold får afgørende indflydelse på udviklingen, tør man forudsætte, at såvel ædelgran som *Abies nordmanniana* i Danmark befinder sig i et klimatisk grænseområde for arternes gode udvikling.

Da de to træarters dyrkningsbetingelser i Danmark er belyst på denne baggrund, skal de mere alment gyldige betragtninger, som ligger til grund for denne fremgangsmåde, kort omtales.

Enhver træart kan møde klimatiske begrænsninger af forskellig natur; men det enkelte grænseområde kan karakteriseres ved

- 1) de klimaforhold, som får grænsevirkning for artens udviklingsmuligheder i det pågældende område,
- 2) det tidsrum af året inden for hvilket de pågældende klimaforhold kan få kritisk indflydelse på udviklingen.

Inden for det tidsrum, hvor kritiske divergenser mellem træartens klimatiske krav og de klimatiske betingelser kan opstå, vil træarten

- 1) blive udsat for en stærk selektion med henblik på disse klimatiske vanskeligheder,
- 2) vise stor følsomhed over for tilsyneladende små ændringer i disse forhold.

I det omfang, træartens vanskeligheder er klimatisk betinget, må man for at forstå dyrkningsbetingelserne for arten på en given lokalitet:

Inden for det tidsrum af året, hvor de klimatiske forhold kan antage en kritisk karakter for træartens udvikling, kende træartens klimatiske krav og de klimaforhold, som kan skabe en kritisk situation for træarten. Dette kræver et vist kendskab til træartens økologi — om muligt et stort iagttagelsesmateriale inden for området — og i mange tilfælde, at man analyserer de klimatiske vanskeligheder i målelige klimafaktorer, som gennem deres variation får indflydelse på træartens vanskeligheder.

Vil man dyrke en træart i et klimatisk grænseområde for artens gode udvikling, fjernt fra artens naturlige (geografiske) forekomst, bør man i konsekvens af det ovenstående:

Undersøge hvilke klimaforhold, der inden for det nye vokseområde får grænsevirkning for arten, og hvilken tid på året disse klimaforhold kan blive kritiske for artens udvikling.

Når disse forhold er nøje undersøgt, bør man:

1) anvende afkom af provenienser fra en naturlig klimatisk grænse for arten, hvor tilsvarende klimatiske vanskeligheder gennem den klimatiske rytme får grænsevirkning på samme tid som inden for det nye vokseområde.

2) vælge voksepladsen for arten inden for det nye vokseområde på steder, hvor de klimaforhold, som har grænsevirkning for arten, normalt er mindst mærkbare, dels som følge af makroklimatiske forskelle inden for området dels som følge af mikroklimatiske forhold.

3) anvende en skovbehandling, som udnytter de hæmmende klimaforholds variationsmulighed til gavn for træarten.

For ædelgranens vedkommende er fremgangsmåden anvendt ved en foreløbig proveniensundersøgelse med henblik på artens dyrkning i Danmark (*Løfting*, 1954). Forholdene blev bedømt på baggrund af vor beliggenhed i nærheden af en klimatisk tørkegrænse, karakteriseret ved, at tørkevanskelighederne indtræffer i den første del af vegetationsperioden (maj—juni). I overensstemmelse hermed viste i proveniensforsøgene afkom fra ædelgranens nedre grænse i Laposbjergene (Rumænien) bedst tilpasning (sundhed og vækst) til vore forhold. Samtidig blev det påpeget, at afkom fra ædelgranens nordlige begrænsning i Polen må vise samme gode tilpasning til vor klimatiske tørkegrænse for arten. Materiale til forsøg er hjemtaget fra den polske tørkegrænse, medens fornyet import fra Laposområdet er gennemført 1957/58.

For at opnå fuld sikkerhed i bedømmelsen af de klimatiske fugtighedsmangler, som får grænsevirkning for ædelgranens udviklingsmuligheder i Danmark, er ædelgranens egenartede fugtighedskrav søgt belyst og sammenlignet med rødgranens.

I henhold til ædelgranens udbredelse stiller træarten ret strenge krav med hensyn til nedbør og luftfugtighed; disse krav ændres kun i ringe grad med jordbundsforholdene. Træarten viser endvidere stor følsomhed over for forårsnattefrost og kan skades eller dræbes af hård vinterkulde.

Over for vinterkulde og forårsfrost er rødgran langt mindre følsom end ædelgran, medens fugtighedskravet i langt højere grad er knyttet til jordbundens fugtighedsforhold end ædelgranens. Rødgran kan således under gunstige fugtighedsforhold i rodrummet gro i et langt tørrere klima end ædelgran. Til gengæld viser rødgran f. eks. på tørt hedesand i Danmark, også i forholdsvis nedbørsrige områder, tidlige tørkesvækkelser (dimensionsbegrænsning, trametesangreb), også under forhold hvor ædelgran, når ungdomsstadiets vanskeligheder (forårsnattefrost m. v.) er overstået, viser god sundhed og vedvarende vækst.

Ædelgran udvikler allerede 1. år en lodretgående pælerod, som f. eks. er i stand til at nå ned til mineralsk jord gennem et ret anseeligt rødgranmorlag. Rodvæksten synes at være ret langsom, men opretholdes, selv om lystilgangen til planterne er ringe, og rødderne har stor evne til at klare sig også i ret tætlejret jord under ringe iltspænding (lav respiration). Medens den centrale pælerod normalt bevares og når ned i relativ stor dybde, udvikles efterhånden fra kraftige siderødder et stærkt rodnet, hvis fine rødder fordeles i rodrummet uden ensidig koncentration i morlaget.

Rødgran udvikler i modsætning hertil et rodsystem, som varierer stærkt efter jordbundsforholdene. Rodvæksten synes at foregå hurtigere end for ædelgranens vedkommende, men rødderne viser ringe evne til at trænge ned i tætlejret (formentlig iltfattig) jord og viser stor følsomhed over for vanskeligheder, der kan opstå i forbindelse med forsumpning. Resultatet vil i mange hedeplantager blive, at de dybereliggende rødder bliver dræbt, medens træarten koncentrerer rodvirksomheden i de øvre jordlag og gennemvæver morlaget med et tæt filt af fine rødder.

De foretagne rodundersøgelser i ældre bevoksninger viser, at rødgranens rodrum i vore hedeplantager under lige forhold ofte kun er ca. halvt så dybt som ædelgranens. Ædelgranen vil herigennem disponere over et langt større rodrum end rødgranen og sikres en større vandreserve. Rødgranens større koncentration af overfladiske rødder betinger til gengæld en hurtig vandoptagelse, så længe rodrummet er fugtigt, medens ædelgranens dybtsøgende rødder formentlig (jvf. lav rodrespiration) vil have et langsommere arbejdstempo, ligesom en noget langsom udbygning af rodrummet synes at genspejles i yngre ædelgranplantningers vanskeligheder på tør jord (modsat ældre ædelgranbevoksninger).

Medens ædelgran i sammenligning med rødgran er stærkt kulturfølsom i vore plantager, giver affaldslagets lettere omsætning, rodudviklingen (uden koncentration af fine rødder i morlaget) og fastholdelsen af et dybt rodrum ædelgranen bedre jordbundsforhold og vækstbetingelser for de ældre bevoksninger og herigennem større sundhed, stormfasthed og skovskabende evne.

Medens angreb af trametes (omfattende *Fomes annosus* og *Armellaria mellea*) svækker rødgranen og forringer det økonomiske udbytte i mange hedeplantager, viser ædelgran normalt stor resistens overfor trametes. Dette synes at stå i nøje forbindelse med ædelgranrøddernes evne til at modstå forsumpnings- og tørkekriser. Under forhold, hvor træarten tvinges til at afskrive de dybtsøgende rødder, synes den samtidig at miste den omtalte trametesresistens (jvf. eksemplet fra Ålplantage).

Ædelgrandyrkningen i de nordlige og vestlige dele af Europa viser træartens skarpe klimatiske krav, idet den mange steder i Tyskland, Holland, Belgien, østlige del af Storbritannien, Danmark og til dels i det sydlige Norge og Sverige møder klimatiske tørkegrænser og ofte vanskeligheder i forbindelse med sen forårsfrost, ganske på

tilsvarende måde som ved de fleste nedre grænser for træartens naturlige udbredelse. Langs Norges vestkyst, hvor fugtighedsbetingelser fuldt opfyldes, nærmer træarten sig sit minimumskrav m. h. t. varme i vækstperioden. Dette gælder i endnu højere grad for *Abies nordmanniana* (jvf. artens sene udspring). Eksempler på klimatisk begrænsning i nedbørsrige dele af Storbritannien skyldes formentlig lokale forårsfrostødelæggelser. I det indre Norge og Sverige synes vinterkulde og formentlig ofte tørkesvækkelser at begrænse træartens anvendelighed.

De nedre grænser for ædelgranens naturlige udbredelsesområde — specielt de ydre grænser mod lavere liggende sletteland — synes i almindelighed at være klimatisk betingede tørkegrænser, som skyldes, at ædelgranen møder en for hård fordampning (stigende sommer-temperatur i forbindelse med lavere luftfugtighed). Hertil er i mange tilfælde knyttet større fare for forårsnattefrost. I denne summariske fremstilling af forholdene ses der bort fra eventuelle vinterkuldegrænser ved artens østlige udbredelsesområder, fra menneskers indgreb og fra den fortrængning fra grænseområderne, som ædelgranen ofte udsættes for som følge af bøgens øgede konkurrenceevne i de nedre udbredelsesområder, hvor bl. a. den større sommervarme synes at begunstige bøgen på ædelgranens bekostning.

Tørkegrænsens umiddelbare nærhed giver sig udslag i tydelige svækkelser, som synes at indtræde i forbindelse med år, hvor de klimatiske fugtighedsforhold for ædelgran er særlig mangelfulde. Disse svækkelser medfører:

- 1) ujævn tilvækstgang (vækstforstyrrelser i klimatisk uheldige år),
- 2) unormalt nålefald, som kun efterlader fuld benåling af kronernes øverste, perifere dele, og
- 3) opblussen af chermesangreb, „Tannensterben“ m. m.

Svækkelserne virker selvsagt nedsættende på bevoksningernes bonitet, men bortset herfra synes de indenfor ret vide rammer at indtræffe på tværs af bonitetsforskellene.

Ædelgranens rent klimatisk betingede tørkegrænser kan forklares gennem:

1) Ædelgranens tidligere omtalte dybe rodudvikling, som normalt sikrer træarten en anelig vandreserve, men samtidig synes mindre velegnet til hurtig vandoptagelse.

2) Ædelgranens store følsomhed overfor fordampning, specielt i skudstrækningsperioden, hvor den kutikulære fordampning fra de nye skud er særlig stærk for ædelgrans vedkommende (*Härtel & Eisenzopf*, 1953).

Sammenholdes disse forhold, bliver det sandsynligt, at ædelgranens tørkekriser opstår under hård fordampning i skudstrækningsperioden, selv om rodtrumets vandreserve ikke er udtømt.

Forståelsen af, at ædelgranens naturlige begrænsning normalt er et tørkeproblem af rent klimatisk karakter, danner grundlag for anvendelsen af ariditetsindexberegningerne (*Martonne*, 1926) til fastsættelse af ædelgranens tørkegrænser i Frankrig (*Rol*, 1936).

Ariditetsindexberegninger i Danmark (efter formlen $I = \frac{P}{T + 10}$,

hvor P er årlig normalnedbør i mm og T årets middeltemperatur, giver lavere værdier end tilsvarende beregninger i de egne af Frankrig, hvor ædelgran naturligt forekommer eller findes anvendelig som skovtræ (Normandiet undtaget). De klimatiske fugtighedsbetingelser for ædelgrandyrkning i Danmark viser dog en vis samhörighed med den egnsvise variation i ariditetsindex, dog med så tydelige undtagelsestilfælde, at ariditetsindexberegninger (og beregning af reduceret regnfaktor på grundlag af pentanedbør og -temperatur (*Løfting*, 1951)) kun kan give en meget grov orientering med henblik på ædelgranens trivsel i Danmark. En noget bedre relation hertil ville man opnå ved at benytte de nævnte beregninger for den korte periode af året, hvor den klimatiske fugtighedsmangel for træartens dyrkning i Danmark kan blive kritisk (jvf. de månedlige ariditetsindexberegninger), men selv denne fremgangsmåde vil kun give en grov orientering.

Ædelgranens stærkt klimatisk betingede tørkegrænser, dens rodbygning og dens stærke kutikulære fordampning i skudstrækningsperioden giver anledning til følgende arbejdshypotese:

Træartens tørkesvækkelse hos os skyldes — når man ser bort fra lokaliteter med extreme jordbundsforhold — fordampningssvækkelse i forsommeren. Svækkelsen opstår under langvarig stærk kutikulær fordampning, idet rodvirksomheden (saftstigningen) er for langsom til at modsvare et sådant fordampningskrav.

Til støtte for denne hypotese tjener de undersøgelser over træartens vandforbrug, som jeg fik lejlighed til at foretage i 1957 (april-august) efter *K. Ladefogeds* metode (*Ladefoged*, 1956).

Målingerne foretoges på 3 ædelgraner og 1 rødgran i en 35-årig blandingsbevoksning i Torskov ved Århus, idet den tilgængelige vandmængde i forskellig roddybde jævnlgt blev undersøgt i forbindelse med målingerne. De to træarters vandforbrug fremgår af tabel 7 og 8.

Vandforbruget var ved forsøgets begyndelse af samme størrelsesorden for de to træarter. I den påfølgende ret tørre vækstperiode faldt rødgranens vandforbrug trods øget fordampningskrav — både absolut og i forhold til ædelgranernes vandforbrug.

Den 3/8 blev ædelgran 1 og 2 oversavet under vand, hvilket resulterede i et stærkt forøget vandforbrug. 6/8 blev ædelgran 4 og rødgran 3 bundvandet. Herved fordoblede rødgranen sit vandforbrug i forhold til 2/8, medens ædelgranens vandforbrug kun øgedes med godt 5 %; ved den påfølgende overskæring under vand, den 7/8, øgedes rødgranens vandforbrug knap 10 %, medens ædelgranens vandforbrug øgedes med ca. 60 %, således at de to træarters vandforbrug påny blev af samme størrelsesorden. Målingerne tyder på, at de to

træarters vandkrav for at opnå maksimal fordampning er af samme størrelsesorden, samt at rødgranen under vore klimaforhold er i stand til gennem rodvirksomheden at modsvare et stærkt fordampningskrav, så længe rodrummet er tilstrækkelig fugtigt; men træarten må tidligt nedsætte sit vandforbrug i en tør periode, medmindre der tilføres nyt vand (grundvand).

Ædelgranens vandtransport fra rødderne synes at foregå for langsomt til at modsvare „maksimal fordampning fra bevokset åreal“. Hvorimod træarten ved hjælp af sit gode rodrum synes at disponere over en vandreserve, som længe kan sikre træarten mod udtørring af jordbunden.

Idet ædelgran ved dyrkning i Danmark viser, at den tidvis udsættes for et fordampningskrav, som rodvirksomheden (saftstigningen) ikke kan modsvare, vil de svækkelser, dette medfører, markere den klimatiske tørkegrænse for arten.

Det vil herefter være muligt at påvise, hvilke klimafaktorer der medvirker til at hindre eller fremkalde de klimatiske tørkesvækkelser for arten. Tidsfæster man den periode af året, som med hensyn til klimatisk fugtighedsmangel kan blive kritisk for træartens dyrkning i Danmark, og foretager man en vurdering af de enkelte klimafaktoreres indbyrdes betydning for træarten indenfor denne periode, kan man endelig opstille en formel som et udtryk for denne normale klimatiske fugtighedsmangel for træartens dyrkning i Danmark.

Enhver klimafaktor, som indenfor dette kritiske tidsrum af året øver indflydelse på fordampningsforholdene, vil i denne forbindelse have betydning. De klimaforhold, som må tages i betragtning, vil ikke blot omfatte gennemsnitstemperatur og -nedbør (som ved ariditetsindexberegninger), men tillige relativ luftfugtighed (dampdeficit), solskinstimernes antal, tågedannelser, dugfald, regnhypighed og vindstyrke.

Ligesom andre træarter, der i relation til forholdene i vore hede- og klitplantager må betegnes som fugtighedskrævende, viser ædelgran en tørkefølsomhed, som synes at være nær knyttet til skudstrækningsperioden. Kurver (for sideskud) visende skudstrækningsrytme og -tidsrum for henholdsvis ædelgran, rødgran og japansk lærk er vist på figur 29, medens tilsvarende kurver for forskellige ædelgranprovenienser, rødgranprovenienser og nordmannsgrantyper er vist henholdsvis på figur 27 og 44.

Ædelgranens tørkefølsomhed under skudstrækningen beregnet til perioden 16/5—30/6 er særlig iøjnefaldende, dels fordi den kutikulære (uregulerbare) fordampning under skudstrækningen som nævnt er særlig høj for ædelgrans vedkommende, dels fordi skudstrækningen foregår på en tid, hvor fordampningskravet normalt er særlig stærkt i Danmark (stærk indstråling og stor daglængde i forbindelse med ringe luftfugtighed og ringe skydække samt relativ lav nedbør og få tågedage).

Et sammenligningsgrundlag for de normale klimatiske fugtighedsmanglers (\bar{A}_{kf}) variation inden for Danmarks grænser skulle man

herefter kunne få ved at betragte fordampningsunderskuddet i perioden 16/5—30/6 og herfra trække tåge- og dugvirkningen i samme tidsrum.

Formlen får da følgende udseende:

$$Æ_{kf} = (F \div N) \div c_1 \text{tg} \div c_2 d,$$

hvor: F er maksimalfordampning, målt i mm, 16/5—30/6

N er nedbør, " " " "

(F ÷ N) er fordampningsunderskud " " "

tg er tågedagenes antal, " "

d er dugfald, " " "

medens c_1 og c_2 er konstanter.

Maksimalfordampningen, F (fordampningen fra bevokset areal forudsat rigelig fugtighed i rodrummet og tilstrækkelig hurtig rodvirksomhed til opfyldelsen af fordampningskravet) er udregnet efter *Penmans* formel (*Penman*, 1948) ændret efter danske forhold af *Aslyng* (1954). Samtlige klimatal, bortset fra dugfaldet, er taget fra Meteorologisk institutets normaltal (Danmarks klima, 1933).

Konstanterne for tåge- og dugvirkning er beregnet således, at de hver udtrykker tågens og duggens fordampningsbeskyttende virkning og ikke træernes optagning af tåge og dug (kutikulær vandoptagelse).

Ansættelsen af begge konstanter (c_1 og c_2) til 3,5 for virkningen af henholdsvis 1 tågedag og 1 mm dug bliver herved meget forsigtig. Udregning af formelen for de danske stationer, hvor dette (bortset fra dugvirkningen) er muligt, findes i tabel 11 på side 118.

Udregningerne giver et billede af variationen i de klimatiske fugtighedsmanglers normale værdi for ædelgrandyrkning i landets forskellige egne. Af tabellens sidste kolonne fremgår, at der er ret betydelig variation i de klimatiske fugtighedsbetingelser for ædelgrandyrkning fra egn til egn, medens variationerne i formlens enkelte led viser, på hvilken måde ændringerne i de klimatiske fugtighedsbetingelser fra station til station kan forklares.

De enkelte klimafaktorerens virkning er i nogen grad retningsbestemt: Fordampningen (indstrålingen) er hårdest på sydvendt terrain, nedbørsvirkningen er noget forøget på vestvendt terrain, tågevirksomheden er stærkt retningsbestemt fra vest, hvorved såvel vestsiderne af skoven som vesthældende terrain modtager den stærkeste tågevirksomhed, medens dugvirkningen nedsættes på østhældende terrain og i østlige udkanter af skoven, idet den her bortvejres tidligt.

Terrainhældningerne får således stor betydning for ædelgrandyrkningen, idet vestvendt og tildels nordvendt terrain normalt må foretrækkes, medens navnlig østvendt terrain giver træarten ugunstige klimatiske fugtighedsbetingelser.

I hvilken grad terrainhældningerne er afgørende for ædelgrannens udvikling afhænger tildels af, hvor store de samlede makroklimatiske fugtighedsmangler er i den pågældende egn, d. v. s. hvor nær træarten er ved sin tørkegrænse, dels også af hvilken klimafaktor

der i særlig grad er farlig (indstråling) eller mangelfuld (nedbør, tåge eller dug) indenfor området.

I bjergegne med stærk indstråling er forskellen mellem træartens udvikling på nord- og sydvendt terrain således meget iøjnefaldende. I Danmark varierer terrainvirkningen for ædelgrandyrkning stærkt. I de vestlige egne (klitområderne og de vestligste hedeegne) er terrainhældningernes indflydelse mindst iøjnefaldende, medens virkningen i Østjylland er langt mere afgørende, idet navnlig østvendt terrain kan være katastrofalt for ædelgrandyrkningen. Samtidig med, at træarten i udpræget grad foretrækker vest og nordvendt terrain, må det tilføjes, at udtørrende træk ind under ædelgranbevoksninger har en stærkt skadelig virkning (jvf. træartens gode udvikling i uregelmæssige, blandede bevoksninger).

Ædelgranens fordampningsfølsomhed i forbindelse med stor skyggetålningsevne berettiger en udstrakt anvendelse af beskyttelse for ædelgrankulturerne (plantning under skærm af gammel bevoksning eller forkultur, langsom nordrands- eller kulisseforyngelse, kappeplantning m. v.). Disse foranstaltninger vil være sideløbende med beskyttelse mod forårsnattefrost (se senere), navnlig på steder, hvor fordampningen er høj og tåge- og dugvirkningen ringe, kræves der en meget langsom afvikling af denne beskyttelse.

Rent anatomisk synes dette at kunne forklares gennem undersøgelser over nålenes hypodermalag, som kriminalassistent *E. Tellerup* velvilligt har udført.

Materialet omfatter nåle fra unge, mellemaldrende og gamle træer — dels skyggenåle, dels nåle i fuldt lys samt nåle fra forskellige provenienser af ædelgran. Hypodermalaget består af tykvægede celler, som under overhuden danner et mere eller mindre udviklet lag. Hypodermaens funktion må blandt andet være at hindre en for stærk kutikulær fordampning.

Cellelaget er hos unge planter og på skyggenåle meget ufuldstændigt udviklet, kun få pct. af nålenes overflade, hvorimod det på ældre og mellemaldrende træer kan være stærkt udviklet på nåle i fuldt lys. Materiale fra ædelgranens tørkegrænse ved Bergzabern viste helt op til $99 \pm 1\%$ hypodermalag. Proveniensbestemte forskelle kunne ikke med sikkerhed konstateres, men undersøgelserne fortsættes.

Idet dugvirkningen endnu ikke kan medregnes i formlen (på grund af utilstrækkeligt talmateriale), er der som et første forsøg på at bestemme dugfaldets størrelse og variation fra egn til egn indenfor perioden 16/5—30/6 og med henblik på *Abies nordmannianas* dyrkningsforhold tillige i juli og august måned, iværksat dugmålinger ved Stendalgård (s. v. for Viborg) og ved Vosnæs (Århusbugten), første gang i sommeren 1954 (målingerne fortsættes).

De anvendte metoder er meget simple, idet der begge steder bliver udlagt 1 m² filt (nøjagtig ens stykker) over en ramme 5—10 cm over jorden. Filtstykkerne bliver (forudsat tørvejr) vejet hver eftermiddag i tiden fra 16. maj til 1. september og vejet påny tidlig hver

morgen indenfor samme tidsrum; vægtforøgelserne hver nat noteres, idet de angiver den faldne dugmængde. Hvis der i løbet af en nat er faldet regn, noteres der intet dugfald, hvorimod de faldne regnmængder måles ved hjælp af almindelig regnmåler. Standpladserne er valgt således, at de ydre forhold er så ensartede som muligt, i begge tilfælde over ren jord ca. 5 m vest for en hæk, der skal forhindre den tidlige morgensol i at ramme arealerne. Anbringelsen blev beset og godkendt af statsmeteorolog *I. Sestoft*.

Dugfaldet indenfor perioden 16/5—30/6 synes herefter (i vandret plan) årlig at være 4—6 mm ved Stendalgård og 3—4 mm ved Vosnæs. (Undersøgelserne omfatter endnu kun 4 år).

Når dugvirkningen på trods heraf er meget betydelig for ædelgranerne, skyldes det:

- 1) duggens regelmæssige tilbagevenden efter dage med hård fordampning og dugmængdens forøgelse i tørkeperioder,
- 2) at duggen, som fortættes og lægger sig over et meget stort areal i kronerne, udgør en betydelig større vandmængde end den, man får udtrykt ved at opfange og måle dugfaldet — ligesom nedbør — i et horisontalt plan,
- 3) ædelgranens nålestilling (specielt hos træer af tørkepræget proveniens), som sikrer fastholdelsen af små vandmængder og yder beskyttelse mod vandets fordampning i den stillestående luft mellem nålene.

Variationerne i de klimatiske vanskeligheder udtrykt gennem formelen for \mathcal{A}_{kf} i perioden 16/5—30/6 viser god overensstemmelse med træartens anvendelighed som skovtræ i landets forskellige egne overalt hvor den klimatiske fugtighed har grænsevirkning for træartens udvikling.

Formlen giver herigennem et godt grundlag for forståelsen af:

- 1) de proveniensproblemer, der står i forbindelse med vor klimatiske tørkegrænse for ædelgranen,
- 2) de forskellige egnes normale klimatiske fugtighedsbetingelser for ædelgrandyrkning og af
- 3) disse betingelsers ændringer efter terrain, skovbehandling m. v.

Ædelgranens dyrkningsvanskeligheder skyldes imidlertid også vor sene forårsnattefrost, og den ødelæggelse, nattefrosten anretter i vore ædelgrankulturer, er endog så alvorlig, at den med god ret kan betegnes som den stærkest begrænsende faktor for træartens større anvendelse i de fleste hedeplantager.

Ædelgranernes forholdsvis tidlige udspring (som kun i meget begrænset omfang er proveniensbestemt) nødvendiggør i mange egne og på mange lokaliteter en meget omhyggelig beskyttelse (jvf. også foranstaltninger til beskyttelse mod fordampning). Denne beskyttelse kan opnås gennem tidlig indplantning under gammel, vindfast bevoksning, plantning under forkultur, kappeplantning (samtidig plant-

ning af ædelgran og et lystræ i „samme hul“), renholdelse af jordbunden o. s. v.

Faren for forårsnattefrost varierer stærkt fra egn til egn (jvf. Danmarks Klima, 1933), idet den gennemgående er størst i det indre af landet, men samtidig er frostfaren stærkt lokalpræget og i særlig grad knyttet til græsbundne lavninger og flader, hvor den stille, kolde luft kan samle sig, eller til dalbunde, hvorigennem den kolde luft ledes ned til lavere liggende terrain. Udspringet af topknopperne er normalt mere eller mindre forsinket i forhold til sideknopperne, hvorved nogle ædelgraner, hvor frostvirkningen ikke er for stærk, får lejlighed til at arbejde sig op over det frostfarlige luftlag langs jordoverfladen. Frostskadede ædelgraner (herunder i sjældnere tilfælde vinterfrostskadede) synes ligesom fordampningssvækkede ædelgraner i særlig grad at være udsat for chermesangreb.

Forårsnattefrostens virkninger er i modsætning til de klimatiske tørkesvækkelser eensidigt knyttet til kulturstadiet. Forårsnattefrostens klimatiske grænsevirkning for træartens anvendelighed bliver derfor bedst udtrykt gennem de foranstaltninger, som er nødvendige for at sikre ædelgrankulturerne mod nedfrysning på de forskellige lokaliteter. Dette vil være et rent kulturteknisk-økonomisk spørgsmål og således nøje forbundet med de skovdyrkningsmæssige forudsætninger, man har for at skabe tilstrækkelig beskyttelse, og med, hvor meget man kan og vil ofre på at skærme ædelgranerne, indtil de er udenfor frostfare, hvilket i nogen grad vil stå i forbindelse med, hvor let og sikkert man kan dyrke andre værdifulde træarter på arealet.

Erfaringerne fra de gamle plantageanlæg viser, at kun en meget ringe del af de oprindelig plantede ædelgraner i egne, hvor sen forårsfrost er almindelig, har formået at udvikle sig. De ædelgraner, som har undgået total ødelæggelse, har i ungdommen oftest været helt overvoksede af andre træarter, ofte hvidgran og bjergfyr, gennem hvis kroner ædelgranerne senere har formået at vokse op, i andre tilfælde af rødgran, som på et tidligt tidspunkt er blevet tyndnålet eller lyshugget. Disse ædelgraner har imidlertid efter at være kommet op vist en vedholdende og sikker vækst i forbindelse med større sundhed, stormfasthed og jordbundsforbedrende evne end rødgranerne.

En sammenligning mellem ædelgranens og rødgranens produktion og økonomi giver meget forskellige resultater i de forskellige egne og på forskellige lokaliteter. Under forhold, hvor begge træarter finder tålelige kår, vil deres produktion være af samme størrelsesorden, medens tilvækstgangen synes at vise forskelligheder, som er ret karakteristiske, idet ædelgran normalt viser en langsommere begyndelsesvækst, men en mere vedholdende vækst i de ældre bevoksninger end rødgran (jvf. rødgranens ringere sundheds- og jordbundsforhold i de ældre bevoksninger). Da ædelgranen tilmed i vedkvalitet og i effekternes ensartede rette form (småeffekterne undtaget) nærmer sig stærkt til rødgran, vil en øget anvendelse af ædelgran som indblantringstræ også i 1. generation være meget værdifuld i vore plantager.

Ved anvendelse af hjælpetræer og forbedret kulturteknik og skovbehandling søger man derfor i alle egne, hvor de klimatiske fugtighedsbetingelser muliggør træartens senere udvikling, at sikre ædelgranerne mod nedfrysning og at øge deres anvendelse såvel i 1. generation som i foryngelserne.

En egnsvis gennemgang af dyrkningsforholdene for ædelgran i Danmark viser god relation til den opstillede formel for \bar{A}_{kf} 16/5—30/6, samtidig varierer kulturtekniken fra egn til egn efter de lokale betingelser for forårsfrost, medens rødgranens vækst- og sundhedsforhold får stor indflydelse på, i hvilken grad ædelgranen indtræder i rødgranens sted som hovedtræart i den enkelte egn.

Selvom afkom af de mere specialiserede ædelgranforekomster fra den polske tørkegrænse og Lapusområdet ved dyrkning i Danmark synes at være mindre følsomt over for klimatisk fugtighedsmangel i perioden 16/5—30/6 end normalt for arten, synes dette ædelgranmateriales klimatiske krav dog at gå i samme retning som det øvrige ædelgranmateriales.

I modsætning hertil synes *Abies Nordmanniana*, *Spach.* at være opdelt i klimaracer, som kan afvige så stærkt fra hinanden, at deres krav til vokseplads og klima hos os går i forskellig retning. Dyrkningsproblemerne bliver herved afhængige af proveniensvalget på en sådan måde, at vort *Abies Nordmanniana*-materiale må deles i hovedgrupper, der skovdyrkningsmæssigt må opfattes, som om de var selvstændige træarter.

Da de nordmannsgraner, som er anvendt i vore skove og plantager, ikke kan føres tilbage til geografisk- og klimatisk veldefinerede provenienser, har det været nødvendigt at inddele materialet i typer bestemt efter udspring og skudsstrækningsperiode (jvf. fig. 44).

Skovdyrkningsmæssigt opnår man størst forståelse af de forskellige typers værdi og krav til klima og vokseplads ved at betragte dem som stærkt specialiserede ædelgraner.

Ganske som for almindelig ædelgran synes 1) det klimatiske fugtighedskrav (fordampningssvækkelser), 2) forårsnattefrost og 3) vinterkulde på afgørende måde at kunne begrænse træartens anvendelighed. Det er sandsynligt, at nordmannsgranens klimatiske fugtighedskrav i vækstperioden i virkeligheden nærmer sig ædelgranens, og nyudsprungne nordmannsgraner er på ingen måde mere modstandsdygtige overfor frost end ædelgraner, hvis skud er på samme udviklingstrin, men nordmannsgranens senere udspring forskubber den kritiske periode m. h. t. tørkesvækkelser og forårsfrost i en efter vore normale klimaforhold gunstig retning. Til gengæld viser ædelgran hos os kun sjældent følsomhed overfor vinterkulde, medens nogle af de sent udspringende nordmannsgraner hos os synes at tåle en hård vinter meget dårligt.

På baggrund af ovenstående bliver det under vore klimatiske forhold naturligt, at svækkelser, der medfører ødelæggende chermesangreb på almindelig ædelgran, oftest kan føres tilbage til tørkesvækkelser (kritisk fordampning) i skudsstrækningsperioden eller til for-

årsnattefrost. Tilsvarende forhold kan man iagttage på nordmannsgraner af tidligt brydende type, medens vintersvækkelser (kambialsprængning) oftere synes at give anledning til chermesødelæggelser på visse sentbrydende typer. De enkelte typers reaktioner overfor vort klima, deres krav til voksepladsen og deres skovdyrkningsmæssige værdi viser herved store indbyrdes forskelligheder.

Ren *Abies Nordmanniana* synes hos os tidligst at bryde midt i maj, lidt senere end normalt for almindelig ædelgran, men mange typer bryder først i løbet af juni måned, medens enkelte typer først bryder i begyndelsen af juli (under skærm).

1) De klimatiske fugtighedsmangler \bar{A}_{kf} udregnet for skudstrækningsperioderne henholdsvis 16/5—30/6, 1/6—15/7, 16/6—31/7 og 1/7—15/8 er vist i tabel 15 for nogle danske stationer. Det fremgår heraf, at \bar{A}_{kf} for ædelgran og tidligt brydende nordmannsgran numerisk er langt større end for sent brydende nordmannsgran på samme lokalitet.

2) Faren for forårsnattefrost ses umiddelbart af udspringstidspunktet for de forskellige typer sammenholdt med tidspunktet for de enkelte stationers sidste forårsfrostmåling (tabel 16).

3) Faren for vinterfrost (mangelfuld modning): For ædelgran og tidligtbrydende nordmannsgran synes skudmodningen normalt at være tilstrækkelig, og alvorlige vintersvækkelser forekommer ret sjældent.

For de sent brydende nordmannsgraner synes skudmodningen at blive mere usikker, idet vækstperiodens varmesum fra udspringstidspunktet til første efterårsfrost her er kendelig forringet, jvf. tabel 16, medens alvorlige vintersvækkelser jævnlig vil indtræffe i mange egne (stærkt lokalitetbestemt).

Skovdyrkningsmæssigt falder arten *Abies Nordmanniana* herefter ved dyrkning i Danmark i to hovedgrupper:

- a) De tidligt brydende nordmannsgraner, som slutter sig nær til almindelig ædelgran, idet deres krav til klima, vokseplads og skovbehandling stort set ligesom ædelgranens bestemmes af de klimatiske fugtighedsforhold i skudstrækningsperioden.
- b) De sent udspringende nordmannsgraner, for hvilke fugtighedsproblemerne i skudstrækningsperioden normalt er underordnede, medens vækstperiodens længde og varmeforhold efter træernes udspring afgør deres anvendelighed i de forskellige egne samt deres krav til vokseplads og skovbehandling.

En gennemgang af nordmannsgrantypernes udvikling i forskellige egne af landet og under forskellige mikroklimatiske kår (terrainhældninger m. v.) bekræfter den foretagne inddelings værdi samt det berettigede i, at nordmannsgran skovdyrkningsmæssigt betragtes som ædelgran med forskudt skudstrækningsperiode.

SUMMARY.

Since a climatic limiting region for a tree species may be defined as a region where certain climatic conditions are periodically so adverse to the species in question as to have a decisive influence on its development, Silver fir in Denmark as well as *Abies Nordmanniana* may be assumed to be in a climatic limiting region when the healthy development of the species is being considered.

The growth conditions in Denmark for these two tree species have already been considered from this point of view and the more general ideas behind this procedure are set out briefly in the following.

Any tree species may encounter various kinds of climatic limitations, but any particular limiting region may be characterised by:

- (1) the climatic conditions having a limiting effect on the possible development of the species.
- (2) the period of the year during which the climatic conditions in question may have a critical influence on the development.

During the period when critical divergences between the climatic requirements of the tree species and the climatic conditions may arise, the tree species will

- (1) be exposed to an intensive selection due to these climatic difficulties.
- (2) display a great sensibility to apparently small changes in these conditions.

In so far as the difficulties of the species in a particular region are dependent on climatic conditions, it is necessary, in order to understand the growth conditions for the species:

Within that period of the year, when the climatic conditions become critical to the development of the species, to know the climatic conditions which create a critical situation for it.

This assumes a certain knowledge of the ecology of the tree species — possibly based on a comprehensive observation material within the particular region — as well as a close knowledge of the local climate.

Consequently, if it is desired to grow a tree species within a climatic limiting region far from the natural habitat of the species, one should investigate the climatic conditions within the new growth territory which will have a limiting effect on the species and the time

of year when these climatic conditions may become critical to the development of the species.

Having closely investigated these conditions, one should:

- (1) use seed from provenances just within the natural climatic limit for the species, where, due to the climatic rhythm, corresponding climatic difficulties get a limiting effect at the same time of the year as within the new growth territory.
- (2) choose the site for the species within the new territory in places where the climatic conditions having a limiting effect on the species are normally least perceptible, due partly to macroclimatic differences within the territory and partly to a consequence of microclimatic conditions.
- (3) adopt a silvicultural procedure which utilises the variations in the inhibitory climatic conditions to the benefit of the tree species.

This procedure has been used in a preliminary provenance experiment for Silver fir with a view to growing the species in Denmark (*Løfting*, 1954). The conditions were assessed from the point of view of Denmark being situated near a climatic drought limit, characterised by the drought difficulties occurring in the first part of the growing season (May-June). Accordingly, in the provenance experiment, trees grown from seed taken from the lower limit of Silver fir in the Lapos Mountains (Roumania) proved to have the best adaptability (health and growth) to conditions in Denmark. At the same time, it was emphasised that trees grown from seed from the northern limit of Silver fir in Poland must possess the same good adaptability to the drought limit in Denmark. Material for experiments has been obtained from the Polish drought limit, while renewed importation from the Lapos region was carried out in 1957/58.

To obtain full security in the assessment of the climatic moisture deficiencies which have a limiting effect on the growth potentialities of Silver fir in Denmark, efforts have been made to elucidate the special moisture requirements of Silver fir and to compare them with those of Norway spruce.

Judging from the geographical distribution of Silver fir, this species makes heavy demands in respect of precipitation and atmospheric humidity, and these demands change but little with soil conditions. Moreover, this species shows great sensibility to late frost in spring and may be damaged or killed by severe winter frost.

Norway spruce is far less sensitive to frost in winter and spring than is Silver fir, whereas its demands in respect of moisture depend on the moisture in the soil to a much higher degree than do those of Silver fir. Thus, under favourable moisture conditions in the rooting space Norway spruce is able to grow in a much drier climate than is Silver fir. On the other hand, also in areas with high precipitation Norway spruce, displays sensibility to drought in dry moorland sand in Denmark (limitation of dimensions, *Trametes* attack) under

conditions where Silver fir, once the establishment difficulties have been overcome (late spring frost, etc.) shows good health and continuous growth.

Silver fir develops in the first year a vertical taproot which is able to reach the mineral soil through a quite considerable layer of Norway spruce mor. Root growth seems to be rather slow, but is maintained even though the available light to the plants is low and the roots have a good ability to remain alive also in rather dense soil with a slight oxygen tension (low respiration). While the central taproot is normally retained, reaching down to a relatively great depth, vigorous lateral roots gradually develop into a strong root system, the fine roots of which are distributed in the rooting zone without unilateral concentration in the mor layer.

Norway spruce, on the other hand, develops a root system which varies greatly according to soil conditions. Root growth seems to take place more quickly than in the case of Silver fir, but the ability of the roots to penetrate into dense soil (presumably deficient in oxygen) is poor, and the roots are highly sensitive to difficulties that may arise in connection with bog formation. As a result, in many moorland plantations the more deeply lying roots are killed, while the tree species concentrates its root activity in the upper soil horizons, interweaving the mor layer with a dense network of fine roots.

Root investigations in old stands show in the Danish moorland plantations, that under identical conditions, the rooting zone of Norway spruce is often only half as deep as that of Silver fir. Silver fir thus has available a much larger rooting zone than Norway spruce and, consequently, a larger water reserve. On the other hand, the greater concentration of the superficial roots of Norway spruce enables it to absorb water quickly when the rooting zone is moist, whereas the deep-reaching roots of Silver fir (cfr. low root-respiration) presumably will have a slower rate of moisture absorption, and, furthermore, a somewhat slow utilization of the rooting zone seems to be reflected in the difficulties of young Silver fir stands in dry soil (in contrast to what is the case with older Silver fir stands).

While, unlike Norway spruce, Silver fir in Danish plantations is very sensitive when young the easier litter decomposition, the root development (without concentration of fine roots in the mor layer) and the maintenance of a deep rooting zone, all provide better soil and growth conditions for the older stands of Silver fir and, consequently, better health, windfirmness and ability to form forests.

Whereas attacks by butt rot (comprising *Fomes annosus* and *Armillaria mellea*) tend to weaken Norway spruce, thus reducing the economic yield of many moorland plantations, Silver fir usually shows great resistance to butt rot. This seems to be closely related to the ability of Silver fir roots to resist crises due to bog formation and drought. Under conditions where this species is forced to abandon its deep-reaching roots it seems, at the same time, to lose the said resistance to *Trametes* (refer the example from Ål plantation).

The growth of Silver fir in the northern and western parts of Europe illustrates the distinct climatic requirements of this species. In many places in Germany, Holland, Belgium, the eastern part of Great Britain, in Denmark and, partially, also in southern Norway and Sweden, it encounters climatic drought limits and often difficulties in connection with late spring frost, exactly in the same way as at most of the lower altitude limits to its natural range. Along the westcoast of Norway, where its moisture requirements are fully satisfied, this species approaches its minimum requirement in respect of heat in the growth period. This holds good in a still higher degree for *Abies Nordmanniana* (ref. the late flushing of this species). Examples of climatic limitation in parts of Great Britain with high rainfall are presumably due to local spring-frost damage. In the interior of Norway and Sweden winter cold and, presumably, also sensibility to drought seem to put a limit to the applicability of this species.

The limits at lowest possible altitudes to the natural range of Silver fir — especially the outward limit towards more lowly lying plains — seem, generally, to be climatic drought limits resulting from the fact that Silver fir encounters too high evaporation (rising summer temperature in conjunction with lower atmospheric humidity). In many cases there is, additionally, a greater risk from late night frost. In this brief account of the conditions, any winter-cold limits for the species in the east of its natural range are neglected, as are also the interference of man and the supersession from the marginal regions of its range to which Silver fir is frequently exposed owing to the increased competitiveness of beech in the lower altitudes of distribution, where, *inter alia*, the dry summer heat seems to favour beech at the expense of Silver fir.

The proximity of the drought limit is shown by distinct debilitations, which seem to occur in years when the climatic humidity conditions are especially unfavourable for Silver fir. Such debilitations result in

- (1) irregular rate of increment (growth disturbances in climatically unfavourable years),
- (2) abnormal needle shedding, leaving full foliage only in the uppermost, peripheral parts of the crowns, and
- (3) increased liability to Chermes attack, "Tannensterben", etc.

Naturally, the debilitations have a detrimental effect on the quality of the stands, but, apart therefrom, they seem to occur, within rather wide limits, irrespective of differences in site classes.

The drought limits for Silver fir (which are solely dependent on climatic conditions) may be explained by the following facts: —

- (1) The above-mentioned deep root-development of Silver fir, which, normally, ensures a considerable water reserve but, at the same time, seems less suitable for rapid water absorption.

(2) The great sensibility of Silver fir to evaporation, especially in the flushing period, where the cuticular evaporation from the new shoots is particularly high in the case of this species (*Härtel & Eisenzopf, 1953*).

In view of these facts, it is probable that the drought crises of Silver fir occur during high evaporation in the flushing period although the water reserve of the rooting zone is not exhausted.

The realization of the fact that the natural limitation to Silver fir is normally a drought problem of purely climatic nature, forms the basis for the application of the aridity-index calculations (*Martonne, 1926*) for determining the drought limits of Silver fir in France (*Rol, 1936*).

Aridity-index calculations in Denmark (by the formula $I = \frac{P}{t + 10}$

where P is the average annual precipitation in mm and t is the mean temperature of the year) give lower values than corresponding calculations in the parts of France where Silver fir has its natural habitat or is found usable as a forest tree (Normandy excepted). The climatic moisture conditions for Silver fir growth in Denmark, however, show a certain relationship to the regional aridity-index variations, though with such distinct exceptional cases that aridity-index calculations (and calculation of a reduced rain factor based on penta-rainfall and penta-temperature (*Løfting, 1951*)) will give only a very rough indication of the thriving of Silver fir in Denmark. A somewhat better relationship could be obtained by applying the said calculation to the short period of the year when the climatic moisture deficiency is liable to become critical to the growth of this species in Denmark (cfr. the monthly aridity index calculations), but even this procedure may be taken only as a rough indication.

The drought limits of Silver fir — so greatly dependent on climatic conditions —, its root structure and its high cuticular evaporation in the flushing period give rise to the following working hypothesis: —

Disregarding localities with extreme soil conditions, the drought debilitation of the species in this country are due to evaporation debility in early summer. The debility occurs during a protracted, high cuticular evaporation, the root activity (the ascent of sap) being too slow to counterbalance this evaporation requirement.

The investigations into the water consumption of the species which the author had occasion to carry out in 1957 (April-August) on K. Ladefoged's method (*Ladefoged, 1956*) support this hypothesis.

Measurements were made on 3 Silver fir trees and 1 Norway spruce tree in a 35-year-old mixed stand in Torskov Forest, near Århus, the available moisture at various root depths being examined regularly at the same time. The water consumption of these two species are given in Tables 7 and 8.

At the beginning of the experiment the water consumption was of the same order for the two species. In the subsequent, rather dry,

growth period the water consumption of Norway spruce dropped in spite of increased evaporation requirements — both absolutely and in comparison with the water consumption of Silver fir.

On August 3, Silver firs 1 and 2 were sawn through under water, resulting in a greatly increased water consumption. On August 6, Silver fir 4 and Norway spruce 3 were bottom-watered. The Norway spruce then doubled its water consumption as compared with that on August 2, while the water consumption of the Silver fir increased only by little more than 5 per cent. After the subsequent cutting under water, on August 7, the water consumption of the Norway spruce increased by some 10 per cent, while that of the Silver fir increased by about 60 per cent, so that the water consumptions of the two species again became of the same order. The measurements seem to indicate that the water requirements of the two species for obtaining the maximum evaporation are of the same order of magnitude, and that, under climatic conditions in Denmark, Norway spruce is able, through its root activity, to meet a high evaporation requirement as long as the rooting zone is sufficiently moist, but this species has to reduce its water consumption early in a dry period, unless additional water is supplied (ground water).

The transport of water from the roots of Silver fir seems to take place too slowly to make up for "the maximum evaporation from the stocked area", whereas, through its ample rooting zone this species seems to have at its disposal a water reserve which may safeguard it for a long time against drying out of the soil.

As Silver fir in Denmark is periodically exposed to evaporation requirements which the root activity (the sap ascent) cannot satisfy, the impairment of health resulting will indicate the climatic drought limit of the species.

It will then be possible to show which climatic factors contribute towards preventing or promoting climatic drought debilitation of the species. If the period of the year when the climatic moisture deficiency may become critical for the growth of the species in Denmark is established, and if an assessment is made of the relative importance of the individual climatic factors to the species within that period, it is, finally, possible to formulate an expression for the normal climatic moisture deficiency affecting the growth of the species in Denmark.

Any climatic factor affecting evaporation conditions during this critical period will be important in this connection. The climatic conditions which have to be taken into account will comprise not only mean temperature and average rainfall (as in aridity-index calculations), but also the relative atmospheric humidity (vapour deficiency), the number of hours of sunshine, fog formation, dew-fall, incidence of rain, and wind force.

Like other tree species which, in relation to the conditions in Danish moorland and dune plantations, must be regarded as moisture demanders, Silver fir displays a sensibility to drought which seems to be closely related to the flushing period. Curves (for side shoots)

indicating flushing rhythm and flushing periods for Silver fir, Norway spruce and Japanese larch are shown in Fig. 29, while similar curves for various Silver fir provenances, Norway spruce provenances and *Abies Nordmanniana* types are shown in Fig. 27 and 44.

The sensibility to drought of Silver fir during flushing calculated to take place in the period May 16—June 30, is particularly conspicuous, partly because, as mentioned, the cuticular (uncontrollable) evaporation during flushing is especially heavy for Silver fir, and partly because flushing takes place at a time when the evaporation requirement is normally extraordinarily high in Denmark (intense radiation and great length of the day in conjunction with a low atmospheric humidity and few clouds, as well as relatively little rainfall and few foggy days).

It should then be possible to obtain a standard of comparison for the variation in the normal climatic moisture deficiencies (\mathcal{A}_{kf}) within the boundaries of Denmark, by regarding the evaporation deficit in the period May 16—June 30, deducting therefrom the fog and dew activity in the same period.

The formula will then be as follows: —

$$\mathcal{A}_{kf} = (F-N) - c_1 \text{tg} - c_2 d,$$

where

F	= maximum evaporation in mm, from 16/5 to 30/6
N	= rainfall " " " " " "
(F—N)	= evaporation deficit " " " " " "
tg	= Number of foggy days " " " "
d	= dew-fall " " " " " "
while c_1 and c_2 are constants.	

The maximum evaporation, F (the evaporation from a stocked area on the assumption of moisture in the rooting zone and sufficiently rapid root activity to satisfy the evaporation requirement), has been calculated from Penman's formula (Penman, 1948) adapted to Danish conditions by *Aslyng* (1954). All climatic figures, apart from the dew-fall, have been taken from the standard figures of the Danish Meteorological Institute (Denmark's Climate, 1933).

The constants for fog- and dew-effect are calculated so that each of them expresses the evaporation-protecting effect of the fog and the dew, and not the absorption by the trees of fog and dew (cuticular water absorption).

Making both constants (c_1 and c_2) equal to 3.5 for the effect of one foggy day and one millimetre dew, respectively, may thus be said to be very conservative. Calculations of the formula for the Danish stations where this (apart from the dew effect) is possible are found in Table 11.

The calculations give an idea of the variation in the normal value of the climatic moisture deficiencies for Silver fir growth in the various parts of Denmark. From the last column of the Table it may be seen that there is a considerable variation in the climatic moisture

conditions for Silver fir growth from place to place, while the variations in the individual terms of the formula illustrate in which way the changes in the climatic moisture conditions may vary from station to station.

The effect of the individual climatic factors is partially directional: The evaporation (the radiation influx) is highest from slopes with a south aspect; the rainfall effect is increased somewhat from slopes with a west aspect; the fog effect is highly directional: from the west, whereby the western sides of the forest, as well as ground sloping westwards, receive the strongest fog effect, while the dew effect is reduced in ground sloping to the east and on the eastern outskirts of the forest because the dew vanishes earlier there.

Thus, the aspect is very important for the growth of Silver fir; normally, west and partially north aspects should be preferred, while, in particular an eastern aspect gives climatic moisture conditions unfavourable for the species.

The extent to which the aspect is decisive for the development of Silver fir, depends partly on the magnitude of the total macroclimatic moisture deficiencies in the region concerned, i.e. how close the tree species is to its drought limit, and partly on the climatic factor which is particularly dangerous (radiation influx) or insufficient (rainfall, fog, dew) within the region.

In mountainous regions with intense insolation the difference between the development of the species on slopes with north and south aspects is thus very striking. In Denmark the effect of topography on Silver fir varies greatly. In the most westerly districts (the dune regions and the westernmost moorland regions) the influence of the aspect of the slopes is least pronounced, while in East Jutland this effect is far more predominant; in particular, slopes with an east aspect may be fatal to Silver fir. The species definitely prefers slopes with west and north aspects. However, the sweeping of desiccating winds under Silver fir stands has a highly detrimental effect (cfr. the favourable development of the species in irregular, mixed stands).

The sensibility of Silver fir to evaporation, in conjunction with its strong shade-bearing properties, warrants extensive use of overhead shelter for the Silver fir plantations (planting under shelter of old stands or nurse crop, slow northern-edge- or strip-regeneration, nurse planting, etc.). These precautionary measures should be carried out concurrently with protection against spring night frost (see later) especially in places where evaporation is high and the fog- and dew-effects slight. These protective measures should be removed at a very slow rate.

Purely anatomically, this phenomenon might be accounted for through investigations on the hypodermal layers of the needles, which Detective Inspector *E. Tellerup* has been so kind as to carry out.

The material comprises needles from young, middle-aged and old trees — partly shaded needles, partly needles in full light, as well as needles from different provenances of Silver fir. The hypoderma

consists of thick-walled cells making a more or less developed layer underneath the epiderma. The function of the hypoderma must be, amongst other things, the prevention of too severe cuticular evaporation.

In young plants and in shaded needles the hypoderma is very incompletely developed, only over a small percentage of the surface of the needles, whereas in older and middle-aged trees it may be strongly developed in needles in full light. Material from the drought limit of Silver fir at Bergzabern showed up to $99 \pm 1\%$ hypodermal layer. Differences due to provenances could not be established with certainty, but the investigations are being continued.

The dew effect cannot yet be included in the formula as statistical data are lacking. Dew measurements were therefore commenced at Stendalgård (south-west of Viborg) and at Vosnæs (Århus Bay) in the summer of 1954, for the purpose of determining the magnitude of the dew-fall and its variation from place to place within the period May 16—June 30 and — with a view to the growth conditions of *Abies Nordmanniana* — also in July and August. The measurements are being continued.

The methods employed are very simple. At both places 1 sq.m pieces of felt (exactly equal) were placed over a frame at a level of 5 to 10 cm above the ground. Provided the weather is dry, the felt pieces are weighed every day early in the morning and in the afternoon in the period from May 16 to September 1. The increases in weight after each night are recorded, because they indicate the total quantity of dew that has fallen. No dewfall is recorded if rain has fallen during the night, as the rainfall is measured by ordinary rain-gauges. The sites have been chosen so that external conditions are as uniform as possible — in both cases above bare soil about 5 metres west of a hedge preventing the early morning sun from striking the sites. The arrangements were inspected and approved by Mr. I. Sestoft, Government Meteorologist.

The dewfall within the period May 16—June 30 seems then (in the horizontal plane) to be 4—6 mm annually at Stendalgård and 3—4 mm at Vosnæs. (So far, the investigations have been carried out for 4 years only).

The fact that, in spite of this, the dew effect is very considerable for Silver fir, must be ascribed to the following causes: —

- (1) The regular occurrence of the dew after days with high evaporation, and the increase of the amount of dew in drought periods.
- (2) The dew which is condensed and settles on a very large area in the crowns, constitutes a considerably larger quantity of water than the one recorded by collecting and measuring the dewfall — as is done with the rainfall — in the horizontal plane.

- (3) The position of the needles of Silver fir (especially in trees of a drought-influenced provenance), which ensures the retention of small quantities of water and offers protection against evaporation of the water in the still air between the needles.

The variations in the climatic difficulties, as expressed by the formula for \mathcal{E}_{kf} in the period May 16—June 30 show good agreement with the applicability of the tree species as a forest tree in the various regions of Denmark where the climatic humidity provides a limit to the development of the species.

The formula thus provides a good basis for understanding the following phenomena: —

- (1) The provenance problems in connection with the climatic drought limit to Silver fir in Denmark.
- (2) The normal climatic humidity conditions of the various regions in relation to the growing of Silver fir.
- (3) The changes in these conditions according to locality conditions, silvicultural methods, etc.

The growth difficulties of Silver fir are, however, also due to our late spring night-frost; indeed, the damage done by late frost in our young Silver fir plantations is so serious that it may rightly be considered to have the greatest prohibition on the wider application of the species in most moorland plantations.

In many regions and localities the relatively early flushing of Silver fir (which is provenance-determined only to a very limited extent) necessitates a very careful protection (cfr. also measures for the protection against evaporation). Such protection can be obtained through early planting under old wind-firm stands, planting under nurse crops, nurse planting (simultaneous planting of a Silver fir tree and a light-demander in "the same hole"), scraping the soil, etc.

The risk of late frost varies greatly from place to place (cfr. "Danmarks Klima" (The Climate of Denmark) 1933), being generally greatest in the interior of the country, but, at the same time, the frost danger is mostly of a local nature and is particularly imminent in grassy hollows and flats where the still, cold air will accumulate, or in the bottoms of valleys along which the cold air is led down to lower ground. The flushing of the top is usually more or less delayed when compared with the lateral shoots, so that, in places where the frost effect is not too heavy some Silver firs have the opportunity to grow up through the frost-dangerous stratum of air along the surface of the ground. Like Silver firs weakened by evaporation, frost-damaged Silver firs (including, in rarer cases, winter-frost-damaged trees) seem to be particularly liable to Chermes attack.

In contrast to the climatic drought debilities, the effect of spring night-frost is unilaterally attached to the young plantation stage. The climatic limiting effect of late night-frost on the applicability of

the species is, therefore, best expressed through the measures which are necessary to protect the Silver fir plantations against freezing-back in the various localities. This will be a technical and economical question in the young plantations and is closely related to the silvicultural possibilities of creating adequate protection and also to the length to which one wants to go in one's efforts to protect the Silver fir trees until they are no longer threatened by frost, which, in some degree, depends on the possibility of growing other valuable tree species in the area.

Experience from old plantations shows that only a very small proportion of the Silver firs originally planted in regions where late spring frost generally occurs, have been able to develop. The Silver firs which have avoided total destruction, have in their youth frequently been completely overtopped by other tree species, often white spruce and mountain pine, through the crowns of which the Silver firs have later on been able to grow up; in other cases they have been overtopped by Norway spruce trees which have become thincrowned or have been thinned at an early date. However, once they have grown up, these Silver firs have shown continuous and steady growth, better health, windfirmness and soil-improving qualities than Norway spruce.

A comparison between the production and economy of Silver fir and those of Norway spruce gives widely different results for the various regions and localities. Only under circumstances where both species find bearable conditions will their production be of the same order, while the rate of increment seems to show differences which are rather characteristic, Silver fir having normally a slower initial growth and a steadier growth in the older stands than Norway spruce (cfr. the inferior health and soil conditions in older stands of Norway spruce). As, moreover, Silver fir greatly approaches Norway spruce in respect of wood quality and the uniform, proper form of the produce (apart from the minor produce), increased use of the fir will be of great value in our plantations. By means of nurse trees and improved silvicultural techniques in young plantations, efforts are made to prevent the Silver firs from freezing back and to increase their planting, both in the 1st generation and in the regenerations, in regions where the relative humidity of the atmosphere permits the later development of this species.

A survey of the growth conditions for Silver fir in the various regions of Denmark shows a good relation to the formula set up for E_{kf} May 16—June 30. At the same time, the methods of establishing young plantations varies from region to region according to the local occurrence of late frost, while the growth and health conditions of Norway spruce strongly affect the degree to which Silver fir supersedes Norway spruce as the main tree species in the region in question.

Although progeny of the more specialised Silver fir provenances from the Polish drought limit and the Lapos region seem to be less

sensitive to climatic moisture deficiency during the period May 16—June 30, when grown in Denmark, than is normal for the species, the climatic requirements of this Silver fir material seem, however, to take the same trend as those of the other Silver fir material.

On the other hand, *Abies Nordmanniana*, Spach. seems to be divided into climatic races which may deviate so much from each other that their demands in respect of site and climate in Denmark take different trends. The growth problems are then dependent on the choice of provenances in such a way that the Danish *Abies Nordmanniana* material has to be divided into groups which, from a silvicultural point of view, must be considered independent tree species.

Since the Nordmann's firs which are used in forests and plantations in Denmark cannot be traced back to geographically and climatically well-defined provenances, it has been necessary to divide the material into types according to budding time and flushing period (ref. Fig. 44).

Silviculturally, the value of the different types and their demands on climate and site are best understood if they are regarded as highly specialised Silver firs.

As is the case with the ordinary Silver fir, the applicability of the species seems to be definitely limited by the following factors: —

- (1) The climatic moisture requirement (evaporation debilities).
- (2) Late frost.
- (3) Winter cold.

Probably, the climatic moisture requirement of *Abies Nordmanniana* during the growth period actually approaches that of Silver fir, and newly flushed Nordmann's firs are by no means more resistant to frost than are Silver firs whose shoots are at the same state of development; but the later flushing of *Abies Nordmanniana* offsets the critical period in respect of drought debilities and late frost in a favourable direction, considering Denmark's normal climatic conditions. On the other hand, in Denmark Silver fir is only rarely sensitive to winter cold, whereas some of the late flushing Nordmann's firs seem to endure a hard winter very badly.

When taking into account what has been stated above, it is natural under Denmark's climatic conditions that debilities leading to destructive Chermes attacks on ordinary Silver fir may frequently be ascribed to drought debilities (critical evaporation) during the flushing period, or to late night-frost. Similar conditions may be observed in *Abies Nordmanniana* of the early-flushing type, while winter debilities (cambial rupture) are more often seen to give rise to Chermes attack in certain late-flushing types. Thus, the reactions of the individual types to the climate in Denmark, their demands on the sites and their silvicultural value show great differences.

In Denmark, pure *Abies Nordmanniana* seems to flush in the middle of May, at the earliest, i. e. a little later than what is normal for ordinary Silver fir, but many types do not flush until some time in June, while a few types do not flush until early July (under shelter).

(1) The climatic moisture deficiencies \mathcal{E}_{kf} , calculated for the flushing periods May 16—June 30, June 1—July 15, June 16—July 31 and July 1—August 15, respectively, are shown in Table 15 for some Danish stations. It will be seen that for Silver fir and early-flushing Nordmann's fir, \mathcal{E}_{kf} has a much higher value than for late-flushing Nordmann's fir in the same locality.

(2) The risk of late frost can be found directly from the flushing times for the different types compared with the times for the last spring frost recordings of the individual stations (Table 16).

(3) The influence of winter frost (defective ripening): for Silver fir and early-flushing *Abies Nordmanniana* the shoot ripening seems normally to be sufficient, and serious winter debilities occur rather seldom.

For the late-flushing Nordmann's firs, however, the shoot ripening seems to be very variable, the heat sum of the growth period from the flushing time to the first autumn frost being here appreciably reduced, cfr. Table 16, whereas serious winter debilities will frequently occur in many regions (greatly dependent on locality).

Silviculturally, the *Abies Nordmanniana* species, when grown in Denmark, may be placed in two main groups: —

a. The early-flushing Nordmann's firs, which are closely related to ordinary Silver fir, their demands on climate, site and silvicultural treatment being largely determined by the climatic moisture conditions during the flushing period, just like those of Silver fir.

b. The late-flushing Nordmann's firs, for which the moisture problems in the flushing period are normally of secondary importance, while the length and heat conditions of the growth period after flushing determine their applicability in the various regions, as well as their demands on site and forest care.

An investigation into the development of the *Abies Nordmanniana* types in different regions of Denmark and under different microclimatic conditions (aspect of slopes, etc.) proves the value of the above grouping and indicates the justification of the *Abies Nordmanniana* being regarded silviculturally as a Silver fir with late flushing period.

LITTERATURLISTE.

- Aslyng, H. C.*, 1954: Jordens vandbalance. Nordisk Jordbruksforskning. 36.
- Baungård, Å.*, 1926: Ædelgranens Sundhedstilstand i Danmark. Dansk Skovforen. Tidsskr. 11.
- Björkman, E.*, 1944: Forest Planting and Soil Biology. Sv. Skogsvårdsforen. Tidsskr. 42.
- Boas, J. E. V.*, 1923: Dansk Forstzoologi. 2. udgave. København.
- Bornebusch, C. H.*, 1931: Dybtgående Jordbundsundersøgelser. Hedeskovenes Forryngelse. III. Forstl. Forsøgsv. Danm. XIII.
- Boudru, M.*, 1946: L'aire virtuelle en Belgique du Sapin pectiné. Trav. Stat. Rech. Eaux et Forêts, Ser. A, No. 2.
- Burger, H.*, 1925: Holz-, Laub- und Nadeluntersuchungen. Schweiz. Z. Forstw.
- Byers, H. R.*, 1953: Coast redwoods and fog drip. Ecology.
- Dannecker, K.*, 1954: Aus der hohen Schule des Weissstannenwaldes. Frankfurt am Main.
- Ebermayer, E.*, 1876: Die gesamte Lehre der Waldtreu. Berlin.
- Eidmann, F. E.*, 1943: Untersuchungen über die Wurzelatmung und Transpiration unserer Hauptholzarten. Mitt. a. d. preuss. Versuchsans. Waldwirtsch. IV.
- Eriksholm, A. J.*, 1912: Holbæk Amts økonomiske Selskab i Hundredaaet 1812—1912. Udg. af Holbæks Amts økonomiske Selskab.
- Ferdinandsen, C. & Jørgensen, C. A.*, 1938: Skovtræernes Sygdomme. København.
- Giacobbe, A.*, 1951: L'Ecologia dell'Abete Bianco. Travaux du Laboratoire forestier de Toulouse. T. I, Vol. V.
- Graser*, 1931: Zur Frage des Tannensterbens. Forstw. Zentr. Bl. 1931.
- Henriksen, H. A.*, 1957: Forsøgsvæsenets prøvflader i Abies arter. Forstl. Forsøgsv. Danm. XXIII.
- Hofmann*, 1931: Tannenlaus und Tannensterben. Forstw. Zentr. Bl. 1931.
- , 1937: Tannenlaus und Tannensterben. Forstw. Zentr. Bl. 1937, Hefte 15.
- Holmsgård, E.*, 1955: Arringsanalyser af danske skovtræer. Forstl. Forsøgsv. Danm. XXII.

- Hori, T.*, 1953: Studies on fog in relation to fog preventing forests. Foreign Books Dept., Tanne Trading Co. Ltd., Sappora, Hokkaido.
- Härtel, O. & Eisenzopf, R.*, 1953: Zur Physiologie und Ökologie der kutikulären Wasseraufnahme durch Koniferennadeln. Zbl. ges. Forst- und Holzwirtschaft. 72 (1).
- Hähnel, F. von*, 1879: Über die Transpirationsgrößen der forstlichen Holzgewächse. Mitt. d. forstl. Versuchsw. Österreichs, Bd. 2.
- Isaacs, L. A.*, 1946: Fog drip and rain interception in coastal forests. Res. Note Pacif. Northwest. For Range Exp. Sta. No. 24.
- Iversen, J.*, 1949: Determinations of the Specific Gravity of the Roots of Swamp, Meadow and Dry-Soil Plants. OIKOS. I.
- Jost, L.*, 1908: Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. Jena.
- Jørgensen, C. A., Lund, A. & Treschow, C.*, 1939: Undersøgelser over Rodfordærvener, *Fomes annosus* (Fr.) Cke. Årsskr. Vet.-Landbohøjsk.
- Kashiyama, T. m. fl.*, 1953: The capture of sea-fog particles by an experimental shelterbelt. Bull. For. Exp. Sta. Meguro, Tokyo.
- Krauss, G.*, 1926: Über die Schwankungen des Kalkgehalts im Rotbuchenlaub auf verschiedenem Standort. Forstwiss. Cbl. 48.
- Krauss, G. & Wobst, W.*, 1935: Über die standortlichen Ursachen der waldbaulichen Schwierigkeiten im vogtländischen Schiefergebiet. Thar. Forstl. Jahrb. 86.
- Kristensen, K. J.*, 1956: Om vandingsintensiteten i forsøgene med vanding på St. Jynde vad. Tidsskr. Planteavl. 60 bd. 3. hft.
- Ladefoged, K.*, 1939: Untersuchungen über die Periodizität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewöhnlichsten Waldbäume. Forstl. Forsøgsv. Danm. XVI.
- , 1946: De enkelte Kronedeles produktionsmæssige Betydning hos Rødgran. Forstl. Forsøgsv. Danm. XVI.
- , 1956: Undersøgelser over træernes vandforbrug. Dansk Skovforen. Tidsskr. 41.
- Løfting, E. C. L.*, 1937: Rodfordærværingenes Betydning for Sitkagrans Anvendelighed i Klitter og Heder. Hedeskovenes Fornyelse V. Forstl. Forsøgsv. Danm. XIV.
- , 1951: Danmarks Skovfyrrproblem. Forstl. Forsøgsv. Danm.
- , 1954: Danmarks Ædelgranproblem. 1. del Proveniensvalg. Forstl. Forsøgsv. Danm. XXI.
- , 1955: Ædelgranforekomsten i Normandiet. Dansk Skovforen. Tidsskr. 40.
- Martonne, E. de*, 1926: L'indice d'aridité. Bull. de l'association des Géographes français.
- Meyer, H.*, 1957: Beitrag zur Frage der Rückgängigkeiterscheinungen der Weisstanne am Nordrand ihres Naturareals. Archiv für Forstwesen. Hefte 10, 1957.
- Müller, P. E.*, 1871: Om Ædelgranens Forekomst i nogle franske Skove. Tidsskr. f. populær Naturvidensk. 4. rk. 3. bd.

- Müller, P. E. & Helms, Johs.*, 1913: Forsøg med Anvendelse af Kunstgødning til Grankultur i midtjydske Hedebynder. Forstl. Forsøgsv. Danm. III.
- Møller, C. M.*, 1933: Boniteringstabeller og bonitetsvise Tilvækstoversigter for Bøg, Eg og Rødgran i Danmark. Dansk Skovforen. Tidsskr. 18.
- , 1945: Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. Forstl. Forsøgsv. Danm. XVII.
- , 1947: Mycorrhizae and nitrogen assimilation. Forstl. Forsøgsv. Danm. XIX.
- Oldberg, A. & Röhrig, E.*, 1955: Waldbauliche Untersuchungen über die Weisstanne im nördlichen und mittleren Westdeutschland. Frankfurt am Main.
- Opsahl, W.*, 1954: Edelgranen. Tidsskr. Skogbr. 62.
- Oppermann, A.*, 1931: Nordmannsgranens Vækst i Danmark. Forstl. Forsøgsv. Danm. XIII.
- Penman, H. L.*, 1948: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. A. 193.
- Poulsen, G.*, 1956: Eventuel anvendelse af franske ædelgranproveniensser i Danmark. Upubliceret.
- Robak, H.*, 1951: Noen iakttagelser til belysning av forholdet mellom klimatiske skader og soppangreb på nåletrær. Medd. Vestland. Forsøkssta. nr. 27.
- Rol, R.*, 1936: Contribution a l'étude de la Repartition du Sapin (*Abies alba* Mill.) Ann. Ec. Eaux. For. Nancy, VI.
- Schenck, C. A.*, 1939: Fremdländische Wald- und Parkbäume. Berlin.
- Schmid, H. & Zeidler, H.*, 1953: Beobachtungen und Gedanken zum Rückgang der Tanne. Forstwissensch. Cbl. 72.
- Schmidt, G. D.*, 1951: Die Weisstanne in Ostfriesland. Forstwissensch. Cbl. 70.
- Schneider-Orelli*, 1939: Über das Vordringen der gefährlichen Weisstannenlaus. Schweiz. Zschr. f. Forstwesen 1939, nr. 7—8.
- Stone, E. C. & Shachori, A. Y.*, 1954: Absorption of artificial dew. Calif. Agric. 8:12.
- Stone, E. C., Shachori & Stanley*, 1956: Water absorption by needles of Ponderosa Pine and its internal redistribution. Plant Physiol. 31:2.
- Stålfelt, M. G.*, 1944: Granens vattenförbrukning och dess inverkan på vattenomsättningen i marken. K. Lantbr. Akad., bind 83.
- Sørensen, A. Mørch*, 1928: Udvalget angaaende Hedeskovenes Fornyelse. Afdelingsbeskrivelser.
- Thomsen, Math.*, 1930: Tortrix rufimitrana, en for Danmark ny Edelgranfjende. Dansk Skovforen. Tidsskr. 15.
- , 1933: Sprøjtemidler til Bekæmpelse af Chermes på Edelgran. Forstl. Forsøgsv. Danm. XIII.
- Thorntwaite, C. W.*, 1948: An Approach Towards a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev. 38.

- Thorntwaite, C. W. & Hare, F. Kenneth*, 1955: Climatic Classification in Forestry. *Unasylva*, 9.
- Varty, I. W.*, 1956: Adelges Insects of Silver firs. *Bull. For. Comm Lond.* No. 26.
- Wittich, W.*, 1952: Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Walde. *Schr. Reihe forstl. Fakult. Univ. Göttingen*, 4.
- Wolff, E.*, 1880: Aschenanalysen. 2. Teil. Berlin.
- Zentgraf, E.*, 1949: Die Edeltanne. *Allg. Forst- und Jagdztg.*
- Yde-Andersen, A.*, 1958: Kærneråd i rødgran forårsaget af honning-svampen (*Armillaria mellea* (Vahl) Quél.) *Forstl. Forsøgsv. Danm.* XXIV.
- Ångström, A.*, 1946: Sveriges Klimat. Stockholm.
- Det danske meteorologiske Institut, 1933: Danmarks Klima. Københ.
- Det danske meteorologiske Institut, 1954—57: Månedsoversigt over vejrforholdene. København.

H. A. HENRIKSEN og ERIK JØRGENSEN: Rodfordærverangreb i relation til udhugningsgrad. En undersøgelse på eksperimentelt grundlag. (Fomes annosus attack in relation to grade of thinning. An investigation on the basis of experiments). S. 215. — **H. 3:** Nr. 174. CARL MAR: MÖLLER, D. MÜLLER & JÖRGEN NIELSEN: Loss of branches in European Beech. S. 253. — Nr. 175. CARL MAR: MÖLLER, D. MÜLLER & JÖRGEN NIELSEN: Respiration in stem and branches of Beech. S. 273. — Nr. 176. D. MÜLLER: Die Atmung der Buchenblätter. S. 303. — Nr. 177. D. MÜLLER: Die Blätter und Kurztriebe der Buche. S. 319. — Nr. 178. CARL MAR: MÖLLER, D. MÜLLER & JÖRGEN NIELSEN: Graphic presentation of dry matter production of European Beech. S. 327. — **H. 4:** Nr. 179. E. C. L. LØFTING: Danmarks ædelgranproblem. (Denmark's Silver Fir Problem). S. 337. — Nr. 180. V. GØHRN, H. A. HENRIKSEN og B. BEIER PETERSEN: Iagttagelser over Hylesinus (*Dendroctonus*) micans. (Observations of Hylesinus (*Dendroctonus*) micans Kug.). S. 383. — Nr. 181. BENT SØGAARD: Fem søskendebestøvninger i europæisk lærk. (Controlled Pollination of Five Sister Trees of European Larch). S. 435. — Nr. 182. K. BRANDT: Proveniensforsøg med skovfyr m. v. i Jørgensens plantage, Djursland. (Provenance Experiments with Scots Pine etc. in Jørgensen's Plantation, Djursland). S. 449.

Bd. XXII, H. 1: Nr. 183. ERIK HOLMSGAARD: Åringsanalyser af danske skovtræer. (Tree-Ring Analyses of Danish Forest Trees). S. 1. — **H. 2:** Nr. 184. H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Floraundersøgelser i Mølleskoven. 3. beretning. (The Flora in Mølleskoven Forest. Third Report). S. 247. — Nr. 185. BRODER BEIER PETERSEN: Bladhvepsen *Lygaeonematus abietinus* Christ som skadedyr på rødgran i Sønderjylland. (*Lygaeonematus abietinus* Christ as a Pest on Norway Spruce in South Jutland). S. 275.

Bd. XXIII, H. 1: Nr. 186. V. GØHRN: Proveniensforsøg med lærk. (Provenance Experiments with Larch). S. 1. — **H. 2:** Nr. 187. E. OKSBJERG: Rødgranens og nogle andre nåletræers jordbundsdannelse på fattig jord. (Soil Formation by Norway Spruce in Plantations on Heath, with Comments on Soil Formation by other Tree Species on poor Soil). S. 125. — **H. 3:** Nr. 188. H. A. HENRIKSEN: Forsøgsvæsenets prøveflader i Abies-arter. (Sample Plots of Abies Species). S. 281. — Nr. 189. J. LUNDBERG: Proveniensforsøg med douglasgran. (Provenance Experiments with Douglas Fir). S. 345. — Nr. 190. H. BRYNDUM: Et hugst-forsøg i eg. (A Thinning Experiment in Oak). S. 371. —

Bd. XXIV, H. 1: Nr. 191. H. A. HENRIKSEN: Sitkagranens vækst og sundhedstilstand i Danmark. (The Increment and Health Condition of Sitka Spruce in Denmark). S. 1.

Bd. XXV, H. 1: Nr. 192. C. TRESCHOW: Forsøg med rødgranracers resistens overfor angreb af *Fomes annosus* (Fr.) Cke. (Experiments for Determining the Resistance of Norway Spruce Races to *Fomes annosus* Attack). S. 1. — Nr. 193. C. TRESCHOW: Forsøg over jordbehandlingens indflydelse på rødgranbevoksningens resistens overfor angreb af *Fomes annosus*. (Investigation of the Effect of Soil Cultivation on the Resistance of Norway Spruce Stands to Attack of *Fomes annosus*). S. 25. —

Nr. 194. B. BEIER PETERSEN and B. SØEGAARD: Studies on Resistance to Attacks of *Chermes Cooleyi* (Gill.) on *Pseudotsuga Taxifolia* (Poir.) Britt. (Undersøgelser over resistens mod angreb af *Chermes cooleyi* (Gill.) hos *Pseudotsuga taxifolia* (Poir.) Britt.). S. 35. — Nr. 195. BRODER BEIER PETERSEN: Bladhvepsen *Lygaeonematus abietinus* Christ. 2. Fortsatte bekæmpelsesforsøg og disses indvirkning på parasiteringen af larvestadiet. (The Saw-fly *Lygaeonematus abietinus* Christ. 2. Continued Control Experiments and their Effect on the Parasitism of the Laval Stage). S. 47. — Nr. 196. FR. PALUDAN og JOHS. RAFN: P. E. Müllers gødningsforsøg i rødgran i Gludsted plantage. Tilvækstforhold og trametesangreb. (P. E. Müllers Experiments with Fertilizers applied to Norway Spruce (*Picea abies*) in Gludsted plantation. Increment and Fomes annosus Attack). S. 63. — Nr. 197. A. YDE-ANDERSEN: Kærneråd i rødgran forårsaget af honningsvampen (*Armillaria mellea* (Vahl) Qué.) (Buttrot in Norway Spruce caused by the Honey Fungus (*Armillaria mellea* (Vahl) Qué)). S. 79. — H. 2: Nr. 198. H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Jordbundsfysiske undersøgelser i danske bølgebevoksninger. (Physical Soil-Investigations in Danish Beech-Stands). S. 93. — H. 3: Nr. 199. H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Undersøgelser af rodsystemer hos eg, bøg og rødgran på grundvandpåvirket morænejord med et bidrag til belysning af bevoksningernes vandforbrug. (Investigations of Root Systems of Oak, Beech and Norway Spruce on Groundwater-Affected Moraine Soils with a Contribution to Elucidation of Evapotranspiration of Stands). S. 225. — Nr. 200. H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Skærmstillings og renafdriifts indflydelse på grundvandstanden på leret moræne. (Influence of Shelterwood-Cutting and Clear-Cutting on Groundwater-Table on a Fine-Textured Moraine Soil). S. 291. — H. 4: Nr. 201. M. SCHAFFALITZKY DE MUCKADELL: Investigations on Aging of Apical Meristems in Woody Plants and its Importance in Silviculture. (Undersøgelser over aldersforandringer i vedplanternes apikale meristemer og deres betydning for skovdyrkingen.) S. 307.

Bd. XXVI, H. 1: Nr. 202. E. C. L. LØFTING: Danmarks ædelgranproblem, 2. del. (Denmark's Silver Fir Problem, Part II). Dyrkningsbetingelserne for *Abies alba* (Mill.) og *Abies Nordmannia* (Spach.) i Danmark. S. 1. —

DET FORSTLIGE FORSØG SVÆSEN I DANMARK

udgives ved den forstlige forsøgskommission under redaktion af forstanderen, i hæfter sædvanlig på 5—10 ark, der udsendes fra Statens forstlige Forsøgsvæsen, Møllevangen, Springforbi. Ca. 25 ark (400 sider) udgør et bind. Prisen pr. bind er 10 kr., for skovbrugsstuderende dog 5 kr., der tages ved postgiro samtidig med udsendelsen af 1ste hæfte.

Fortegnelse over indholdet af bd. I—X, 1905—1930, beretninger nr. 1—95 og nr. 97, findes i slutningen af 10de bind og af bind XI—XX, 1930—1951, beretninger nr. 96 og 98—168, i slutningen af 20de bind. Disse fortegnelser tilsendes gratis ved henvendelse til forsøgsvæsenet.

Fortegnelse over indholdet af bd. XIX—XXVI er anført på omslaget.