

INSTITUUT VOOR TOEGEPAST BIOLOGISCH ONDERZOEK IN DE NATUUR
(ITBON), ARNHEM

OVER DE ECONOMISCHE BETEKENIS VAN
INSEKTENPLAGEN IN BOSSEN

(*CEPHALCIA ALPINA* KLUG EN *DIPRION PINI* L.)

WITH A SUMMARY

ON THE ECONOMIC SIGNIFICANCE OF FOREST-INSECT PESTS
(*CEPHALCIA ALPINA* KLUG AND *DIPRION PINI* L.)

J. LUITJES



STAATSDRUKKERIJ

UITGEVERIJBEDRIJF

VERSL. LANDBOUWK. ONDERZ. NO. 64.8 - 'S-GRAVENHAGE - 1958

INHOUD

	Blz.
I. INLEIDING	1
1. Vroegere onderzoekingen	1
2. Probleemstelling	5
II. METHODEN VAN ONDERZOEK EN ECONOMIE VAN DE BESTRIJDING VAN INSEKTEN- PLAGEN	6
1. Aantasting door <i>Cephalcia alpina</i> KLUG	6
1.1. Vaststelling van de aantastingsgraad	6
1.2. Indeling van de proefbossen	6
1.3. Bemonsteringswijze van de proefbossen	7
1.4. Bemonstering van de proefvlakten	8
1.5. Berekening van de jaarlijkse cirkelvlakteaanwas	10
1.6. Berekening van de massaverliezen	11
1.7. Datering van de jaarringen	12
1.8. Omzetting van de massaverliezen in financiële verliezen	13
2. Aantasting door <i>Diprion pini</i> L.	14
2.1. Vaststelling van de aantastingsgraad en verdeling van de proefbomen	14
2.2. Bemonsteringswijze van de proefbomen	15
2.3. Berekening van de jaarlijkse cirkelvlakteaanwas	16
2.4. Berekening van de massaverliezen	16
2.5. Datering van de jaarringen	17
2.6. Invloed van de aantasting op de hoogtegroeï	18
2.7. Omzetting van de massaverliezen in financiële verliezen	18
3. De economie van de bestrijding van insektenplagen	19
III. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK	22
1. Resultaten van het <i>Cephalcia</i> -onderzoek	22
1.1. Beschrijving van de proefopstanden en de aantasting	22
1.2. De cirkelvlakteverliezen op borsthoogte	23
1.3. De massaverliezen	24
1.4. Het massaverlies bij één enkele aantasting	27
1.5. Mogelijke oorzaak van het optreden van <i>Cephalcia</i>	27
1.6. De financiële verliezen	29
1.7. Toepassing van gevonden resultaten	29
2. Resultaten van het <i>Diprion</i> -onderzoek	32
2.1. Beschrijving van de proefopstanden en de aantasting	32

De auteur promoveerde op 19 december 1958 aan de Landbouwhogeschool te Wageningen op een gelijkkluidend proefschrift tot Doctor in de Landbouwkunde.
Deze publikatie verschijnt tevens als Mededeling Nr. 40/1958 van het Instituut voor Toegepast Biologisch Onderzoek in de Natuur (Itbon).

2.2. De sterfte onder de proefbomen	33
2.3. De cirkelvlakteverliezen op borsthoogte	36
2.4. De massaverliezen	39
2.5. Het massaverlies bij één enkele aantasting	41
2.6. Mogelijke oorzaak van het optreden van <i>Diprion</i>	42
2.7. Invloed van de aantasting op de hoogtegroeï	43
2.8. De financiële verliezen	45
2.9. Toepassing van gevonden resultaten	45
SUMMARY	48
LITERATUUR	54

I. INLEIDING

1. VROEGERE ONDERZOEKINGEN

Onderzoekingen over groeiverliezen van bossen door insektenplagen zijn in Nederland alleen van FRANSEN en BESEMER bekend.

FRANSEN (1947) ontbladerde in juni 1941, als nabootsing van de aantasting door de satijnvlinder, *Leucoma salicis* L., tweejarige stekken van *Populus euramericana marilandica* BOSC. en in juni 1942 een gedeelte van dezelfde planten nogmaals. Cirkelvlake- en gewichtsbepalingen werden gedaan in de herfst van 1941 en 1942. Hij vond, dat de ontbladering van 1942 de cirkelvlake resp. het gewicht van dat jaar met 48 % resp. 52 % deed teruglopen.

BESEMER (1942) bootste in oktober 1940 aan een aantal takken van de groveden de voorjaars- en de najaarsvreterij van de gewone dennenbladwesp (*Diprion pini* L.) na en komt tot de eindconclusie dat najaarsvreterij de lengtegroei aanzienlijk vertraagt, voorjaarsvreterij daarentegen de lengtegroei van de nieuwe twijgen (1941) vermoedelijk maar weinig beïnvloedt. Deze laatste conclusie is mij niet duidelijk, omdat de voorjaarsvreterij niet in oktober kan worden nagebootst.

Ook van de andere Europese landen worden hier enkele onderzoekingen in het kort vermeld.

MICKE (1902) komt ten aanzien van de diktegroei tot een conclusie die tegengesteld is aan die van BESEMER. Hij deed in 1901 aanwasmetingen aan 11 grovedennen, die van 1892–1896 (hoogtepunt 1896) alleen door de najaarsgeneratie en in 1897 alleen ernstig door de voorjaarsgeneratie van *Diprion pini* L. waren aangetast. Hij vond dat de eerste scherpe teruggang in de aanwas in 1897 viel. Een macroscopische vergelijking van de jaarlijkse cirkelvlakeaanwas gedurende de periode 1891–1896 met die van 1870–1890 deed geen aanwasverlies vermoeden. MICKE acht dit verklaarbaar omdat in de jaren 1892–1896 tijdens de najaarsvreterij de vegetatieperiode bijna voorbij was. Bij de 3 zwaar aangetaste grovedennen van 75–110 jaar, boniteit III–IV, was de gemiddelde cirkelvlakeaanwas in 1897, berekend als gemiddelde van alle genomen stamschijven, 0,6 % en over 1898–1900 46,5 % van die over de periode 1891–1895.

In 1901, vier jaren na de plaag, bereikte de diktegroei nog niet het niveau van vóór 1897. De dikteverliezen waren het kleinst op de goede gronden.

De conclusie van MICKE, dat uit zijn proeven zou blijken dat voorjaarsvreterij ernstiger is dan najaarsvreterij lijkt m.i. niet juist, omdat vermoedelijk de sterk verminderde groei in 1897 het gevolg is van de voorjaarsvreterij van 1897 en de vrij sterke najaarsvreterij van 1896.

HERING (1932) onderzocht in 1932 in de Pruisische Staatsbossen een 18-tal grovedennen (36–65 jaar; boniteit II–IV) uit opstanden, waarin tijdens de jaren 1922–1924 (hoogtepunt in 1924) een plaag heerste van de gestreepte dennenrups (*Panolis flammea* SCHIFF.).

De aantastingsgraad van de opstand was bekend, die van de afzonderlijke bomen echter niet.

Het bleek hierbij dat de minimum cirkelvlakteaanwas viel in het jaar 1925, dus één jaar na het hoogtepunt van de vreterij, en verder dat de dikteaanwas in 1928, dus 4 jaren na het hoogtepunt, pas weer normaal was. Bovendien bleek dat volledig herstel van de hoogtegroeï eerst veel later intrad dan van de diktegroeï.

In 1938 zijn door MARCUS (1942) in Beieren 9 grovedennnen (leeftijd tussen 35 en 135 jaar) onderzocht, die van 1928–1931 (hoogtepunt 1930) zwaar aangetast waren geweest door de gestreepte dennenrups (*Panolis flammea* SCHIFF.). Ook MARCUS vond het minimum in de cirkelvlakteaanwas één jaar na het hoogtepunt. Deze jaarring (1931) ontbrak vaak geheel. De verliezen van de sterk aangetaste bomen bedroegen 5–7 jaar bijgroeï. Over het algemeen is ook volgens MARCUS de schade aan de hoogtegroeï groter dan die aan de diktegroeï. In tegenstelling tot MICKE vond MARCUS, dat de dikteverliezen op de slechtere boniteiten (zandgronden) geringer waren dan op de betere, veenachtige gronden.

Omstreeks 1930 is door SREINERTS (1935) aan een aantal fijnsparren in Letland, die in de periode 1911–1913 (hoogtepunt 1912) ernstig aan een aantasting door de nonvlinder (*Ocneria monacha* L.) hadden geleden, de cirkelvlakteaanwas bepaald. Het betroffen hier dus bomen die de aantasting hadden overleefd. Een graad van aantasting van de afzonderlijke proefbomen was niet bekend. Het minimumjaar was voor de jongere opstanden 1913; de cirkelvlakteaanwas bedroeg in dat jaar slechts 20 % van de aanwas van de jaren vlak vóór de vreterij, terwijl eerst 3 à 4 jaar ná de vreterij de aanwas weer op het normale niveau kwam. Voor de oudere opstanden viel dit minimum in de jaren 1913, 1914 of 1915. Hier bedroeg de cirkelvlakteaanwas in het minimumjaar 40 % van de aanwas vlak vóór de vreterij; 6 tot 8 jaren na de vreterij was de aanwas pas weer normaal. De hoogtegroeï was zelfs na 10 jaar nog niet normaal.

LEMMEL (1935) geeft een financiële schadeberekening van de zeer ernstige *Panolis*-plaaq 1922–1924 in Pruisen, Pommeren en Silezië. De aantasting omvatte een gebied van 214000 ha. en veroorzaakte sterfte, aanwasverliezen, vernielingen van de bossen ten gevolge van overmatig houttransport etc. De door LEMMEL berekende schade bedroeg meer dan 1000 R.M. per ha. Hij geeft tevens een aantal maatregelen op het gebied van de bospolitiek aan om de schade zoveel mogelijk te beperken.

FORSSLUND (1944/45) onderzocht in Zweden van ongeveer 150 jonge door *Diprion sertifer* GEOFFR. aangetaste grovedennnen (gem. hoogte 2 m) de hoogtegroeï. Door vergelijking met een gelijk aantal onaangetaste bomen vond hij, dat bij een éénmalige aantasting (gemiddeld was 85 % van de oude naalden weggevreten) het verlies in hoogtegroeï in het jaar van de vreterij ± 25 % bedroeg. Werden de bomen het daaropvolgende jaar nogmaals ernstig aangetast, dan bedroeg het verlies in hoogtegroeï voor dat jaar 50 %. Een eventuele nawerking in de daaropvolgende jaren is niet verder nagegaan.

SCHÖNWIESE (1935) bepaalde aan 60 boorspanen verkregen uit een 30-jarige grovedennnenopstand, die in 1931 zwaar was aangetast door *Diprion sertifer* GEOFFR., die alleen oude naalden vreet, de jaarringbreedtes van de jaren 1928 tot en met 1931 en vond in het jaar 1931 een teruggang in groei van ruim 40 % t.o.v. de drie voorafgaande jaren. Het jaar 1932, waarin hoogstwaarschijnlijk ook een groeivermindering

zal hebben plaats gehad, is niet in het onderzoek betrokken. De hoogtegroei was in 1931 tot meer dan de helft teruggelopen. Sterfte kwam vrijwel niet voor.

HERTZ (1933) onderzocht eind 1931 in Finland aan tien 150-jarige in 1929 zwaar door *Diprion pini* L.¹ aangetaste grovedennen op borsthoogte de dikteaanwas over de jaren 1922–1931 en vond nagenoeg geen vermindering in de jaarringbreedte over de jaren 1930 en 1931.

SCHWERTFEGER en SCHNEIDER (1957) behandelden in 1953 en 1954 de ene helft van een vijftienjarige fijnspar-lariksopstand met het organische fosfaathoudende insecticide E 605 tegen het lariksmotje; de andere helft van de opstand fungeerde als controle. In elke helft werden tien bomen uitgezocht, waarvan in 1954 en 1956 naaldwegingen respectievelijk boringen werden uitgevoerd. Het bleek hierbij dat de naaldmassa in het onbehandelde bos slechts de helft was van die van het behandelde bos. De boringen, uitgevoerd op drie hoogtes aan de stam, toonden aan dat in de niet behandelde opstanden de diameteraanwas over de jaren 1954 tot 1956 $\pm 38\%$ lager was dan in de behandelde opstanden.

Ook van Amerika en Canada zijn enkele gegevens bijeengebracht over de gevolgen van vretelij van insecten op de boomgroei.

MINOTT en GUILD (1925) maten de jaarringbreedtes aan boormonsters van 251 eiken in New-England in een gemengd bos, dat van 1911–1921 wisselend aangetast was geweest door *Porthetria dispar* L. en vonden t.o.v. de jaren 1901–1911 een vermindering in jaarringbreedte van 38%. Zij menen te mogen aannemen, dat het verlies in jaarringbreedte ongeveer recht evenredig is met het percentage van ontbladering.

In Centraal Idaho werd in 1921–1923 (hoogtepunt 1922) *Pinus ponderosa* LAWS ernstig aangetast door *Neophasia menapia* FELD. (*pine butterfly*). In 1935, dus na ruim 10 jaar, bedroeg de sterfte onder de zwaar aangetaste bomen in totaal 31%. Een kwart van deze sterfte lag nog ná het jaar 1928. Bij de matig en licht aangetaste bomen was de sterfte nihil. In 1935 werden door EVENDEN (1940) de overlevende bomen geboord, waarbij bleek dat 89% van deze bomen de jaarring 1923 misten; sommige misten zelfs 11 opeenvolgende jaarringen.

GRAHAM (1931) onderzocht in 1929 de groei van 5-jarige bomen van *Larix laricina* KOCH (*tamarack*) bij verschillende percentages van kunstmatige ontbladering (begin juli) en vond dat, bij 100% ontbladering vier jaren achteréén, in het vierde jaar geen massa-aanwas meer plaats vond (80% van de bomen was ook dood). De teruggang in groei begon niet in het eerste jaar van de ontbladering, maar pas in het jaar daarop. De geleden massaverliezen bleken recht evenredig te zijn met het ontbladeringspercentage.

In 1910 begon in de gemengde *Abies-Picea* bossen van Quebec een zeer zware aantasting van de *spruce budworm* (*Choristoneura fumiferana* CLEM.). Volgens SWAINE, CRAIGHEAD en BAILEY (1924) is het aanwasverlies van de niet gestorven bomen geschat op 3–5 jaar groei, verdeeld over een aantastings- en nawerkingsperiode van ± 8 jaar. Het totale verlies, veroorzaakt door deze aantasting is geraamd op 100–200 miljoen

¹ *Diprion pini* L. heeft in Finland maar één generatie (herfstgeneratie).

cords, een hoeveelheid die voldoende is om 50 jaar lang de aldaar toen aanwezige pulp- en papierindustrie van grondstoffen te voorzien.

BELYEA (1952) beschrijft voor *Abies balsamea* MILL. de gevolgen van een aantasting door de *spruce budworm* (*Choristoneura fumiferana* CLEM) in Ontario. In een gebied waar tot 1945 de aantasting licht, in 1946 \pm 50 %, in 1947 80 %, in 1948 weer 50 % en daarna weer licht was, bleek dat op borsthoogte de jaarringbreedte voor het eerst verminderde in 1948, dus één jaar na het hoogtepunt. Uit de gegeven grafieken is af te leiden, dat de groei op borsthoogte pas in 1953 weer het niveau van voor 1948 bereikte.

LINTOCK (1955) onderzocht de gevolgen van de zware *spruce budworm*-vreterij in Quebec van 1944-1949, welke het ernstigst was in de jaren 1945-1948. Hij vermeldt, dat eind 1952 50 % (gemiddelde van de drie aantastingsklassen) van alle aangetaste *Abies balsamea*-bomen dood was en dat de 50 % overlevende bomen eind 1952 reeds een verlies van $4\frac{1}{2}$ jaar aanwas hadden geleden.

De eerste sterfte trad pas op in 1949, dus vijf jaren na het begin van de aantasting. De vermindering in jaarringbreedte begon eerst in 1947, terwijl de minimum jaarring in ruim 90 % van de gevallen in 1950 of 1951 viel, dus \pm 4 jaren ná het hoogtepunt van de plaag.

REEKS en BARTER (1951) hebben in New Brunswick en Quebec aanwasbepalingen verricht aan *Picea glauca* VOSS., *Picea mariana* B.S.P. en *Abies balsamea* MILL., die gedurende de jaren \pm 1930-1939 ernstig aangetast waren door de bladwesp *Gilpinia hercyniae* HTG. In 1945, dus 6 jaren ná afloop van de plaag, was van de heersende en medeheersende bomen de dikteaanwas pas weer op het niveau van vóór de aantasting gekomen.

FROELICH, HODSON, SCHNEIDER en DUNCAN (1955) vermelden, dat in Minnesota bij een kaalvreterij van espen door *Malacosoma disstria* (HUBN.) de diktegroei van de bijgemengde *Abies balsamea* MILL. toenam met bijna 20 %.

DILS en DAY (1950) bepaalden aan 7 bomen van *Populus tremuloides* MICHX. van \pm 15 cm dikte, die in 1950 door *Malacosoma disstria* (HUBN) ten dele of geheel waren kaalgevreten, met de dial-gauge dendrometer het groeiverloop in 1950. Totale ontbladering veroorzaakte op borsthoogte een groeiverlies van 67 %, een ontbladering van 25 % een verlies van 38 %.

Dat vreterij door insecten niet alleen invloed heeft op de houtvorming, maar ook de kwaliteit van de bast nadelig kan beïnvloeden, blijkt uit een publikatie van PEREIRA MACHADO (1942), die vermeldt, dat vermoedelijk de vreterij van *Lymantria dispar* L. een verminderde geschiktheid van de bast van *Quercus suber* L. voor de produktie van kurken veroorzaakt.

Een bezwaar van vele hierboven genoemde onderzoeken (o.a. die van MICKE, HERING, MARCUS, SREINERTS, SCHÖNWIESE, LINTOCK, HERTZ) is, dat de verliezen niet berekend zijn t.o.v. onaangetaste controlebomen, maar verkregen zijn door vergelijking van de groei tijdens de vreterij en de nawerkingsperiode met de groei in een aantal voorafgaande jaren. Bij de vergelijking met de groei in een aan de vreterij voorafgaande periode kunnen toevallige klimaatsomstandigheden of andere oorzaken de uitkomst belangrijk beïnvloeden.

Uit deze weliswaar weinige onderzoeken mag wel de conclusie getrokken worden dat naaldhout na de aantastingsperiode nog een vrij lange periode van verminderde groei vertoont. De verwachting dat op de betere gronden na een aantasting het groei-verlies kleiner zal zijn dan op de slechtere gronden, alsmede dat oudere bomen langzamer reageren op ontbladering dan jongere, kan door deze onderzoeken niet of nauwelijks bevestigd worden.

2. PROBLEEMSTELLING

Hoewel dus een aantal onderzoekers zich min of meer uitgebreid hebben beziggehouden met het vaststellen van de schade, die ontstaat, wanneer insecten bossen kaalvreten, is toch onze kennis over dit probleem vrij gering. In Nederland is wel zeer weinig onderzoek op dit gebied verricht.

Dit onderzoek heeft ten doel een bijdrage te leveren tot onze kennis van de aard en de grootte van de schade ten einde op grond hiervan de economie van eventuele bestrijdingsmaatregelen beter te kunnen beoordelen.

II. METHODEN VAN ONDERZOEK EN ECONOMIE VAN DE BESTRIJDING VAN INSEKTENPLAGEN

De aantasting van de Japanse lariks door de spinselbladwesp (*Cephalcia alpina* KLUG) in de jaren 1941–1950 in Drente, alsmede de aantasting van de groveden door de gewone dennenbladwesp (*Diprion pini* L.) in 1951 op de Veluwe en in de Achterhoek, boden een goede gelegenheid onze kennis omtrent de schade, die ontstaat door vreterij van insekten, te vermeerderen. Het onderzoek naar de schade veroorzaakt door deze beide bladwespen heeft plaats gehad gedurende de jaren 1952–1956.

1. AANTASTING DOOR *CEPHALCIA ALPINA* KLUG

1.1. Vaststelling van de aantastingsgraad

Het kennen van de aantastingsgraad van de verschillende opstanden is voor een onderzoek naar de veroorzaakte schade een allereerste vereiste. De gegevens betreffende de zwaarte van de aantasting zijn door het Staatsbosbeheer verzameld. In de jaren 1943, 1945, 1947 en 1948 is door genoemde dienst in de boswachterij Gieten (Drente) de graad van aantasting door *Cephalcia* van alle lariksofstanden geschat en op kaarten geregistreerd. De aantastingsgraden werden geschat met intervallen van 10 %. Een aantasting van 100 % betekent dat alle naalden weggevreten waren, een aantasting van 0 % dat geen aantasting heeft plaats gehad. De bij dit onderzoek gebruikte graad van aantasting is de gemiddelde aantasting van deze vier jaren en niet de gemiddelde aantasting over de gehele tienjarige periode. Uit de opgaven van de boswachter te Schoonlo is echter gebleken dat de gemiddelde aantasting over de gehele periode weinig verschilt van die over deze vier jaren.

1.2. Indeling van de proefbossen

De grootte van de gezochte schade kan behalve van de graad van aantasting mede afhankelijk zijn van andere factoren, zoals het stamtal per ha, de grondsoort en de weersomstandigheden.

Om deze andere invloedsfactoren zo goed mogelijk te elimineren zijn de bossen naar stamtal en grondsoort in afzonderlijke groepen gerangschikt. De volgende groepen zijn daarbij onderscheiden:

1. bossen met een stamtal bij de aanleg van 1600 bomen per hectare:
 - a. gelegen op zandgrond,
 - b. gelegen op leemgrond.
2. bossen met een stamtal bij de aanleg (1928) van 3300 bomen per hectare:
 - a. gelegen op zandgrond,
 - b. gelegen op leemgrond.
3. bossen met een stamtal bij de aanleg van 2200 bomen per hectare; hiervan komen alleen maar bossen op zandgrond voor.

4. bossen met een stamtaal bij de aanleg (1933/1934) van 3300 bomen per hectare; voor deze groep is geen verdere uitsplitsing doorgevoerd, omdat de grondsoort op korte afstand zo sterk wisselt dat een scheiding naar grondsoort niet mogelijk is.

1.3. Bemonsteringswijze van de proefbossen

In elk van deze groepen werden zoveel mogelijk aantastingsgraden bemonsterd.

Het onderzoek is uitgevoerd door middel van proefvlakten. Ten einde een zo willekeurig mogelijke ligging van deze proefvlakten te verkrijgen zou het aanbeveling verdienen over elk van de uitgezochte proefopstanden een netwerk te leggen, om dan in dit netwerk *at random* een aantal proefvlakten te kiezen. Deze methode is echter niet gevolgd, omdat dan de kans aanwezig is dat de gevonden proefvlakten zeer onregelmatig verspreid over het terrein komen te liggen. Er is gestreefd naar een regelmatige verdeling van de proefvlakten. Om vrij te zijn van eventuele beïnvloeding in het terrein zijn voor elke groep de proefvlakten op het laboratorium regelmatig verdeeld op de kaart ingetekend en daarna in het veld opgezocht.

Wat de grootte en het aantal van de proefvlakten betreft is, met het oog op de mogelijke verschillen binnen één opstand, de voorkeur gegeven aan vele kleine verspreide proefvlakten boven een kleiner aantal grotere. Als norm voor de grootte van één proefvlakte is gekozen 10×20 meter; alleen in enkele gevallen met een ruim stamverband zijn deze tot 20×20 meter vergroot.

Figuur 1 omvat een gedeelte van de boswachterij Gieten met daarin opgenomen de

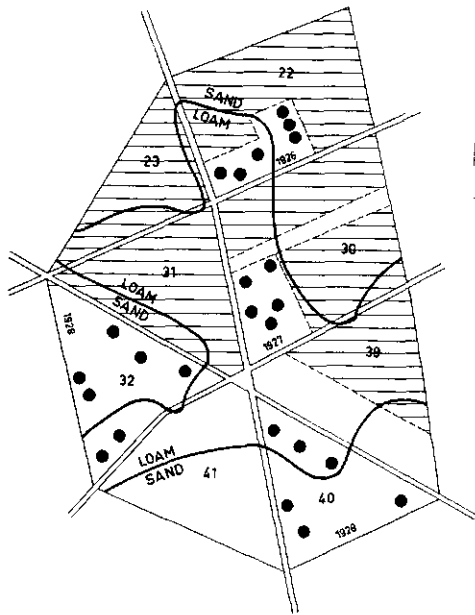


FIG. 1. Kaartje aangevende de proefvlakten in de lariksoopstanden 22, 30, 32 en 40
Map showing the sample plots in the larch stands 22, 30, 32 en 40

ligging van de in die bosvakken voorkomende proefvlakten, alsmede een aanduiding voor het jaar van aanleg en de grondsoort.

Het ten behoeve van het *Cephalcia*-onderzoek totaal aantal geboorde proefvlakten bedraagt:

in Gieten	120
in Schoonlo	22
in Veenhuizen	6

In totaal dus ca. 150 stuks, waarbij 2400 bomen en 36000 jaarringen zijn onderzocht.

1.4. Bemonstering van de proefvlakten

De bomen in de proefvlakten zijn op borsthoogte, overkruis tot op millimeters nauwkeurig geklemd. Van elke proefvlakte is dus de diameterspreiding bekend.

In de proefvlakten zijn niet alle bomen geboord, maar slechts een aantal van een drietal diameters. Deze diameters zijn zo gekozen, dat steeds hun relatieve plaats in de diameterspreiding dezelfde is. Geboord zijn namelijk in elke proefvlakte slechts die diameters, welke op 23, 46 en 71 % van het stamtal met de dikste boom als uitgangspunt vallen.

Voor de proefvlakte 22¹ is hieronder (tabel 1) deze diameterbepaling nader toegelicht.

TABEL 1. Diameterspreiding in proefvlakte 22¹

Diameter in mm						
10,5						
11,8						
12,0	12,5	12,8				
13,2	13,8					
14,0	14,1	14,2	14,9			
15,4						
16,0	16,0	16,1	16,2	16,6	16,6	16,7
17,0	17,5					
18,0	18,4	18,8				
20,1	20,3					
Totaal 26 bomen/Total 26 trees						

TABLE 1. Distribution of diameters in sample plot 22¹

In deze proefvlakte (10 × 20 m) werden in totaal dus 26 bomen gevonden met diameters zoals die in tabel 1 staan aangegeven. De diameter die op 46 % van het stamtal ligt met de dikste boom als uitgangspunt is de 12de boom (0,46 × 26 = 11,96). Bij terugtellen wordt hiervoor de diameter 16,1 cm gevonden. Op dezelfde wijze worden voor de 23 % en 71 %-bomen de diameters 17,5 en 14,1 cm gevonden.

Bij het weer opzoeken van de aldus berekende diameters in de proefvlakte zijn ook diameters toegelaten, die niet meer dan 2 mm onder en boven de gezochte diameters liggen. Van de 46 %-diameter zijn 8 bomen gezocht, van de beide andere diameters

elk 4. Werd in de proefvlakte zelf niet het vereiste aantal gevonden, dan werden de resterende bijeengezocht vlak om de proefvlakte.

De waarden 23, 46 en 71 % zijn gebaseerd op de metingen van een zestal door het Bosbouwproefstation TNO te Wageningen ter beschikking gestelde proefperken van Japanse lariks (aantal bomen 300 totaal) van ongeveer dezelfde ouderdom als de lariksofstanden in Drente. De diameter op 46 % van het stamtal had in deze proefperken over de laatste vijf jaren een cirkelvlakteaanwas gelijk aan de gemiddelde cirkelvlakteaanwas van het gehele proefperk over diezelfde periode. Wanneer men het proefperk verdeelt in twee naar stamtal gelijke delen waarbij het ene deel de dikkere en het andere de dunnere bomen omvat, dan heeft de diameter van de 23 %-boom een cirkelvlakteaanwas over de laatste 5 jaren welke gelijk is aan de gemiddelde cirkelvlakteaanwas van alle dikkere bomen en de diameter van de 71 %-boom een cirkelvlakteaanwas welke gelijk is aan de gemiddelde cirkelvlakteaanwas van alle dunnere bomen over die periode.

De geringe afmetingen van de proefvlakten hebben tot de zojuist beschreven wijze van werken genoopt. Het was namelijk in de proefvlakten niet mogelijk voldoende bomen met de gemiddelde cirkelvlakteaanwas te vinden. Om toch een voldoende aantal bomen te verkrijgen werden de acht bomen van de gemiddelde aanwas aangevuld met de vier 71 %- en de vier 23 %-bomen. Daar de aanwas van de 23 %-bomen even ver boven de aanwas van de 46 %-bomen ligt als die van de 71 %-bomen eronder, verandert de gemiddelde aanwas door deze aanvulling niet.

Het onderzoek naar het groeiverlies is uitgevoerd door met een aanwasboor houtspanen loodrecht op de stamas te nemen. Elke boom werd slechts éénmaal op borsthoogte geboord en wel in de richting van de gemiddelde diameter. Daar een boom in de richting van de gemiddelde diameter op twee diametraal tegenover elkaar liggende plaatsen geboord kan worden, werd steeds die kant gekozen, die ligt aan de zijde van de rechterhand. Aangezien de bomen in willekeurige richtingen zijn benaderd, betekent dit, dat bij veel waarnemingen een daarbij optredend verschil in jaarringbreedte voldoende zal worden vereffend. Bovendien is met relatieve aanwaswaarden gewerkt en deze verhoudingswaarden zullen voor diametrale boringen bij een regelmatig jaarringpatroon weinig uiteenlopen.

Cirkelvlakteverliezen op borsthoogte geven echter geen juist beeld van de massaverliezen van de boom. Een nauwkeuriger bepaling van het massaverlies is mogelijk, wanneer de bomen geveld worden en de verliezen sectiegewijze bepaald worden. Zo volledig is dit in Drente niet geschied. Aangenomen werd dat een voldoende betrouwbaar beeld van de massaverliezen kan worden verkregen uit het cirkelvlakteverlies op de halve hoogte van de bomen in het jaar 1945 (het midden van de plaag), daar men de massa in de praktijk steeds bepaalt uit het produkt van middenvlak en lengte (formule van HUBER). Daarom is in elke proefvlakte aan één 46 %-boom op deze hoogte ook een boring verricht. Deze halve hoogte van die in het jaar 1945 is voor bossen aangelegd in 1925 op 7 meter, 1926 op 6,5 meter, 1927 op 6 meter, 1928 op 5 meter, 1929 op 4 meter en voor 1930 op 3 meter gesteld. De boringen aan de staande bomen zijn uitgevoerd met behulp van een uitschuifbare aluminium ladder.

Voor de jongere opstanden (1933/1934) zijn geen aanvullende boringen verricht, omdat de halve hoogte in het jaar 1945 en de borsthoogte ongeveer samenvallen.

1.5. Berekening van de jaarlijkse cirkelvlakteaanwas

De boorspanen zijn op triplex plankjes gelijmd en geolied. Door het oliën ontstaat een scherp contrast tussen het donkere zomerhout en het lichtere voorjaarshout. Met een scherp scheermes zijn de bovenzijden van de boorspanen vlak gesneden, waardoor de overgang tussen najaarshout en voorjaarshout zich scherp aftekent.

De breedtes van de ringen zijn gemeten met een binoculair (vergrotingen 10, 20, 30 en 60 maal) met een op een objectglas aangebrachte schaalverdeling van $\frac{1}{2}$ mm. Een schatting tot op 0,1 mm was hierdoor mogelijk.

In elke proefvlakte is voor elke geboorde diameter van elke jaarring de gemiddelde breedte bepaald en vervolgens uit diens buiten- en binnendiameter de oppervlakte berekend met de formule

$$O = \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$$

In elke proefvlakte zijn van de drie onderzochte boomdiameters de jaarringoppervlakten jaarsgewijze gesommeerd en gemiddeld; bij dit middelen is de 46 %-boom tweemaal geteld vanwege het dubbele aantal bomen waaruit deze 46 %-waarde is bepaald. De aldus verkregen jaarringoppervlakten zijn grafisch tegen de jaren uitgezet en door lijnen verbonden. De op deze wijze verkregen aanwaslijnen zijn noodzakelijk om te kunnen beoordelen of de bomen zich reeds van de aantasting hebben hersteld en om de duur van de invloedsperiode vast te stellen. Aan een voorbeeld zal een en ander hier verduidelijkt worden.

Het vak 22 van de boswachterij Gieten bestaat uit een westelijk deel, waar in de bovenste grondlagen leem voorkomt, en een oostelijk deel met alleen zand. Het stamtal bij de aanleg bedroeg 1600 bomen per hectare. De drie proefvlakten in het oostelijk deel (22¹, 3, 5) behoren dus tot de hiervoren genoemde groep Ia, die van het westelijk deel tot groep Ib.

De wijze van bewerken alsmede de uitkomst van de oppervlakteberekeningen voor de proefvlakte 22¹ zijn in de navolgende tabel aangegeven.

TABEL 2. Gemiddelde jaarringoppervlakten in cm² van de proefvlakte 22¹

	'39	'40	'41	'42	'43	'44	'45	'46	'47	'48	'49	'50	'51	'52	'53
23%	6,9	8,7	5,6	4,4	1,9	2,5	3,1	4,1	1,9	3,7	3,7	6,2	11,9	6,7	5,5
46%	5,9	7,6	5,5	4,4	2,4	3,0	4,1	4,1	1,7	2,0	4,2	6,9	10,3	5,3	5,9
46%	5,9	7,6	5,5	4,4	2,4	3,0	4,1	4,1	1,7	2,0	4,2	6,9	10,3	5,3	5,9
71%	5,0	6,3	5,0	3,7	2,2	3,1	3,1	3,1	1,3	1,3	2,5	5,1	8,1	4,4	3,6
gemiddeld/average	5,9	7,8	5,4	4,2	2,2	2,9	3,6	3,9	1,6	2,3	3,6	6,3	10,1	5,4	5,2
	13,7		36,0										20,7		

TABLE 2. Mean areas of the annual rings in cm² of the sample plot 22¹

De in deze tabel genoemde gemiddelden zijn in fig. 2 grafisch weergegeven.

1.6. Berekening van de massaverliezen

Voor de bepaling van het aanwasverlies is het nodig bij de verschillende graden van aantasting de aanwas gedurende de gehele aantastingsperiode (1941–1950) te vergelijken met de aanwas van onaangetaste bomen gedurende dezelfde periode. Dit laatste was echter helaas in Gieten niet mogelijk, omdat onaangetaste opstanden niet voorkwamen. Daar echter naast zwaar aangetaste opstanden wel matig en licht aangetaste opstanden voorkwamen, kon toch door extrapolatie de aanwas bij geen aantasting gevonden worden.

Voor het vergelijken van de aanwas van aangetaste opstanden met de aanwas van niet aangetaste opstanden kan, om de volgende reden, niet de absolute aanwas gebruikt worden. Uit de aantastingskaarten van Gieten blijkt dat in geen enkel bosvak alle aantastingsgraden naast elkaar aanwezig zijn. In de vakken 32 en 40 komen alleen de graden boven 80 % voor; in de vakken 22 en 30 komen alleen aantastingsgraden voor boven 60 %, terwijl de bosvakken 1 en 2 alleen maar lage aantastingsgraden vertonen. Dit is een nadeel bij dit *Cephalcia*-onderzoek. Het impliceert dat geconstateerde verschillen tussen bepaalde aantastingsgraden niet enkel een gevolg behoeven te zijn van het verschil in aantasting, maar ook mede veroorzaakt kunnen zijn door plaatselijke verschillen in bodemsoort of behandeling, grondwaterstand, kortom vele factoren van de te vergelijken opstanden. Getracht is deze bijkomende invloeden zo veel mogelijk te elimineren door niet de absolute aanwaswaarden, maar de relatieve aanwaswaarden van de verschillende aantastingsgraden met elkaar te vergelijken.

Onder de relatieve aanwaswaarde wordt hier verstaan de gemiddelde jaaraanwas over de periode 1941–1950 in verhouding tot de gemiddelde jaaraanwas over de periode 1939–1940 en 1951–1953 of in formulevorm:

$$\frac{0,1 \Sigma \text{aanwas } 1941\text{--}'50}{0,2 \Sigma \text{aanwas } 1939\text{--}'40 + 1951\text{--}'53}$$

Het aantal vergelijkingsjaren vóór de aantasting is tot 2 beperkt, daar bij een langere periode de juistheid van de boorrichting twijfelachtig wordt.

Worden binnen elke groep deze relatieve aanwaswaarden grafisch uitgezet tegen de verschillende graden van aantasting, dan kan, door extrapolatie, de relatieve aanwaswaarde bij geen aantasting en derhalve het bij elke graad van aantasting behorende cirkelvlakteaanasverlies (op borsthoogte) afgelezen worden.

Dit aanwasverlies kan men aangeven in procenten. Voor het totale aanwasverlies moet men dan ook nog de duur van de aantastingsperiode in rekening brengen. Doelmatiger is het daarom het totale aanwasverlies uit te drukken in een aantal jaren bijgroei, dat men vinden kan door het procentuele jaarlijkse aanwasverlies te vermenigvuldigen met de duur der aantastingsperiode. Het best kan een en ander verduidelijkt worden aan fig. 3. Deze grafiek omvat de proefvlakten, behorende tot de groepen 1a (cirkeltjes en streeplijn) en 1b (stippen en getrokken lijn). Voor deze bomen is de relatieve aanwaswaarde uitgezet tegen de graad van aantasting. Uit tabel 2 kan voor de proefvlakte 22¹ met de boven aangegeven formule een relatieve aanwaswaarde berekend worden van 0,52 $\left(\frac{36,0 \times 0,1}{34,4 \times 0,2} = 0,52 \right)$; deze waarde, uitgezet tegen de aan-

tastingsgraad (in dit geval 95 %), geeft het cirkeltje rechts in de grafiek. De gemiddelde lijn, gelegd door de proefvlakten van de groep Ia snijdt de verticale as bij de waarde 0,99, wat dus betekent dat dit cijfer voor deze groep de relatieve aanwaswaarde bij geen aantasting voorstelt. Daar bij een aantasting van bijv. 85 % de relatieve aanwas slechts 0,55 bedraagt, betekent dus een zodanige aantasting een aanwasverlies van $\frac{0,99 - 0,55}{0,99} \times 100 = 44\%$ (zie tabel 4).

Op dezelfde wijze als zo juist beschreven, zijn de boorspanen afkomstig van de *halve hoogtes* bewerkt. Voor deze bomen (alle 46 %-bomen) zijn dus verliezen bekend voor borsthoogte en halve hoogte. De verhouding tussen het cirkelvlakteaanwasverlies op halve hoogte en dat op borsthoogte kan dan als correctiefactor worden gebezigd om de cirkelvlakteverliezen op borsthoogte (tabel 4) om te rekenen tot massa-verliezen (zie tabel 6).

Deze berekeningen zijn opgezet voor elke groep. Dit stelt ons in de gelegenheid de verliezen op zandgronden te vergelijken met die op leemgronden. Daar echter voor de praktijk bij één bepaalde aantastingsgraad niet meerdere verliespercentages opgegeven kunnen worden zijn daartoe alle groepen bijeen genomen en gemiddeld (zie tabel 7).

1.7. Datering van de jaarringen

Alvorens over te gaan tot de financiële schadeberekening is het gewenst eerst de juiste datering van de jaarringen in beschouwing te nemen. Hoewel de Japanse lariks een houtsoort is met een groot herstellingsvermogen moet toch, wegens de lange duur van de plaag, met de mogelijkheid rekening worden gehouden dat er in de zwaar aangetaste opstanden aan de bomen één of meer jaarringen kunnen ontbreken. Voor het geval dat jaarringen ontbreken moet aannemelijk worden gemaakt van welke jaren deze zijn. Om het bestaan van deze mogelijkheid na te gaan zijn van een aantal licht aangetaste opstanden de boorspanen aan een onderzoek op bepaalde jaarkenmerken onderworpen. Dit is gedaan in navolging van DOBBS (1951/53), die stamschijven van de Europese lariks onderzocht, afkomstig uit de omgeving van Bristol. Hij vond dat in 98 % van de 105 onderzochte schijven bij de jaarring van 1918 in het lichte voorjaarshout een donker lijntje voorkwam, dat al naar de plaats in het voorjaarshout werd aangeduid met *early*, *mid*, of *late line*. Onderzoek van de boorspanen in Gieten bracht een soortgelijk kenmerk aan het licht. Het bleek dat bij de jaarring van 1934 in ongeveer 74 % van het aantal gevallen een donker lijntje in het lichtere voorjaarshout voorkomt. Dit kenmerk, samen met het feit dat het najaarshout van 1935 vaak smal is, geeft voldoende houvast voor het juist dateren van de jaarringen.

Van de boorspanen, waaraan vanaf 1934 tot het tijdstip van boren niet het juiste aantal ringen geteld kon worden, is aangenomen, dat de jaarring, die in de volledige boorspanen in het minimum is, in de onvolledige spanen ontbreekt.

DOBBS (1951/53) schrijft het ontstaan van de *lines* toe aan een droogteperiode, die weer gevolgd is door een regenrijke periode in de vegetatietijd. Of dit voor Drente ook geldt is als volgt nagegaan. Volgens SCHANS en VAN SOEST (1952) heeft de Japanse lariks eind juni 75 % van zijn diktegroei voltooid. Wanneer droogte een rol van be-

tekenis bij deze vorming van *lines* zou spelen dan zouden vooral de temperaturen en neerslagen in mei en juni dit moeten aangeven. Bij nadere beschouwing van de maandelijkse temperatuur- en neerslaggegevens voor Gieten over mei en juni 1934 blijkt inderdaad, dat de verhouding tussen neerslag en temperatuur $\left(\frac{N}{T}\right)$ toen een zeer lage waarde bereikte. Tegenover een gemiddelde van de 20-jarige periode 1932-1951 van 7,7 had het jaar 1934 een waarde van 5,6; in de periode 1939-1942 lagen de $\frac{N}{T}$ waarden nog lager namelijk 4,1, 4,7, 4,0 en 5,3.

Een ander punt dat ook pleit voor een vochttekort als oorzaak, is het feit dat in Gieten op de zandgronden het percentage *lines* significant hoger ligt dan op de beter vochthoudende lemige gronden. Op de zandgronden in Gieten bedroeg dit percentage 93 %, terwijl dit in dezelfde opstanden op de lemige gronden daalde tot 53 %.

1.8. Omzetting van de massaverliezen in financiële verliezen

In het tweede deel van de probleemstelling wordt als verder doel van het onderzoek genoemd het beoordelen van de economie van eventuele bestrijdingsmaatregelen. Dit betekent dat de hiervoren berekende massaverliezen omgezet moeten worden in geldswaarden, hetgeen op twee manieren mogelijk is.

Bij de eerste methode (in het vervolg methode A genoemd) bepaalt men de vermindering van de bedrijfswaarde van de opstand, die optreedt, wanneer een insecten-aantasting een zeker aantal jaren bijgroeverlies veroorzaakt.

De bedrijfswaarde van een opstand is te berekenen als de zg. houtverwachtingswaarde, dat is de gediscoteerde waarde van de uit de opstand te verwachten opbrengsten, verminderd met de nog daaraan te besteden kosten.

De aan de opstand te besteden kosten zullen in de beide gevallen even groot zijn, waardoor het verlies in bedrijfswaarde op het tijdstip van de aantasting op *m*-jarige leeftijd te berekenen is als:

$$\text{Verlies } H_{vm} = \frac{E_t - E'_t + \sum_m^t D_n 1, \text{ Op}^{t-n} - \sum_m^t D'_n 1, \text{ Op}^{t-n}}{1, \text{ Op}^{t-m}}$$

waarin E_t en E'_t = de eindopbrengst van de niet- resp. de wel-aangetaste opstand
 D_n en D'_n = de dunningen van de niet- resp. de wel-aangetaste opstand
p = de bosrentevoet
t = de omloopstijd
n = leeftijd, waarop de dunningen plaats hebben
m = de leeftijd bij het begin van de aantasting

Het onzekere in deze berekening is de schatting van het opbrengstverloop van de aangetaste opstand. Blijft bijvoorbeeld, in het geval er geen sterfte optreedt, een eenmaal ontstaan massaverlies gehandhaafd of verandert dit weer?

Bij de tweede methode (B) is de geldswaarde van de plaag berekend als het verschil in exploitatiewaarde aan het einde van de plaag, gediscoteerd tot het begin van de plaag.

Vanwege het onzekere karakter van methode A en tevens vanwege de wenselijkheid de schade voor de beide in deze studie betrokken insektensoorten volgens eenzelfde methode te berekenen, is voor de schadeberekening de methode B gekozen, hoewel methode A in principe de juiste is.

De schadeberekening is, wat de massabepaling betreft, vrij gemaakt van de Drentse opstanden, door het massaverlies naar het aantal jaren bijgroeverlies, te berekenen voor de groeiklasse II van de opbrengsttafel voor de Japanse lariks van SCHÖBER tot welke groeiklasse het merendeel der Drentse en ook Nederlandse opstanden behoort.

De eenheidswaarden van het hout zijn ontleend aan de gegevens van BECKING en VAN LAAR in het artikel „Omloop, kostprijs, en ondernemerswinst van de Japanse lariks in Nederland” in het *Ned. Bosbouw Tijdschrift* 1954. Deze eenheidswaarden zijn afgeleid uit de prijzen van geveld larikshout voor de Veluwe en Utrecht gedurende de winterseizoenen 1952/'53 en 1953/'54.

Een voorbeeld van een schadeberekening volgens de gekozen methode B is gegeven op blz. 19.

2. AANTASTING DOOR *DIPRION PINI* L.

2.1. Vaststelling van de aantastingsgraad en indeling van de proefbomen

De bij de *Diprion*-aantasting van de *groveden* gebezigde methodiek wijkt in verschillende opzichten af van die bij de *Cephalcia*-plaag.

Bij de *Cephalcia*-aantasting hebben de verzamelde aantastingsgraden betrekking op de aantasting van de gehele opstand of van gedeelten van de opstand. Bij de *Diprion*-plaag zijn daarentegen de aantastingsgraden van afzonderlijke bomen geregistreerd. Deze werkwijze heeft boven de eerste het voordeel dat in licht en matig-zwaar aangetaste opstanden zowel gegevens van onaangetaste bomen als zwaar aangetaste bomen konden worden verzameld. De overige omstandigheden (weer, behandeling enz.), waaronder de aangetaste en onaangetaste bomen verkeren, zijn dan nagenoeg gelijk. Bij het onderzoek van de *Cephalcia*-plaag was een dergelijke meer betrouwbare vergelijking niet mogelijk.

In het voorjaar van 1952, dus nagenoeg direct na de plaag, zijn in tien voor dit onderzoek geschikt geachte opstanden (zie tabel 10) door middel van proefvlakten de diametersamenstellingen bepaald.

Vervolgens zijn, in willekeurige richtingen door de opstand gaande, de benodigde bomen bijeengezocht en genummerd.

Om te bereiken dat de groep bomen met een zware aantasting ongeveer een gelijke diametersamenstelling heeft als de beide andere aantastingsklassen (matig en licht) en de klasse onaangetaste bomen, zijn de gevonden bomen direct geklasseerd, naar diameter, in één van de navolgende klassen:

- a. onaangetaste bomen;
- b. bomen met een aantastingsgraad van 1 t/m 33 %;
- c. bomen met een aantastingsgraad van 34 t/m 67 %;
- d. bomen met een aantastingsgraad van 68 t/m 100 %.

De schatting van de aantastingsgraad geschiedde op het oog.

Zolang werden aangetaste bomen bijeengezocht tot in elk van de zoëven genoemde klassen de diameterspreiding ongeveer overéénkwam met die van de opstand; alleen de allergrootste en de allerkleinste diameters werden niet bij de proefbomen genomen. Bovendien zijn bomen van de overheersende of de onderdrukte klasse, alsmede bomen die geheel of nagenoeg geheel vrij stonden buiten het onderzoek gehouden.

Daar in maart/april 1952 de naalden van 1949 reeds van nature zullen ontbreken, was het niet meer mogelijk een eventuele vreterij van de *Diprion*-generatie 1950 aan deze naalden nog vast te stellen. Een in 1952 geschatte aantasting van 100 % betekent dus het volledig weggevreten zijn van de naalden 1950 en 1951 waarbij de naalden van 1949 wel of niet weggevreten kunnen zijn. Er mag echter worden aangenomen dat de vreterij aan de jaarscheut 1949, ook bij de zwaar aangetaste bomen, gering of afwezig was daar de plaag pas in 1950 optrad en de aantasting in dat jaar werd veroorzaakt door de tweede generatie (dus vreterij aan de jaarscheut 1950 en weinig aan die van 1949). Het in begin 1952 geschatte naaldenverlies mag dus beschouwd worden als het werkelijke naaldenverlies.

Het totaal aantal bomen dat in de tien proefopstanden bijéengezocht is, bedroeg 492. Dit aantal kon veel lager zijn dan bij het *Cephalcia*-onderzoek, omdat bij het *Diprion*-onderzoek de aantastingsgraad per boom bekend was; bij het *Cephalcia*-onderzoek was de aantastingsgraad per opstand of deel van de opstand gegeven, wat noodgedwongen een veel groter aantal proefbomen vereiste.

2.2. Bemonsteringswijze van de proefbomen

Uit de literatuur was reeds bekend dat bij groveden een lange nawerkingsperiode te verwachten is. Het sterfteverloop tijdens de jaren 1952-1955 alsmede enkele oriënterende boringen hebben mij doen besluiten niet eerder dan eind 1955 met boren te beginnen. Toen zelfs bleek nog uit de boorspanen dat een aantal van de zwaar aangetaste bomen zich nog niet geheel hadden hersteld. Tot eind 1955 is dus geen ander onderzoek aan deze bomen verricht dan een driemaandelijkse controle, waarbij de sterfte geregistreerd werd. Op deze wijze is dus een inzicht verkregen van het verloop van de sterfte in de jaren 1952-1955.

Eind 1955 zijn de toen nog aanwezige bomen op borsthoogte, overkruis tot in millimeters nauwkeurig geklemd en in de richting van de gemiddelde diameter geboord. Alle bomen zijn, in tegenstelling met het *Cephalcia*-onderzoek, aan beide zijden geboord. Dit was om twee redenen wenselijk:

- 1e omdat het jaarringpatroon van de groveden veel onregelmatiger en door diens gering herstellingsvermogen veel sterker door de aantasting wordt beïnvloed dan dit het geval is bij de Japanse lariks,
- 2e omdat een ringkenmerk voor een bepaald jaar bij de groveden niet kon worden gevonden.

De cirkelvlakteverliezen op borsthoogte zijn, zoals reeds eerder uiteengezet, geen juiste maatstaf voor de door de aantasting veroorzaakte massaverliezen. Teneinde de massaverliezen beter te kunnen benaderen is van 79 proefbomen, die daarvoor

geveld werden, uit de jaarscheut 1945 een stamschijf gezaagd. De jaarscheut van 1945 is hiervoor gekozen, omdat deze schijf ook voor de controle op de jaarscheutdeterminaties benodigd was.

De jaarscheut 1945 lag over het algemeen in de onderste helft van de groene kroon en is gevonden door terugtelling van de jaarscheuten en nadien gecontroleerd aan de jaarringen van de schijf.

De keuze van de 79 proefbomen was niet geheel *at random*. In de eerste plaats is er voor gezorgd, dat ze ongeveer gelijkelijk over de vier aantastingsklassen verdeeld waren en verder dat de cirkelvlakteaanwas op borsthoogte ongeveer met het gemiddelde van die klasse overeen kwam. De 79 bomen konden dus pas uitgezocht worden, nadat de boringen op borsthoogte bewerkt waren.

2.3. Berekening van de jaarlijkse cirkelvlakteaanwas

De jaarringmetingen alsmede het berekenen van de jaarringoppervlakten is op dezelfde wijze en met dezelfde nauwkeurigheid uitgevoerd als bij het *Cephalcia*-onderzoek. Wat dit betreft kan dus naar dat onderzoek worden verwezen.

De jaarringoppervlakten zijn per opstand voor elke aantastingsklasse jaarsgewijze gesommeerd en gemiddeld, zodat van elke klasse de gemiddelde oppervlakte van de jaarringen voor de verschillende jaren gevonden werd (zie fig. 7, blz. 37). Deze aanwaslijnen zijn voor de verliesberekening als zodanig niet nodig; daarvoor zou het voldoende geweest zijn de periode 1946 tot en met 1950 en de periode 1951 tot en met 1955 in zijn geheel te meten (zie hieronder). Bij meting van de boorspanen op deze laatste wijze is het evenwel niet mogelijk te beoordelen of de schade zich reeds volledig gevormd heeft; bovendien gaan bijzonderheden van de afzonderlijke jaren verloren (droge jaar 1947; jaarlijkse groei tijdens de aantasting).

2.4. Berekening van de massaverliezen

Wat de berekening van de aanwasverliezen betreft dient nog het navolgende vermeld te worden. Bij het *Cephalcia*-onderzoek is de gemiddelde aanwas gedurende de aantastingsperiode uitgedrukt als een verhoudingscijfer t.o.v. de aanwas van twee jaren vóór en drie jaren ná die periode. Dit kon bij het *Diprion*-onderzoek niet, daar eind 1955 de nawerking van de plaag, althans bij de zwaar aangetaste bomen nog niet of maar nauwelijks voorbij was. De mogelijkheid om daardoor de aanwas gedurende de aantastings- plus nawerkingsperiode ook uit te drukken in een aantal jaren groei na die periode is dus niet aanwezig. De groei over 1951–1955 is bij het *Diprion*-onderzoek dan ook noodgedwongen alleen uitgedrukt in de groei van vijf (1946–1950) aan de plaag voorafgaande jaren. De formule van de relatieve aanwas wordt in dit geval

$$\text{dus } \frac{\Sigma 1951-1955}{\Sigma 1946-1950}$$

Deze relatieve aanwas is berekend per boom, niet per groep van bomen. Zet men deze relatieve aanwas grafisch uit tegen de aantastingsgraden, dan kan uit deze grafiek het bij elke graad van aantasting behorende verlies (op borsthoogte) afgelezen worden (zie fig. 8).

Op dezelfde wijze zijn uit de 79 stamschijven van de jaarscheut 1945 per boom de relatieve aanwaswaarden berekend. Uit deze waarden en de relatieve aanwaswaarden op borsthoogte zijn door interpolatie de relatieve aanwaswaarden op halve hoogte gevonden. Worden deze relatieve aanwaswaarden uitgezet boven de bijbehorende aantastingsgraden en door een kromme grafisch vereffend, dan zijn voor alle graden van aantasting de verlieswaarden op halve hoogte bekend en dus ook de correctie die aan de verliezen op borsthoogte aangebracht moet worden om de verliezen op halve hoogte – dus de massaverliezen – te krijgen.

Stelt in fig. 9 (Lierderbos 1912) de bovenste lijn de vereffende relatieve aanwaswaarden op halve hoogte voor dan is hieruit voor een aantasting van 50 % een verlies te berekenen van 37 % $\left(= \frac{1,44 - 0,90}{1,44} \right)$. Voor borsthoogte (onderste lijn in de figuur) wordt een verlies gevonden van 36 % $\left(= \frac{1,10 - 0,70}{1,10} \right)$. De correctiefactor bedraagt dus $\frac{37}{36} = 1,03$ (tabel 13).

2.5. Datering van de jaarringen

Voor het juist op jaartal brengen van de verschillende jaarringen kon bij het *Cephalcia*-onderzoek gebruik gemaakt worden van het donker lijntje in de jaarring van 1934. Bij de groveden was een soortgelijk kenmerk helaas niet te vinden, hoewel het hier veel urgenter was, omdat bij de groveden door zijn gering herstellingsvermogen veel vaker jaarringen ontbreken.

Voor het bepalen van het juiste jaartal van de ringen is bij de groveden als volgt te werk gegaan. In elke opstand zijn de heersende onaangetaste bomen het eerst onderzocht en van de opvallend smalle en brede ringen het jaartal bepaald, waarbij tevens van de veronderstelling is uitgegaan, dat in deze bomen alle jaarringen aanwezig zijn. Bij het merendeel der boormonsters bleken smallere ringen toe te behoren aan de jaren 1919–1921, 1931, 1935, 1940–1941, 1947. Het is mogelijk bepaalde groeiremmende factoren in het verleden aan te wijzen voor het ontstaan en deze smallere ringen. Zo zijn de smallere ringen 1919–1921 te wijten aan de hevige *Panolis*-plaag in 1919 (DE KONING, 1938); de smallere ringen van 1931 en 1947 aan respectievelijk de *Diprion*-plaag van 1930 (DE KONING, 1938) en het zeer droge jaar 1947, terwijl de smallere ringen van 1940 en 1941 mogelijk een gevolg zijn van de strenge winters van 1939/1940 en 1940/1941.

Deze opvallende ringen zijn ook in de andere boorspanen opgezocht en aan de hand daarvan is de al of niet volledigheid van deze boorspanen beoordeeld.

Het afwezig zijn van ringen op borsthoogte impliceert nog niet, dat deze ringen over de gehele boom afwezig zijn. NÄGELI (1935) vond, dat de werkzaamheid van het cambium in het voorjaar het eerst begint in de kroon en bij de wortelhals. Wordt nu door een ernstige insektenaantasting de werkzaamheid van het cambium stilgelegd, dan kan het voorkomen, dat op de beide bovengenoemde plaatsen reeds hout is gevormd en in de daar tussen liggende zone van de stam nog niet. Er ontstaat dan een

naar boven en een naar beneden „uit wiggende” houtmantel (*auskeilende Jahrringe*), die dus niet volledig is.

2.6. Invloed van de aantasting op de hoogtegroeï

Aánvankelijk werd gedacht dat de 79 gevelde bomen eveneens de gelegenheid boden om althans enig inzicht te verkrijgen in de hoogtegroeï vanaf 1946. Daar de jaarlijkse hoogtegroeï over de periode 1951–1955 meer dan eens tot zeer geringe afmetingen was teruggelopen en dus de mogelijkheid bestond dat de overgangen tussen opeenvolgende lengtescheuten niet steeds werden opgemerkt, was het noodzakelijk om een controle te hebben en deze werd gevonden in de stamschijf uit de veronderstelde jaarscheut 1945.

Bij de uitvoering van de lengtemetingen aan de 79 gevelde bomen bleek echter, dat bij vele bomen de topscheut was afgestorven of misvormd en de hoogtegroeï door een zijtak was overgenomen. De metingen na 1949 moesten dus bij vele bomen noodgedwongen uitgevoerd worden aan zijtakken. Daar het percentage gedwongen zijtakmetingen bij de aangetaste bomen veel hoger was dan bij de onaangetaste bomen, is verder van deze lengtemetingen afgezien. Ten einde enig inzicht te verkrijgen in de graad van de misvorming is wel van elke gevelde boom de jaarscheut genoteerd, waarbij de vertakking begint (tabel 17).

2.7. Omzetting van de massaverliezen in financiële verliezen

De berekening van de financiële verliezen wijkt niet af van die bij het *Cephalcia*-onderzoek, zodat daarnaar moge worden verwezen.

De voor de berekening van de financiële verliezen benodigde houtprijzen zijn ontleend aan het Rapport van de Commissie Kostprijsberekening (1957).

Als opbrengsttafel is gebezigd de in 1955 verschenen uitgave van GRANDJEAN en STOFFELS.

Zoals aangegeven in de vorige paragraaf is de financiële schade berekend volgens methode B. Een voorbeeld van schadeberekening volgens deze methode volgt hieronder.

Een 40-jarige grovedennenopstand (Boniteit III, GRANDJEAN en STOFFELS) wordt aangetast door *Diprion pini* L., zodanig dat een aanwasverlies wordt geleden van 2 jaren groei Na 5 jaren is de invloed op de bijgroei voorbij.

De onaangetaste opstand heeft op 45-jarige leeftijd voor de dunning een stamtal van 1580 met een massa van 179 m³, een grondvlak van 28,3 m² en een gemiddelde diameter op borsthoogte van 15,1 cm. Voor de aangetaste opstand is bij het zelfde

stamtal de massa $179 - \frac{2}{5} \times (\text{massa-aanwas } 40-45 \text{ jaar}) = 179 - \frac{2}{5} \times 32 = 166,2 \text{ m}^3$

en het grondvlak $28,3 - \frac{2}{5} \times (\text{cirkelvlaktaanwas } 40-45 \text{ jaar}) = 28,3 - \frac{2}{5} \times 4,4 = 26,7 \text{ m}^2$ met een gemiddelde diameter van 14,7 cm.

Tabel 3 toont aan hoe verder het schadebedrag van f 560,— per hectare wordt gevonden.

TABEL 3. Verliesberekening volgens methode B

Opbrengst	Massa m ³ /ha	Massa -10%	d _{1,30} in cm	Netto waarde op stam per m ³	Netto waarde per ha	Netto waarde per ha op 40-jarige leeftijd
				<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>
E 45	179	161,1	15,1	46,00	7411,—	6394,—
E'45 = E 43	166,2	149,6	14,7	45,20	6762,—	5834,—
						560,—
<i>Yield</i>	<i>Volume</i> m ³ /ha	<i>Volume</i> -10%	<i>d</i> _{1,30} in cm	<i>Net standing</i> value per m ³	<i>Net standing</i> value per ha	<i>Net standing</i> value per ha discounted to the age of 40 years

TABLE 3. Calculation of financial loss according to method B

3. DE ECONOMIE VAN DE BESTRIJDING VAN INSEKTENPLAGEN

Voor de beoordeling van de vraag, of een bestrijding van een insektenplaag economisch verantwoord is, zijn twee punten van bijzonder belang:

- 1e. Het aantal insektengeneraties dat als gevolg van één bestrijding op een onschadelijk niveau wordt gebracht;
- 2e. de kosten van de bestrijding per ha.

Het eerste punt is afhankelijk van het bestrijdingsmiddel en de insektensoort.

THALENHORST (1952) vond bij een bestrijding van de fijnsparrenbladwesp (*Lygaeone-matus abietinum* HTG.) met DDT- en HCH-preparaten, dat in het jaar na de bestrijding de populatiedichtheid weer even hoog was als bij het begin van de plaag. Hij meent daaruit de algemene conclusie te mogen trekken, dat de bestrijding met chemische middelen van zg. „Dauerschädlinge” niet wel mogelijk is en daarvoor langs ecologische weg een oplossing moet worden gezocht.

Voor de bij dit onderzoek betrokken insektensoorten t.w. *Cephalcia alpina* KLUG en *Diprion pini* L. zijn wij echter niet zo somber gesteld. Wij menen, dat bij gebruik van het juiste bestrijdingsmiddel wel voldoende effect is te bereiken. Daar deze insektensoorten ook het verschijnsel van „overliggen” kennen, is het echter geenszins uitgesloten, dat zij zich na 2 jaar resp. 2 generaties weder tot plaagdichtheid kunnen ontwikkelen. Daarom moet met de mogelijkheid rekening worden gehouden dat na deze periode de bestrijding zal moeten worden herhaald.

De bestrijdingskosten van de plaag per ha hangen van de omvang van de plaag en de wijze van bestrijding af. Wij beschikken, wat betreft Nederlandse omstandigheden en voor zover het *Diprion* en *Cephalcia* aangaat, alleen over gegevens over de bestrij-

dingskosten van de *Diprion*-plaag op de Veluwe. Daar zijn in 1951 1100 ha aangetaste opstanden uit een vliegtuig met een HCH-preparaat geneveld. De kosten bedroegen gemiddeld f 28,— per ha. (MAAN en MEYERINK, 1952).

De kosten van een effectieve chemische bestrijding van insektenplagen zullen momenteel in de regel niet boven f 50,— per ha uitgaan. Veiligheidshalve is dit bedrag als kostennorm voor onze economische beschouwingen aangehouden.

Wij willen nu naar bovengestelde normen de bestrijdingskosten van de *Cephalcia*-plaag in de lariksbossen bij Gieten alsook van de *Diprion*-plaag in de grovedenbossen op de Veluwe bepalen.

Daar de *Cephalcia*-plaag 10 jaar voortduurde zouden daarvoor in het ongunstigste geval 5 behandelingen om de 2 jaar nodig zijn geweest. De contante waarde van de 5 behandelingen berekend op het begin van de aantastingsperiode wordt:
 $50(1,00 + 1,03^{-2} + 1,03^{-4} + 1,03^{-6} + 1,03^{-8}) = f 223,—$ per hectare. In alle lariksopstanden waar het verlies groter is dan f 223,— per hectare is bestrijding verantwoord.

De *Diprion*-plaag duurde 3 generaties. Maximaal zouden 2 behandelingen nodig zijn geweest om de plaag geheel te onderdrukken.

De contante waarde van deze 2 behandelingen, op dezelfde wijze als hiervoor berekend, wordt f 97,— per hectare. Alle opstanden met een zodanige aantastingsgraad dat een verlies geleden wordt van f 97,— of meer per hectare mogen bestreden worden.

In het bovenstaande is verondersteld, dat één behandeling de populatie van het insekt gedurende twee generaties op een onschadelijk niveau zal houden. Een bestrijding is dan economisch verantwoord, wanneer de kosten van een behandeling geringer zijn dan de schade toegebracht door 2 generaties.

Bij toekomstige plagen is het optreden van een tweede generatie echter onzeker. Het is zeer goed mogelijk, dat tengevolge van een natuurlijke mortaliteitsfactor deze tweede generatie uitblijft.

Men loopt geen enkel risico, wanneer men eerst tot bestrijding overgaat wanneer de financiële schade van één generatie de bestrijdingskosten gaat overtreffen. Wanneer een gelijke kans aan het al dan niet optreden van de tweede generatie wordt toegekend, betekent dit dat een bestrijding — economisch gezien — verantwoord is, wanneer de schade van 1,5 generatie de bestrijdingskosten gaat overtreffen.

Om bij een opkomende insektenplaag snel te kunnen beoordelen, of een bestrijding economisch verantwoord is, is het gewenst tabellen of grafieken samen te stellen, waarmede men de te verwachten geldschade kan schatten.

De grootte van deze geldschade is afhankelijk van de houtsoort, de groeiklasse, de leeftijd van de aangetaste opstand en het aantal jaren bijgroei-verlies.

Met het oog op de vele factoren, waarvan de geldschade afhankelijk is, zal men er niet aan kunnen ontkomen voor elke houtsoort en liefst voor twee groeiklassen afzonderlijke tabellen op te stellen.

In elk van deze tabellen of grafieken kan men dan de volgens methode B berekende geldschade opnemen met als ingangen: de leeftijd van de aangetaste opstand en het naar de aantastingsgraad te schatten aantal jaren bijgroei-verlies.

Wat de leeftijd van de opstand betreft zullen intervallen van 10 jaren voldoende zijn. Voor het aantal jaren bijgroeverlies zijn waarden gekozen van $\frac{1}{4}$, 1 en 2 jaren. Voor tussenliggende waarden kan men dan interpoleren (zie tabellen 9 en 18; grafieken 6 en 11).

III. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

I. RESULTATEN VAN HET *CEPHALCIA*-ONDERZOEK

1.1. *Beschrijving van de proefopstanden en de aantasting*

Alvorens over te gaan tot de bespreking van de resultaten van het *Cephalcia*-onderzoek is een korte beschrijving van de proefopstanden alsmede vermelding van enkele gegevens van de aantasting hier op zijn plaats.

De lariksofstanden in Gieten en Schoonlo zijn voor het overgrote deel gelegen op dekzanden, fijnzandige gronden aldaar gedeponeed onder de invloed van sneeuwstormen (niveo-eolisch) tijdens de Würm-ijstijd. De gronden zijn dus van diluviale ouderdom. Dit dekzand ligt weer op een keileemlaag, die op verschillende plaatsen vrij dicht aan de oppervlakte komt. Onder deze keileem bevinden zich de vóór de Risz-ijstijd afgezette premorenale en fluviatische zanden. Plaatselijk is de keileemlaag geheel geërodeerd, zodat hier het dekzand direct op de premorenale zanden rust.

De bovenste grondlagen in Gieten en Schoonlo zijn dus fijnzandig, waardoor de vochtuithouding redelijk goed is. De gronden bij Schoonlo zijn over het algemeen iets vochtiger dan die bij Gieten, wat mogelijk toegeschreven kan worden aan de meer hogere ligging of het minder geërodeerd zijn van de keileemlaag bij Schoonlo. De gronden zijn te klassificeren als humuspodsolen al dan niet op leem met een uitlopend vochtgehalte (droog tot vochtig).

De gronden, waarop de lariksofstanden van Veenhuizen staan, zijn veenontginingsgronden.

In 1941 bleken verschillende opstanden min of meer ernstig aangetast te zijn door de spinselbladwesp *Cephalcia alpina* KLUG¹, een bladwesp, die in ons land nog nooit eerder schadelijk was opgetreden. De aantasting breidde zich in 1942 uit, om misschien in 1943 zijn hoogtepunt te bereiken. Daarna schommelde de aantasting tot en met 1948 sterk zonder evenwel in enig jaar geheel te ontbreken. Vanaf 1949 nam de aantasting sterk af; ze was in 1950 nog maar licht en in 1951 geheel verdwenen. De plaag heeft een natuurlijk einde gevonden, waarschijnlijk als gevolg van het optreden van parasieten (MINDERMAN, 1950) en van muizen. MINDERMAN vond, dat in 1950 bijna alle in de grond kruipende larven bezet waren met parasieteieren, die volkomen identiek waren aan die van *Ctenopelma luciferum* Grav en *Prosmoris* nov. spec., beide ichneumoniden.

Uit gegevens verzameld door KUIPER (1952) kan voor *Cephalcia alpina* KLUG de volgende bionomische formule worden opgesteld:
$$\frac{4.6 - 5.7^2}{6.5 + 4.6}$$

¹ Volgens R. BENSON (Brits Museum) betreft het hier niet *Cephalcia alpina* KLUG, maar de soort *Cephalcia annulata* HARTIG.

² In deze formule geven de cijfers boven de lijn en voor het - teken de maanden aan waarin het insect in het eistadium verkeert; de cijfers na het - teken geven de maanden waarin de larven en dus de vreterij voorkomt, terwijl de cijfers onder de lijn betrekking hebben op het pop- en het volwassen stadium.

1.2. De cirkelvlakteverliezen op borsthoogte

De gevolgen van een insektenaantasting openbaren zich op twee wijzen: sterfte en groeiverliezen van de niet-gestorven bomen.

Sterfte kwam onder de lariks als gevolg van *Cephalcia* slechts sporadisch voor. In de zwaarst aangetaste opstanden in Gieten was deze sterfte over de gehele periode van 10 jaren niet meer dan 2 %. Dit dankt de lariks ongetwijfeld aan zijn vermogen nog hetzelfde jaar nieuwe naalden te vormen. De opstanden, die eind juni/begin juli geheel kaal stonden, waren medio augustus weer groen, ofschoon wel iets ijler dan normaal. Ook GRAHAM (1931) bericht over het grote herstellingsvermogen van de lariks. Zo waren bij *Larix laricina* K. KOCH na 4 opeenvolgende jaren met 75 % ontbladering de kronen slechts iets ijler geworden; wel was de aanwas aanmerkelijk kleiner.

Een bespreking van de resultaten kan dus beginnen met de beschouwing van de aanwaslijnen.

Zoals in het vorige hoofdstuk reeds vermeld, werden uit de in het veld gemeten buitendiameters en de op het laboratorium gemeten jaarringbreedtes per proefvlakte de gemiddelde oppervlaktes van de afzonderlijke jaarringen berekend in cm^2 . Van de proefvlakte van vak 22¹ is de aanwaslijn in fig. 2 gegeven. Ook van de andere proefvlakten zijn soortgelijke lijnen geconstrueerd. Uit deze grafieken blijkt dat tot 1940 de aanwas een stijgend verloop had; in 1941, dus het eerste jaar van de aantasting, vertoont de aanwas een scherpe daling, welke in de meeste gevallen een minimum heeft in 1943 en een volgend minimum in het droge jaar 1947. In 1951 heeft de groei weer het niveau bereikt van 1940. De sterke teruggang in groei in de jaren 1952 en 1953 mag gezien worden als een gevolg van de zware aantasting door het lariksmotje in 1952 (LUITJES en BLANKWAARDT, 1954).

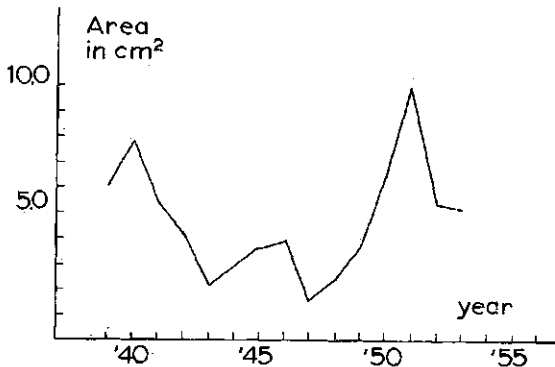


FIG. 2. Gemiddelde oppervlakte van de jaarringen op borsthoogte in de proefvlakte 22¹
 Mean area of the annual rings at breast height in the sample plot 22¹

De aanwaslijn in fig. 2 toont aan dat in de zwaaraangetaste proefvlakte 22¹ de invloedsperiode zich tot en met het jaar 1950 uitstrekt. In het jaar 1951 mag de groei weer normaal genoemd worden.

Zoals in het vorige hoofdstuk reeds uiteengezet is per proefvlakte voor het bepalen