Beretning nr. 170

Forstanderkontris

NIELS HAARLØV og BRODER BEIER PETERSEN:

TEMPERATURMÅLINGER I BARK OG VED AF SITKAGRAN

(MEASUREMENTS OF TEMPERATURE IN BARK AND WOOD OF PICEA SITCHENSIS)

(Særtryk af Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, XXI, 1952)

ierstilge Forsegsya

Mellevangen

INDHOLD AF BD. XV o. fig.

Bd. XV, H. 1: Nr. 125. FOLKE HOLM: Bøgebrænde (Buchenbrennholz), S. 1. - Nr. 126. CECIL TRESCHOW: Undersøgelser over Brintjonkoncentrationens Indflydelse paa Væksten af Svampen Polyporus annosus (Untersuchungen über den Einfluss des Wasserstoffionenkonzentration auf das Wachstum von Polyporus annosus.), S. 17. – Nr. 127. C. H. BORNEBUSCH: Nørholm Hede, Anden Beretning (La Lande de Nørholm, Deuxiéme Rapport), S. 33, - Nr. 128. KJELD LADEFOGED: Floraundersøgelser i Mølleskoven, Anden Beretning (Florauntersuchungen im »Mølleskoven«, Zweiter Bericht), S. 81. H. 2: Nr. 130. KJELD LADEFOGED: Frostringsdannelser i Vaarveddet hos unge Douglasgraner, Sitkagraner og Lærketræer (Formations of Frost Rings in the spring-wood of young Douglas Fir, Sitka Spruce and Larch), S. 97. — Nr. 131. CARL MAR: MØLLER og D. MÜLLER: Aanding i ældre Stammer (Die Atmung in alten Stammteilen), S. 113. — Nr. 132. C. H. BORNEBUSCH: Egekulturforsøg paa Vallø Stifts Skovdistrikt (Eichenkultur-Versuche) S. 139. H. 3: Nr. 134. E. C. L. LØFTING: Jordbundsbehandlingens Indflydelse paa Rødgranens Vækst og Sundhed i Hedeplantager, Hedeskovenes Foryngelse VI (The Influence of the treatment of the soil on the growth and health of Norway spruce in heathland plantations), S. 165. - Nr. 135. C. H. BORNEBUSCH: Afsvampning af Bøgeolden (Désinfection des faînes), S. 190. – Nr. 136. MATHIAS THOMSEN: Angreb af Tomicus chalcographus paa unge Sitkagraner, Rødgraner og Douglasgraner (Attack of Tomicus chalcographus on young Sitka spruce, Norway spruce and Douglas fir), S. 199. H. 4: Nr. 137. C. H. BORNEBUSCH og KJELD LADEFOGED: Hvidgranens og Sitkagranens Dødelighed i Hedeog Klitplantager i 1938 og 1939 (Frostschäden an Weissfichte und Sitkafichte auf der Heide und in Dünenbepflanzungen), S. 209. — Nr. 138. FOLKE HOLM: Douglasgran, Proveniens og Vækst (Die Douglasie, Proveniens und Wachstum), S. 233. -H. 5: Nr. 139. C. H. BORNEBUSCH: Fremmede Naaletræer paa Søllestedgaard (Fremde Nadelhölzer auf Søllestedgaard) (Foreign coniferous trees on Søllestedgaard estate), S. 313. - Nr. 140. C. H. BORNEBUSCH: Fremmede Løvtræer paa Esrom Skovdistrikt (Arbres feuillus étrangers dans un territoire boisé du nord de Seeland), S. 345. — H. 6: Nr. 141. C. H. BORNEBUSCH: Rødeg i Dansk Skovbrug (Red oak in Danish Forestry), S. 357.

Bd. XVI, H. 1: Nr. 133. KJELD LADEFOGED: Untersuchungen über die Periodizität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewöhnlichsten Waldbäume (Undersøgelser over Periodiciteten i Røddernes Frembrud og Længdevækst hos nogle af vore almindeligste Skovtræer), S. 1. — H. 2: Nr. 142. C. H. BORNEBUSCH: Revision af Haarup-Sande-Forsøget (Revision de l'expérience à Haarup-Sande), S. 257. — Nr. 143. C. H. BORNEBUSCH: Forskellige Bladarters Forhold til Omsætningen i Skovjord (Der Einfluss verschiedener Blätterarten auf die Umsetzung im Waldboden), S. 265. — H. 3: Nr. 144. C. H. BORNEBUSCH: Udhugning og Produktion i Bøgeskov (L'influence de la coupe d'eclaircie sur la production d'une forêt de hêtres) S. 273. — H. 4: Nr. 146. E. C. L. LØFTING: Et Under-

TEMPERATURMÅLINGER I BARK OG VED AF SITKAGRAN (picea sitchensis)

MED SÆRLIG HENBLIK PÅ TEMPERATUREN I GANGSYSTEMER AF HYLESINUS (DENDROCTONUS) MICANS

Af

NIELS HAARLØV OG BRODER BEIER PETERSEN ZOOLOGISK LABORATORIUM, DEN KGL. VETERINÆR- OG LANDBOHØJSKOLE

Indledning.

Udgangspunktet for dette arbejde er, at *Hylesinus (Dendroctonus) micans* Kugel. i løbet af de sidste årtier her i landet er tiltaget så meget i antal, at den efterhånden udgør en alvorlig fare for vore gran- spec. sitkagranbevoksninger.

Af Zoologisk Laboratorium på Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole er der derfor igangsat en række undersøgelser til belysning af artens biologi for om muligt derigennem at nå frem til tilfredsstillende bekæmpelsesmetoder.

Til forståelse af artens levevis har vi valgt i første omgang at undersøge, hvilke temperaturforhold der hersker i dens særlige habitat, d. v. s. i bark og specielt i bark af sitkagran. Disse temperaturmålinger har fundet sted fra den 10/7—30/7 1951 i Nystrup Klitplantage i Thy.

De bevoksninger af sitkagran (*Picea sitchensis* Carr.), i hvilke vore undersøgelser blev foretaget, bestod af 40—50 år gamle træer, hvis diametre lå på ca. 25 cm i 1,3 m højde. Målingerne udførtes dels i forskelligt stærkt huggede bevoksninger på og ved Statens forstlige Forsøgsvæsen's prøveflader dels på overstandere. Når der i det følgende omtales sitkagranbevoksninger, der ikke specielt klassificeres som A- eller D-hugst (henholdsvis meMålingerne på sitkagran-overstandere skete i en bevoksning, som p. g. a. et stærkt angreb af *Hylesinus micans* var lysstillet til underplantning. Der var efterladt ca. 450 træer pr. ha. Arealet betegnes i det følgende som "hugstfladen" (fig. 3).

Endelig foretoges målinger på bjergfyr-overstandere (*Pinus mugo* Turra), der var underplantet med sitkagran.

For at nå til et så afrundet billede som muligt har vi suppleret barktemperaturmålingerne med samtidige målinger af temperaturen i den omgivende luft, af ved- og jordbundstemperaturer samt undersøgt temperaturerne i levende bjergfyr og i vissent materiale af såvel sitkagran som bjergfyr.

Tilsammen har vi i måleperioden foretaget ca. 9000 enkelte temperaturaflæsninger. På denne måde er det indsamlede talmateriale blevet så omfattende, at vi mener os i stand til at belyse ikke blot de temperaturer, som *Hylesinus micans* kan blive udsat for, men også mere alment at give udtryk for temperatursvingningerne i sitkagran og bjergfyr, såvel i levende som døde træer.

Imidlertid vil vi gerne pointere, at vort materiale ikke gør krav på at indeholde egentligt nye synspunkter angående skovens temperaturforhold. Når undtages de mere specielle forhold i forbindelse med *Hylesinus micans*, har vi alene haft som mål at forsøge at underbygge en række erfaringer, som praktikeren allerede forlængst har gjort, med et så omfattende talmateriale som muligt.

De storklimatiske forhold afveg i måleperioden en del fra normalen, idet gennemsnitstemperaturen ifølge Meteorologisk Institut's månedsoversigt for hele landet i juli var noget under normalen, mens fugtighedsgraden var lidt over, skydækket en del over og nedbøren en del under det normale. På ²/₃ af månedens dage var temperaturen under det normale, og ingen dage lå væsentlig over. Skylaget dækkede gennemsnitlig 64 % af himmelen, og der var blot 211 solskinstimer mod normalt 240. I Jylland var der relativt endnu færre solskinstimer.

bunden.

For Erslev i Thisted amt fordeltes solskinstimerne i måleperioden fra den 11/7-30/7 på følgende måde:

Tabel 1. Solskinstimer ved Erslev (nær Nystrup Plantage).

Hours of sunshine at Erslev (near Nystrup plantation).

Dato (Date) 11/7 12/7 13/7 14/7 15/7 16/7 17/7 18/7 19/7 20/7Solskins-11.0 5,4 6.3 4.6 5.31,5 9,8 9,4 4.9 14,7 timer (Hours of sunshine) 21/722/723/724/725/726/727/728/729/730/7

14,7 0 5,0 2,4 1,1 3,8 6,7 4,2 10,7 12,1

De anførte antal af solskinstimer fra Erslev svarer ganske godt til vore optegnelser over skydækket ved Nystrup Plantage (ved Klitmøller), således som signaturen over kurverne viser det.

Teknik.

Til måling af temperaturerne anvendtes to termistor-broer hver med 10 termistorer (forkortelse af: thermally sensitive resistors). Apparaterne er konstrueret af T. Weis-Fogh, mag. scient. Til hvert sæt hører en målebro (Wheatstone-bro) med batteri, mikro-ampèremeter o. s. v. Apparatet måler med en nøjagtighed af $1/10^{\circ}$. I vort arbejde har vi afrundet tallene til nærmeste halve og hele grader. Hver termistors følsomhed er så stor, at den næsten momentant indstiller sig på det omgivende mediums temperatur. Temperaturaflæsningerne foregik normalt med 15 minutters mellemrum. I løbet af 2—3 minutter kunne alle ti termistorer i hurtig rækkefølge efter hinanden aflæses på mikroampèremetret. I hver termistor er det følsomme område af størrelsesordenen ca. 1 mm³, anbragt i spidsen af en 5,5 cm lang glasstang.

Ved termistorens anbringelse i barken blev der boret et hul skråt igennem barken ind til veddets overflade. Termistoren førtes ikke blot ind i dette hul, men pressedes yderligere en 2—3 cm frem, således at den temperaturfølsomme spids kom til at ligge under ubeskadiget bark. P. g. a. at termistoren det sidste stykke blev ført ind imellem barken og veddet, opstod der her omkring termistorens spids et snævert spalterum mellem barkens inderside og veddets overflade, hvilket iøvrigt hurtigt blev udfyldt af udsivende harpiks og saft. Som følge af overfladens krumning og

Det forstlige Forsøgsvæsen. XXI. H. 1. 15. sept. 1952.

4



Fig. 1.

Nystrup Plantage, 30/7-1951. To termistorer anbragt på oversiden af en sitkagran-trille, hver med en forbindende ledning til termistorbroen. Spidsen af den ene er ført skråt ind under barken og registrerer barktemperaturen. Spidsen af den anden er ført 5 cm radialt ind i trillen til registrering af vedtemperaturen.

Nystrup plantation, 30/7-1951. Two thermistors with cables to Wheatstone-bridge mounted on the upper side of a Sitka spruce log. One is inserted obliquely under the bark for registration of bark temperature. The point of the other thermistor is situated at a depth of 5 cm in the wood for registration of wood temperature.

Fig. 2.

Nystrup Plantage, 20/7-1951. Fritstående, solbelyst sitkagran på "hugstfladen" med normalopstilling til temperaturmålinger. Ved træets fod ses kassen med målebroen. Mellem kassen og termistorerne i træet løber de forbindende ledninger. I træets skyggeside (øverst til højre) hænger et kviksølvtermometer til registrering af den omgivende lufts temperatur.

Nystrup plantation, 20/7-1951. Standard of Sitka spruce freely exposed to sun with usual arrangement for temperaturemeasurings. The Wheatstone-bridge is placed at the base of the tree. The connecting cables can be seen between the Wheatstonebridge and the thermistors. A quicksilver-thermometer for registration of the temperature of the surrounding air hangs in the shade from the spruce (upper right).



termistorens tangentiale anbringelse var den temperaturfølsomme spids derfor dels i berøring med barkens inderside, dels med den harpiks og den saft som udfyldte spalterummet. Overfladen af veddet berørte derimod normalt ikke termistorens spids. På barkoverfladen blev eventuelle mellemrum mellem bark og termistor udfyldt med plastilin.

Vedmålingerne foregik på principielt samme måde, blot med den forskel, at man her borede vinkelret på træets overflade ind til den ønskede dybde, hvorefter termistoren forsigtigt førtes ind i det dannede hulrum, således at spidsen stødte mod bunden af det. Også her udfyldtes eventuelle mellemrum mellem termistoren og barkens overflade med plastilin (se fig. 1).

Målingerne af jordbundstemperaturerne foregik ved, at termistorerne forsigtigt blev stukket ned i de jordlag, hvis temperatur man ønskede at lære at kende.

For at kontrollere i hvor høj grad man var berettiget til at drage slutninger fra de aflæste temperaturer til temperaturerne i de nærmest omgivende barkarealer, anbragte vi under de indledende temperaturmålinger, på syd-siden af en sitkagran, to termistorer i to-tre cm lodret afstand fra hinanden. Den pågældende dag var himlen næsten skyfri indtil kl. 14,30. Der foretoges ialt 58 aflæsninger. I intet tilfælde oversteg temperaturdifferensen mellem de to målesteder 1°,0. Gennemsnitlig var differensen 0°,7. Som følge heraf har vi ved alle senere målinger ment os berettiget til kun at anvende een termistor for hvert måleområde (f. eks. syd-side, sydvest-side o. s. v.).

I tilslutning til målingerne med termistorerne foretog vi også aflæsninger ved hjælp af kviksølv-termometre. Lufttemperaturen, som aflæstes samtidig med trætemperaturerne, registreredes altid af et kviksølv-termometer. Det hang frit i ca. 10 cm afstand fra træets skyggeside i ca. 150 cm højde (fig. 2). Luft- og jordbundstemperaturernes daglige maximale og minimale udsving registreredes af kviksølv-termometre, der var forsynet med begge skalaer i samme stang. Alle de aflæste temperaturer afrundedes til nærmeste halve og hele grader.

Ifølge litteraturen synes temperaturmålinger såvel i levende som i dødt træ kun at være gjort til genstand for relativt få undersøgelser. Geiger (1942, 1950) og Huber (1935) giver begge oversigter over de vigtigste arbejder.

4*

1. Bark- og vedtemperaturer.

Når der i det følgende skal gøres rede for undersøgelsens resultater, er det nærliggende først at fremdrage de tilfælde, hvor solstrålingens indflydelse på temperaturgangen i træet træder tydeligst frem. Som eksempel herpå er valgt fig. 4, der viser temperaturforholdene fra et træ (afbildet på fig. 2) på "hugstfladen". Dette træ var, når undtages et kort tidsrum ved 12-tiden, solbelyst i hele perioden fra kl. 9,15 til kl. 18,45.



Fig. 3.

Nystrup Plantage, 26/7-1951. I forgrunden den stærkt lysstillede sitkagranbevoksning ("hugstfladen"), i baggrunden ses den mørke B-hugst.

Nystrup plantation, 26/7-1951. Standards of Sitka spruce ("Hugstfladen"), in the background a rather dense stand of Sitka spruce ("B-hugst").

På fig. 4 er, som på alle de følgende figurer, skygge fra skyer eller omgivende træer angivet hver for sig. Begge angivelser hviler på vort personlige skøn og baserer sig på iagttagelser indenfor et kvarter ad gangen.

Skyggen fra skyer er aftegnet i øverste række over kurverne, angivet med et c på ordinataksen. For hvert kvarter er der afsat en lodret streg. Hvis mellemrummet mellem de to streger er helt udfyldt, har der været et sammenhængende, tæt lag skyer for solen, og målestederne har kun været udsat for diffust lys. Findes der derimod en cirkel i rummet, har solen skinnet fra en skyfri himmel. Når rummet mellem kvarterstregerne kun er delvis udfyldt, betyder det, at sollysets intensitet i større eller mindre grad har afveget fra de nævnte yderpunkter. Selve skyformationerne



Fig. 4.

Nystrup Plantage, 20/7-1951. Temperaturkurver for fritstående sitkagran (fig. 2) fra "hugstfladen". SE, S, SW og N: barktemperaturer på henholdsvis sydøst-, syd-, sydvest og nordsiden af granen. wd: vedtemperaturen i 5 cm dybde på træets sydvestside. a: lufttemperatur, c: skydække og s: træskygge.

Nystrup plantation, 20/7-1951. Temperature curves of Sitka spruce exposed to the sun: the standard which is also seen on fig 2. SE, S, SW and N: bark temperatures on the south east, south, south west and north sides of the spruce. wd: wood temperatures on the south side at a depth of 5 cm. a: air temperature, c: shade from clouds, s: shade from trees.

49

har i denne forbindelse mindre interesse. Forbidragende, men tykke cumulusskyer vil f. eks. kunne give samme lysmængde på målestedet som et jævnt sammenhængende, men tyndt skydække.

I næstøverste række, angivet med s på ordinataksen, er skygge fra de omkringstående træer afsat på principielt samme måde. Når mellemrummene mellem kvarterstregerne er helt udfyldt, er der en nedsættelse i sollysets intensitet svarende til, at enten en stamme eller en tæt krone af sitkagran er gledet ind mellem solen og målestederne. Hvis mellemrummet er tomt, har der ingen grenskygge været. Grader herimellem er, analogt med signaturen for skydækket, angivet ved større eller mindre udfyldning af mellemrummene.

Betragter man først barktemperaturerne (målehøjde 160 cm), ser man, at de, som det var at vente, først viste et maximum på sydøstsiden (SE), dernæst på sydsiden (S) og sidst på sydvestsiden (SW). Der var ca. 3 timer mellem hver kulmination. Dette var det almindelige, daglige forløb af temperaturerne i barken, og de opnåede absolutte temperaturer stemte godt med vore målinger på andre undersøgte træer. Sydsidens kulmination var dog relativt en smule for lav p. g. a. skydækket mellem kl. ca. 12 og ca. 13.

Man ser altså, at de højeste temperaturer opnåedes på sydvestsiden af stammen. Til samme resultat nåede *Gerlach* (1929) i sine undersøgelser, og det stemmer ligeledes vel overens med, at "barkbrand" især optræder på træernes sydvestsider.

Det høje SV-maximum skyldes dels, at temperaturen i stammen hen på eftermiddagen ligger på et højere niveau end om formiddagen, dels at indfaldsvinklen for solstrålerne er mindre om eftermiddagen og dermed gunstigere for opvarmning end kl. 12.

Nordsiden når som sydvestsiden til et temperaturmaximum hen på eftermiddagen, det er dog langt mindre udpræget end dette, fordi det alene forårsages af diffus stråling kombineret med en eventuel, ringe varmeledning gennem veddet fra syd- og vestsiden af stammen. En direkte bestråling af nordsiden opnåede vi ikke i vore undersøgelser, fordi solen på det tidspunkt, hvor det kunne have fundet sted, befandt sig så lavt, at træerne vest for målestedet helt beskyggede forsøgstræet.

Mærkelig nok har der, så vidt vi har kunnet finde det, kun været udført ganske få temperaturmålinger i bark af levende træer. Harvey (1923 a) har i Minnesota (U. S.) målt barktemperatur på æbletræer under fuld solexponering. Temperaturen i den omgivende luft samtidig lå konstant nogle grader under 0°. I en måleserie taget mellem kl. 10 og 18 fandt han, at syd- og nordside nåede deres maximaltemperatur henholdsvis i tiden omkring 13,30 og mellem 13,00 og 16,00. Sydsidens maximaltemperatur var 12°, nordsidens 2°-3°. Mellem træets sol- og skyggeside var der med andre ord et temperaturspring på 9°-10°.

Patterson (1930) målte i Oregon (U. S.) barktemperaturer på levende contortafyr (*Pinus contorta* Dougl.). Lufttemperaturen svingede samtidig mellem 15° og 26° . Nord- og sydsidernes maximale temperaturer faldt på de samme tider af dagen som i forrige tilfælde. Temperaturerne lå derimod på henholdsvis 27° for sydsiden og 15° for nordsiden. Temperaturspringet mellem de to målesteder var 12° .

Seeholzer's (1930) målinger i Tyskland af samtidige syd- og nordtemperaturer i bark af bøgetræ, på henholdsvis 25° og ÷13°, er ikke direkte sammenlignelige med de øvrige målinger, da sydsidens kviksølvtermometer var udsat for direkte sollys under målingerne.

Gerlach (1929) har i sit indgående arbejde over trætemperaturer også et afsnit om barktemperatur i levende rødgran. Alle målingerne er udført i Tyskland på to 90-årige graner. I tabel 2 er hans resultater stillet sammen med nogle af vore. Målestederne er i alle tilfælde orienteret ens i forhold til verdenshjørnerne. I de fire lodrette talrækker har vi fra venstre til højre: Gerlach's gennemsnitsmaxima for 11 måleserier fra sommeren 1927, hans maximale barktemperatur (fra 27-7-1927), vore egne maximaltemperaturer på sitkagran (se fig. 4) og til sidst vore maximaltemperaturer fra bjergfyr (sml. p. 78).

Begge vore målinger er fra den 20-7-1951. Så vidt vi har kunnet kontrollere Gerlach's angivelser, falder de af ham fundne temperaturmaxima på samme tid af dagen som vore. Det er påfaldende, at der også i de her anførte tilfælde er en temperaturdifferens på 10°-12° mellem nord- og sydsidens maxima. At Gerlach's gennemsnitstemperaturer viser en lavere værdi, er ganske naturligt i betragtning af, at der jo heri også indgår dage med gråvejr.

Koljo (1950) beskæftiger sig i særlig grad med træets varmeledende egenskaber.

| Målested (Place of mea- sure- ments) | Gennemsnits- maxima (Avr. max. temp.) Gerlach | Maximaltempe- raturer (<i>Maxi- mum temp.</i>) 27-7-27 Gerlach <i>Picca abies</i> | Maximaltem- peraturer (Maximum temp.) 20-7-51 P. sitebansis | Maximaltem- peraturer (<i>Maximum</i> <i>temp.</i>) 20-7-51 |
|--|--|---|--|---|
| | Piceu abies | | P. suchensis | Pinus mugo |
| Sydøstbarl (Bark on SE side) | 31 ⁰ | 420 | 32^{0} | 29^{0} |
| Sydbark (Bark on S side) | 31 ⁰ | 430 | 330 | 32°,5 |
| Sydvestbar (Bark on SW side) | rk 330 | 479 | 380 | 330 |
| Nordbark (Bark on N side) | 250 | 300 | 19º,5 | 220 |
| Luft (Air) | ······ | ca. 30° | 170-180 | 170-180 |

Tabel 2. Maximale bark og luft temperaturer.(Maximum bark and air temperatures).

Til belysning af forholdene inde i stammen har vi på fig. 4 medtaget vedtemperaturen (wd) i 5 cm dybde på sydvestsiden. Kurven udmærker sig ved en ganske jævn og støt stigning, upåvirket af små svingninger i barktemperaturen. Opvarmningen af veddet var tydeligt forsinket i forhold til barken, men hen mod aften opnåedes dog så høj en temperatur som 32°.

På fig. 5 ser man, at vedtemperaturernes (wd) maxima i 5 cm dybde og i 135 cm højde optræder i samme rækkefølge som bark-

Fig. 5.

Nystrup Plantage, 29/7-1951. Sammenhørende bark- og vedtemperaturer i sitkagran fra "hugstfladen", målt på henholdsvis nordside (N), sydøstside (SE), sydside (S) og sydvestside (SW). b: barktemperaturer. wd og wd 5,0: vedtemperaturer i 5 cm dybde. wd 2,5: vedtemperaturer i 2,5 cm dybde. Ved- og barktemperaturer er målt i højst 2 cm afstand fra hinanden på de 4 måleområder. a: lufttemperatur, c: skydække og s: træskygge.

Nystrup plantation, 29/7-1951. Corresponding bark and wood temperatures on standards of Sitka spruce in the sun; from the north (N), south east (SE), south (S) and south west side (SW) of the trunk. b: bark temperatures. wd and wd 5.0: wood temperatures at a depth of 5 cm. wd 2.5: wood temperatures at a depth of 2.5 cm. The corresponding bark and wood temperatures have been measured at a mutual distance of not more than 2 cm. a: air temperature, c: shade from clouds, s: shade from trees.



temperaturernes, dog med den tilføjelse, at deres maxima overalt er forsinkede i henved tre kvarter i forhold til barktemperaturerne. Betragter man vedtemperaturen på sydvestsiden (wd 2,5) i 2,5 cm dybde, ses det, at denne indtager en mellemstilling mellem barktemperaturen og vedtemperaturen dybere inde i stammen. Målingerne, som er afbildet på fig. 4 og 5, hidrører begge fra samme træ på "hugstfladen" (fig. 2).

Jævnsides med temperaturstigningen på de solexponerede sider af træet sker der altså, som disse kurver viser det, en bortledning af varme fra barken ind i det indenfor liggende ved, foruden naturligvis også en varmeafgivelse til den omgivende atmosfære. Når solexponeringen på barken ophører, falder dennes temperatur så meget, at den i løbet af kort tid bliver koldere end det indenfor liggende ved. Dette medfører, at vi nu får den omvendte temperaturgang af, hvad vi før havde: varmeafgivelsen vil nu gå inde fra veddet ud til barken og derfra videre ud i den omgivende luft. Denne varmeledning vil fortsætte, så længe der eksisterer en temperaturforskel mellem bark, ved og luft. Almindeligvis sker der en udligning i løbet af natten.

For nordsidens vedkommende er det vanskeligt på basis af kurverne alene at afgøre, om dens temperaturniveau mest er influeret af: lufttemperaturen, det diffuse sollys eller tilledet varme fra de solexponerede sider af træet. Det drejer sig antagelig om et sammenspil mellem disse faktorer.

Os bekendt er vedtemperaturer i levende træer tidligere kun blevet undersøgt af Ihne (1884), Gerlach (1929) og Michaëlis (1932). Ihne har målt temperaturer i *Acer platanoides* L., Gerlach i skovfyr, rødgran, birk, eg og bøg (ialt 7 træer undersøgt), Michaëlis har undersøgt nåletræer. Selv om de temperaturer, der er fundet ved disse arbejder, selvfølgelig viser andre absolutte værdier end vore, er de dog ganske i overensstemmelse med vore i deres principielle forløb. De vil derfor ikke blive gjort til genstand for yderligere drøftelse.

Under ideale forhold ville temperaturkurverne for et træs opvarmning og afkøling dagen igennem vise ganske jævne forløb. Betragter man imidlertid de afbildede kurver, vil man hurtigt opdage, at de fremviser et større eller mindre antal knæk, der må tages som udtryk for faktorer, som griber forstyrrende ind i træernes regelmæssige temperaturgang. I det følgende vil de vigtigste af disse faktorer blive nærmere omtalt.



Fig. 6.

Nystrup Plantage, 24/7-1951. Målinger i samme træ som på fig. 4, men på en gråvejrsdag. Som på de andre figurer er nordsidens barktemperaturer angivet med udfyldte cirkler. (Under de to gråvejrsperioder var temperaturdifferenserne ofte små, hvorfor forløbet af flere kurver blev sammenfaldende). SE, S, SW og N: barktemperaturer på henholdsvis sydøst-, syd-, sydvest- og nordsiden af måletræet. wd: vedtemperatur i 5 cm dybde på træets sydvestside. a: lufttemperatur, c: skydække og s: træskygge.

Nystrup plantation, 24/7-1951. Measurements in the same tree as that of fig. 4, but on a cloudy day. During the two periods of cloudy weather the curves often overlapped. SE, S, SW and N: bark temperatures on south east, south, south west and north sides of the trunk respectively. As in the other figures the N-curve is illustrated by black circles. a: air temperature, c: shade from clouds and s: shade from trees.

2. Skydækkets indflydelse.

Over hver af de afbildede kurver er skylagets tykkelse og udbredelse angivet med den på p. 48 forklarede signatur.

Fig. 6 viser temperaturgangen i et fritstillet træ på "hugstfladen" afbildet for en gråvejrsdag, hvor solen kun brød igennem skylaget mellem kl. ca. 11,15 og 13,30 samt mellem kl. ca. 15,45 og ca. 17,45. Målehøjderne: 120 cm.

I perioden inden kl. 11,15 ser man, at exponeringens indflydelse trods skylaget var mærkbar, omend ringe. Samtlige barktemperaturer lå nemlig over lufttemperaturerne, med sydøsttemperaturen (SE) som den højeste (sml. fig. 4). De absolutte værdier var dog lave, og det indbyrdes forløb af kurverne var ganske udjævnet.

I den første solskinsperiode (kl. 11,15-13,30) skilte kurverne sig imidlertid ud fra hinanden. Fordi exponeringen indtraf på det angivne tidspunkt, blev det sydtemperaturen (S), der reagerede kraftigst og nåede højest.

Under den efterfølgende gråvejrsperiode indtil kl. 16,15 faldt barktemperaturerne i realiteten sammen, idet variationen fra kl. 14,00 til 16,45 kun beløb sig til ialt 0º,5. Yderligere ser man, at de lå på linie med vedtemperaturerne (wd). I de to gråvejrsperioder har, såvidt vi kunne skønne det, den diffuse stråling gennem skylaget været af nogenlunde samme intensitet. På grund af den lave vedtemperatur formåede solstrålingen i den første gråvejrsperiode at skabe temperaturdifferenser på 1°-2° mellem bark og ved. I den anden periode lå vedtemperaturen imidlertid så højt, at den diffuse solstråling øjensynlig ikke formåede at hæve barktemperaturen op over vedtemperaturen. Hvis gråvejret havde holdt sig gennem den resterende del af dagen, ville formentlig alle bark- og vedtemperaturer gradvis være dalet for til slut at falde sammen med lufttemperaturen. Imidlertid brød solen igennem kl. ca. 15,45, hvad der bevirkede, at samtlige træets temperaturer steg med sydvestsidens (SW) liggende på de højeste værdier, i god overensstemmelse med, at man nu befandt sig indenfor det tidsrum, i hvilket sydvesttemperaturerne kulminerer (sml. fig. 4).

En god indikator for, at solexponeringen ingen dominerende indflydelse havde på temperaturgangen i de to gråvejrsperioder på fig. 6, har man i nordtemperaturen (N), der i begge tidsrum lå på højde med, ja undertiden endda over de øvrige barktemperaturer. På fig. 4 så man nordtemperaturen under ganske modsatte forhold, d. v. s. med exponeringen som den afgørende faktor for barktemperaturens højde. I dette tilfælde var differensen mellem nordtemperaturens og de øvrige barktemperaturers maxima enorm.

Yderligere eksempler på skylagets betydning kan hentes fra fig. 5, som viser, hvorledes der kl. ca. 12,00 satte en gråvejrsperiode ind, der varede ved til kl. ca. 13,45. Vi ved fra fig. 4, at barktemperaturen i dette tidsrum: er dalende på sydøstsiden, ligger omkring sit maximum på sydsiden og er stigende på sydvestsiden af træet. På fig. 5 ser man, at det omtalte skydække formentlig har øget hastigheden af temperaturfaldet på sydøstsiden (SE), at det på sydsiden (S) har frembragt et temperaturfald på 4°, og at det på sydvestsiden (SW) bragte temperaturstigningen til et midlertidigt ophør. Efter skydækkets forsvinden kom der på sydsiden en mindre og på sydvestsiden en meget kraftig temperaturstigning.

Forklaringen på den forskellige reaktion de tre steder må søges i samspillet mellem solexponering samt bark- og lufttemperatur: på sydøstsiden mindskedes solexponeringen ganske naturligt p.g.a. solens "vandring", hvad der sammen med skydækket gav et stærkt temperaturfald. Sydsiden var i det omtalte tidsrum udsat for maximal exponering, og temperaturdifferensen mellem bark og luft lå dermed oppe på maximalværdier. Når dette er tilfældet, vil også varmeafgivelsen fra bark til den omgivende luft være maximal. En formindskelse af varmetilførslen vil derfor hurtigt bevirke en nedgang i barkens temperatur. Sydvestsidens barktemperatur lå endnu betydeligt under sit maximum, da skydækket satte ind. Når barktemperaturen forblev konstant trods skyerne, må det skyldes, at exponeringen stadig blev gunstigere.

På flere af de andre figurer vil man også kunne iagttage skylagets indflydelse på temperaturforløbene ved sammenligning mellem kurver og skysignatur ovenover.

Allerede Ihne (1884) "zeigt eklatant den Einfluss der Insolation", idet han afbilder en temperaturdepression på 3^{0} — 4^{0} i løbet af een time, forårsaget af et pludseligt skydække. Harvey (1923 a) har påvist, hvorledes barktemperaturen sank næsten momentant, når en sky gled for solen. Reaktionen øgedes kendeligt, når der samtidigt var en kraftig luftbevægelse omkring målestedet. Omvendt har han noteret temperaturstigninger på 10° i barken af æbletræ ("Black Plume") i løbet af tre minutter!

3. Grenskyggens indflydelse.

Det er en velkendt sag, at lufttemperaturerne i skoven (fra trækronerne til jordoverfladen) ligger kendeligt lavere end lufttemperaturerne i omgivende, åbent terræn (Geiger, 1942, 1950). Årsagen hertil må naturligvis først og fremmest søges i trækronernes tæthed og den dermed følgende beskygning af rummet nedenunder. Beskygningens intensitet afhænger dels af, hvilken træart der er tale om, dels af, hvor sluttet bevoksningen er. Under normale vækstvilkår vil det være meget vanskeligt i en skov at finde træer, som ikke i dagens løb før eller senere rammes af skygge fra nabotræernes stammer eller kroner.

På næsten alle vore temperaturkurver vil man derfor kunne finde eksempler på træskyggens indflydelse på temperaturgangen



Fig. 7.

Nystrup Plantage, 28/7-1951. Barktemperaturer fra en sitkagran, der er angrebet af *Hylesinus micans*. I tidsrummet kl. 13,45—15,15 faldt der en kraftig grenskygge over måleområdet. S: sydside. u og mic: temperaturer fra krumningen mellem rod og stamme. u: sund bark på træets syd-sydvestside, mic: under bark i gangsystem af *Hylesinus mi*cans på træets sydside. a: lufttemperatur, c: skydække og s: træskygge.

Nystrup plantation, 28/7-1951. Bark temperatures in a Sitka spruce attacked by Hylesinus micans. Between 1.45 p.m. and 3.15 p.m. the tree was in heavy shade. S: south side. u and mic: temperatures at the base between root and trunk; u, sound bark on the south-south west side of the tree, mic, under bark in galleries of Hylesinus micans at the south side of the tree. c: shade from clouds, s: shade from trees, a: air temperature. i træerne. I det følgende vil et par særlig tydelige tilfælde heraf blive draget frem.

På fig. 7 ser man, at under størstedelen af måleperioden var himmelen dækket af et tyndere eller tykkere lag skyer. Mellem ca. kl. 13,00 og 14,15 forsvandt imidlertid skyerne fuldstændigt. De afbildede barktemperaturer fra henholdsvis krumningen mellem stamme og rod (u) på sydsydvestsiden og 100 cm oppe på sydsiden (S) reagerede begge herpå med en kraftig stigning. Denne stigning vedvarede dog ikke gennem hele solskinsperioden. Fra henholdsvis kl. 13,45 og 14,00 dalede temperaturen brat på de to målesteder.

Grunden til dette var, at skyggen fra et af nabotræerne under sin passage henover skovbunden var nået frem til måletræet. Jo nærmere et målested er ved jordoverfladen, jo længere og hyppigere vil det blive ramt af skygge fra nærstående træer. På fig. 7 bevirkede de 100 cm højdeforskel en differens på 15 minuter i temperaturfaldets indtræden. På begge målesteder skete der iøvrigt i løbet af skyggeperiodens sidste 30 minuter en stabilisering, idet temperaturerne kun varierede med 0° ,5.

Et andet eksempel på grenskygge er afbildet på fig. 9, hvor samtlige temperaturer faldt brat under indvirkning af en kraftig skygge, der satte ind kl. ca. 13,15.

Hartig (1891) nævner et interessant eksempel fra den forstlige praksis på grenlagets skyggevirkning. I 1890 hærgedes flere skove i Syd-Tyskland af nonneangreb, i visse tilfælde afnåledes træerne ganske. På en solskinsdag (13/6) målte Hartig temperaturer i den solexponerede bark på et normalt og på et nylig afnålet træ (rødgran). Resultatet blev en gennemsnitlig temperaturforskel på 6° med de højeste temperaturer i barken på det afnålede træ. I et andet tilfælde målte Hartig (1893) barktemperaturer på vestsiden af levende træer, som alle gennem længere tid havde været mere eller mindre afnålet efter nonneangreb. Maximaltemperaturerne beløb sig til 40°,5 — 51°,5. Ikke blot solexponeringen, men også træernes sygelige tilstand bl. a. med nedsat saftstrømning, må imidlertid have medvirket til at skabe disse sidste, meget høje temperaturer (sml. p. 81).

4. Barkens indflydelse.

De sitkagraner, vore målinger blev foretaget på, har i hovedsagen været af samme alder og diameter (sml. p. 43), og følgelig har deres respektive barktykkelser kun vist ringe variation. Imellem målehøjderne 40—320 cm over jordoverfladen svingede tykkelsen fra 4—6 mm, inclusive et korklag på ca. 1 mm. I krumningen mellem stamme og rod var barken 7—9 mm tyk, med et korklag der udgjorde 1—3 mm (sml. fig. 10, hvor krumningens barklag var 8—9 mm inclusive 1—3 mm kork).

Når træet opnår en vis alder, antager barkoverfladen et karakteristisk, skællet udseende, skorpebark (se fig. 2 og fig. 10). Under solexponering opstår der en differens mellem temperaturerne i barken under barkskællene og i den omgivende, glatte bark.

På fig. 8 belyses dette fænomen af to måleserier fra sydvestsiden af granen (målehøjden: 65 cm), hvor b viser temperaturen under glat bark og bs under et barkskæl. Man ser, at sålænge de to målesteder kun i ringe grad var udsat for den direkte solstråling, faldt deres temperatur i hovedsagen sammen. Kl. 13—14 begyndte den øgede insolation umiddelbart at gøre sig gældende. På



Fig. 8.

Nystrup Plantage, 20/7-1951. Temperaturforløbet under glat bark (b) og under barkskæl (bs) på sydvestsiden af sitkagran fra "hugstfladen".

Nystrup plantation, 20/7-1951. Temperatures under smooth bark (b) and barkscales (bs) on the south west side of a standard of Sitka spruce. c: shade from clouds, s: shade from trees.

| Træart (Tree-species) | Barktykkelse og -type (Thickness and type of bark) | Maximal tempe- raturer (Maximum temp.) | Minimal tempe- raturer (Minimum temp.) |
|--|--|--|--|
| Pinus strobus, kævle (" " , log) | glat (smooth), 5 mm | 550 | 17º |
| Pinus silvestris, kævle (""", log) | skællet (<i>scaly</i>), 5 mm | 450 | 17º |
| Picea sitchensis, stamme (" " , trunk) | glat (smooth), 4 mm | 36°,5 | 150,5 |
| Picea sitchensis, stamme (" " , trunk) | skællet (scaly), 4 mm | 32º,5 | 16 ⁰ |

Tabel 3. Barktemperaturer i skællet og glat bark. (Temperatures of scaly and smooth bark).

begge målesteder steg temperaturen i barken indtil kl. 17, men under barkskællet kulminerede temperaturen på et niveau, der var 4^0-5^0 lavere end under den glatte bark. Denne temperaturforskel var så stor, at den ikke kan hidrøre fra tilfældige omstændigheder, men må forklares ved skællets skyggevirkning på stedet med den lave temperatur.

I tabel 3 er der i de to øverste kolonner gengivet resultater fra Graham's (1924) målinger på fyr i Minnesota (U. S.), under og udenfor barkskæl. I de nederste rækker er vore maximums- og minimumstemperaturer fra fig. 8 indføjet. Undersøgelsernes resultater stemmer i princippet overens.

Hvorledes forskellige barktykkelser influerer på temperaturgangen, giver vort materiale ingen oplysninger om. På stammen var barktykkelsen nemlig i hovedsagen ens. I krumningen mellem rod og stamme var barken som før nævnt væsentlig tykkere end på selve stammen, men de to steder er ikke direkte sammenlignelige p. g. a. solstrålernes forskellige indfaldsvinkel.

5. Sollysets indfaldsvinkel.

Temperaturerne i barken er i høj grad afhængige af indfaldsvinkelen for sollyset. På de graner, hvor en stor del af rodudløbet er frit, er man i stand til at bedømme denne indflydelse ved at måle temperaturer: 1) på den vandret forløbende del af roden, 2) i krumningen inde ved stammen og 3) på selve stammen. Alt

Det forstlige Forsøgsvæsen. XXI. H. 1. 15. sept. 1952.

5



Nystrup Plantage, 30/7-1951. Barktemperaturer fra sitkagran (træet og termistoranbringelsen er afbildet på fig. 10). E, u og rb fra træets østside på henholdsvis: lodret stamme, krumningen mellem stamme og rod samt oversiden af roden. N: stammens nordside, rbN: rodens nordside. a: lufttemperatur, c: skydække og s: træskygge.

Nystrup plantation, 30/7-1951. Bark temperatures in a Sitka spruce (arrangement of thermistors may be seen from fig. 10). The tree seen from the **east side.** E, u and rb: vertical trunk, curved zone between root and trunk and surface of root respectively. N: north side of the trunk. rbn: north side of the root. a: air temperature, c: shade from clouds and s: shade from trees.

naturligvis i samme kompasretning. Sammenligningen kan blive noget usikker, fordi de to førstnævnte målesteder i reglen belyses i længere tid end den lodrette stammeside, hvorfor de i dagens løb modtager en større varmemængde.

Som eksempel kan tages fig. 9, hvor vi har angivet barktemperaturerne på den lodrette østside (E) og nordside (N) af stammen i 35 cm højde, på krumningen ved stammens fod (u) og på den vandrette overside af den frit udløbenue rod (rb), begge på østsiden af træet, samt på nordsiden af denne rod (rbn), hvor målestedet stadig var i skygge. Kurverne viser, at på træets østside lå selve stammens maximale barktemperatur væsentlig lavere end den, man fandt i barken på den vandrette og krumme del af rodudløbet.

Opvarmningen af den vandrette og den krumme del af roden foregår parallelt. Den vandrette del er imidlertid om morgenen væsentligt køligere end krumningen, da den delvis er omgivet af kold jord (se p. 70). Temperaturen når derfor heller ikke samme absolutte højde som i rodkrumningen.

Fig. 10.

Nystrup Plantage, 30/7-1951. Sitkagran med solexponeret rodudløb set fra østsiden. I forgrunden til venstre ses den på fig. 1 afbildede sitkagrantrille. Sml. fig. 9 og 12.

Nystrup plantation, 30/7-1951. Sitka spruce with root exposed to the sun, seen from the east side. The Sitka spruce log mentioned in fig. 1 may be seen in the foreground to the left. Comp. fig. 9 and 12.

Ønsker man alene at betragte indfaldsvinkelens virkning på temperaturstigningen i barken (uafhængigt af belysningstiden), må man se på stejlheden af de tre kurver (E, u og rb) i et tidsrum, hvor alle tre målesteder må antages at være omtrent ligeligt belyst, f. eks. i tiden mellem kl. 9,45 og 11,00. I dette tidsrum finder der følgende temperaturstigninger sted:

| Stamme (E) | 2° ,5. |
|------------------|------------------------|
| Krumning (u) | 5 °, 5 . |
| Vandret rod (rb) | 4º,5 . |

Denne forskel må i det væsentlige forklares ved den større indfaldsvinkel*) for solstrålerne, der rammer stammen, sammenlig-

 5^*

^{*)} Indfaldsvinkelen er vinkelen mellem de indfaldende solstråler og en linie vinkelret på den belyste flade i det betragtede punkt, alt set i samme plan.

net med indfaldsvinkelen for de to andre målesteder. Jo mindre indfaldsvinkelen er, desto større er varmetilførslen.

Også af vort øvrige materiale fremgår det klart, at man skal søge træernes maximale temperaturer på eller ved rødderne. Det ses bl. a. af fig. 7. Vore målinger viste, at man på sådanne steder ofte kan finde temperaturer, der er 7^{0} — 8^{0} højere end på den lodrette stammeside.

Lufttemperaturen.

Det er en velkendt erfaring, at lufttemperaturen om dagen viser et maximum omkring kl. 13,00—14,00, med stort set jævn stigning og fald før og efter dette tidsrum. Ser man på vore lufttemperaturkurver, viser de alle en lignende temperaturgang. Sammenlignet med lufttemperaturernes langtidsbevægelser viser barktemperaturerne på vore måletræer et mere ujævnt forløb. Betragter man derimod lufttemperaturerne i korte tidsrum, viser disse sig at være de mest uregelmæssigt forløbende af samtlige kurver, med mange spring til begge sider. Dette var særlig tyde-

Tabel 4. Lufttemperaturer fra "Hugstflade" og B-hugst.

(Air temperatures from area with standards (",Hugstfladen") and from medium dense stand (B-hugst).

| Målested (Place of measurement | Dato: (Date) ts) | 11/7 | 12/7 | 17/7 | 24/7 | 28/7 |
|---------------------------------------|--|--------------|-------|---------------|--------------|-------|
| | Max. temp. | 24º,0 | 21º,0 | 19 °,0 | 21º,5 | 200,0 |
| Unget | Min. temp. | 19º,0 | 16°,0 | 17º,0 | 18º,0 | 16º,0 |
| fladen" (Area with standards) | Gns. temp. af ca. 30 målinger (Average temp. of about 30 measurements) | 21º,5 | 18º,5 | 18º,0 | 19º,0 | 17º,5 |
| | Max. temp. | 200,0 | 180,5 | 160,0 | 190,0 | 190,0 |
| | Min. temp. | 180,0 | 16°,5 | 15 °,0 | 170,0 | 16º,0 |
| B-Hugst (Medium dense stand) | Gns. temp. af ca. 30 målinger (Average temp. of about 30 measurements) | 19º,0 | 17º,0 | 15º,5 | 18º,0 | 17º,0 |

ligt, når man aflæste lufttemperaturerne på en termistor, som ophængtes på kviksølvtermometret. Skønt de to målinger stemte udmærket overens (vi brugte derfor lufttemperaturen som kontrol på rigtigheden af termistorens niveau), reagerede termistoren langt hurtigere, samtidigt med at temperaturen ustandseligt ændrede sig under aflæsningerne.

I de fleste tilfælde måtte disse kortvarige temperatursvingninger tilskrives tilstrømmende køligere luft. I andre tilfælde skyldtes de i overvejende grad indvirkning enten fra skydække eller fra grenskygge.

Som eksempel på grenskyggens indflydelse har vi medtaget tabel 4, der viser lufttemperaturerne på henholdsvis "hugstfladen" og B-hugsten, på fem forskellige dage. M. h. t. grenskygge er denne jo langt mere intensiv i B-hugsten end på "hugstfladen" (sml. p. 44).

Sammenligner man lufttemperaturerne på tabel 4 dag for dag, viser de sig i alle tilfælde dels at ligge på et lavere niveau, dels at vise mindre udsving i B-hugsten end på "hugstfladen". Den samme tendens afspejler sig også i tabel 5, hvor målestederne var beliggende i ca. 100 m afstand fra hinanden i henholdsvis A- og D-hugst.

| thinned stand ("D-hugst"). | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|--|--|--|
| Målested (Place of Dato: 21/7 27/7 measurements) (Date) | | | | | | |
| A-hugst | Max. temp. Min. temp. | 15º,0 13º,5 | 18º,0 17º,0 | | | |
| (Lightly thinned stand) | Gns. temp. af ca. 25 målinger (Average temp. of about 25 measurements) | 14º,5 | 17º,5 | | | |
| D-hugst | Max. temp. Min. temp. | 16º,0 14º,0 | 19º,0 17º,0 | | | |
| (Heavily thinned stand) | Gns. temp. af ca. 25 målinger (Average temp. of about 25 measurements) | 15º,0 | 18º,5 | | | |

Tabel 5. Lufttemperaturer fra A-hugst og D-hugst. (Air temperatures from lightly thinned stand ("A-hugst") and heavily

I overensstemmelse med at grenskyggen var mere intensiv på A- end D-hugsten, lå lufttemperaturerne for A-hugsten alle lavere og viste mindre udsving end de tilsvarende for D-hugsten.

Lufttemperaturens indvirkning på stammens temperatur er forskellig i døgnets løb. Om natten og tidligt om morgenen ligger stammens og luftens temperatur ens. Efter solens opgang og specielt på en skyfri dag opvarmes både luft og stamme, men således at træets temperatur hurtigt når op over lufttemperaturen som følge af direkte og diffus stråling. Luften begynder derfor nu at virke afkølende på træet, og man ser, som på fig. 5, hvorledes barktemperaturen hen på eftermiddagen begynder at falde under vedtemperaturen samtidig med, at den diffuse og direkte bestråling aftager. Barktemperaturens fald sinkes imidlertid mere eller mindre af den akkumulerede varme i veddet, således at træets iemperatur først i løbet af natten langsomt udlignes med den omgivende lufts temperatur. I gråvejrsperioder (sml. fig. 6) skete der også om dagen en gradvis udligning mellem træets og luftens temperatur.

I bevoksninger så tætte som f. eks. A-hugsten (sml. fig. 13) virkede luften, i modsætning til det ovennævnte, ikke på noget tidspunkt af dagen afkølende på træerne. Selv på udprægede solskinsdage, hvor muligheden for direkte solstråling på stammerne var størst, lå lufttemperaturen enten på samme værdi eller endog højere end træets temperatur.

Den lave lufttemperatur i forsøgsperioden har, i forbindelse med den hyppigt forekommende blæst, sikkert i høj grad virket begrænsende for muligheden af at opnå de virkelig høje barktemperaturer.*)

Jordbunds- og rodtemperaturen.

I den del af plantagen, hvor vi havde vore undersøgelser, skelnede vi mellem følgende lag i jordbunden: førn, mor og sand.

Førnen bestod i hovedsagen af visne grannåle. På "hugstfladen" kunne den være indtil 10 cm tyk; i de mere sluttede bevoksninger derimod højst et par cm.

^{*)} Som eksempel på dette kan det nævnes, at vi d. 10. juli 1952 opnåede følgende maximaltemperaturer (rødgran, barktykkelse 6—7 mm): SØ 33°, S 37.5°, SV 42.5°, N 25.5°, krumning mellem rod og stamme (S) 48°, overside af rod (S) 44°, alle ved en lufttemperatur på ca. 23°.

| Målested (Place of measurements | Dato: (Date) | 11/7 | 12/7 | 17/7 1 | 3/7-29/7 |
|--|--|----------------|----------------|----------------|---|
| <u>, , , , , , , , , , , , , , , , , , , </u> | Max. temp. Min. temp. | 16º,0 14º,5 | 15º,0 14º,0 | · | 18º,0 11º,5 |
| "Hugst- fladen" (Area with standards) | Gns. temp. af ca. 30 målinger (Average temp. of about 30 measurements) | 15°,0 | 14º,5 | (15º,0) | 15º,0 (af 16 målinger) (of 16 mea- surements) |
| | Dybde (cm) (depth, cm) | 7 | 5 | 5 | 4 |
| | Max. temp. Min. temp. | 14º,0 13º,5 | 13º,5 12º,0 | 13º,0 12º,0 | 13º,5 11º,5 |
| B-hugst (Medium dense stand) | ca. 30 målinger (Average temp. of about 30 measurements) | 13º,5 | 13º,0 | 12º,5 | 12°,5 (af 16 målinger) (of 16 mea- surements) |
| | Dybde (cm) (depth, cm) | 5 | 6 | 6 | 5 |
| | | | | | |

Tabel 6. Mortemperaturer fra "Hugstflade" og B-hugst.

(Mor temperatures from area with standards ("Hugstfladen") and from medium dense stand (B-hugst).

Moren dannede overalt et 5-10 cm tykt lag. Nedadtil afgrænsedes det skarpt fra sandlaget.

Sandets tykkelse kunne beløbe sig til flere meter. I den øverste del var det som oftest mørktfarvet af humuspartikler fra morlaget.

De temperaturer, som *Hylesinus micans* især vil komme ud for i jordbunden, er førnens og morens (sml. p. 75). Fra sandet har vi derfor kun få målinger.

Sandet.

Ude på "hugstfladen" svingede sandets temperatur i ca. 15 cm dybde fra jordoverfladen mellem $15^{\circ},0$ og $12^{\circ},5$ målt i tidsrummet 13/7—29/7. Den 21. juli målte vi sandtemperaturerne i 7 cm

[26]

dybde på henholdsvis A- og D-hugstfladerne. I A-hugsten lå de konstant på 11°,0; i D-hugsten derimod steg de ved 12-tiden til 12°,5, hvorefter de stagnerede.

Moren.

I tabel 6 er mortemperaturerne i B-hugsten og på "hugstfladen" sammenlignet med hinanden.

Måleserierne fra henholdsvis den 11/7, 12/7 og 17/7 foretoges med termistor. I perioden 13/7-29/7 måltes temperaturer-



Fig. 11.

Nystrup Plantage, 15/7-1951. Temperaturkurver for førn og mor målt to steder på "hugstfladen", med 15 m afstand. Til førnkurven f 0,5 hører træskyggen x, til førnkurven f 2,0 og morkurven m hører træskyggen y. Skydækket c var ens de to steder. a: lufttemperatur.

Nystrup plantation, 15/7-1951. Curves for leaf litter (A_{00}) and mor temperatures measured in two places at a distance of about 15 m from each other on an area with standards. The tree shade x corresponds to the curve for leaf litter temperatures f 0.5; tree shade y belongs to the leaf litter temperature f 2.0 and mor temperature m. The shade from clouds c is the same for both places. a: air temperature. ne med et stavformet kviksølvtermometer, som tillod samtidig aflæsning af maximums- og minimumstemperaturerne i den forløbne måleperiode. Termometret var anbragt såvidt muligt parallelt med jordoverfladen i den ønskede dybde. Det aflæstes een gang dagligt, sent om eftermiddagen.

På tabellen ser man dels, at gennemsnitstemperaturerne ligger lavere, dels at de daglige udsving er mindre i B-hugsten end på "hugstfladen". At maximumstemperaturen (11/7-29/7) nåede højere op på "hugstfladen" end i B-hugsten, samtidig med at minimumstemperaturen var ens de to steder, må sikkert være forårsaget af, at nok var der enkelte udprægede solskinsdage, men derimod ingen typiske udstrålingsnætter — med dertil svarende lave temperaturer — mellem den 11/7 og den 29/7.

Et lignende resultat udviste en måleserie fra A- og D-hugsten. Begge steder med 10 målinger, taget fra ca. 3 cm dybde nede i moren (18/7). I A-hugsten lå temperaturen konstant på $12^{\circ},0$, i D-hugsten på $12^{\circ},5$.

Af ovenstående vil det derfor fremgå, at sammenligner man to bevoksninger af forskellig hugststyrke med hinanden, vil mortemperaturen — ligesom det tidligere er blevet påvist for lufttemperaturen (p. 64) — altid ligge lavest der hvor der har været den mindste hugst, og hvor der følgelig er mørkest.

På fig. 11 er afbildet et typisk eksempel (15/7) på den daglige temperaturgang i moren (m) ude på "hugstfladen" i 11 cm dybde. Sammenlignet med de øvrige temperaturkurver på figuren viste mortemperaturen stærk dæmpning, relativt lave værdier samt et forløb, der snarere syntes at stå i relation til skydække end til lufttemperatur.

Førnen.*)

I tabel 7 er opstillet sammenhørende førn- og mortemperatur fra fem forskellige målesteder, alle beliggende ude på "hugstfladen".

Sammenligner man temperaturerne indbyrdes dag for dag, ser man, hvorledes førntemperaturerne overalt ligger på de højeste værdier, hvilket i særdeleshed giver sig udslag i maximumstemperaturerne.

På fig. 11 er gengivet forløbet af mor- og førntemperaturerne fra den 15/7. Førnen var den pågældende dag mærkbart fugtig

*) H. Hesselman's betegnelse for affaldslaget (A_{00}) .

| Målested (Place of measuremen | Dato: ts; (Date) | 12/7 | 13/7 | 13/7 | 15/7 | 15/7 |
|-------------------------------------|---|----------------|----------------|--|----------------|----------------|
| | Max. temp. Min. temp. | 22º,0 15º,5 | 24º,0 16º,0 | 26 ⁰ ,5 15 ⁰ ,5 | 24º,0 15º,0 | 35º,0 17º,5 |
| Førn (A ₀₀) | Gns. temp. af ca. 30 målinger (Average temp. of about 30 measurements) | 18º,0 | 22°,0 | 20°,0 | 19º,0 | 24°,0 |
| | Dybde (cm) (Depth, cm) | 12 | 2 | 2 | 2 | 0—1 |
| | Max. temp. Min. temp. Gns. temp. af ca. 30 | 15,º0 14º,0 | 16º,0 15º,5 | 14º,0 13º,5 | 17º,0 13º,5 | 15°,0 12°,0 |
| Mor (Mor) | målinger (Average temp. of about 30 measurements) | 14º,5 | 140,0 | 140,0 | 15°,0 | 13º,5 |
| | Dybde (cm) (Depth, cm) | 6—7 | 14 | 7 | 10 | 11 |

Tabel 7. Førn- og mortemperaturer fra "Hugstfladen".

(Temperatures of leaf litter (A_{00}) and mor from area with standards $(,,Hugstfladen^{"})$).

som følge af nedbør fra den foregående nat. De to førnkurver gengiver temperaturgangen dels umiddelbart i overfladen af førnen med termistoren lige akkurat dækket af nåle (f 0,5), dels ca. 2 cm nede i førnen (f 2,0). Nålelagets dæmpende indflydelse på temperaturen i 2 cm dybde er ganske åbenbar. Endvidere viser begge kurver, ligesom mortemperaturen — blot endnu mere udpræget — en langt større afhængighed af den direkte solstråling end af lufttemperaturen.

Rodtemperatur. Normalt er rodtemperaturen på et træ lig den omgivende jords temperatur (Krutsch, 1854). Hvis en del af rødderne imidlertid er blottet, bliver den desuden påvirket af den direkte solstråling. Til eksempel kan anføres figurerne 9 og 12. Indstrålingen var her så stor, at barktemperaturen på roden (rb) lå højere end stammebarkens (b og E, begge målt i 35 cm højde).

Fig. 12.

Nystrup Plantage, 29/7-1951. Sammenligning mellem rod- og stammetemperaturer på østsiden af en sitkagran (sml. fig. 10). b og rb: barktemperatur på henholdsvis stamme og rod. wd og rwd: vedtemperatur fra henholdsvis stamme og rod i 5 cm dybde. m: mortemperatur 6 cm under jordoverfladen. a: lufttemperatur, c: skydække og s: træskygge.

Nystrup plantation, 29/7-1951. Comparison between root and trunk temperatures from the east side of a Sitka spruce. Comp. fig. 10. b and rb: bark temperature in trunk and root respectively. wd and rwd: wood temperature in trunk and root respectively at a depth of 5 cm. m: mor temperature 6 cm below the soil surface. a: air temperature, c: shade from clouds and s: shade from trees.



At barktemperaturerne på den mod øst løbende rods nordside (rbN) nåede højere op end på stammens nordside (N, 35 cm målehøjde) skyldtes, at varmen på roden — sammenlignet med stammen — skulle ledes en kortere strækning gennem veddet. Den lave jordbundstemperatur (m) sporedes derimod i vedtemperaturerne i roden (rwd), der lå lavere end i stammen (wd), målt i samme dybde (5 cm). Kl. 12,00 var således differensen mellem sammenhørende bark- og vedtemperaturer: for stammen 7°,5, for roden 16°,0.

Temperaturer på sitkagran i bevoksninger.

1. A-hugst. Hidtil har vi i hovedsagen beskrevet barkens temperaturforhold på fritstående træer, som kun i ringe grad har været udsat for skygge fra nabotræer. Inde i bevoksningerne spiller derimod skyggen fra de omgivende træer en dominerende rolle. Som et extremt exempel på dette blev valgt en A-hugst i Statens forstlige Forsøgsvæsens prøveflade i sitkagran i N y s t r u p Plantage (parcel k). I A-hugsten er kronetaget næsten helt sluttet som følge af, at der ved udhugningerne blot er blevet fjernet døde træer (sml. fig. 13).



Fig. 13.

Nystrup Plantage, 21/7-1951. Sitkagraner i meget svagt hugget bevoksning. A-hugst. Man bemærker de tætstillede, små og afslidte kroner (piskere), der kun tillader en ringe lysmængde at nå ned på skovbunden.

Nystrup plantation, 21/7-1951. "A-hugst", i.e. a very lightly thinned stand of Sitka spruce. Notice the dense crowns which are small and "worn" ("whips"). The almost unbroken canopy permits penetration of very little light to the forest floor.

Fig. 14 (A) viser temperaturgangen for et træ i denne bevoksning. Vi har kun gengivet temperaturkurverne for barken på sydsiden (S, målehøjde: 140 cm), sydøstsiden (SE, målehøjde: 140 cm) samt vedtemperaturen i 5 cm dybde på sydvestsiden (wd, målehøjde: 140 cm). De øvrige temperaturmålinger, vi har fra træet, stemte i princippet ganske overens med de afbildede. På figuren ser man, at samtlige temperaturer på træet i dagens løb lå i intervallet: 13°,5—14°,5.

Sammenligner man træets temperaturer med lufttemperaturen, bevægede denne sig fra 14°,0 til 15°,5, og var det meste af dagen højere end træets. Luften virker altså, i så mørk en bevoksning som denne, opvarmende på træet, og dette var utvivlsomt den væsentligste årsag til, at stammens temperatur overhovedet steg i dagens løb.

Hverken i denne eller i andre af vore målinger fra A-hugst kunne man spore nogen direkte virkning af skydækket.

2. D-hugst. I stærkere huggede bevoksninger var forholdene mere indviklede og måtte nærmest betragtes som mellemtilfælde mellem det helt frie træ og A-hugsten. Vi valgte at undersøge en stærkt hugget parcel (parcel f), hvor der førtes en D-hugst (fig. 15 og 16). Denne hugst karakteriseres ved en stærk indgriben, idet bevoksningen hugges så kraftigt, at trækronerne kun har ringe berøring med hinanden, og der er ret store huller i kronetaget (sml. fig. 15). Følgen heraf er, at en hel del sollys trænger ned gennem kronerne, og i dagens løb vandrer solpletterne hen over jordbund og stammer (sml. fig. 16). Hvor megen sol hvert træ får, er naturligvis ganske individuelt; men resultatet, som det afsløres i træets temperaturer i fig. 14 (D), er typisk ifølge supplerende målinger. Alle målestederne er fra 125 cm højde.

Man ser, hvorledes de soludsatte barkpartier opvarmes af solstrålerne i de 15----30 minutter, som det i reglen varer for solpletterne at passere. I sådanne tidsrum kan man få spring i barkens temperaturer på ca. 3° og desuden en tendens til jævn stigning af vedtemperaturerne, således at både bark- og vedtempera-



Fig. 14.

Nystrup Plantage, 21/7-1951. Temperaturgangen i forskelligt stærkt tyndede sitkagranbevoksninger: D-hugst (stærk hugst, se fig. 15 og 16) og A-hugst (meget svag hugst, se fig. 13). SE og S: barktemperatur på henholdsvis sydøst- og sydsiden af træerne. wd: vedtemperaturen på sydsiden af træerne, i 5 cm dybde. a: lufttemperatur, c: skydække og s: træskygge. Målestedernes indbyrdes afstand var ca. 100 m.

Nystrup plantation, 21/7-1951. Curves for temperatures of heavily and lightly thinned stands of Sitka spruce: "D-hugst" (heavy thinning) and "A-hugst" (light thinning). SE and S: bark temperatures on the south east and the south side of the trunk. wd: wood temperature at a depth of 5 cm on the south side. a: air temperature, c: shade from clouds and s: shade from trees. The distance between the two places of measuring was c. 100 m.



Fig. 15.

Nystrup Plantage, 21/7-1951. D-hugst (stærk hugst). Sitkagranernes kronetag; kronerne er veludviklede med ringe indbyrdes berøring.

Nystrup plantation, 21/7-1951. "D-hugst": heavily thinned stand of Sitka spruce. The crowns are well developed with little mutual contact.

turer i kortere eller længere perioder når op over lufttemperaturen. Mens sydsidens temperatur i A-hugsten gennemgående var ca. 14° med en total variation på 1° i dagens løb, var den på det betragtede træ i D-hugsten gns. 16°-17° med en total variation på 5° i løbet af dagen. Det afhænger af tidspunktet for belysningen, hvilke af stammens sider der bliver opvarmet. Da der når mest sollys ned gennem kronetaget, når solen står højest på him-

Fig. 16.

Nystrup Plantage, 21/7-1951. D-hugst (stærk hugst). Samme sted som på fig. 15. Man ser talrige solpletter på skovbunden og på stammerne.

Nystrup plantation, 21/7-1951. "D-hugst" (heavily thinned stand). Same place as in fig. 15. Several streaks of sunlight on the forest floor and trees.



Efter det foran meddelte kan man gå ud fra, at træerne vil være varmere i stærkt hugget skov end i svagt hugget skov, ligesom for luft og mor. I en stærkt hugget bevoksning vil de i hvert fald til tider være en del varmere end luften, i en svagt hugget når træets temperatur derimod om dagen ikke op over lufttemperaturen.

Temperaturer i gangsystemer af Hylesinus micans.

Den egentlige tilskyndelse til at foretage temperaturmålinger i forbindelse med undersøgelsen af *Hylesinus micans*' biologi var, at man havde konstateret, at barkbillen i Nystrup Klitplantage med forkærlighed ynglede i de stærkt huggede, lyse parceller og næsten helt undgik A-hugsterne (Henriksen, 1951). Mindre tydelige tendenser til denne præferens kendtes fra andet materiale i undersøgelsen (Petersen 1952), og det var nærliggende at søge årsagen i de temperaturforskelle, man måtte vente at finde mellem lyse og mørke bevoksninger. Det var på forhånd klart, at temperaturerne måtte være højere, hvor der var størst lystilgang, selv om det var uvist, hvor stor forskellen ville være.

Som forklaring på *Hylesinus micans*' optræden i den stærke hugst kan der imidlertid også tænkes andet end temperaturer, f. eks. forskellig infektion af *Fomes annosus* (Fr.)Cke. i parcellerne, forskellig stærk udslæbningsskade på de stående stammer, forskellig barktykkelse eller eventuelt en kombination af flere af disse faktorer.

Som grundlag for undersøgelsen af, under hvilke temperaturforhold *Hylesinus micans* ynglede, foretoges den allerede beskrevne temperaturmåling på uangrebne sitkagraner. Det næste punkt var derfor at konstatere, om temperaturerne i barkbillens gangsystemer var anderledes end i den omgivende, uangrebne bark.

På beskyggede træer inde i bevoksninger (A-hugst-typen), hvor træernes temperatur lå under luftens, kunne der ifølge sagens natur ikke blive tale om afvigelser af nogen betydning. Kontrolmålinger bekræftede rigtigheden heraf.

Som eksempel på temperaturgangen i et gangsystem af *Hyle*sinus micans på et solbelyst sted er der på fig. 7 medtaget målingerne (mic) fra et gangsystem, hvori der var udvoksne, udfar-



Fig. 17.

Nystrup Plantage, 26/7-1951. Sitkagran der er angrebet af *Hylesinus micans*. Man ser harpiksflod og en harpikstragt samt udkastet boremel ved stammens fod. Boremelet er et tegn på, at der er talrige imagines under barken.

Nystrup plantation, 26/7-1951. Sitka spruce attacked by Hylesinus micans. The photograph shows secretion of resin, a resin tube and at the base of the trunk boring dust. The dust indicates the presence of many imagines beneath the bark.

vede biller, som udførte ernæringsgnav. Barktykkelsen var 2—3 mm, og kun korklaget var tilbage. Termistoren i barkbille-gangsystemet var anbragt i en rodkrumning, der vendte mod syd, medens den, hvormed den sammenlignedes (u), vendte mod sydsydvest. Den sidstnævnte blev derfor relativt varmere hen på eftermiddagen, men de to temperaturkurver var iøvrigt ganske overensstemmende. Også vort øvrige materiale viste, at temperaturgangen i sund bark og i gangsystemer af *Hylesinus micans* var ens.

Der er altså ikke fundet nogen principiel forskel på temperaturbevægelserne i sund bark og i *Hylesinus micans*' gangsystemer og heller ikke i de opnåede absolutte temperaturer. Dette vil sige, at det i det foregående nævnte vedrørende temperaturerne i sunde træer også gælder for *Hylesinus micans*' ynglelokaliteter.

Da barkbillen i de fleste tilfælde yngler i barken ved træets fod og i regelen under 2 m (sml. fig. 17), kan udviklingen komme til at foregå under meget varierende temperaturer. Yngleområdet indbefatter nemlig både træets extremt varme rodkrumning, hvor der i det foreliggende eksempel måltes 36°,5, og de kolde partier af stammens nedre del, hvor barken er dækket af mor. På samme måletræ fandtes der således pupper under bark dækket af mor. Temperaturerne havde her i dagens løb ikke oversteget 16°. Derimod var det uhyre sjældent, at *Hylesinus micans* ynglede i dybde med sandet. Når et træ er særlig kraftigt angrebet, strækker gangsystemerne sig dog ofte flere meter op ad stammen. I sådanne tilfælde dræbes træet ret hurtigt, og barken bliver tør, før de færdigudviklede biller forlader sitkagranen. Det må dog bemærkes, at selv på disse træer var barkens underside fugtig at føle på. Den relative luftfugtighed i gangsystemerne må derfor have ligget nær de 100 %. Som nævnt i afsnittet om tørt træ opnår man forholdsvis høje temperaturer sådanne steder. I et *Hylesinus micans* system med talrige levende imagines, hvilket fandtes i en stående udgået stamme, nåede temperaturen i løbet af to timer fra 19°,5 op på 39°,0. Dette er ikke exceptionelt varmt for solexponeret træ, og selvom vort materiale på dette punkt er lille, må vi dog sige, at i tørt såvel som i friskt træ følger temperaturerne i *Hylesinus micans* systemerne og i den omgivende bark hinanden.

Som nævnt kan Hylesinus micans larverne godt udvikle sig ved temperaturer så lave som dem, der findes i morlaget, og dermed også ved A-hugstens temperaturer. Når barkbillen alligevel ikke yngler i parceller med A-hugst, kan det være et tegn på, at de æglæggende biller undgår de lave temperaturer; larvernes forekomst i bark, der er dækket af morlaget, kan nemlig skyldes, at larverne under deres gnav simpelthen af mangel på plads og næring tvinges derned. Æglægningen synes nemlig at ske i et noget højere niveau end morlagets.

Af det ovenstående skulle det derved fremgå, at vi ikke har været i stand til direkte at sætte *Hylesinus micans'* udbredelse i forbindelse med temperaturforholdene på de steder, hvor dyret lever. En fyldestgørende udredning heraf kunne imidlertid også først gives, når iagttagelserne ude fra naturen blev kombineret med laboratorieforsøg, dels vedrørende dyrenes tilbøjelighed til at foretrække visse temperaturområder frem for andre, dels deres evne til at udholde høje temperaturer gennem længere perioder under påvirkning af forskellige grader af luftfugtighed.

Angående det sidste punkt kan de 39°, vi har iagttaget levende dyr ved, ikke siges at indeholde noget enestående. For *Hyle*sinus (Dendroctonus) monticolae Hopk. (i Oregon, U. S.) har Patterson (1930) således påvist, at det kritiske område for denne art lå fra 43°-49°. Ved 43° døde en ringe procentdel, ved 49° derimod 100 % af forsøgsdyrene. Ved 49° varede det 20 minutter, før dyrene døde, ved 43° medgik derimod 2-3 timer.

Vælger man i tilslutning hertil eksempler fra andre barkbiller, stemmer tallene i hovedsagen overens med Patterson's. Det gæl-

6

der således for Graham (1924), der har påvist, at de kritiske temperaturer hos *Ips pini* Say for imagines lå på 44° —50°, for larver på 44° —49°. Endvidere har Schimitschek (1931) vist, at barktemperaturer mellem 42° —52° var dødelige for larverne af *Tomicus typographus* L.

Yderligere har vi selv gjort den iagttagelse, at der ved måleperiodens afslutning ved 18-tiden, under barken på den bjergfyrtrille, hvis temperaturer er afbildet på fig. 18, fandtes levende larver i forskellig størrelse samt pupper af barkbillen: *Tomicus bidens* Herbst(*Pityogenes bidentatus*). Den relative luftfugtighed havde i måleperioden ligget på 100 %, eller en ubetydelighed herunder. Ifølge fig. 18 kan man heraf bl. a. slutte, at dyrene i ca. 2,5 timer har været udsat for temperaturer over 42° med en maximal temperatur på 46°, uden at de tilsyneladende havde lidt nogen skade.

Ligeledes under barken og i nærheden af barkbillelarverne fandt vi larver af svampemyg (*Mycetophilidae sp.*), der var døde, med et udseende der kunne tyde på, at det var varmen, der havde dræbt dem.

Disse forskellige angivelser for, hvor høje temperaturer dyrene kan tåle, tyder på, at man indenfor barkbillerne finder arter, som er i stand til, at leve ved temperaturer, som ellers er skadelige, evt. dræbende, for andre insekter (Wigglesworth, 1950). Det er derfor usandsynligt, at *Hylesinus micans* her i landet normalt vil komme ud for dødelige temperaturer i stående træ. I fældet solbeskinnet træ — triller, kævler — vil der derimod være mulighed for, at barktemperaturerne vil virke dræbende.

Temperaturer på fritstående bjergfyr.

Til supplering af temperaturmålingerne i sitkagran har vi taget tre måleserier i bjergfyr. De to er fra gråvejrsdage og viser intet af speciel interesse. Den tredje er fra den 20/7, hvor vi havde solskin dagen igennem, kun afbrudt af et mindre skydække mellem kl. 11,00 til ca. 13,00. Samtidig med målingerne i bjergfyr (sml. fig. 18) måltes de temperaturer i sitkagran, som er afbildet på fig. 4. De to måletræer lå ca. 200 m fra hinanden, og skylaget var dermed identisk for begge målesteder. Bjergfyrrene var 30-40 år gamle overstandere mellem opvoksende ca. 1 m høj sitkagranbevoksning. Barktykkelsen var i målehøjden 3 mm. I tabel 8 er maximalværdierne for de vigtigste målesteder på henholdsvis sitkagran og bjergfyr angivet:

Tabel 8. Maximale bark- og vedtemperaturer på sitkagran og bjergfyr. (Maximum bark- and woodtemperatures of Sitka spruce and mountain pine).

| · . | Målested (Place of measurements) | Picea sitchensis | Pinus mugo |
|-----|--|------------------|---------------|
| | Sydøstbark (Bark on SE side) | 32º,0 | 29°,0 |
| | Sydbark (Bark on S side) | 33°,0 | 32º,5 |
| | Sydvestbark (Bark on SW side | 38º,0) | 33 °,0 |
| | Nordbark (Bark on N side) | 19º,5 | 22º,0 |
| | Ved, syd (Wood from S side | 32º,0 e) | 26°,0 |

Lufttemperaturen ved sitkagranen lå gennemgående 1º højere end ved bjergfyrren.

Kl. 15,30 havde veddet i 5 cm dybde på sydsiden af begge måletræerne en temperatur på 26°. I bjergfyrren lå alle vedtemperaturerne herefter konstant på 26°. I sitkagranen derimod fortsatte stigningen, indtil temperaturen kl. 18,00 kulminerede med 32°, hvorefter den stagnerede.

Ligevægten mellem varmeafgivelse og varmeoptagelse i veddet lå med andre ord hos sitkagranen ved 32°, hos bjergfyrren ved 26°. Denne forskel må sikkert sættes i forbindelse med, at sitkagranens diameter i målehøjden var 23 cm, bjergfyrrens 15 cm. Bjergfyrrens overflade var derfor i forhold til sitkagranens større og overfladens afkølende virkning derfor tilsvarende mere mærkbar.

På den anden side bevirkede bjergfyrrens forholdsvis ringe masse, at den i starten opvarmedes hurtigere end sitkagranen. Fra kl. 10,00—13,00 steg således vedtemperaturen i sitkagranen 3° ,5, i bjergfyrren 5° ,5.

[37]

6*

Desuden viste det sig på bjergfyrren og sitkagranen, at barkens maximale temperaturer kun på sydøst og sydsiderne indtraf samtidigt. På sydvest-siden derimod nåede sitkagranen først sin maximale temperatur ca. een time efter, at bjergfyrren var kommet op på sin (sml. fig. 18 og fig. 4). En rimelig forklaring herpå får man sikkert ved at betragte vedtemperaturernes forløb i de to træer. Begge steder steg vedtemperaturerne før og efter sydøst- og syd-maxima'ernes indtræden. I bjergfyrren stagnerede imidlertid vedtemperaturen kort efter, at syd-maximum'et var nået. Barken havde herefter ikke mulighed for yderligere



Fig. 18.

Nystrup Plantage, 20/7-1951. Temperaturer i bjergfyroverstander og bjergfyrtrille. SW og wd: henholdsvis bark- og vedtemperatur i 5 cm dybde, begge på træets sydvestside. Ib og lwd: henholdsvis bark- og vedtemperatur i 5 cm dybde på oversiden af trillen. a: lufttemperatur, c: skydække og s: træskygge.

Nystrup plantation, 20/7-1951. Temperatures on mountain pine and log of Mountain pine. SW and wd bark temperatures and wood temperatures at a depth of 5 cm respectively, both situated on the south west side of the trunk. Ib and lwd: bark temperatures and wood temperatures at a depth of 5 cm respectively, from the upper surface of a log. a: air temperature, c: shade from clouds and s: shade from trees. temperaturstigning af betydning. Sydvest-maximum'et indtraf derfor kort tid efter, at vedtemperaturen var blevet konstant. I sitkagranen derimod forsatte barktemperaturen sin stigning jævnsides med veddets, indtil de sent på dagen begge kulminerede omtrent samtidigt. På den måde fremkom der altså automatisk en forskydning af de to sydvest-maxima, som direkte var afhængig af de to træers forskellige varmekapacitet.

Direkte sammenligning mellem målestederne på nordsiderne af sitkagranen og bjergfyrren var desværre ikke mulig, da bjergfyrrens lå lidt til vest for nord, mens sitkagranens lå rent nord. Ser man bort fra de derved fremkomne afvigelser, synes de to temperaturkurver dog at løbe nogenlunde parallelt og nå op på samme absolutte temperaturer. Varmetransporten gennem veddet til nordsidens overflade synes derfor, specielt for sitkagranens vedkommende, at måtte være minimal.

I det foregående er det blevet påvist, at temperaturkurverne for sitkagran og bjergfyr på flere punkter afveg fra hinanden. Ligeledes er det sandsynliggjort, at disse afvigelser ikke skyldtes specielle egenskaber i henholdsvis bjergfyr og sitkagran, men at de simpelthen beroede på størrelsesforskellen mellem de to måletræer. Vi er derved i stand til at kunne bekræfte et af de vigtigste punkter i Ihne's (1884) arbejde: "Besonnte dickere Baumtheile erlangen ein höheres Maximum der Temperatur als dünnere". Ihne's konklusioner er baseret på målinger i: "Zweig", "Ast" og "Stamm" af Acer platanoides. Gerlach's (1929) resultater er i denne forbindelse vanskelige at bedømme, fordi han kun i ringe grad tager hensyn til barktykkelsen.

Temperalurforhold i udgået træ.

Da Hylesinus micans undertiden vil være at finde i udgået træ (sml. p. 77), har vi også lagt nogle måleserier i dødt sitkagran- og bjergfyrmateriale. Disse serier omfatter en udgået sitkagran, en stub af sitkagran, samt to triller af henholdsvis sitkagran og bjergfyr. Barken var i alle tilfælde brunlig, sejg, fugtig og vanskelig at løsne fra det underliggende ved. Vandindholdet må have været ret betydeligt i træstykkerne. Noget eksakt udtryk herfor har vi ikke; men i alle de tilfælde hvor vi har arbejdet med udgået materiale, har bark og ved været mærkbart fugtigt ved berøring. Det kan heraf sluttes, at den relative luftfugtighed i eventuelle hulrum har ligget meget nær de 100 % ved alle de målte temperaturer.

På fig. 18 er angivet temperaturgangen for en bjergfyrtrille (10 cm diam.) målt dels under barken (lb), dels 5 cm nede i veddet (lwd), på den solexponerede overside. Trillen stammede fra et træ, som var fældet for knapt et halvt år siden. Bjergfyrtrillen var anbragt direkte på jorden, orienteret vest-øst. Trillen var ikke udsat for skygge fra den omgivende vegetation. Det blæste svagt dagen igennem men dog så kraftigt, at der var tydelig vindbevægelse i trillens niveau.

Det forskellige temperaturforløb i bark og ved afspejlede sig tydeligt i de to kurver. Det er værd at bemærke, hvorledes vedtemperaturen steg selv efter, at barktemperaturen var begyndt at dale (sml. fig. 5). Til yderligere belysning af temperaturgangen i trillen er medtaget temperaturkurverne for henholdsvis bark (SW) fra sydvestsiden og ved (wd) i henholdsvis 160 cm og 90 cm højde af den levende bjergfyroverstander, ved foden af hvilken trillen lå og hvis maximumstemperatur er gengivet p. 79. Ved vurdering af de to sæt kurver må man naturligvis tage hensyn til, at indfaldsvinklen er forskellig for den vandret liggende trille og den lodrette stamme. I det eksempel, der er afbildet på fig. 9, gav dette sig udtryk i en differens mellem temperaturmaxima'erne for stamme og rodoverflade på 4º. På fig. 18 er forskellen mellem den vandrette overflade af trillen og den lodrette stammeoverflade 13°, med trillens temperatur som den højeste. Dette er så stor en forskel, at den må være forårsaget af, at der i det ene tilfælde har været tale om dødt, i det andet om levende træ.

Dette synspunkt synes at blive støttet af vore andre målinger i sitkagran-trille og sitkagran-stub, samt af Patterson's (1930) i contortafyr (lodgepole pine). I tabel 9 er givet en oversigt over hans og vore resultater. Temperaturerne i det døde træ er i alle tilfælde sammenholdt med temperaturerne i det levende træ, målt samtidigt med og i umiddelbar nærhed af målestedet i det døde træ.

For den 30/7 svarer temperaturerne for rodoverflade og stamme til maximaltemperaturerne for kurverne, der er afbildet på fig. 9. Trillen var skåret ud af en sitkagran, der var fældet i februarmarts i år (sml. fig. 10). Den var anbragt ved foden af måletræet, orienteret nord-syd. Det blæste kraftigt med vindbevægelse også på højde med trillen. Der gjaldt altså ikke p. g. a. manglende vind-

[41]

| Tabel 9. | Maximale | lufttemperaturer | og | maximale | barktemperaturer |
|----------|----------|------------------|-----|----------|------------------|
| | | fra døde og leve | nde | træer. | |

(Maximum air temperatures and maximum bark temperatures from dead and live trees).

| Træart (Tree species) | Målested Max (Place of measu- rements) (Me | imale temperaturer i bark og luft aximum bark- and urtemperatures) |
|---------------------------------------|---|---|
| · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | Trilleoverflade (dødt) (Exposed upper side of log dead) | 42º,0 |
| Sitkagran, 30/7-51 | Rodoverflade (Exposed upper side of rod | 35°,0 ot) |
| (Slika spruce) | Stamme, østside (Trunk, east side) | 31º,0 |
| | Lufttemperatur (Air temperatures) | 18º,0 |
| | Stub, krumningen mellem r og stamme, vest sydvestside (Stump, curve between root trunk, west southwest side) | rod 35°,5 and |
| Sitkagran, 28/7-51 (Sitka spruce) | Stamme, krumningen melle rod og stamme, vest sydve side (Stump, curve between root of trunk, west southwest side) | em est- 30º,5 and |
| | Lufttemperatur (Air temperature) | 20°,0 |
| Contortafyr, 14/6-27 | Trilleoverflade (dødt) (Exposed upper side af log dead) | 50°,0 |
| Patterson, 1930. | Stamme, sydside (Trunk, south side) | 27°,0 |
| | Lufttemperatur (Air temperature) | 26°,0 |

bevægelse særlige mikroklimatiske betingelser for trillen. Trillens vedtemperatur målt på oversiden i 5 cm dybde var maximalt 32°.

I målingerne fra den 28/7 registreredes temperaturen i krumningen mellem rod og stamme på vestsydvest-siden dels af en et

[42]

halvt år gammel stub, dels af en levende sitkagran, som stod ca. 2 m fra stubben.

I skemaets nederste del er gengivet Patterson's (1930) resultater. De stemmer i princippet ganske overens med vore. Også Hartig (1874) har gennem en række enkeltobservationer påvist, at temperaturerne i dødt træ lå højere end i levende.

De arbejder, der ellers er fremkommet over mikroklimaet i barken på udgået træ, er i hovedsagen inspireret af, at forfatterne har ønsket at sammenholde temperaturerne i barken med de derværende barkbillers temperaturkrav, specielt hvad angår den fatale øvre grænse (sml. p. 78). Det har følgelig i højere grad været de extreme temperaturer, der har interesseret forfatterne, end den normale, daglige temperaturgang. Det skal derfor blot nævnes, at Graham (1924) har målt 65° og Schimitschek (1931) 52° i barken på oversiden af nåletræstriller placeret i direkte solskin.

Forstlige indgreb i bevoksningen.

Det er en gammel erfaring, at når en nåletræbevoksning pludselig lysstilles til underplantning, og der kun lades få overstandere tilbage, trives disse i reglen dårligt, og man taler om, at den pludselige lysstilling medfører en "chockvirkning" på overstanderne. Årsagen søges dels i direkte solpåvirkning af stammerne, dels i en ændret vandbalance i jordbunden.

Den af os foretagne undersøgelse belyser med tal en side af problemet, nemlig sollysets direkte indflydelse på barktemperaturen. Målingerne viser, at man allerede ved forøget hugststyrke kan ændre varmeforholdene ret betydeligt i en bevoksning. På den mørke A-hugst-parcel har træerne nogenlunde ens betingelser i temperaturmæssig henseende, og de er som helhed koldere end eller af samme temperatur som luften. Hvis man hugger kraftigt som i en D-hugst, bliver kårene mere varierede fra træ til træ, idet disse i større eller mindre grad er udsat for sollysets påvirkning. Betragter man til slut en fritstående overstander, viser tallene, at barktemperaturerne her meget vel kan stige ca. 25° over A-hugstens. Det fremgår da ganske slående, i hvor høj grad man ændrer træets kår ved en sådan soleksponering. Om temperaturforskellene fra A- til D-hugsten har nogen betydning for træernes Temperaturforhold svarende til de på overstandere fundne vil også opstå ved foryngelser, hvor man frembringer en solexponeret sydrand. Det er i denne forbindelse værd at erindre, at det er på rodhalsen, at de højeste temperaturer vil forekomme, og det er da også her, man i praksis hyppigst ser udtørringsfænomener med affaldende bark o. s. v. Det her nævnte vil på mange måder blive endnu farligere, når klare solskinsdage veksler med nattefrost. Kambiet og det indenfor liggende ved vil da skiftevis blive stærkt opvarmet og stærkt afkølet, med forskelligt temperaturforløb i barken og veddet. Der skabes herved mulighed for frostrevnernes opståen.

Det forelagte materiale viser også betydningen af skyggen fra træets (overstanderens) egne grene og peger derved på, at den ikke sjældent foretagne oprisning af overstandere bør ske med nogen varsomhed.

Resumé.

1. I tidsrummet 11/7-30/7 1951 blev i Nystrup Plantage, Danmark, målt bark-, ved- og rodtemperaturer på sitkagran og bjergfyr, tilligemed de omgivende jordbunds- og lufttemperaturer. Til målingerne anvendtes kviksølvtermometre samt modstandstermometre (efter Weis-Fogh).

2. Maximaltemperaturerne i barken af fritstående, levende sitkagran indtraf på en solskinsdag: sydøst kl. ca. 11,30, syd kl. ca. 14,00, sydvest: kl. ca. 17,30, nord: kl. ca. 14,00. Alle temperaturer lå over lufttemperaturen. Sydvest nåede højeste værdier (max. 38°), nord de laveste. Se fodnote p. 66.

3. Vedtemperaturerne lå under soleksponeringen lavere end barktemperaturerne og kulminerede senere.

4. Skydække, grenskygge, skygge fra barkskæl og sollysets indfaldsvinkel på barken blev ved eksempler påvist alle at have afgørende indflydelse på træets temperaturer.

5. Det varmeste område på træet fandtes i den blottede krumning mellem rod og stamme.

6. Lufttemperaturerne lå desto lavere, jo mere sluttet bevoksningerne var. På solbelyste træer virkede luften afkølende det

[44]

meste af dagen. For træer i tæt bevoksning var luften den eneste varmekilde.

7. Jordbundstemperaturer blev målt i førn, mor og sand. Sandtemperaturerne lå lavest. Mortemperaturerne lå mellem sandets og førnens. Moren udviste lavere temperaturer og mindre udsving i tæt end i åben bevoksning.

8. Rodtemperaturerne fulgte normalt den omgivende jordbundstemperatur. Udsattes roden for solbestråling, steg barktemperaturerne på den exponerede overflade til værdier højere end barktemperaturerne på stammen. Rodveddet forblev dog koldere end stammeveddet.

9. I meget stærkt hugget bevoksning (D-hugst) lå trætemperaturerne højere end lufttemperaturen, afhængig af solpletternes antal og størrelse.

10. Temperaturgangen i gangsystemer af *Hylesinus micans* svarede til temperaturerne i ikke-angrebet, henholdsvis død eller levende bark.

11. Bjergfyrtemperaturerne viste ingen principielle forskelle fra sitkagrantemperaturerne, idet alle afvigelser kunne forklares ud fra træernes forskellige diameter. Stammer med stor diameter kunne opnå en højere temperatur end stammer med lille diameter.

12. I solbeskinnet, vissent træ foregik temperaturstigningerne hurtigere og nåede op på højere værdier end i levende træ (maximal barktemperatur: 46°).

13. Forstligt kan vore målinger belyse forekomsten af "temperaturchock på træer", hvad enten dette måtte være forårsaget af pludselig lysstilling (overstander eller randtræ) eller ved oprisning af overstandere.

Slutbemærkninger.

Som den, der ledte os ind på tanken om at undersøge temperaturforholdene i stærk og svag hugst, ønsker vi at takke afdelingsleder i Statens forstlige Forsøgsvæsen, forstkandidat H. A. Henriksen, der ved sine undersøgelser i Nystrup Plantage havde konstateret, at *Hylesinus micans* viste tydelig præferens for stærkt udhuggede parceller. Til selve gennemførelsen af det foreliggende arbejde har vi modtaget megen værdifuld støtte fra flere sider.

Specielt vil vi gerne have lov at takke professor dr. phil. M. Thomsen, dels fordi han stillede de til undersøgelsen nødvendige midler til vor rådighed, dels p. g. a. at han stadig har vist vort arbejde megen interesse.

Endvidere må vi takke plantør J. J. Fjord Christensen, Nystrup Plantage, både for tilladelsen til at arbejde på hans distrikt og for de mange udbytterige samtaler, vi har ført med ham.

Til slut vil vi også gerne takke forstander H. Wichmand, Statens Skadedyrlaboratorium, for lånet af den ene termistor-bro.

SUMMARY.

Measurements of temperature in bark, wood and roots of *Picea* sitchensis and *Pinus mugo*, together with the surrounding air and soil temperatures were taken from 11/7 to 30/7 1951 at Nystrup plantation in north west Jutland, Denmark.

The temperatures in bark, wood and roots of Sitka spruce (stands 40-50 years old, diam. about 25 cm, at a height of 1.3 m) and Mountain pine were determined by means of thermally sensitive resistors (thermistors). These were divided into two groups (with two wheat-stonebridges) each containing 10 thermistors. The accuracy was 0.1° C. but only readings of 0.5° C. were used. The sensitive point of the thermistor was about 1 mm³ in volume, placed at the end of a 5.5 cm long glass rod.

The method of insertion of the thermistors may be seen from fig. 1, 2, and 10. The point of the thermistors was introduced into a narrow channel under the bark and pressed a little further into it for measurements of bark temperatures. In this way the point was in close contact with the underside of undamaged bark. The channel soon filled with resin and the space between the glass rod and the surrounding bark was closed with plasticine. For measurements of wood temperatures a channel was drilled radially into the wood and the point of the thermistor placed at its bottom.

This paper is based upon material consisting of about 9000 single temperature readings. For control purposes and measurement of air temperatures a few quicksilver thermometers were used.

On a cloudless day the temperature in the bark of a freely exposed Sitka spruce attained its maximum at about 11.30 a.m. (south east side), about 2.00 p.m. (south side), and about 5.30 p.m. (south west side). The temperatures of the spruce were higher than the air temperature. The highest temperatures were found on the south west side of the trunk (max. 38° C.), owing to heat accumulation in the trunk during the day and to a favourable angle to the sun's rays in the afternoon. The lowest temperatures were registered on the north side (fig. 4 and table 2). See footnote p. 66: max. barktemp. at an airtemp. of 23° (Norway Spruce).

During exposure to the sun the temperature in wood was lower than that of the bark just outside and reached its maximum later (fig. 5). The curves for wood temperatures were more regular than those relating to bark temperatures. The difference in temperature between bark and wood, which is seen during the day, is eliminated during the evening and night.

These figures relate to trees in the sun on almost cloudless days. Yet clouds, shade from trees and from barkscales as well as the angle of the sun's rays all influence the temperature in the trees.

On the figures clouding is signified by shading of the upper line (c). Our estimate of clouding is shaded for each quarter of an hour. When the trees cast no shadows during a 15 min. period, the clouding was estimated as 100 %. When there were no clouds during the 15 minute period clouding was 0 % (signified by an empty circle). Intermediate cloud conditions are indicated by more and less shading. Similarly, but without circles, the shade from trees and branches (line s) is shown just below line c.

Fig. 6 compared with fig. 4 shows the typical effect of the clouding: when clouds cover the sky the temperature differences between sides of the trunk are small.

The great importance of shade either from neighbouring trees or from barkscales is illustrated in fig. 7 and others, and in fig. 8 respectively. The temperature is higher under smooth bark than under barkscales during sun exposure (table 3). No investigations were made concerning the influence of bark thickness.

When the sun is highest, and the sun's rays have attained their maximum heating effect, the most favourable angle of incidence is on the exposed roots and on the basal sloping part of the trunks and not on the vertical trunk. This is illustrated by fig. 9 and fig. 10, where both the bark of a root and the bark in the curve between root and trunk reach a higher temperature than does the bark of the vertical trunk. See footnote p. 66 (max. temp. 48°).

Air temperature was lower in dense stands than in open stands (table 4 and table 5). On trees exposed to sun the air had a cooling effect. On non-exposed trees or in cloudy weather the air was the only heating factor (fig. 6 and fig. 14, where "A-hugst" is a dense, "D-hugst" an open stand).

Soil temperatures were measured in leaf litter (A_{00}) , mor and sand. Sand temperatures were lowest, litter temperatures highest and clearly varying in accordance with clouds (c) and shade (s) (fig. 11 and table 7). Mor temperatures showed smaller variations and were lower in dense stands, than in open stands (table 6).

Roots covered by soil follow the soil temperature. If the upper side of the root is exposed to sun radiation, higher temperatures can be found there than below the trunk bark. Root wood stayed cooler than trunk wood (fig. 9 and fig. 12).

Investigations showed considerable differences in temperature between trees in lightly thinned ("A-hugst", fig. 13) and heavily thinned ("D-hugst", fig. 15 and 16) stands. In the "A-hugst" treetemperatures lie below or about air temperature. In "D-hugst" they often lie above air temperature and vary according to exposure to sunlight through openings in the canopy. The differences between "A-" and "D-hugst" are shown in fig. 14. Notice especially the sudden rise in temperature at 1.00 p. m. in the "D-hugst" caused by the sunlight. Comparison with fig. 4 shows the still stronger influence of exposure to sunlight which can take place in freely exposed trees (standards).

No fundamental difference was found between temperatures in galleries of *Hylesinus micans* and in surrounding undamaged bark (fig. 7).

Temperatures in Mountain pine were fundamentally the same as in Sitka spruce (fig. 18). Differences could be explained by diverging diametres (Sitka spruce: 23 cm, Mountain pine: 15 cm in diameter). The thin trunks were more quickly heated and cooled than the thick ones, but the thick trunks reached a higher maximum temperature (table 2 and table 8).

In dead wood and stumps temperatures were found to be higher than in living trees, presumably owing to a smaller content of water. Similary temperature variations took place more quickly. On the exposed upper side of a small log of Mountain pine a bark temperature of 46° C. was found (fig. 18). This cannot be considered as exceptionally high, according to investigations made abroad. Living larvae and pupae af *Tomicus bidens* were found under the bark.

The above investigations give some information on the changes in temperature which may occur in trees and especially in the bark of trunks in heavily thinned stands (fig. 14) and of trees used as standards (fig. 4). Similar conditions in trees can be created in other fields of forestry management. Our investigations showed that temperature differences of about 25° C. might occur between bark of trees in "A-hugst" and of trees used as standards.

The variations in temperature on different sides of one tree are of importance in connection with the problem of frost splits in trees.

Artificial pruning of standards may also alter conditions in the bark considerably.

LITTERATURLISTE.

- Filzer, P. 1938: Das Mikroklima von Bestandesrändern und Baumkronen und seine physiologische Rückwirkungen. Pringsheim Jahrb. Wiss. Bot. v. 86: 228–314.
- Geiger, R. 1925: Untersuchungen über das Bestandsklima II. Forstwiss. Zbl. Jhrg. 47: pp. 848—854.
 - 1950: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 3. Auflage. pp. 1—460.
 - 1950: The Climate near the Ground. Blue Hill Meteorological Observation, pp. 1-482.
 - & Amann, H. 1932: Forstmetereologische Messungen in einem Eichenwalde. Forstwiss. Zbl. Jhrg. 55: pp. 371-383.
- Gerlach, E. 1929: Untersuchungen über die Wärmeverhältnisse der Bäume. Dissertation, Universität z. Leipzig, pp. 1—53.
- Graham, S. A. 1924: Temperature as a limiting factor in the life of subcortical insects. J. Econ. Ent. v. 17, 3: 377-383.
- Hartig, Th. 1874: Über die Temperatur der Baumluft im Vergleich zur Bodenwärme und zur Wärme der den Baum umgebenden Luftschichten. Allg. Forst & Jagd. Ztg., Jhrg. 25: 145—152.
- Hartig, R. 1891: Über das Verhalten der Fichte gegen Kahlfrass durch die Nonnenraupe. — Die Nonne in bayrischen Walde 1890, in Briefen dargestellt von Dr. A. Pauly: 1—108.
 - 1893: Überblick über die Folgen des Nonnenfrasses für die Gesundheit der Fichte. Forstlich-naturwiss. Z. II.: 345—357.
- Harvey, R. B. 1923 a: Cambial Temperature of Trees and their relation to Sun Scald. Ecology 4: 261-65.
 - 1923 b: Relation of the color of bark to the temperature of the cambium in winter. Ecology 4: 391-394.
- Henriksen, H. A. 1951: Et Udhugningsforsøg i Sitkagran (Durchforstungsversuch von Sitka-Fichten). Det Forstlige Forsøgsvæsen, XX: 403-418.
- Huber, B. 1935: Die Wärmehaushalt der Pflanzen. Naturwiss. und Landwiss., Heft 17: 1—148.
- Ihne, E. 1884: Über Baumtemperatur unter dem Einfluss der Insolation. Allg. Forst- u. Jagd Ztg. 12, Suppl.: 1–11.
- Jensen, C. F. 1951: Skov, Læ og Klima. Det Danske Hedeselskab, Viborg: 1-74.
- Koch, H. G. 1933: Temperaturverhältnisse und Windsystem eines geschlossenes Waldgebietes. Veröffent. d. Geophys. Inst. Univ. Leipzig. (2) v. 6: 121–177.
- Koljo, B. 1950: Einiges über die Wärmephänomene der Hölzer und Bäume. Forstw. Cbl. 69: 539-550.
- Krenn, K. D. 1933: Die Bestrahlungsverhältnisse stehender und liegender Bäume. Wiener allg. Forst- und Jagd Ztg. 51, 50 (kun kendt i referat).

Krutsch, H. 1854: Untersuchungen über die Temperatur der Bäume im Vergleich zur Luft- und Bodentemperatur. Jhrb. Königl. sächs. Akad. f. Forst- und Landwirthe zu Tharand. Des forstwirtschaftl. Jhrb., v. 10 (Neue Folge) v. 3: 244—270. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 50: 31—42.

Michaëlis, P. 1932: Ökologische Studien an der alpinen Baumgrenze.

- Mix, A. J. 1916: Sun Scald of Fruit trees. Cornell University, Agric Exp. Stat., Bull. nr. 382: 237–284.
- Patterson, J. E. 1930: Control of Mountain Pine Beetle by Use of Solar Heat. Techn. Bull. 195. U. S. Dept. of Agric, LXX, 6: 1-15.
- Petersen, B. Beier 1952: Hylesinus micans, artens udbredelse og en oversigt over dens optræden i Danmark. D. S. T. 37 (6): 299-322.
- Scamoni, A. 1938: Ein Beitrag zur Ökologie der Bestäuberung. Z. f. Forst u. Jagdwesen: 289–315.
- Schimitschek, E. 1931: Forstentomologische Untersuchungen aus dem Gebiet von Lunz. Z. angw. Ent. XVIII: 460-491.
- Seeholzer, M. 1935: Rindenschäle und Rindenriss an Rotbuche im Winter. Forstw. Cbl. 57: 237-246.

Wigglesworth, V. B. 1950: The Principles of Insect Physiology. 4. Edit.: 1-544.

plantningsforsøg i Gludsted Plantage, Hedeskovenes Foryngelse VII (Une Expérience de plantation d'un sous-étage dans la plantation de Gludsted située dans la lande de Jutland), S. 305. — Nr. 147. E. C. L. LØFTING: Lærkearternes Udvikling i Hedeplantagerne og Japansk Lærks Anvendelighed som Hjælpetræ ved Opbygning af Hedeskov, Hedeskovenes Foryngelse VIII. (Le développement des différentes espèces de mélèze dans les plantations des landes, et le mélèze de Japon utilisé comme arbre auxiliaire dans la culture de forêts des landes), S. 321. — H. 5: Nr. 148. KJELD LADEFOGED: De enkelte Kronedeles produktionsmæssige Betydning hos Rødgran (The productive importance of the individual parts of the crown in spruce, picea excelsa L.), S. 365.

Bd. XVII, H. 1: Nr. 145. CARL MAR: MÖLLER: Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. (Undersøgelse over Løvmængde, Stoftab og Stofproduktion i Skov). Dansk Resumé. S. 1. — H. 2: Nr. 150. C. MUHLE LARSEN: Experiments with softwood cuttings of forest trees (Forsøg med urteagtige Stiklinger af Skovtræer). Meddelelse Nr. 18 fra Skovtræforædlingen, Arboretet, Hørsholm. S. 289.

Bd. XVIII, H. 1: Nr. 149. C. H. BORNEBUSCH og H. A. HENRIK-SEN: Bøgens Vedmassefaktorer, 1. Del: Formtalsbestemmelse ved Hjælp af Standardtabeller for mindre Bevoksninger af Bøg, (Form factor calculation by means of standard tables for small stands of beech). S. 1. — H. 2: Nr. 157. MATHIAS THOMSEN, N. FABRI-TIUS BUCHWALD OG POUL A. HAUBERG: Angreb af Cryptococcus fagi, Nectria galligena og andre Parasiter paa Bøg i Danmark 1939—43. (Attack of Cryptococcus fagi, Nectria galligena and other parasites on beech in Denmark 1939—43). S. 97. H. 3: Nr. 158. E. C. L. LØFTING: Rødgranplantagernes Foryngelse i de jydske Hedeegne. 1. Del: Foryngelsesproblemerne. (Regeneration of Norway Spruce in the Danish heath regions. 1' part: The problems of the regeneration). S. 327.

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 Bøgeselvforyngelse. (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 nordest 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 Fosfattilskud. (On the control of root- and butt-rot, caused by Fomes annosus (FR.) CKE by superficial planting and by the application of lime and phos-phate). 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 skovfyrproblem. (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 jydske 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 Arhus). 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 PE-TERSEN: Temperaturmålinger i bark og ved af Sitkagran. (Measurements of temperature in bark and wood of Picea sitchensis). S. 43.

DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN 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. Cirka 25 ark (400 sider) udgør et bind. Prisen pr. bind er 10 kr., skovbrugsstuderende 5 kr., der tages ved postgiro samtidig med udsendelsen af 1 ste 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. XV-XXI er anført på omslaget.