

MEDEDELINGEN VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN,
 NEDERLAND 61 (13) 1-40 (1961)

EEN ONDERZOEK NAAR DE PRODUCTIVITEIT VAN VERSCHILLENDE DOUGLAS-HERKOMSTEN IN NEDERLAND

With a Summary:

*A STUDY OF THE PRODUCTIVITY OF VARIOUS DOUGLAS
 FIR PROVENANCES IN THE NETHERLANDS*

door/by

P. G. DE VRIES

*Instituut voor Bosbouwkundig Onderzoek afd. Houtmeetkunde en
 Bosbedrijfsregeling, Landbouwhogeschool, Wageningen, Nederland*

(Ontvangen/Received 18.10.'61)

INHOUD

	Blz.
De waarnemingsobjecten	1
De meetmethodiek	4
Dunning en productie	5
De vergelijkingsmaatstaven voor de herkomsten	10
Beoordeling der proefresultaten	18
Slotopmerkingen	37
Summary	38

Aan het IBO zijn sedert 1948 onder de leiding van Prof. Dr. J. H. BECKING door verscheidene onderzoekers regelmatig waarnemingen verricht aan een aantal permanente proefperken van douglas van verschillende Noordamerikaanse herkomsten.

VEEN nam in 1951 in zijn dissertatie reeds enige dezer gegevens op, doch nadien zijn de waarnemingen voortgezet, zodat het thans mogelijk is, een wat duidelijker inzicht in de groeiverschillen der diverse herkomsten te verkrijgen.

Alvorens nader op de verschillen tussen de herkomsten in te gaan, is het wellicht wenselijk, een en ander omtrent de waarnemingsobjecten en de meetmethodiek mede te delen.

DE WAARNEMINGSOBJECTEN

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van alle door het IBO beheerde douglas-herkomstproefperken (53 in totaal), ingedeeld naar:

797566

1. herkomst (26 herkomsten)
2. geografische ligging (8 complexen)
3. dunningsgraad (variërend van 19 tot 28 %)
4. „bodemtype” (3 typen)

Onder de 26 verschillende herkomsten vindt men 18 viridis- of groene vormen en 8 caesia- of grijze vormen, terwijl de voor Nederlandse omstandigheden ongeschikte blauwe douglas of glauca-vorm in het onderzochte herkomst-materiaal niet voorkomt.

Hoewel er uitzonderingen bestaan, ligt het natuurlijke groeigebied van deze douglasvormen in genoemde volgorde op grotere hoogte boven zee en/of continentaler.

In VEEN's dissertatie vindt men uitvoerige beschrijvingen van de herkomstgebieden.

Per herkomst bedraagt het aantal proefperken:

1 proefperk

No. 7 West Oregon	No. 25 Cowlitz I
„ 12 Crow's Nest Pass	„ 26 Everett
„ 17 National Forest	„ 27 Stella
„ 18 Columbia Forest	„ 28 Mc.Cormick
„ 20 Ryderwood	„ 29 Skamokawa
„ 21 Toutle River	„ 30 South Fork
„ 22 St. Helens	„ 31 Vernon
„ 23 Spirit Lake	„ 35 Cowlitz III

2 proefperken

No. 3 Duncan Station
„ 8 Salmon Arm Canoe
„ 14 Salmon Arm

4 proefperken

No. 1 N.O. Washington
„ 6 Louis Creek
„ 9 Chilliwack

3 proefperken

No. 5 Shuswap Lake

5 proefperken

No. 4 Craigellachie

9 proefperken

No. 2 Midden Washington

De 8 complexen liggen verspreid over Drente, Gelderland en Noord-Brabant; zij bevinden zich dus in klimatologisch verschillende delen van Nederland.

De bodemtypen, waarop de complexen voorkomen, werden zeer ruw in 3 typen onderscheiden, nl.:

1. „zandgrond”, waartoe heidegronden gerekend worden,
2. „oude bosgrond”, nl. oude loof- en naalddhoutkaalslagen,
3. „oud bouwland”.

Elk dezer typen is in tabel 1 door een apart teken aangegeven.

De klimatologische en bodemkundige omstandigheden binnen een bepaald complex kan men voor praktische doeleinden als uniform beschouwen; voorzover zij dit niet zouden zijn, zouden de verschillen aan de hand van het beschikbare aantal proefperken niet geanalyseerd kunnen worden.

Afgezien van het verschil in dunningsgraad der proefperken (waarover later); kan men dus een vergelijking maken tussen de binnen een bepaald complex voorkomende herkomsten.

Zo kan men vergelijken in:

Esbeek	4	herkomsten
Garderen	4	„
Gieten	21	„
Mastbos	5	„
Nieuw Soerel	4	„
Sprielderbos	3	„

Een vergelijking van dezelfde herkomst in verschillende complexen wordt echter bemoeilijkt, doordat deze laatste kunnen verschillen in klimaat (bv. Mastbos en Sprielderbos), of bodemtype (b.v. Mastbos en Esbeek, of in klimaat én bodemtype (bv. Gieten en Esbeek).

Verder blijkt uit tabel 1 dat in elk der complexen een zowel naar aantal als naar aard verschillende herkomsten-reeks is aangeplant. In Gieten bv. vindt men 21 herkomsten, in Oranje Nassau's Oord slechts één, terwijl deze laatste bovendien niet in Gieten voorkomt.

Zowel in Garderen als in Esbeek vindt men 4 herkomsten, doch daarbij is er niet één, die in beide complexen voorkomt. Een eventueel gevonden verschil tussen Midden-Washington in Esbeek, en Pacific Coast in Garderen zou dus te wijten kunnen zijn aan de herkomst, het klimaat, de bodem, het toeval, of aan een samenspel dezer factoren.

Het analyseren van de specifieke invloed van elk dezer factoren zou slechts dan met redelijke zekerheid mogelijk geweest zijn, indien in beide complexen dezelfde herkomstenreeks was aangeplant, waarbij tevens in elk complex tenminste één volledige herhaling van de reeks zou hebben moeten voorkomen. Daardoor zou het mogelijk geworden zijn, een inzicht in de toevalsfactor te verkrijgen, zodat de gevonden verschillen daartegen op hun statistische betrouwbaarheid konden worden getoetst.

Van de 16 herkomsten, waarvan slechts één proefperk aanwezig is, liggen er 12 in Gieten, welke laatste dus onderling vergeleken mogen worden. Eveneens door gebrek aan een parallelle serie binnen het complex Gieten gaat echter een conclusie omtrent de betrouwbaarheid der gevonden verschillen mank.

Opgemerkt zij, dat van elk der herkomsten No. 25 (Nw. Soerel), 12, 14, 26 t/m 29 en 31 (Gieten) de oppervlakte van het enige aanwezige proefperk te klein is om voldoende representatief voor een opstand van praktisch gangbare afmetingen te zijn, zodat de meetresultaten daarvan hier slechts met de grootste reserve gegeven worden, en in de hierna volgende beschouwingen vaak niet konden worden opgenomen.

Uit het bovenstaande zal het duidelijk zijn, dat de verdeling der herkomsten over de diverse complexen, zoals deze in het verleden is geschied, in onvoldoende mate aan de eisen van de moderne statistiek tegemoet komt. Uiteraard zullen toen ook wel bepaalde technische restricties een rol gespeeld hebben, waardoor in sommige gevallen nu eenmaal niet anders gehandeld kon worden.

Overigens behoeft de beperkte mate, waarin statistische betrouwbaarheids-toetsing der waargenomen verschillen thans slechts mogelijk is, nog allermindst een reden te zijn om de laatste een betekenis geheel te ontfeggen. Ook objectieve waarneming van beperkt statistisch materiaal kan, mits men aan de voor-

zichtige kant blijft, tot belangrijke conclusies leiden. En zo zal blijken, dat ook uit dit in statistisch opzicht onvolkomen materiaal enige belangrijke trends volgen, zij het dan, (en dit is de voorzichtigheid die men moet betrachten) dat deze trends in vele gevallen een meer specifieke waarde hebben, zodat het aannemen van hun algemene geldigheid een statistisch onverantwoorde speculatie is.

DE MEETMETHODIEK

Moest men zich vóór 1948 vanwege de nog jonge opstandsheeftijd voornamelijk tot hoogtemetingen beperken, gedurende de 12 daarop volgende jaren werden alle herkomstproefperken om de ca. 3 jaar volledig opgemeten, zodat aan elk perk thans 4 à 6 waarnemingen zijn verricht. De metingen vinden zo mogelijk na afloop van het groeiseizoen plaats.

De proefperken beslaan in de regel een oppervlakte van 40×40 m of 0,16 ha, zo mogelijk omgeven door een isolatiestrook van ca. 20 m breedte. Deze isolatiestrook wordt ter voorkoming van randinvloeden houtteeltkundig op dezelfde wijze behandeld als het proefperk en vormt daarvan dus een essentieel bestanddeel. Aan de bomen van de isolatiestrook vinden echter geen metingen plaats.

Het proefperk zelf is verdeeld in 16 blokken van 10×10 m, waarbinnen alle stammen een nummer dragen, zodat de bomen individueel in hun groei gevolgd kunnen worden.

Bij de opmeting worden de volgende kenmerken bepaald:

1. het *stamtal* in elk blok. Dit mag met het oog op de uniformiteit voor de 16 blokken onderling niet te veel uiteenlopen.
2. de *diameters*. Alle bomen worden op borsthoogte (1,30 m) in mm overkruis geklemd. Het gemiddelde van deze beide aflezingen wordt in cm afgerond, waarbij de hele cm het midden van de cm-trap is. Aldus wordt de in cm-trappen afgeronde klemstaat verkregen.
Doordat op elke boom een teken op borsthoogte is aangebracht, wordt er zorg voor gedragen dat de klem bij elke meting op dezelfde wijze wordt aangelegd.
3. de *opperhoogte*. In elk blok wordt met de hoogtemeter van BLUME-LEISZ de hoogte van de hoogste boom in dm nauwkeurig bepaald. Het gemiddelde van deze 16 opperhoogten wordt als een goede representant van het gemiddelde van de 100 hoogste bomen per ha beschouwd.
4. *verspreide hoogten*. Verspreid over de voorkomende diametertrappen en verspreid door het proefperk worden ca. 30 hoogten bepaald, die dienen voor de constructie van de grafisch vereffende diameter-hoogtekromme.

Uit deze basisgegevens worden de andere opstandskennmerken op de volgende wijze bepaald:

Uit de klemstaat en de diameter-hoogtekromme volgen met behulp van de douglas-inhoudstabel de spilinhouden per diametertrap en door sommering daarvan de totale inhouden van de blijvende opstand (BO) en de dunningsopstand (DO). De massa van de gehele opstand (GO) volgt uiteraard door optelling van die van de BO en de DO.

Uit de klemstaat wordt met een cirkelvlaktabel het totale grondvlak op borsthoogte van de GO, BO en DO berekend, en daaruit het gemiddelde grondvlak per boom, zodat de respectievelijke gemiddelde diameters bekend zijn. Op de

diameterhoogtekromme kunnen dan de bij deze gemiddelde diameters behorende gemiddelde hoogten voor GO, BO en DO worden afgelezen.

De gemiddelde spilvormgetallen (f 1.30) voor GO, BO en DO vindt men door deling van de respectievelijke totale inhouden door de respectievelijke producten: totale grondvlak $\times$ gemiddelde hoogte.

De jaarlijkse lopende aanwas in de periode tussen 2 opnamen wordt gevonden, door de bij de vorige opname gevonden inhoud van de BO af te trekken van de inhoud van de GO bij de laatste opname, en het verschil door het aantal jaren van de periode te delen.

De gemiddelde bijgroei of doorsnee-aanwas vindt men, door bij de inhoud van de GO bij de laatste opname de som van alle voorgaande dunningen op te tellen en de aldus verkregen totale produktie door de leeftijd te delen.

Voorzover toepasselijk worden daarna de voor het proefperk gevonden waarden omgerekend in bedragen per ha.

Van de BO, DO en GO zijn dan dus bekend:

1. het stamtal per ha
2. het grondvlak op 1.30 m per ha
3. de spilhoutmassa per ha
4. de gemiddelde diameter op 1.30 m
5. de gemiddelde hoogte
6. het gemiddelde vormgetal f 1.30
7. de lopende aanwas
8. de doorsnee-aanwas
9. de opperhoogte.

DUNNING EN PRODUKTIE

Voor een goede ontwikkeling moeten de proefperken regelmatig worden gedund. De eerste dunning vond in de meeste perken op ruim 20-jarige leeftijd plaats. Het vaststellen van de doelmatigste dunningsgraad is een kwestie van op gezond bosbouwkundig inzicht gebaseerde ervaring.

Daar de herkomstproeven een lange looptijd hebben, gedurende welke verscheidene personen de verantwoordelijkheid voor de uitvoering der dunning zullen dragen, is het voor het handhaven van uniforme proefomstandigheden noodzakelijk, dat een objectieve richtlijn voor de dunning wordt gegeven. Deze vindt men in het stamafstandsprocent of $S\%$ van HART, waarbij de gemiddelde stamafstand in de opstand (waarvan voor dit doel de stammen geacht worden in een regelmatig driehoeksverband te staan) wordt uitgedrukt in procenten van de opperhoogte, welke laatste door de intensiteit der dunning niet wordt beïnvloed.

De boven gedefinieerde gemiddelde stamafstand a bedraagt bij een stamtal van N bomen per ha:

$$a = \sqrt{\frac{11547}{N}} \text{ meter} \quad (1)$$

zodat:

$$S = \frac{100 a}{OH} = \frac{100}{OH} \sqrt{\frac{11547}{N}} \% \quad (2)$$

Daar bij gelijkblijvend stamtal de opperhoogte met de leeftijd toeneemt, zal het

$S\%$ dalen, zodat, wil men de proefomstandigheden uniform, dus het $S\%$ constant houden, het stamtal moet dalen. Met andere woorden: er moet een dunning plaats vinden.

Deze dunning wordt zó uitgevoerd, dat de stamtallen in de 16 blokken van het proefperk zoveel mogelijk onderling gelijk blijven.

De te verwijderen bomen worden uiteraard in de eerste plaats op biologische grondslag geselecteerd.

De dunningsgraad wordt bij het begin der proef zodanig vastgesteld, dat de bomen zich individueel goed kunnen ontwikkelen, m.a.w. dat zij elkaar niet meer dan nodig is hinderen. Het vaststellen van deze dunningsgraad is dus onderhevig aan subjectiviteit en kan slechts door ervaren personen geschieden. Is hij eenmaal vastgesteld, dan kan hij in de toekomst op objectieve wijze gehandhaafd blijven, of systematisch worden veranderd.

Bovenbedoelde dunningsgraad behoeft voorts nog niet op economische principes gebaseerd te zijn. Het gaat hier in de eerste plaats om een vergelijking tussen herkomsten, en daartoe dienen deze onder relatief gelijke omstandigheden geteeld te worden.

Zo zal de „normale” dunningsgraad voor een uitgesproken „grof” groeiende viridis-vorm in het algemeen bij een hoger $S\%$ liggen, dan die voor een caesia-vorm met smalle kronen.

De voorkomende dunningsgraden zijn eveneens in schema 1 opgenomen; zij liggen tussen 19 en 28 %, doch de meeste tussen 19 en 22 %.

Het vaststellen van de *meest economische* dunningsgraad behoort tot het dunningsonderzoek, waarbij binnen een bepaalde herkomst of houtsoort een dunningsreeks van verschillende dunningsgraden wordt aangelegd.

Het herkomstsonderzoek moet dus het meest productieve type opleveren, het dunningsonderzoek de houtteeltkundig meest economische wijze, waarop dit productiefste type geteeld kan worden.

De efficiëntste methode is uiteraard die, waarbij het herkomstsonderzoek met het dunningsonderzoek wordt gecombineerd. Teneinde dan statistisch betrouwbare gegevens te verkrijgen is echter een groot aantal proefperken nodig, daar elke dunningsreeks toch tenminste in duplo moet voorkomen.

Een andere moeilijkheid die zich bij het onderhavige herkomstsonderzoek voordoet, is het ongelijke stamtal per ha, dat bij het begin der proef in de perken aanwezig was. Het kan dus voorkomen, dat in perken van dezelfde herkomst verschillende dunningsgraden zijn aangehouden, niet zozeer met het oog op een dunningsonderzoek, dan wel om tegemoet te komen aan het bestaande verschil in stamtal, met dien verstande, dat de bij de aanvang starmarmste perken thans vaak de hoogste dunningsgraad vertonen.

Merkwaardig is daarbij, dat een bij het begin der proef reeds aanwezig massa-verschil (bv. veroorzaakt door verschil in stamtal) althans gedurende de afgelopen 12 jaar nagenoeg hetzelfde gebleven is.

In fig. 1 is de totale productie voor de herkomsten Louis Creek in Esbeek, Midden-Washington in het Sprielderbos, en Noord-Oost Washington in Gieten tegen de leeftijd uitgezet; in Esbeek voor perken met dunningsgraden van 22 en 25 %, in het Sprielderbos en Gieten voor perken van 19 en 22 %.

Het blijkt, dat het verband tussen totale productie en leeftijd voor deze periode uitstekend door een rechte lijn voorgesteld kan worden, dus dat:

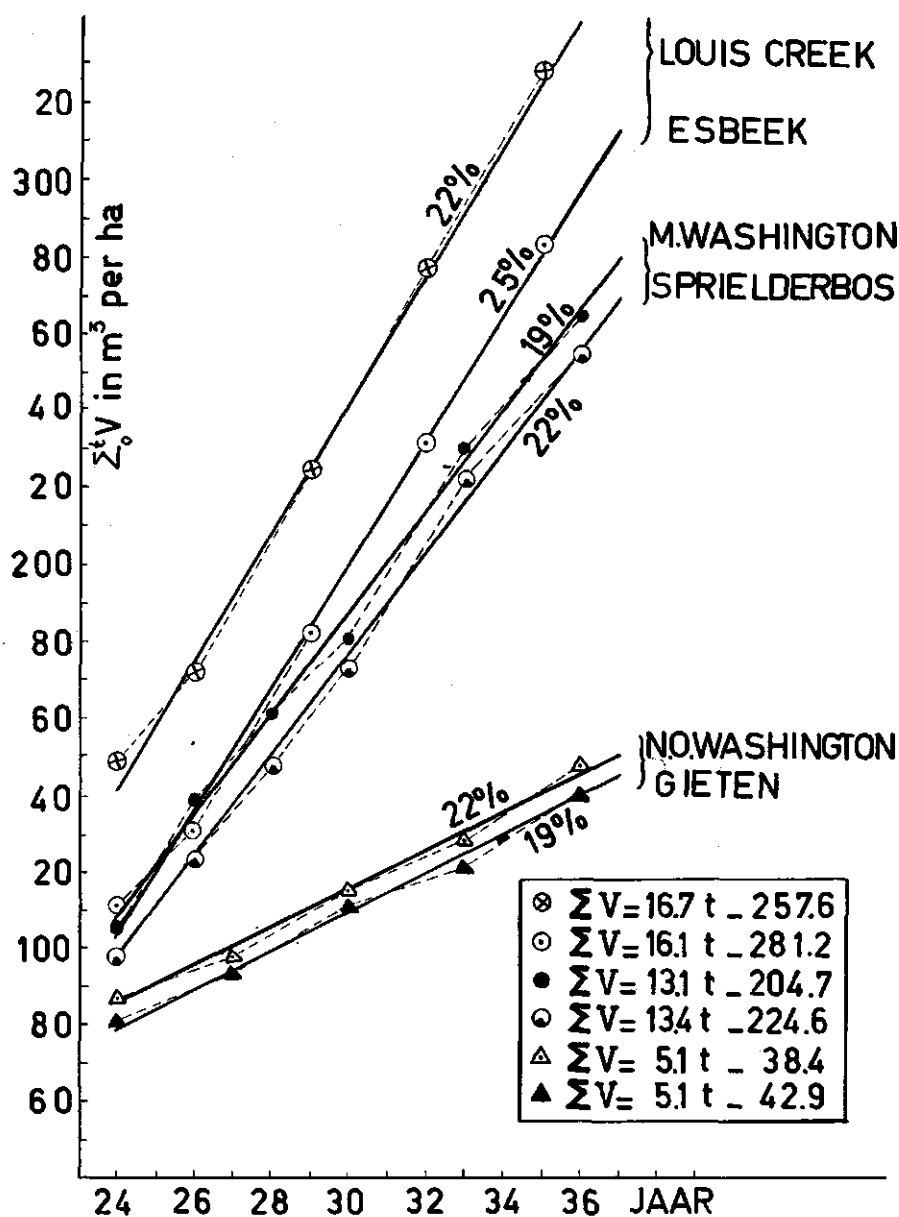


FIG. 1. Totale productie $\Sigma_0^t V$ in verband met $S\%$, herkomst en complex.
Total production $\Sigma_0^t V$ in relation to $S\%$, provenance and complex.

$$\sum_0^t V = m \cdot t + q_x \quad (3)$$

waarin:

$\sum_0^t V$ = de totale productie tot t-jarige leeftijd;

m = de richtingscoëfficiënt;

t = de leeftijd;

q_x = de voor een bepaald proefperk specifieke constante.

Voorts blijkt, dat de factor m voor een bepaalde herkomst binnen een bepaald complex zo goed als constant is, ongeacht de toegepaste dunningsgraad, zodat de totale productie-lijnen daar voor die herkomst evenwijdig lopen. De lijn, behorende bij het hoogste $S\%$ ligt in de meeste gevallen het laagst, daar, zoals boven reeds werd opgemerkt, in de stamarmste opstanden vaak het hoogste $S\%$ werd gelegd.

Hoewel gezien de nog korte waarnemingsperiode voorzichtigheid bij de interpretatie betracht moet worden, heeft dit evenwijdig verlopen der totale productielijnen enige belangrijke consequenties.

Trekt men van de totale productie op $(t + p)$ -jarige leeftijd:

$$\sum_0^{t+p} V = m(t + p) + q_x = m \cdot t + m \cdot p + q_x \quad (4)$$

die op t -jarige leeftijd (3) af, dan volgt daaruit:

$$\sum_0^{t+p} V - \sum_0^t V = m \cdot t + m \cdot p + q_x - m \cdot t - q_x = m \cdot p \quad (5)$$

Het linker lid stelt de totale aanwas in een periode van p jaar voor, zodat de jaarlijks lopende aanwas bedraagt:

$$Z_l = \frac{\sum_0^{t+p} V - \sum_0^t V}{p} = m \quad (6)$$

Deze eigenschap volgt trouwens ook direct uit het rechtlijnig verloop van de totale productie-lijnen, daar:

$$Z_l = \frac{d \sum_0^t V}{dt} = \frac{d(m \cdot t + q_x)}{dt} = m \quad (7)$$

Het blijkt dus dat de lopende aanwas van een proefperk gedurende de 12-jarige periode als constant beschouwd kan worden, en dat deze gelijk is aan de richtings-coëfficiënt (= tangens van de helling) m van de totale productielijn.

Daar nu deze lijnen voor alle proefperken van een bepaalde herkomst binnen een bepaald complex nagenoeg evenwijdig lopen, dus slechts in *niveau* verschillen, en de helling daar bovendien vaak specifiek voor die herkomst blijkt te zijn, heeft men in de op bovenstaande wijze indirect gemiddelde lopende aanwas een karakteristiek voor de verschillende herkomsten.

Uit het bovenstaande moet men dus de conclusie trekken, dat in perken van dezelfde leeftijd en herkomst, een eventueel reeds vóór de eerste dunning bereikt verschil in totale massaproductie zich na de eerste dunning over de beschouwde periode van 12 jaar onveranderd heeft gehandhaafd, doordat de lopende aanwas in die perken gelijk werd, ongeacht het verschil in dunningsgraad.

TABEL 1. Indeling van de Douglas-herkomstproefperken naar herkomst, geogr. ligging, dunningsgraad en „bodemtype”.
TABLE 1. *Distribution of the plots with respect to provenance, plantation, thinning degree and „soiltype”.*

Complex	S %	Herkomst / Provenance																												C = Caesia V = Viridis	Aan- tal Prp.	Aan- tal Herk Totaal 26
		C	V	V	C	C	C	V	C	V	C	C	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	C	V					
		N.O. Washington	M. Washington	Duncan station	Craigellachie	Shuswap lake	Louis Creek	West Oregon	Salmon Arm Canoe	Chilliwack	Crow's Nest Pass	Salmon Arm	National Forest	Columbia Forest	Pacific Coast	Ryderwood	Toutle River	St. Helens	Spirit Lake	Cowlitz I	Everett	Stella	Mc. Cormick	Skamokawa	South Fork	Vernon	Cowlitz III					
Esbeek	19 22 24 25 28	1 ○ ○	2 ○ ○ ○ ○	3 ○	4 ○ ○ ○	5 	6 ○ 	7 	8 	9 	12 	14 	17 	18 	19 	20 	21 	22 	23 	25 	26 	27 	28 	29 	30 	31 	35 	1 4 1 2 2 1	9	4		
Garderen	21 22 23							×	×	×					×													1 2 1	4	4		
Gieten	18 19 20 21 22 24 28	×	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	1 10 3 5 3 1 1	24	21		
Hardenberg	22								×																			1	1			
Mastbos	19 21 23	△	△ △		△	△	△																					2 3 1	6	5		
NW. Soerel	19 21							△		△	△								△									1 3 3	4	4		
Or. Nass. Oord	22																									△	1	1	1			
Sprielderbos	19 20 22		△ △		△					△																		1 1 1 2	4	3		
Aantal Prp.		4	9	2	5	3	4	1	2	4	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	53				

Bodemtypen: × = Zandgrond / *Sand*, ○ = Oudbouwland / *Former Agr. Soil*, △ = Oude bosgrond / *Former Forest Soil*.
Elk teken stelt een proefperk voor - *Each sign represents a plot.*

Wat de invloed van de dunningsgraad alleen betreft: bij niet tot het herkomst-onderzoek behorende dunningsreeksen werd reeds eerder door BECKING geconstateerd, dat de lopende aanwas voor douglasperken met dunningsgraden variërend van 19 tot 25 % nagenoeg gelijk blijft, dus dat bij sterkere dunning de blijvende opstand het gehele verlies aan bijgroei overneemt, dat door verwijdering van de dunningsopstand is ontstaan.

Ook enige herkomstproefperken bieden de mogelijkheid dit te bewijzen door variantie-analyse van de lopende aanwas van de herkomsten Noord-Oost Washington, Shuswap Lake en Duncan Station in Gieten. Van elk dezer 3 herkomsten is namelijk, als enige bruikbare uitzondering, een serie in duplo aanwezig, t.w. een perk met $S = 19\%$ en een perk met $S = 22\%$. De resultaten zijn in tabel 2 opgenomen.

TABEL 2. Variantie-analyse van de lopende aanwas (m) in Gieten ($m^3/ha/jaar$).

TABLE 2. Analysis of variance of current annual increment (m) in relation to thinning degree ($S\%$) in Gieten.

Herkomst \ $S\%$	19%	22%	Gemiddeld		
N.O. Washington	5,1	5,1	5,1		
Shuswap Lake	14,6	14,4	14,5		
Duncan Station	15,7	16,5	16,1		
	g.v.	kwadraatsom	s^2	Var. verh. F	Waarde uit F-tabel
Tussen $S\%$	1	0,06	0,06	0,43	(1/2) F95 = 18,51
Tussen herkomsten	2	141,28	70,64	504,57**	(2/2) F99 = 99,00
Rest	2	0,28	0,14		

Uit deze gegevens blijkt, dat er hier geen verschil in lopende aanwas optreedt tengevolge van een verschillend $S\%$, doch dat de 3 herkomsten statistisch wel wezenlijk verschillende lopende aanwas hebben, zoals men in tabel 3 gespecificeerd ziet.

TABEL 3. Z_I - verschildtabel Gieten

TABLE 3. Significance of differences in Z_I .

Z_I in $m^3/ha/j$	5,1	14,5	16,1	$V^{**} (99\%) = 3,7 m^3/ha/j$ $V^* (95\%) = 1,6 m^3/ha/j$
	N.O.W.	Sh.L.	D.St.	
N.O. Washington	-	+9,4**	+11,0**	
Shuswap Lake		-	+ 1,6*	

Opgemerkt zij nog, dat „pooling” van de varianties van „rest” en „tussen $S\%$ ”, een toevalsvariantie van 0.11 oplevert, waaruit een standaardafwijking $s_{toeval} = 0.33$ volgt, welke waarde zeer goed overeenstemt met het gemiddelde van de standaard-afwijkingen der richtingscoëfficiënten van de totale productielijnen der drie herkomsten; laatstbedoelde waarde bedraagt nl. 0.45 en verschilt niet significant van s_{toeval} .

Gaat men uit van 2 even oude perken met (theoretisch) dezelfde beginmassa,

waarin men 2 verschillende dunningsgraden legt, dan zal dus volgens het bovenstaande de jaarlijks lopende aanwas dezelfde blijven. Daar echter het volume van de blijvende opstand in het sterk gedunde perk geringer is dan dat in het zwak gedunde, zal de rendering in het eerste perk hoger liggen. Daar voorts in het sterk gedunde perk minder bomen voorkomen, welke bomen echter dezelfde aanwas leveren, en daar de hoogtegroei door de dunningsgraad niet in belangrijke mate wordt beïnvloed, moet dit geringere aantal bomen een gemiddeld grotere diametergroei vertonen, hetgeen door waarnemingen werd bevestigd. En wel bleken vooral de dunnere diameters de grootste groeitoename te vertonen. Dit betekent, dat de kwaliteitsaanwas bij sterke dunning groter is dan die bij zwakke, hetgeen de rentabiliteit van de eerste nog verder verhoogt.

De bovengrens van de toe te passen dunningsgraad wordt bepaald door de maximale individuele aanwascapaciteit van de houtsoort (of herkomst), de eisen betreffende de houtkwaliteit (sterker dunning levert langere kronen met dikkere takken), het gevaar voor bodemverwildering, en tenslotte door het regeneratievermogen van de kronen, welk laatste in het algemeen op jongere leeftijd groter is, terwijl het door te langdurige dichte stand verloren kan gaan (bij z.g. niet-tolerante houtsoorten als b.v. de larijs). De douglas blijft echter lang een zeer goed regeneratievermogen behouden, waardoor een dunningsgraad van 22% zeker nog geen gevaar behoeft op te leveren.

DE VERGELIJKINGSMAATSTAVEN VOOR DE HERKOMSTEN

Wanneer men zich afvraagt volgens welke criteria de verschillende herkomsten vergeleken kunnen worden, dan komt daarvoor in de eerste plaats de *totale productie* op een bepaalde leeftijd in aanmerking. Hierboven werden echter reeds de moeilijkheden aangeduid, die men daarbij in het ter beschikking staande proefmateriaal ontmoet. Niet alleen ontbreken in de overgrote meerderheid der gevallen binnen een complex de voor variantie-analyse noodzakelijke duplo's, maar voor zover deze aanwezig zijn vertonen zij ook nog heterogeniteit, voornamelijk in beginstamtal en gemiddelde diameter, waardoor reeds vóór het begin der metingen aanzienlijke verschillen in totale massaproductie aanwezig konden zijn. Deze verschillen hebben zich echter tot nu toe onveranderd gehandhaafd.

Voor een herkomst, waarvan binnen een bepaald complex 2 of meer perken met verschillende totale productie aanwezig zijn, kan men als totale productie het gemiddelde dezer perken aanhouden. De wiskundige vergelijking van dit gemiddelde met de totale productie van een andere herkomst, waarvan slechts één perk aanwezig is, zal dan slechts zeer onvolkomen kunnen zijn, daar gezien de proefstructuur onvoldoende beoordeeld kan worden, in hoeverre bij herhaling van de proef analoge resultaten verkregen zouden worden.

In dit licht moet men dan ook de overgrote meerderheid der resultaten zien: zij hebben slechts een specifiek, individueel karakter.

De regressie van de totale productie op de leeftijd werd binnen elk complex voor de daarin voorkomende herkomsten berekend; voor een herkomst, waarvan meer dan één perk aanwezig is, werd daarbij dus de „gemiddelde” totale productie-lijn voor de gezamenlijke perken berekend. De waarden van de richtings-coëfficiënten (m) en die van de overal negatieve constanten ($-q$) zijn in tabel 4 opgenomen.

De totale productie op 30-jarige leeftijd (d.i. ongeveer de gemiddelde leeftijd van alle proefperken gedurende de 12-jarige waarnemingsperiode) werd daarna uit deze lineaire functie bepaald als:

$$\hat{y}_{30} = 30 m + q = \sum_0^{30} V \quad (8)$$

en in tabel 4 opgenomen.

Een geheel analoog beeld verkrijgt men, wanneer men in plaats van de totale productie op 30-jarige leeftijd, de *gemiddelde bijgroei* (doorsnee-aanwas) op 30-jarige leeftijd beschouwt. Deze is nl.:

$$Z_d(30j) = \frac{\sum_0^{30} V}{30} \quad (9)$$

Ook deze waarden zijn in tabel 4 opgenomen, terwijl de waarden van $Z_d(30j)$ voor alle herkomsten en complexen in fig. 2 grafisch zijn weergegeven, waarbij de Z_d -waarden voor dezelfde herkomst overzichtelijkheidshalve door rechte lijnen zijn verbonden.

Uit (3) volgt voor de gemiddelde bijgroei op t -jarige leeftijd:

$$Z_d(tj) = \frac{\sum_0^t V}{t} = \frac{m \cdot t + qx}{t} = m + \frac{qx}{t} \quad (10)$$

zodat het verband tussen de leeftijd en Z_d gedurende de 12-jarige waarnemingsperiode hyperbolisch is. Voor de herkomsten in Gieten is dit voorgesteld in fig. 3.

Zoals in het voorgaande (7) reeds is opgemerkt, wordt de *lopende bijgroei* voorgesteld door de richtingscoëfficiënt m van de totale productielijn. De variantie van m werd voor elk proefperk in elk complex berekend als:

$$s_m^2 = \frac{s^2}{\sum_1^n (t_k - \bar{t})^2} \quad (11)$$

waarin s^2 de populatie-variantie der regressie is, t_k een waarnemings-leeftijd en $\bar{t}$ de gemiddelde leeftijd tijdens de 12 jarige periode.

De waarden s_m^2 bleken voor de binnen een complex voorkomende proefperken weinig te variëren, zodat per complex het met het aantal vrijheidsgraden gewogen gemiddelde werd berekend, waaruit de in tabel 4 opgenomen standaard-deviatie s_m voor het complex volgt.

Met de richtingscoëfficiënt m en de „gepoolde” standaard-deviatie s_m kunnen nu, rekening houdende met het aantal vrijheidsgraden van de laatste, de grenswaarden berekend worden waartussen m (de lopende aanwas) bij eventuele herhaling van de proef in 95% der gevallen zal komen te liggen. Deze grenzen zijn:

$$\text{Bovengrens: } m_{\max} = m + t_{95} \cdot s_m \quad (12)$$

$$\text{Ondergrens: } m_{\min} = m - t_{95} \cdot s_m \quad (13)$$

Hierin is t_{95} de deviaat van het 95%-kansgebied bij het desbetreffende aantal vrijheidsgraden van s_m .

De waarden $m_{\max}$ en $m_{\min}$ zijn in tabel 4 opgenomen, en in fig. 4 in beeld gebracht.

TABEL 4. Douglas-herkomsten / provenances.

Complex	Herkomst		n	$\Sigma_0^t V = mt + q$					$\hat{y}_{30} = \Sigma_0^{350} V$	OH = at + b		D 350 p. ha op 30 jaar		
	No.	Gebied		m = Z_1			-q							
				m_{min}	m	m_{max}		S_m		a	b		OH ₃₀	
Esbeek	1	N.O. Washington	5	12.11	13.31	14.51		217.97	181.2	6.04	0.48	-1.37	13.0	20.4
	2	M. Washington	20	13.93	15.13	16.33	0.59	205.62	248.3	8.27	0.50	-0.40	14.5	23.6
	4	Craigellachie	10	16.45	17.65	18.85		254.43	275.1	9.17	0.55	-0.96	15.4	20.6
	6	Louis Creek	10	15.20	16.40	17.60		269.40	222.5	7.42	0.49	-0.96	13.8	21.6
Garderen	7	W. Oregon	6	12.84	13.92	15.00		176.56	241.0	8.03	0.49	+0.55	15.3	21.3
	8	Salmon Arm Canoe	6	12.69	13.77	14.85	0.51	217.90	195.2	6.51	0.58	-2.83	14.5	18.6
	9	Chilliwack	6	14.74	15.80	16.88		162.45	311.6	10.39	0.54	+0.42	16.7	20.8
	19	Pacific Coast	6	16.40	17.48	18.56		160.49	364.0	12.13	0.61	+1.14	19.4	24.1
Gieten	1	N.O. Washington	10	3.64	5.11	6.58		40.60	112.7	3.76	0.40	+0.14	12.1	15.7
	2	M. Washington	5	15.56	17.03	18.50		209.60	301.4	10.05	0.54	+1.40	17.6	21.4
	3	Duncan Station	10	14.60	16.07	17.54		242.36	239.7	7.99	0.55	-0.19	16.3	21.0
	4	Craigellachie	5	11.24	12.71	14.18		175.96	205.3	6.85	0.56	-1.06	15.8	18.5
	5	Shuswap Lake	10	13.03	14.50	15.97		196.98	238.1	7.94	0.54	-0.13	16.1	18.7
	6	Louis Creek	5	7.60	9.07	10.54		102.60	169.4	5.65	0.42	+0.70	13.3	17.0
	9	Chilliwack	4	17.66	19.13	20.60		297.28	276.6	9.22	0.59	-2.34	15.4	20.9
	14	Salmon Arm	4	9.70	11.17	12.64		187.22	147.9	4.93	0.55	-2.93	13.5	17.0
	17	National Forest	5	14.04	15.51	16.98	0.75	197.03	268.4	8.95	0.64	-2.49	16.6	21.1
	18	Columbia Forest	4	12.79	14.26	15.73		202.08	225.6	7.52	0.51	-0.48	14.7	21.5
	19	Pacific Coast	5	16.04	17.51	18.98		159.65	365.7	12.19	0.56	+1.28	18.1	22.1
														20.4

22	St. Helens	4	11.60	13.07	14.54	186.78	205.3	6.84	0.55	-0.80	15.7	19.8
23	Spirit Lake	4	11.45	12.92	14.39	167.74	220.0	7.33	0.56	-0.80	16.1	19.8
26	Everett	4	12.97	14.44	15.91	191.32	241.8	8.06	0.62	-1.33	17.2	-
27	Stella	4	15.35	16.82	18.29	213.44	291.2	9.71	0.65	-1.54	17.9	-
28	McCormick	4	10.38	11.85	13.32	127.09	228.3	7.61	0.51	+1.53	16.8	-
29	Skamokawa	4	4.42	5.89	7.36	72.39	104.4	3.48	0.57	-0.85	16.4	-
30	South Fork	4	6.65	8.12	9.59	103.33	140.2	4.67	0.53	+0.53	16.5	-
31	Vernon	4	15.26	16.73	18.20	216.80	285.0	9.50	0.64	-0.84	18.5	-
9	Chilliwick	5	16.14	18.11	20.08	0.62	343.0	11.43	0.52	+2.30	17.8	23.6
1	N.O. Washington	4	6.63	7.55	8.47	120.30	106.2	3.54	0.44	-0.93	12.4	15.4
2	M. Washington	12	10.43	11.35	12.27	145.51	194.9	6.49	0.42	+2.83	15.5	19.5
4	Craigellachie	4	11.53	12.45	13.37	0.44	158.9	5.29	0.53	-1.87	14.2	15.7
5	Shuswap Lake	6	11.97	12.89	13.81	177.32	209.4	6.98	0.45	+1.15	14.8	17.1
6	Louis Creek	4	11.64	12.56	13.48	234.05	142.7	4.76	0.49	-1.50	13.2	17.5
8	Salmon Arm Canoe	5	12.77	13.89	15.01	201.48	215.4	7.18	0.50	+0.03	15.0	18.3
12	Crow's Nest Pass	5	11.51	12.63	13.75	0.50	188.27	6.35	0.61	-2.86	15.3	18.2
14	Salmon Arm	5	10.28	11.40	12.52	165.43	176.5	5.88	0.54	-1.22	14.9	17.5
25	Cowlitz I	3	13.76	14.88	16.00	225.82	220.7	7.36	0.58	-1.18	16.3	-
35	Cowlitz III	4	9.75	11.21	12.67	0.34	884.75	8.26	0.52	+0.38	16.0	-
2	M. Washington	12	12.39	13.25	14.11	215.25	182.2	6.07	0.48	+0.12	14.5	19.0
4	Craigellachie	6	10.98	11.84	12.70	0.41	190.00	5.50	0.45	+0.20	13.6	16.1
9	Chilliwick	6	18.80	19.66	20.52	267.14	322.8	10.76	0.65	+1.28	20.8	25.9

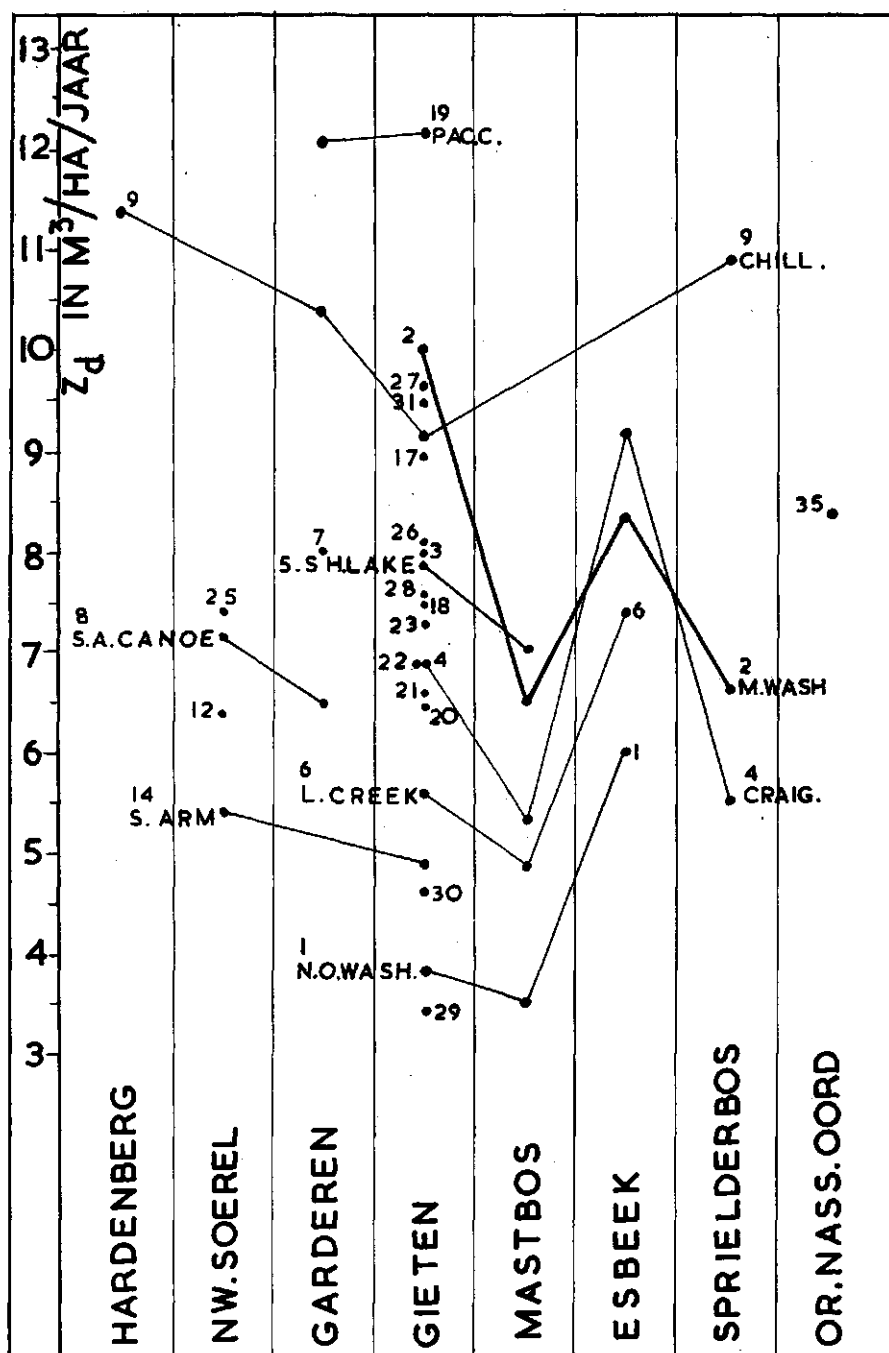


FIG. 2. Gemiddelde jaarlijkse bijgroei op 30-jarige leeftijd.
Mean annual volume increment at the age of 30 years: $Z_d(30 j)$.

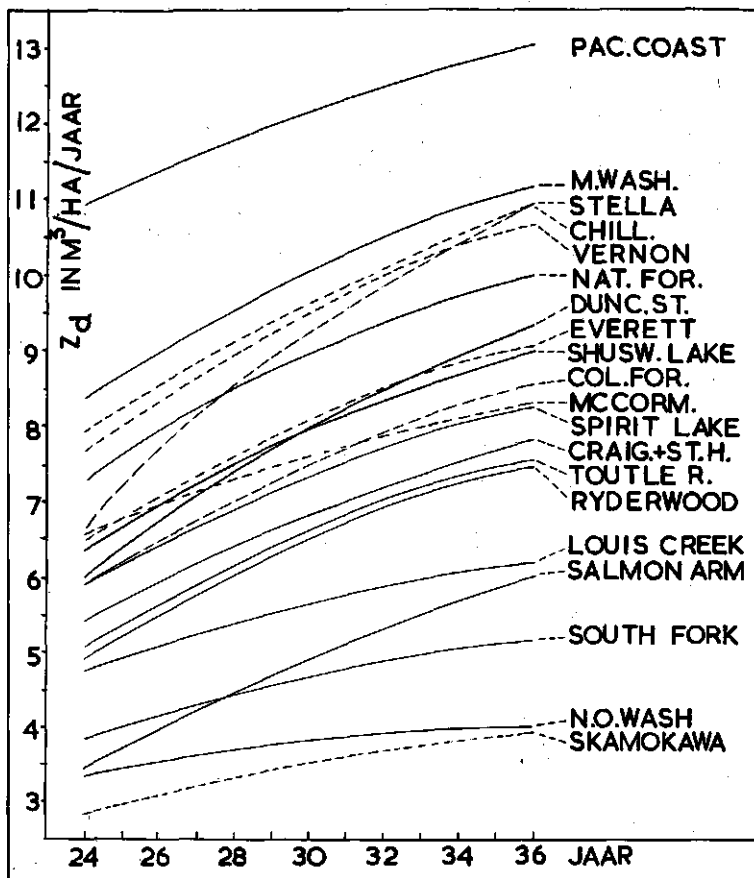


FIG. 3. Verband tussen gemiddelde jaarlijkse bijgroei (Z_d) en leeftijd in Gieten.
Mean annual volume increment (Z_d) and age (from relation 10) in Gieten.

In fig. 5 zijn de totale productielijnen voor de herkomsten in Gieten van uit één punt uitgezet, waardoor een indruk van het verschil in lopende bijgroei aan de hand van deze relatieve hellingen verkregen kan worden. De absolute waarde van Z_l kan men op de linker as aflezen, ter hoogte van het punt, waar de totale productielijn de rechter as snijdt.

In fig. 6 vindt men tenslotte per complex de lopende bijgroei van alle daarin voorkomende herkomsten; de Z_l -waarden van dezelfde herkomst zijn hier eveneens door rechte lijnen verbonden.

De *opperhoogte* kan binnen een complex per herkomst eveneens rechtlijnig vereffend worden, dus volgens een functie van het type:

$$OH = a \cdot t + b \quad (14)$$

Een voorbeeld van deze lijnen voor de herkomsten in Gieten wordt in fig. 7 gegeven.

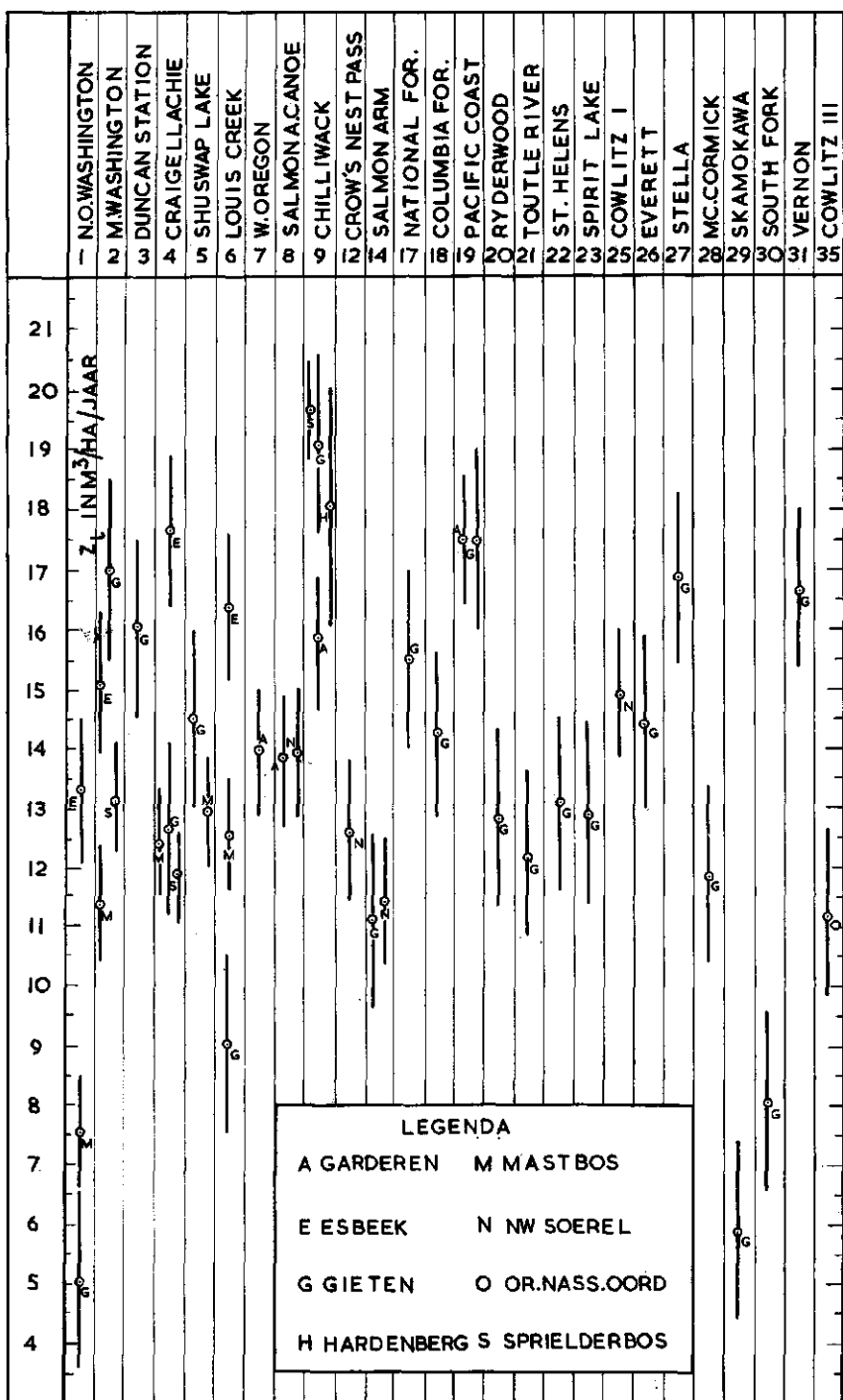


FIG. 4. Regressiewaarde (○) en uiterste waarden op het 95%-kansniveau van de lopende jaarlijkse bijgroei tussen 1948 en 1960 voor alle herkomsten en complexen.
Regressionvalue (○) and extreme values of $m = Z_1$ on the 95% fiducial niveau for all provenances and complexes.

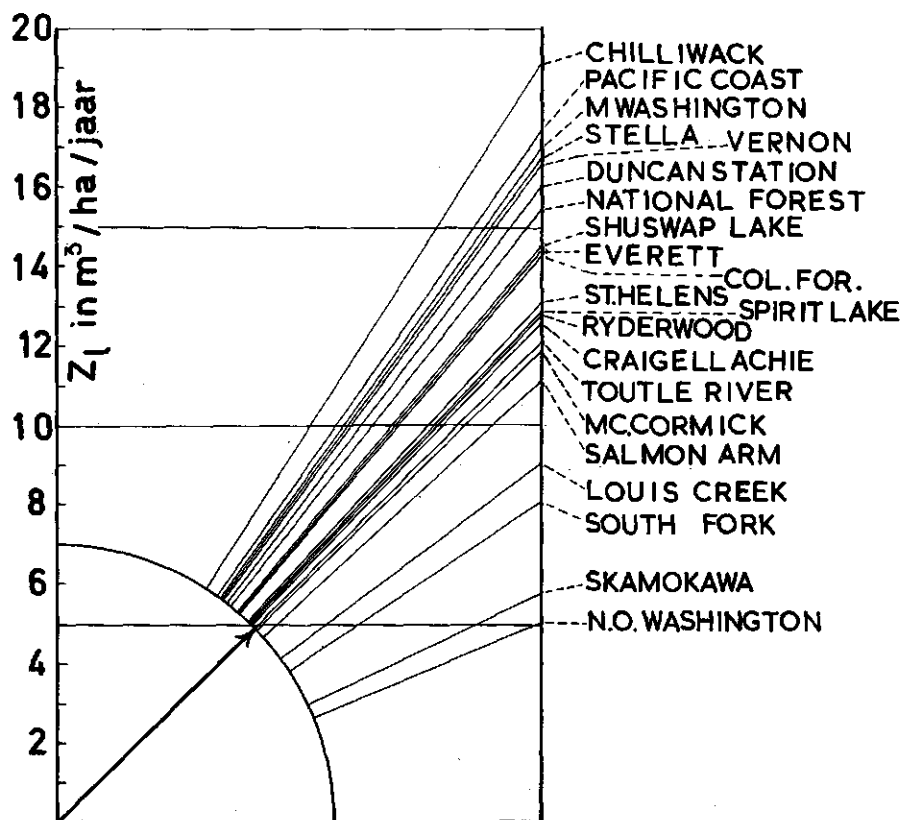


FIG. 5. Hellingen der totale productielijnen in Gieten.
Slopes ($m = Z_1$) of the total production regression lines in Gieten.

De uit (14) bepaalde vereffende opperhoogte op 30-jarige leeftijd vindt men in tabel 4 en fig. 8.

Tenslotte werd de gemiddelde *diameter* op borsthoogte van de ca. 350 dikste bomen per ha op 30-jarige leeftijd bepaald. De dikste bomen behoren in het algemeen tot de heersende klasse; hun diametergroei wordt door de dunningsgraad nagenoeg niet beïnvloed. De gemiddelde diameter van de heersende klasse (dikste bomen) zou dus een specifiek kenmerk voor een herkomst kunnen zijn.

Het van de heersende klasse in beschouwing genomen aantal van 350 bomen per ha (waarin ook nagenoeg alle opperhoogtebomen vallen) zal naar alle waarschijnlijkheid bij het eind van de omloop de kaprijpe opstand vormen.

Van de 350 dikste bomen van de BO bij de laatste opname werd de gemiddelde diameter bepaald, alsmede de diameter van deze *zelfde* bomen bij de eerste opname; in het algemeen waren dit toen ook reeds de dikste bomen. De gemiddelde diameter op 30-jarige leeftijd werd daarna rechtlijnig tussen deze beide waarden geïnterpoleerd.

De herkomsten 25 t/m 29 en 31 blijven hier wegens onvoldoende gegevens buiten beschouwing.

De resultaten zijn weergegeven in tabel 4 en in fig. 9.

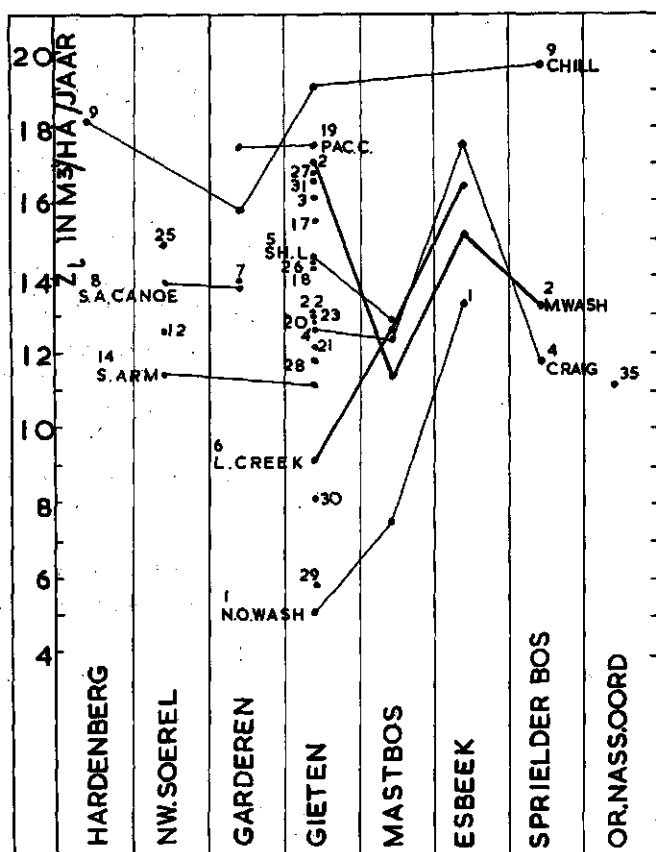


FIG. 6. Lopende jaarlijkse bijgroei tussen 1948 en 1960.
Current annual increment (Z_1) between 1948 and 1960.

BEOORDELING DER PROEFRESULTATEN

Een volledige herkomstproef zou een volledige vergelijking aan de hand van bovengenoemde criteria mogelijk gemaakt hebben van de volgende variabelen:

- de verschillende herkomsten in elk complex,
- dezelfde herkomst in verschillende complexen.

Uit a) zou dan voor elk specifiek complex de meest productieve herkomst volgen, terwijl b) het voor elke herkomst meest geschikte teeltmilieu zou opleveren.

Dit onderzoek is echter in het beschikbare onvolledige materiaal slechts beperkt uitvoerbaar.

De beoordeling van de verschillen volgt hieronder, waarbij achtereenvolgens beschouwd zullen worden:

I. De totale productie per ha en de gemiddelde jaarlijkse bijgroei per ha op 30-jarige leeftijd, verdeeld in:

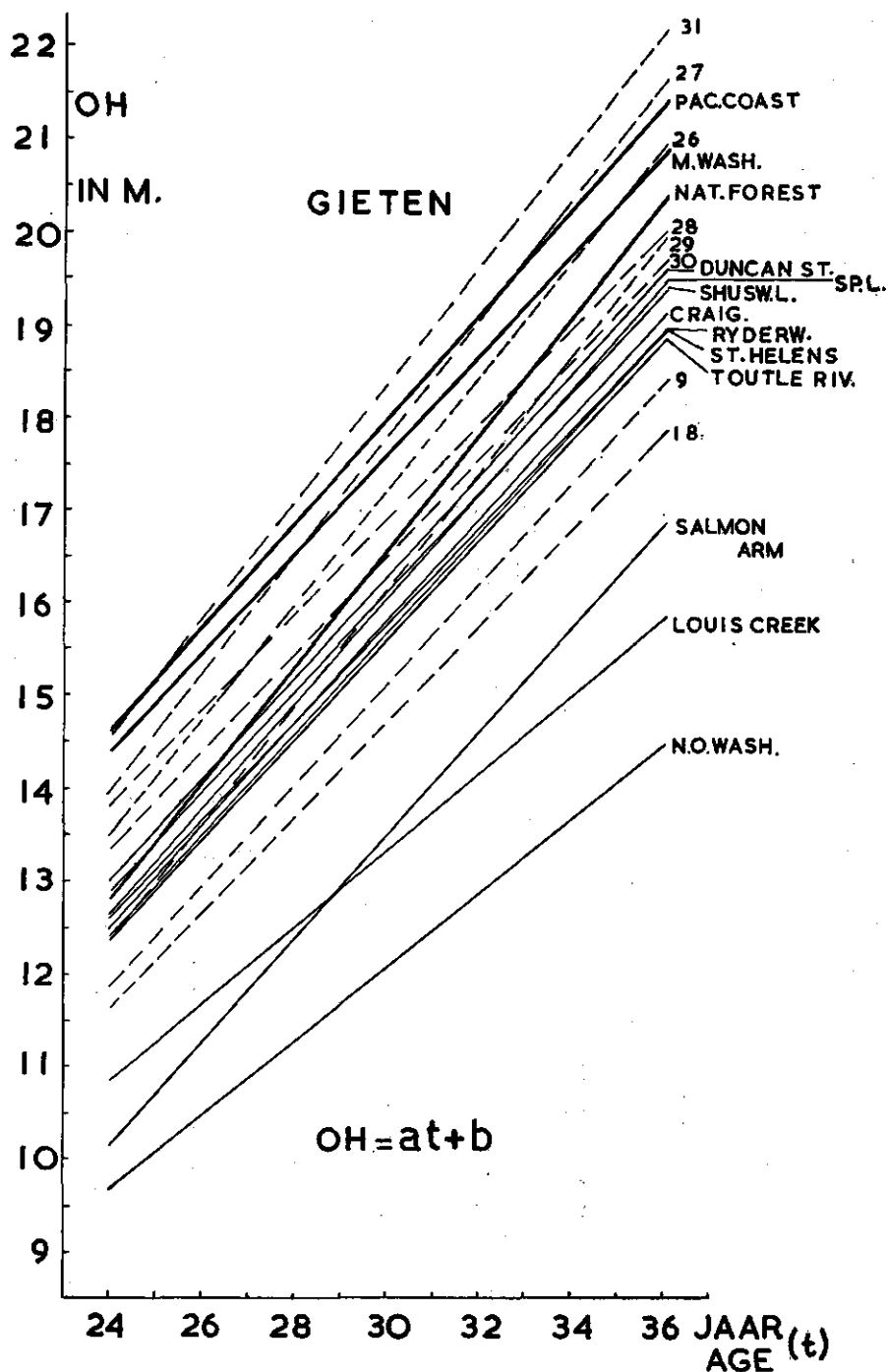


FIG. 7. Verband tussen opperhoogte en leeftijd voor de herkomsten in Gieten.
Top height/age regressions for the provenances in Gieten.

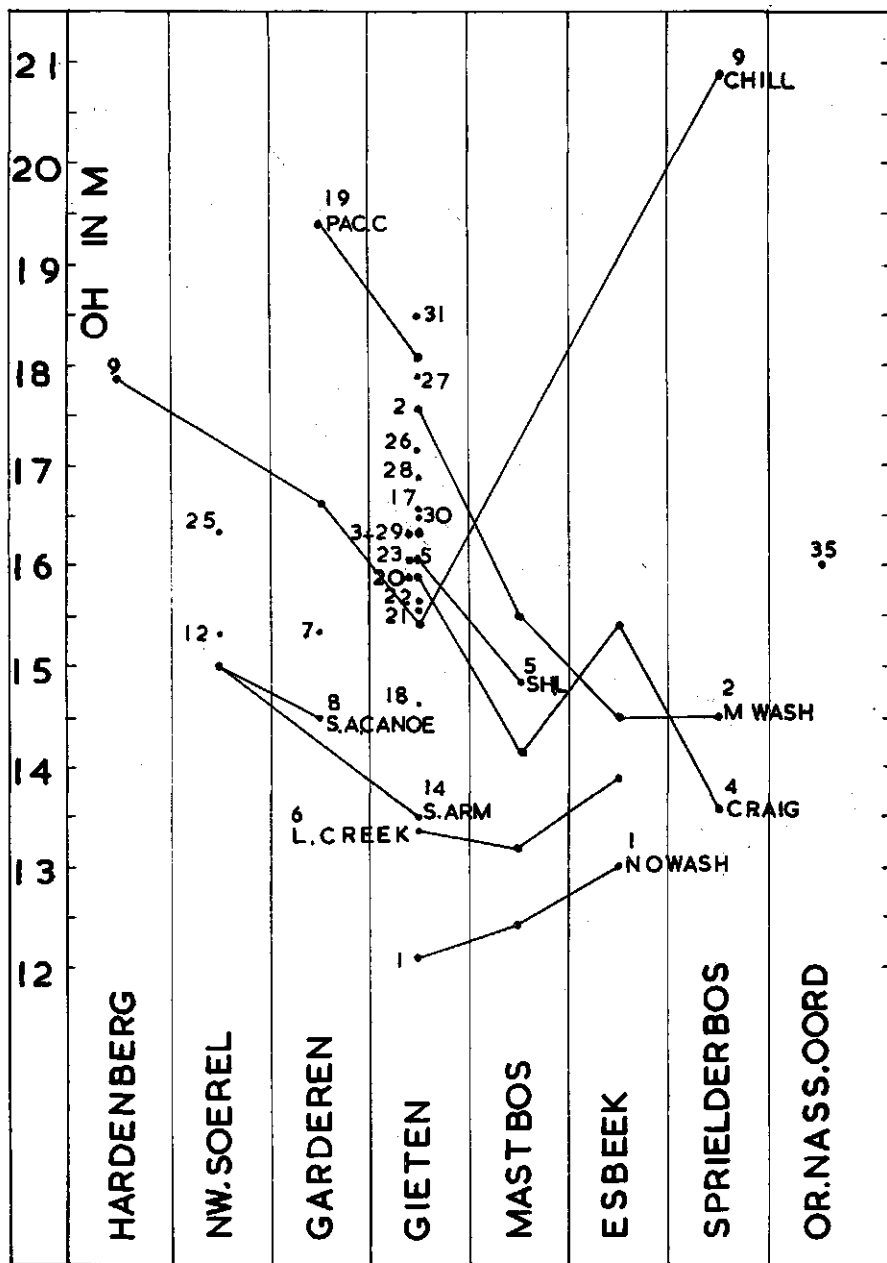


FIG. 8. Regressie-opperhoogten op 30-jarige leeftijd.
Regression-top heights at the age of 30 years.

- IA. de verschillen tussen de herkomsten in eenzelfde complex,
- IB. de verschillen tussen complexen t.a.v. dezelfde herkomsten,
- IC. het verband tussen totale productie en opperhoogte.

II. De lopende bijgroei.

I. De totale productie per ha en de gemiddelde jaarlijkse bijgroei per ha op 30-jarige leeftijd.

Daar de gemiddelde jaarlijkse bijgroei (Z_d) op 30-jarige leeftijd verkregen wordt door deling van de totale productie op die leeftijd door 30, is de eerste slechts een andere uitdrukking voor de totale productie, zodat beide kenmerken tegelijkertijd behandeld kunnen worden.

IA. De verschillen tussen de herkomsten in eenzelfde complex.

Voor elk complex is de totale productie op 30-jarige leeftijd der daarin voorkomende herkomsten in beeld gebracht in fig. 10, waarbij de herkomsten per complex volgens afnemende totale productie zijn gerangschikt. De getallen bij elke stip geven ongeveer de hoogte boven zeeniveau van het herkomstgebied aan, waarbij blijkt, dat de beste herkomsten uit de laagste delen afkomstig zijn, doch het verband in het algemeen is niet bijzonder fraai. Dit laatste wordt natuurlijk veroorzaakt, doordat ook andere invloeden (zoals regenval) een rol bij de productiviteit spelen.

Verdeelt men het traject tussen de hoogste en de laagste totale productie in klassen van $60 \text{ m}^3/\text{ha}$, hetgeen overeenkomt met een verschil in Z_d van $2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{jaar}$ voor de klasse-middelpunten, dan ontstaat de volgende rangschikking (tabel 5).

IAa Gieten

De herkomst Pacific Coast heeft hier de hoogste door ons bij de Douglas-herkomsten in Nederland waargenomen totale productie, nl. $366 \text{ m}^3/\text{ha}$ op 30-jarige leeftijd.

In klasse II ($10 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{j}$) vallen M. Washington en Chilliwack. De volledigheidshalve weergegeven producties van de eveneens in deze klasse vallende herkomsten Stella en Vernon dienen met de grootste reserve beschouwd te worden, daar van elk slechts één (te) klein proefperk aanwezig is.

De herkomsten 19, 2 en 9 zijn typische viridis-vormen uit de topografisch lagere delen (tot 250 m.b.z.) van het herkomstgebied.

De middenklasse (III) omvat voornamelijk herkomsten uit hoger ($350\text{-}1000 \text{ m.b.z.}$) en vaak ook meer continentaal gelegen gebieden, waarop ook reeds het voorkomen van een caesia-vorm (Shuswap Lake) wijst.

De gegevens betreffende Everett en Mc. Cormick zijn weer twijfelachtig wegens te kleine enkelvoudige proefperken.

De herkomst Duncan Station, afkomstig van een geringe hoogte boven zee, valt hier op door zijn relatief geringe productie (vgl. bv. Chilliwack, eveneens een kustvorm). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt, doordat het herkomstgebied Duncan Station in de regenschaduw van Vancouver Island ligt (VEEN) en de klimatologische omstandigheden dus nogal sterk verschillend van de Nederlandse zijn.

Klasse IV bevat twee caesia-vormen (Craigellachie en Louis Creek); de viridis-vorm Ryderwood stamt uit een gebied op 100 m.b.z. met een langere

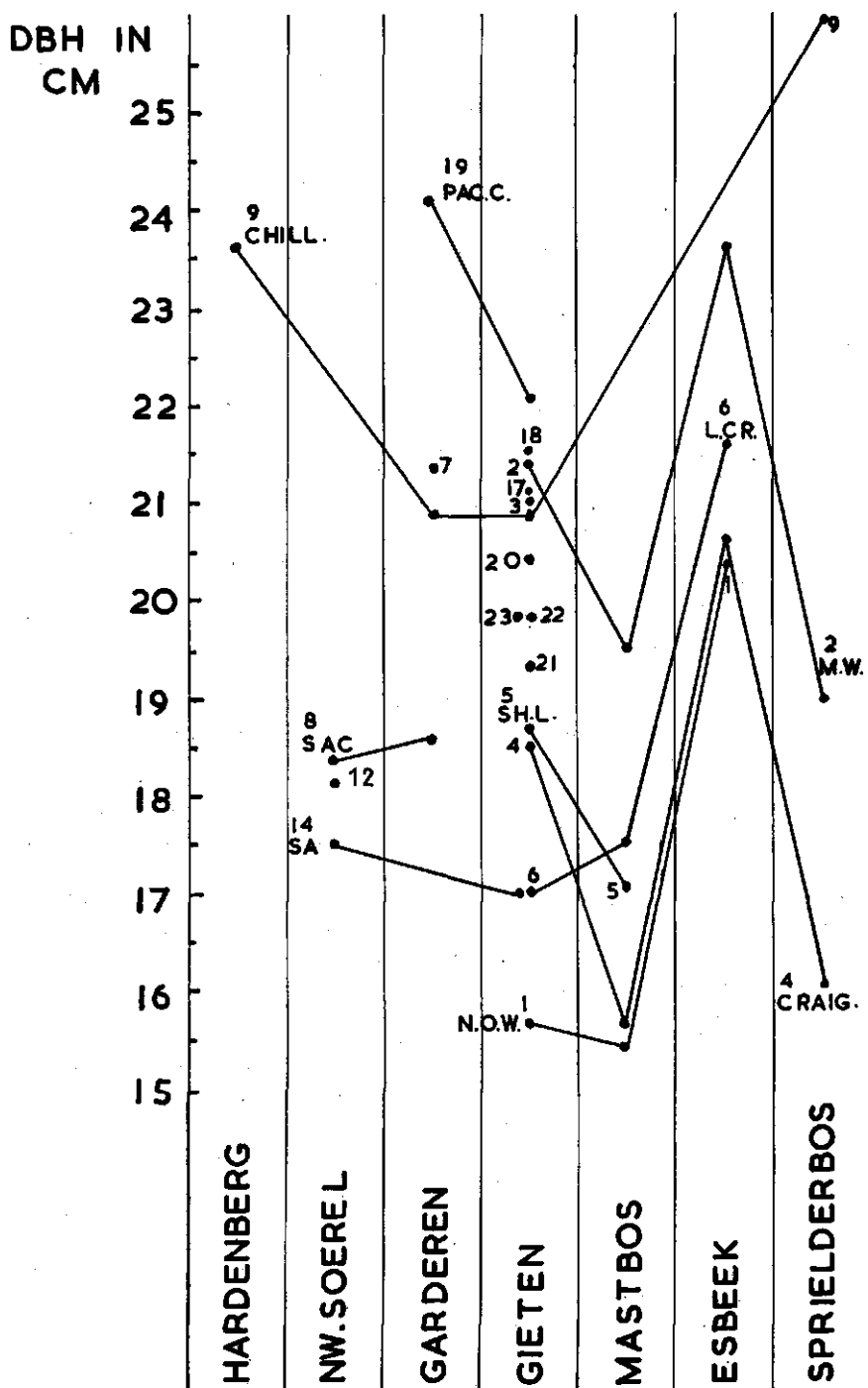


FIG. 9. DBH van de 350 dikste bomen per ha op 30-jarige leeftijd.
Mean breast height diameter at 30 years of the 350 thickest trees per ha.

TABEL 5. Indeling der herkomsten in 5 klassen naar hun totale productie op 30-jarige leeftijd.
TABLE 5. Arrangement of provenances in 5 classes according to their total production at the age of 30 years.

Klasse	I	II	III	IV	V
Tot. prod. m ³ /ha	390-330	330-270	270-210	210-150	150-90
Gemidd. m ³ /ha	360	300	240	180	120
Z _a m ³ /ha/j	13-11	11-9	9-7	7-5	5-3
Gemidd. m ³ /ha/j	12	10	8	6	4
Complex:	Gieten	19 Pac.C. 2 M.Wash. (27 Stella) (31 Vernon) (9 Chill.)	17 Nat.F. (26 Everett) 3 D.St. 5 Sh.L. (28 Mc.C.) (18 Col.F.) 23 Sp.L.	4 Craig. 22 St.Hel. 21 Tout.R. 20 Ryd. 6 L.Cr.	14 S.Arm 30 S.Fork 1 NO. Wash. (29 Skam.)
	Nieuw Soerel		(25 Cow.I) 8 S.A.C.	12 C.N.P. 14 S.Arm	
	Esbeek	4 Craig.	2 M.Wash. 6 L.Cr.	1 NO.Wash.	
	Sprielderbos	9 Chill.		2 M.Wash. 4 Craig.	
	Mastbos			5 Sh.L. 2 M.Wash. 4 Craig.	6 L.Cr. 1 NO.Wash.
	Garderen	19 Pac.C.	9 Chill.	7 W.Or.	8 S.A.C.
	Hardenberg	9 Chill.			
	O.N.O.		35 Cow.III		

vegetatieperiode dan in Nederland (VEEN), zodat de relatief geringe productie alhier zijn oorzaak zou kunnen vinden in nachtvorstschade.

De laagste klasse (V) betreft de caesia-vormen Salmon Arm en N. O. Washington, alsmede de van grote hoogte boven zee afkomstige viridis-vorm South Fork. De gegevens voor Skamokawa zijn ook hier weer problematisch.

In grote lijn blijkt uit het herkomstengamma in Gieten, dat de totale productie afneemt met toenemende hoogte boven zee van het herkomstgebied. De productiefste herkomsten zijn Pacific Coast, Midden Washington, Chilliwack en National Forest, de slechtste Salmon Arm, South Fork en N. O. Washington. De andere herkomsten liggen hier als matige of zeer matige producenten tussen in.

Iab. Nieuw Soerel

Het totale traject waarbinnen de variatie in totale productie optreedt, bedraagt hier slechts ca. 45 m³/ha, zodat er weinig verschil tussen de 4 in dit complex aanwezige herkomsten bestaat. Het zijn dan ook alle caesia-vormen, behalve Cowlitz I (viridis) die hier de hoogste productie heeft. Deze is echter

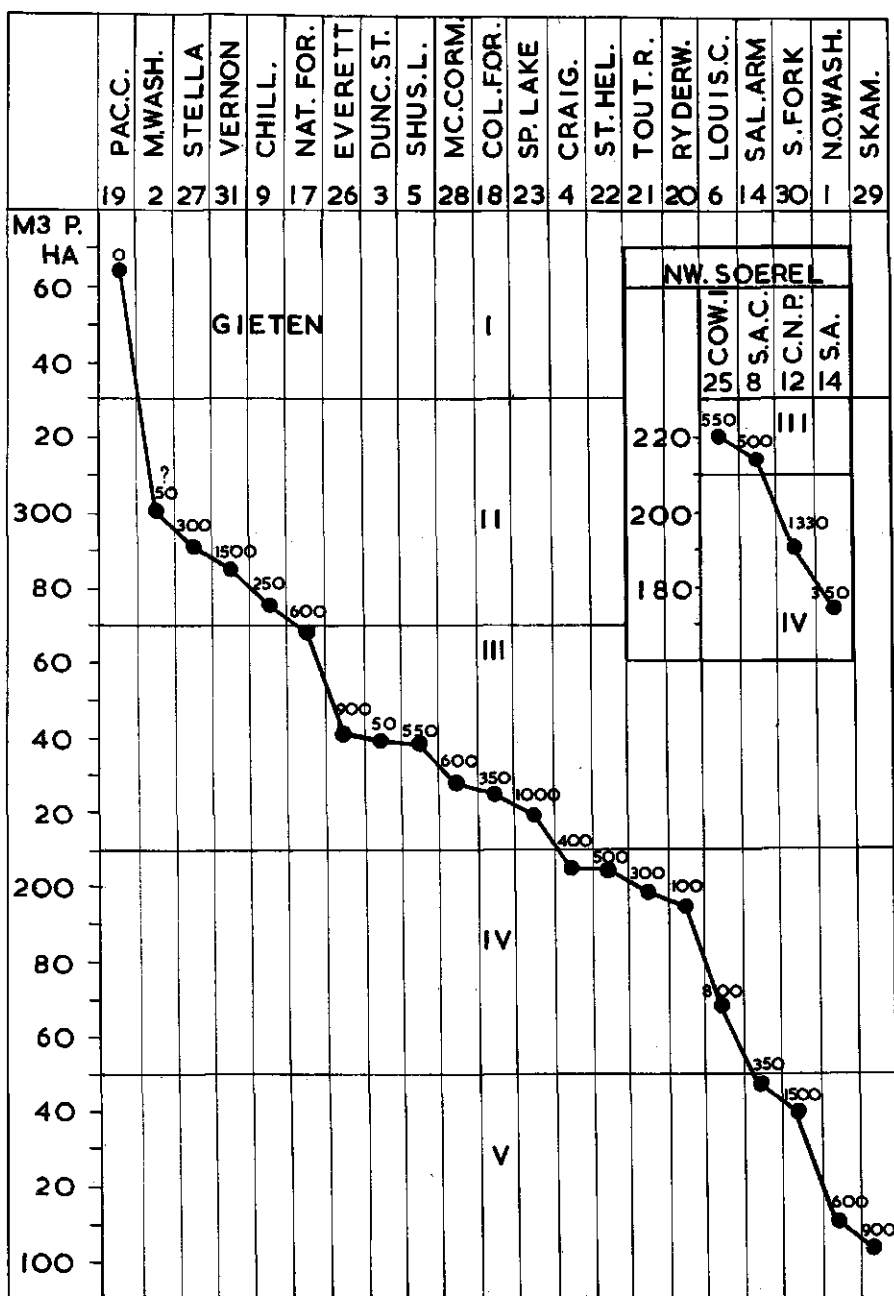


FIG. 10.

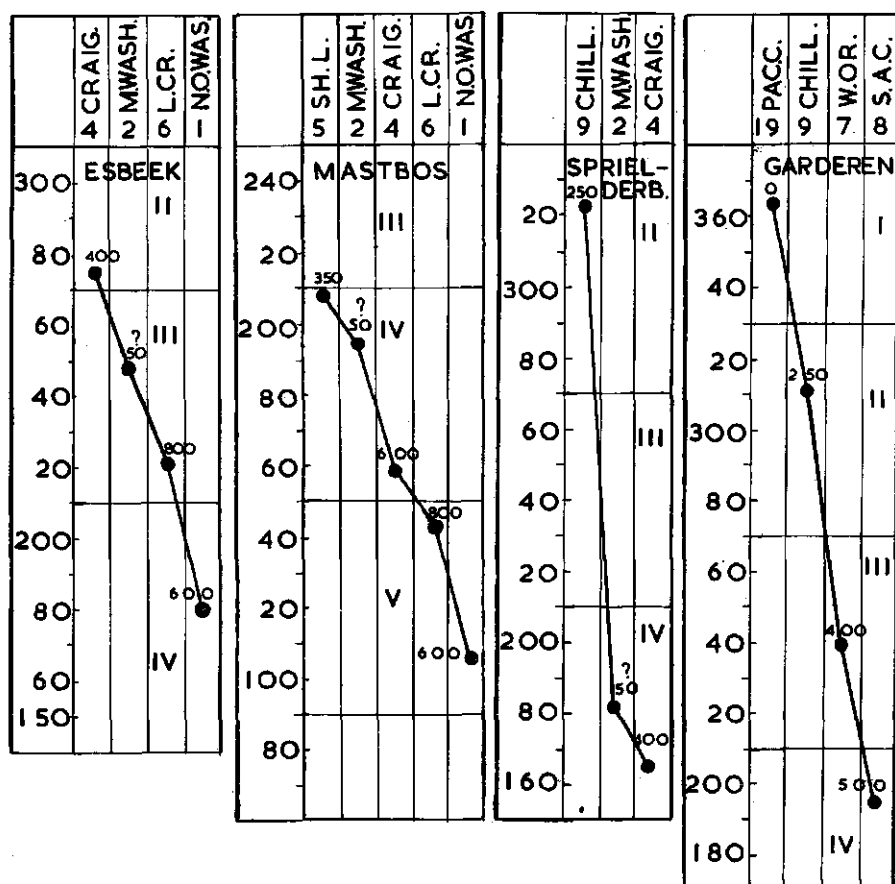


FIG. 10. Totale productie op 30-jarige leeftijd ($\Sigma_0^{30}V$) per complex.

Total production at 30 years ($\Sigma_0^{30}V$) in each complex.

Figures above dots denote height in meters over sea level of seed collection site.

nagenoeg gelijk aan die van Salmon Arm Canoe, en bovendien problematisch wegens te klein proefperk.

In Nieuw Soerel blijken de herkomsten dus een lage productie te hebben. Of dit veroorzaakt wordt door klimaat en/of bodem, of door het feit, dat hier uitsluitend minder geschikte herkomsten zijn aangeplant, valt niet met wiskundige zekerheid uit te maken. Het overwegen van de laatste oorzaak ligt echter voor de hand, daar de herkomsten Salmon Arm in Gieten en Salmon Arm Canoe in Garderen ook reeds tot de relatief slechtste producenten behoren. Met het oog daarop zou men kunnen concluderen, dat de caesia-vormen wel altijd een lage productie zullen hebben.

Iac. Esbeek

Het gehele productieniveau ligt hoog, daar de herkomsten op oud bouwland zijn aangeplant. De producties liggen ook redelijk goed vast, daar er, afgezien van verschillen in dunningsgraad, nogal wat herhalingen aanwezig zijn.

Craigellachie (caesia) heeft hier merkwaardigerwijs de hoogste productie (klasse II). In Gieten valt hij nl. in klasse IV. Volgens VEEN behoort Craigellachie echter tot de vroegste uitlopers, zodat de geringe productie in Gieten wellicht veroorzaakt is door schade ten gevolge van meer frequente late vorstperiodes aldaar.

De caesia's Louis Creek en N. O. Washington hebben weer de relatief laagste producties.

Ook in Esbeek vindt men, dat de caesia's in het algemeen een lagere productie hebben dan de viridis-vormen, doch tevens, dat andere oorzaken (bv. wellicht de relatie: tijdstip van uitlopen/vorstperiodes) een zodanige invloed kunnen uitoefenen, dat ook een caesia als Craigellachie een zeer behoorlijke productie levert, zeker, indien dit gepaard gaat met een relatief vruchtbare bodem.

Iad. Sprielderbos

Van de 2 hier slechts aanwezige klassen bevat klasse I Chilliwack en klasse IV Midden Washington en Craigellachie.

Chilliwack doet zich hier als verreweg de beste herkomst voor. In tegenstelling tot Gieten, waar Chiliwack en M. Washington beide in klasse II vallen, liggen de producties dezer herkomsten hier ver uiteen. Evenals in Esbeek echter liggen M. Washington en Craigellachie weer dicht bij elkaar, zulks in tegenstelling tot Gieten; deze herkomsten blijken dus minder standvastig in hun relatieve productieniveau te zijn dan Chilliwack. VEEN viel dit gebrek aan uniformiteit bij M. Washington reeds op bij onderzoek van de hoogtegroeï; hij wijt dit aan het grote areaal, waarover het zaad verzameld werd. De productie van Craigellachie-proefperken kan ook individueel door vorst worden beïnvloed, doch hieromtrent zijn mij geen nadere gegevens uit het Sprielderbos bekend.

Iae. Mastbos

Evenals in Nieuw Soerel ligt ook hier het productieniveau laag: behalve M. Washington zijn alle herkomsten caesia's. Doch t.o.v. Gieten heeft M. Washington (viridis) hier óók een lage productie, welke echter boven die van Craigellachie ligt, evenals in het Sprielderbos.

N. O. Washington en Louis Creek zijn relatief de slechtste producenten. Opvallend is, dat hier de caesia Shuswap Lake de beste herkomst is; ook in Gieten bereikt deze echter de middenklasse, doch is daar zeer aanzienlijk minder dan M. Washington, terwijl beide herkomsten hier niet veel verschillen. Shuswap Lake is, evenals Craigellachie, een vroege uitloper.

Iaf. Garderen

De 4 herkomsten in Garderen vallen in 4 verschillende klassen; in de laagste valt de caesia-vorm Salmon Arm Canoe.

Pacific Coast en Chilliwack zijn verreweg de beste producenten; de eerste bereikt zelfs een productie, die slechts even onder het door ons waargenomen absolute maximum valt. West Oregon bereikt de middenklasse. Overigens geeft het herkomstengamma hier een mooi voorbeeld van afnemende productie bij toenemende hoogte boven zee van het herkomstgebied.

Iag. Hardenberg

Het enige hier aanwezige perk van Chilliwack behoort tot de hoogstproducerende klasse (zie tabel 4).

IAh. Oranje Nassau's Oord

Cowlitz III, de enige hier aangeplante herkomst, valt in de middenklasse (tabel 4).

Conclusies betreffende de totale productie der verschillende herkomsten. (Zie fig. 2)

Pacific Coast komt uit de beschikbare gegevens als de meest productieve herkomst naar voren, daarna volgt *Chilliwack*. Lettende op de complexen Gieten, Mastbos, Esbeek en Sprielderbos zou men, afgezien van de significantie der verschillen, uit de in fig. 2 blijkende tendenz daarna *Midden Washington* kunnen noemen.

Fig. 2 wijst *NO. Washington* en *Louis Creek* en vermoedelijk ook *Salmon Arm* als de slechtste herkomsten aan. Vermoedelijk behoort *Salmon Arm Canoe* tot de matige groeiers. *Craigellachie* kan slechte (Mastbos) maar ook goede (Esbeek) resultaten leveren, en zal dus het bedrijfsrisico vergroten, tenzij men bij het aanplanten van deze herkomst met veel overleg tewerk gaat. Daar *Chilliwack* en *Pacific Coast*, en in iets mindere mate *Midden Washington* bedrijfszekere herkomsten lijken, zal men de teelt van *Craigellachie* echter liefst moeten vermijden.

In Gieten behaalt herkomst 17 (*National Forest*) ook een goed resultaat, doch wij hebben hiervan in totaal slechts één perk. Met nadruk raden wij af, aan de hoge producties van *Stella* (27) en *Vernon* (31) voorshands enige praktische waarde te hechten. Wel ligt het voor de hand deze herkomsten door aanleg van betere proefperken aan een nader onderzoek te onderwerpen.

Iets meer zekerheid geeft tenslotte *Shuswap Lake* (5), die een middelmatige producent blijkt.

Van alle andere herkomsten zijn één of meer waarnemingen in slechts één complex voorhanden, zodat er onvoldoende zekerheid bestaat voor het trekken van conclusies van algemeen praktische aard. Natuurlijk zal men de door deze merendeels enkelvoudige waarnemingen gegeven tendenzen toch bij eventuele volgende proeven in het oog moeten houden.

IB. De verschillen tussen de complexen

Twee of meer complexen kan men slechts met elkaar vergelijken, indien daarin dezelfde herkomst of herkomstenserie voorkomt. Naarmate de te vergelijken complexen een grotere serie herkomsten gemeen hebben, wordt een gevonden verschil wiskundig betrouwbaarder, m.a.w. er kan een reëler praktische betekenis aan worden toegekend. De mogelijkheid tot het toetsen op betrouwbaarheid neemt met het aantal gemeenschappelijke herkomsten tot een zeker maximum toe; dit vereiste aantal herkomsten is echter aanzienlijk groter dan het in de onderhavige proef voorkomende.

Tenzij de gevonden verschillen zeer groot zijn, kan geen enkele wiskundig verantwoorde conclusie getrokken worden omtrent de verschillen tussen bv. 2 complexen, die slechts 2 herkomsten gemeen hebben; het aantal graden van vrijheid van de varianties die voor een dergelijk onderzoek berekend moeten worden, is daartoe te gering. Dit neemt echter niet weg, dat zelfs door zulk gering vergelijkingsmateriaal een belangrijke tendenz gesignaleerd kan worden.

Tabel 6 (ontleend aan tabel 1) geeft een overzicht van alle herkomsten, die in meer dan één complex voorkomen en die dus gebruikt kunnen worden om verschillen in productieniveau tussen complexen te onderzoeken.

TABEL 6. Overzicht van de herkomsten die in meer dan één complex voorkomen.
TABLE 6. *Provenances occurring in more than one complex.*

Complex	Afk.	Herkomsten								
1 Esbeek	E	N.O.W.	M.W.	Cr.	L.Cr.	-	-	-	-	-
2 Mastbos	M	N.O.W.	M.W.	Cr.	L.Cr.	Sh.L.	-	-	-	-
3 Gieten	G	N.O.W.	M.W.	Cr.	L.Cr.	Sh.L.	Ch.	P.C.	S.A.	-
4 Spriederbos	S	-	M.W.	Cr.	-	-	Ch.	-	-	-
5 Garderen	Ga	-	-	-	-	-	Ch.	P.C.	-	S.A.C.
6 Hardenberg	H	-	-	-	-	-	Ch.	-	-	-
7 Nieuw Soerel	N	-	-	-	-	-	-	-	S.A.	S.A.C.

Het aantal te onderzoeken vergelijkingen tussen n complexen bedraagt:

$$E = \sum_{x=2}^n {}^nC_x \text{ combinaties} \quad (15)$$

Waarin nC_x het aantal vergelijkingen van telkens x complexen voorstelt, dat men uit een totaal van n complexen kan samenstellen, nl.:

$${}^nC_x = \frac{n(n-1)(n-2) \dots (n-x+1)}{x!} \quad (16)$$

In ons geval $n = 7$ complexen, zodat:

Aantal vergelijkingen tussen 2 complexen:	${}^7C_2 = 21$
„ „ „ 3 „	${}^7C_3 = 35$
„ „ „ 4 „	${}^7C_4 = 35$
„ „ „ 5 „	${}^7C_5 = 21$
„ „ „ 6 „	${}^7C_6 = 7$
„ „ „ 7 „	${}^7C_7 = 1$
Totaal aantal combinaties	120

In het gegeven proefmateriaal blijven hiervan door gebrek aan herhalingen slechts over:

Aantal vergelijkingen tussen 2 complexen:	13
„ „ „ 3 „	8
„ „ „ 4 „	2
Totaal aantal combinaties	23

Vergelijkingen tussen 5, 6 of 7 complexen zijn dus niet mogelijk, daar geen enkele herkomst met die frequentie is aangeplant.

Van de 13 mogelijke vergelijkingen tussen 2 complexen zijn er 6 gebaseerd op vergelijking met slechts één herkomst, 3 op die van 2 herkomsten, 1 op die van 3 herkomsten, 2 op die van 4 herkomsten, en 1 op die van 5 herkomsten.

Het aantal vrijheidsgraden „tussen complexen” bedraagt hier steeds één, terwijl dat van de toevalsvarianties bij variantie-analyse van Z_d respectievelijk 0, 1, 2, 3 en 4 bedraagt. Bij dergelijke geringe aantallen vrijheidsgraden wordt zelden een statistisch significant verschil gevonden, terwijl bij 0 graden van vrijheid variantie-analyse zelfs niet bestaat.

Tabel 7 geeft een overzicht van de te trekken vergelijkingen.

TABEL 7. Te vergelijken complexen.

TABLE 7. Possible comparisons between complexes.

Complexen vergeleken in groepen van:	Betrokken herkomsten		Complexen
	Aantal	Nummers	
2	1	8; 14; (9)	G N; Ga N; (G H; S Ga; SH; Ga H)
	2	9+19; (2+4)	G Ga; (E S; M S)
	3	2+4+9	G S
	4	(1+2+4+6)	(E M; E G)
	5	1+2+4+5+6	M G
3	1	(9)	(G S Ga; G S H; G Ga H; S Ga H)
	2	(2+4)	(E M S; E G S; M G S)
	4	1+2+4+6	E M G
4	1	9	G S Ga H
	2	2+4	E M G S

De variantie-analyse geeft duidelijker resultaten, wanneer zoveel mogelijk gemeenschappelijke herkomsten in zoveel mogelijk complexen tegelijkertijd vergeleken worden. De vergelijking van E M en van E G, die voor elk met 4 herkomsten kan plaats vinden, zal dus een minder duidelijk resultaat opleveren dan de gelijktijdige vergelijking van de drie complexen E M G met 4 herkomsten. De aldus bepaalde overbodige vergelijkingen zijn in tabel 7 tussen haakjes aangegeven, zodat slechts 8 vergelijkingen gemaakt moeten worden. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in tabel 8.

TABEL 8. Relatieve productieniveaux van enige complexen.

TABLE 8. Relative production levels of some complexes.

Vergeleken complexen	Aantal herkomsten	Resultaat met methode	
		oculair (fig. 2)	var. analyse
G N	1	$N > G$	onmogelijk
Ga N	1	$N > Ga$	onmogelijk
G Ga	2	$Ga \geq G$	geen sign. versch.
G S	3	$G \leq S$	geen sign. versch.
M G	5	$G > M$	geen sign. versch.
E M G	4	$E > G > M$	$E > M (+)$ $G \geq M$
G S Ga H	1	$H > S > Ga > G$	onmogelijk
E M G S	2	$G = E > M = S$	geen sign. versch.

Verklaring der tekens:

- > productieniveau hoger dan
- $\geq$ productieniveau waarschijnlijk iets hoger dan
- = productieniveau even hoog als
- + significant verschillend

De variantie-analyse geeft dus slechts in één geval resultaat, nl. bij de vergelijking van de complexen Esbeek, Mastbos en Gieten, welke de herkomsten 1, 2, 4 en 6 gemeenschappelijk hebben. De resultaten dezer analyse vindt men in tabel 9. Opgemerkt zij nog, dat de variantie-analyse is uitgevoerd met de Z_d -waarden, zoals die uit de regressiewaarden van de totale productie op 30-jarige leeftijd volgen.

TABEL 9. Variantie-analyse van Z_d der herkomsten 1, 2, 4 en 6 in Esbeek, Mastbos en Gieten.
TABLE 9. Analysis of variance Z_d in relation to 3 different complexes.

Complex \ Herkomst	1 N.O.W.	2 M.W.	4 Craig.	6 L.Cr.	Gem. Z_d
Esbeek	6,0	8,3	9,2	7,4	7,7
Gieten	3,8	10,0	6,8	5,7	6,6
Mastbos	3,5	6,5	5,3	4,8	5,0
Gemiddeld	4,4	8,3	7,1	6,0	
	G.V.V.	Kw.Som	S^2	Var. Verh. F	Waarde uit F-tabel
Tussen herkomsten	3	24,07	8,02	7,57*	(3/6)F95 = 4,76
Tussen complexen	2	14,68	7,34	6,92*	(2/6)F95 = 5,14
Rest	6	6,40	1,06		

Uit de F-waarden blijkt, dat er hier zowel tussen de complexen als tussen de herkomsten significante verschillen zijn te verwachten.

De standaard-deviatie van een verschil tussen 2 complexen bedraagt:

$$s_{vc} = \sqrt{\frac{2 \times 1,06}{4}} = 0,73,$$

die van een verschil tussen 2 herkomsten:

$$s_{vh} = \sqrt{\frac{2 \times 1,06}{3}} = 0,83$$

Een verschil tussen 2 complexen bedraagt op het 95%-kansniveau:

$$t_{6gv}^{95} \times s_{vc} = 2.45 \times 0.73 = 1.8 \text{ m}^3/\text{ha/j.}, \text{ en op het 99\%-kansniveau:}$$

$$t_{6gv}^{99} \times s_{vc} = 3.71 \times 0.73 = 2.7 \text{ m}^3/\text{ha/j.}$$

In tabel 10 zijn de verschillen in productieniveau der complexen overzichtelijk voorgesteld.

TABEL 10. Tabel van complex-verschillen.
TABLE 10. Significance of differences between complexes.

Z_d in m ³ /ha/jaar	5,0	6,6	7,7	
Complex	Mastbos	Gieten	Esbeek	
Mastbos	—	+1,6(*)	+2,7**	$v^* = 1,8$
Gieten		—	+1,1	$v^{**} = 2,7$

Hieruit blijkt, dat Esbeek en Mastbos op het 99%-niveau ($E > M$), en dat Gieten en Mastbos bijna op het 95%-niveau ($G \geq M$) verschillen.

Geheel analoog aan het bovenstaande kan men het verschil tussen 2 herkomsten op het 95%, resp. 99%-niveau berekenen als 2.0, resp. 3.1 m³/ha/jaar. Deze verschillen zijn in tabel 11 weergegeven.

TABEL 11. Z_d -verschiltabel

TABLE 11. Significance of differences in Z_d .

Z_d in m ³ /ha/jaar	4,4	6,0	7,1	8,3	
Herkomst	N.O.W. 1	L.Cr. 6	Craig. 4	M.W. 2	
N.O. Washington	—	+1,6	+2,7*	+3,9**	$v^* = 2,0$
Louis Creek		—	+1,1	+2,3*	$v^{**} = 3,1$
Craigellachie			—	+1,2	

Uit tabel 11 blijkt, dat M. Washington zeer significant van N.O. Washington verschilt ($M.W. > N.O.W.$), en dat het verschil tussen Craigellachie en N.O. Washington, alsmede dat tussen M. Washington en Louis Creek, significant is ($Craig. > N.O.W.$, en $M.W. > L.Cr.$). Een en ander blijkt ook duidelijk uit fig. 2.

1c. Het verband tussen totale productie en opperhoogte.

Binnen een complex kan per herkomst de gemiddelde bijgroei, en daarmee de totale productie, op 30-jarige leeftijd worden berekend als:

$$Z_d (30 \text{ j}) = \alpha OH_{30}^{\beta} \text{ m}^3/\text{ha/jaar} \quad (17)$$

waarin OH_{30} de opperhoogte op 30-jarige leeftijd is.

De aldus berekende waarden van Z_d bleken maximaal 15% af te wijken van de waarde $Z_d = \sum_{j=0}^{30} V/30$; gemiddeld echter slechts ca. 7%.

De coëfficiënten α en β voor de complexen, alsmede de correlatie-coëfficiënt r van de (gelogarithmeerde) regressie vindt men in tabel 12. De opperhoogte-waarden in Nieuw Soerel liggen te dicht bijeen om daarmee een bruikbare regressie te kunnen berekenen.

TABEL 12. $Z_d(30 \text{ j.}) = \alpha OH_{30}^{\beta}$

Complex	$\log \alpha$	β	r
Gieten	-2,1733	2,5383	0,96
Spriederbos	-1,0521	1,5819	1,00
Garderen	-1,5576	2,0686	0,95
Mastbos	-2,5924	2,8933	0,94
Esbeek	-1,5536	2,1206	0,97
Gemiddeld	-1,7858	2,2405	0,96

Hieruit blijkt, dat de in totaal geproduceerde houtmassa op 30-jarige leeftijd ruwweg evenredig is met het kwadraat van de opperhoogte op 30-jarige leeftijd. Voor Gieten is de curve getekend in fig. 11. Men vergelijk ook de figuren 2 en 8.

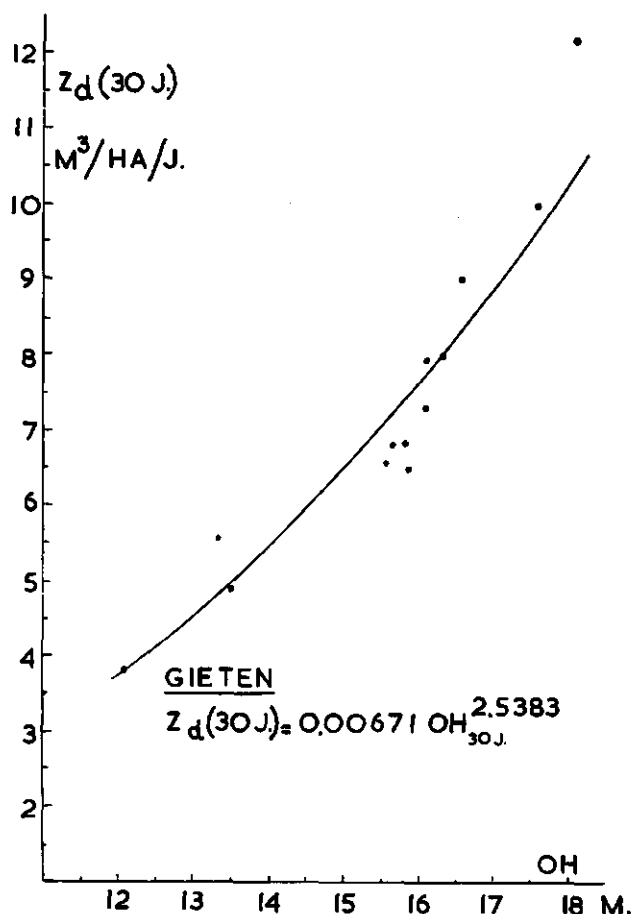


FIG. 11. Verband tussen gemiddelde bijgroei en opperhoogte (beide op 30-jarige leeftijd) in Gieten.
Relationship between mean annual increment and top height (both at the age of 30) in Gieten.

Substitueert men in (17) de in tabel 12 vermelde gemiddelde waarden voor $\log \alpha$ en β , en berekent men Z_d bij de opperhoogten op 30-jarige leeftijd zoals deze in de opbrengsttabel voor de Douglas (VAN LAAR/VAN SOEST) voor de verschillende productieklassen opgegeven worden, dan vindt men de gegevens in tabel 13.

Dat de met (17) berekende waarden het best met die voor de middenboniteiten van de opbrengsttabel overeenstemmen, vindt zijn oorzaak hierin, dat de coëfficiënten α en β per complex voor verschillend goed groeiende herkomsten, dus a.h.w. voor verschillende douglasboniteiten *tezamen* zijn berekend; zij gelden dus per complex voor de gemiddelde boniteit der aldaar aanwezige douglas-opstanden (herkomstperken). Daarna werden deze coëfficiënten nogmaals over alle complexen gemiddeld, zodat zij tenslotte representant voor de „gemiddelde Nederlandse” boniteit werden, en dat is de gemiddelde tabelboniteit.

Behalve dat op 30-jarige leeftijd (tabel 12), werd voor het complex Gieten

TABEL 13. Vergelijking van $\Sigma_0^{30} V$ volgens de opbrengsttabel en volgens (17).
TABLE 13. Comparison of $\Sigma_0^{30} V$ from yield table and from (17).

Opbrengsttabel Douglas			$\Sigma_0^{30} V = 30Z_d$ vlg. (17)	% afwijking van tabelwaarde
Groeiklasse	OH_{30}	$\Sigma_0^{30} V$		
6	12,2	148	134	- 9,5
8	14,1	194	186	- 4,1
10	15,8	243	238	- 2,1
12	17,7	306	308	+ 0,7
14	19,6	374	386	+ 3,2
16	21,4	441	470	+ 6,6
18	23,3	512	569	+11,1

tevens het verband (17) tussen Z_d en OH op 24- en 36-jarige leeftijd bepaald, waarbij bleek (tabel 14) dat α en β afhankelijk zijn van de leeftijd, zodat men (17) dient te schrijven als:

$$Z_d(t \text{ j.}) = \alpha_t OH_t^{\beta_t} \quad (18)$$

TABEL 14. Waarde van α_t en β_t op verschillende leeftijden. Complex Gieten.
TABLE 14. Magnitude of α_t and β_t at different ages. Complex Gieten.

t (jaar)	α_t	β_t
24	0,0122	2,4448
30	0,0067	2,5383
36	0,0042	2,5784
27	0,0090	2,5050
33	0,0052	2,5700

In fig. 12 zijn de berekende 3 waarden voor α_t en β_t tegen de leeftijd uitgezet en door een vloeiende lijn verbonden. Uit deze grafiek kunnen de coëfficiënten nu voor bv. 27- en 33-jarige leeftijd worden afgelezen (zie tabel 14). Voor deze leeftijden kan men tevens per herkomst de opperhoogte uit (14) berekenen. Substitutie van deze waarden α_t , β_t en OH_t in (18) levert dan waarden voor Z_d , welke gemiddeld zeer bevredigend overeenstemmen met de Z_d -waarden die men voor de herkomsten in Gieten uit (3) kan berekenen. De afwijking bedraagt ook hier maximaal 15%, en gemiddeld 7%.

De opperhoogte in Gieten is dus, althans voor een leeftijd tussen 24 en 36 jaar, een bruikbaar kenmerk om er de totale productie tot op die leeftijd uit af te leiden, en, daar de totale productie in het algemeen toch het eerste criterium voor herkomsten-beoordeling zal vormen, zal een eerste (ruwe) classificering der herkomsten naar dit criterium reeds aan de hand van opperhoogte-metingen verkregen kunnen worden.

Een verband als boven zal zeker in de andere complexen eveneens bestaan; het geringe aantal herkomsten maakt de berekeningen daar echter onbetrouwbaar.

Naast (18) zijn nog twee andere functies betreffende Z_d onderzocht, nl.:

$$Z_d(30 \text{ j.}) = m \cdot OH_{30} + q \quad (19)$$

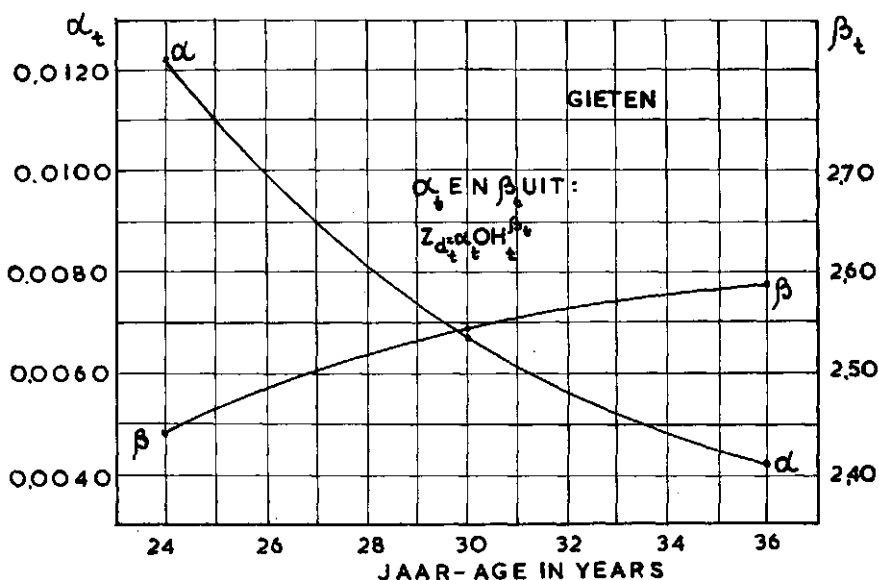


FIG. 12. Verandering van de coëfficiënten α en β uit (18) met de leeftijd.
The coefficients α and β from function (18) depend on age.

en:
$$Z_d(30 \text{ j}) = \alpha D_{30}^\beta OH_{30}^\gamma \quad (20)$$

waarin D_{30} de gemiddelde diameter van de 350 dikste bomen per ha op 30-jarige leeftijd is.

Functie (19) gaf minder goede, (20) daarentegen even goede resultaten als (18). De per complex berekende waarden voor $\log \alpha$, β en γ vindt men in tabel 15.

TABEL 15. Waarden van α , β en γ uit verband (20) per complex.
TABLE 15. Magnitude of α , β and γ from relation (20).

Complex	$\log \alpha$	β	γ
Gieten	-2,0623	-0,4399	2,9212
Sprielderbos	-1,0594	-0,0437	1,6358
Garderen	-1,4707	-0,3252	2,3514
Mastbos	-2,5972	+0,0349	2,8604
Esbeek	-1,9469	+0,2886	2,1263

De geringe waarde van de exponent β van D duidt op een geringe invloed van de laatste.

Voor Gieten werd voorts een verband tussen OH_{30} en D_{30} berekend:

$$OH_{30} = 0,8298 D_{30} - 0,4843 \quad (r = 0,95) \quad (21)$$

en tussen $Z_d(30 \text{ j})$ en D_{30} :

$$\log Z_d(30 \text{ j}) = 2,4925 \log D_{30} - 2,3553 \quad (r = 0,85) \quad (22)$$

Door de regressie (21), die afgebeeld is in fig. 15 wordt de geringe invloed van D_{30} in (20) verklaard: de vereffende Z_d -waarden liggen niet in een van D_{30} en

OH_{30} afhankelijk vlak, maar op een naar de Z_d -as toe gekromde lijn, waarvan men voor Gieten de projecties in het OH/Z_d -vlak, resp. OH/D -vlak ziet in de figuren 11, resp. 15.

II. De lopende bijgroei

In fig. 13 is het fundamentele verband weergegeven tussen de totale productie en de lopende en gemiddelde bijgroei.

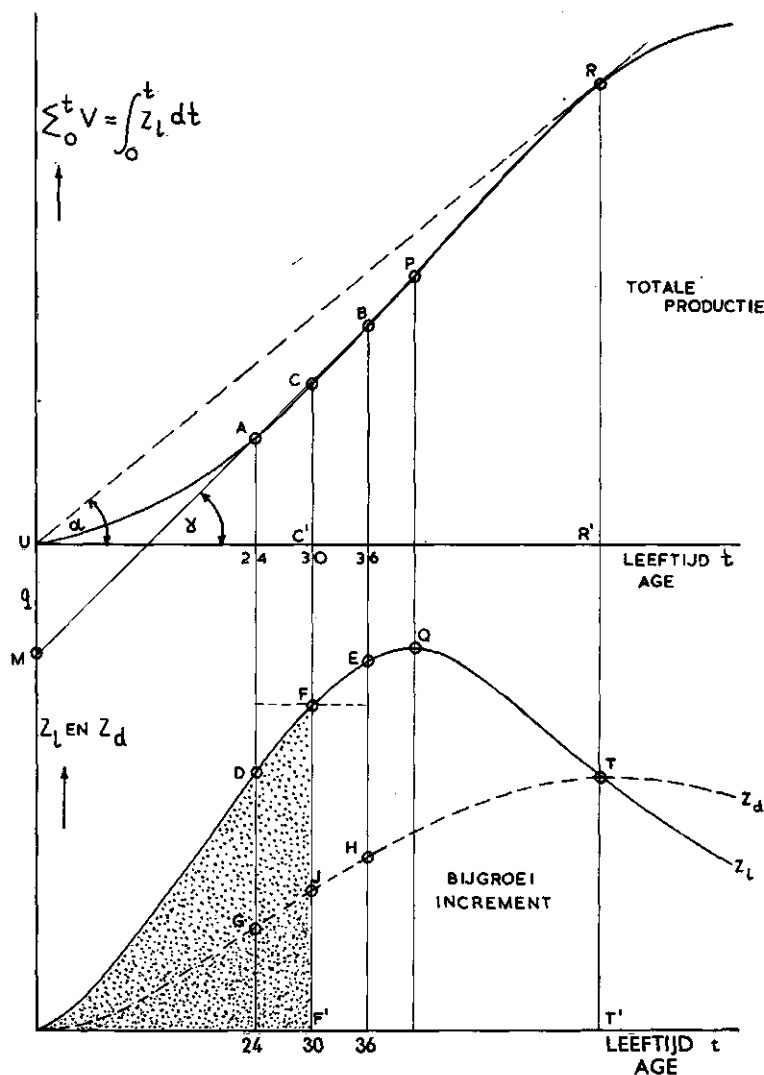


FIG. 13. Onderlinge samenhang van totale productie, lopende jaarlijkse en gemiddelde jaarlijkse bijgroei.

Mutual relationship of total production, current annual and mean annual increment.
The position on the total production curve of the 12-years' period investigated most probably is that of A C B.

De totale productie verloopt men de leeftijd volgens een S-curve; hij kan op elke leeftijd beschouwd worden als de integraal van de lopende bijgroei in alle voorgaande jaren, dus $CC' =$ gestippelde oppervlak onder de Z_t -curve.

De jaarlijks lopende bijgroei Z_t op de leeftijd t is de tangens van de hoek die de raaklijn aan de S-curve in het bij t behorende punt maakt met de positieve t -as. De lopende bijgroei neemt dus vanaf de waarde nul (in de oorsprong U) met de leeftijd toe, om in het buigpunt P zijn maximum te bereiken en daarna weer af te nemen. De Z_t -curve culmineert dus in Q.

De gemiddelde bijgroei Z_d op de leeftijd t kan uit de S-curve worden bepaald als de tangens van de hoek, welke de verbindingslijn van U en het bij t behorende punt van de curve maakt met de positieve t -as. Deze tangens is maximaal voor de raaklijn UR aan de curve en bedraagt $\text{tg}\alpha = RR'/R'U$; de Z_d -curve culmineert dus in T, waarbij $TT' = \text{tg}\alpha$.

Daar UR raaklijn is, stelt $\text{tg}\alpha$ tevens de lopende bijgroei op de beschouwde leeftijd ($R' = T'$) voor, dus $Z_d = \text{tg}\alpha = TT' = Z_t$, zodat ook de Z_t -curve door het punt T gaat.

Uit het bovenstaande volgt tevens, dat Z_d tot de leeftijd T' steeds kleiner is dan Z_t , daarna groter.

Uit de in tabel 4 opgenomen gegevens blijkt, dat de waarde van Z_d voor alle perken lager is dan die van Z_t , zodat de eerste zijn culminatiepunt nog niet bereikt kan hebben, hetgeen ook blijkt uit de stijgende lijnen in fig. 3.

Uit onze meetgegevens blijkt voorts, dat de (binnen de beschouwde periode van 24-36 jaar) telkens over een periode van 3 jaar berekende lopende bijgroei voor vrijwel alle perken een met de leeftijd nog toenemende tendenz vertoont, dus dat de totale productielijn het buigpunt nog niet heeft bereikt, en bijgevolg de lopende bijgroei nog nergens duidelijk maximaal is.

Hieruit kan men concluderen, dat de situatie van de 12-jarige periode op de S-lijn ongeveer de in fig. 13 getekende zal zijn. Daar de totale productie rechtlijnig tegen de leeftijd verreffend kan worden (fig. 1), verloopt de S-lijn over deze periode nagenoeg recht, terwijl $\text{tg}\gamma (=m)$ vrij nauwkeurig de gemiddelde lopende bijgroei (FF') over de periode zal weergeven. (Z_t in tabel 4).

Het gedeelte GJH van de Z_d -curve komt dus overeen met de lijnen uit fig. 3. De in tabel 4 opgegeven Z_d -waarden komen overeen met JF' , de totale productie op 30-jarige leeftijd met CC' .

Volgens (10) is $m (=Z_t)$ de asymptotische waarde, waartoe Z_d op „oneindig hoge leeftijd” nadert. Het zal echter duidelijk zijn dat, wanneer de opstanden ouder worden, de totale productie niet meer rechtlijnig tegen de leeftijd verreffend kan worden, zodat dan ook de Z_d -lijnen niet meer hyperbolisch verlopen en de culminatie van Z_d tenslotte op een reëel tijdstip komt te vallen.

De grootheid q in (3) stelt de totale productie op 0-jarige leeftijd voor. Deze productie is in werkelijkheid natuurlijk nul, doch voor q vindt men (tabel 4) zonder uitzondering vrij grote negatieve bedragen. Dit duidt erop, dat men de totale productielijn niet ver naar beneden mag extrapoleren; dit S-lijn-effect is in fig. 13 ook aangegeven.

Vergelijking van de figuren 2 en 6 leert, dat Z_t in de meeste gevallen positief met Z_d gecorreleerd is, doch opvallende afwijkingen komen voor.

Zo is in Gieten de Z_d van Louis Creek lager dan die van M. Washington en Craigellachie, terwijl zijn Z_t hoger is dan die van beide anderen. Temeer, daar men dit verschijnsel ook in Esbeek tussen Louis Creek en M. Washington ont-

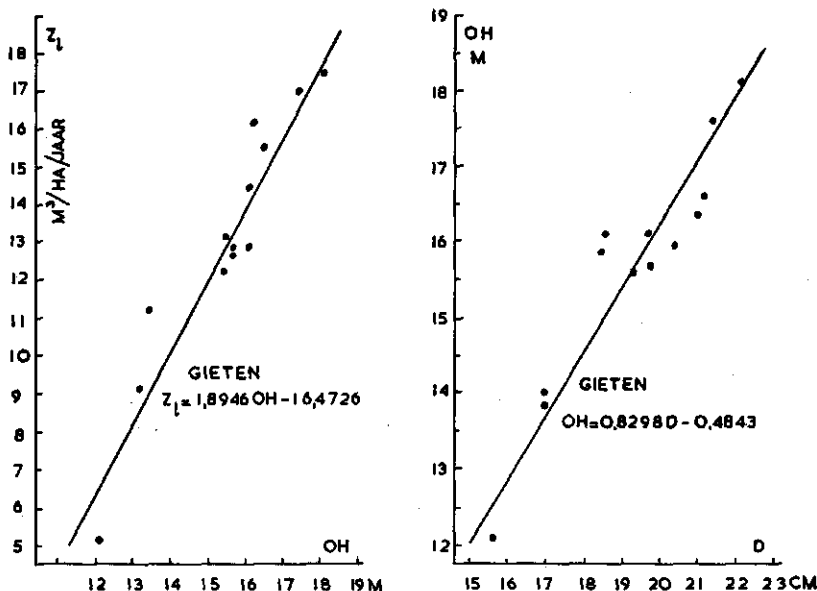


FIG. 14. Verband tussen jaarlijkse lopende bijgroei en opperhoogte op 30-jarige leeftijd in Gieten.

Regression of current annual increment on top height at the age of 30 years.

FIG. 15. Verband tussen opperhoogte en gemiddelde diameter der 350 dikste bomen/ha (beide op 30-jarige leeftijd) in Gieten.

Regression of top height on mean diameter of the 350 thickest trees per ha (both at the age of 30 years).

moet, zou men kunnen besluiten, dat Louis Creek nu pas „op komt zetten”, doch het is wel zeer de vraag of de thans hogere ligging van Z_t zich in de toekomst voldoende lang zal handhaven, om de totale productie van Louis Creek toch nog blijvend groter te maken dan die van M. Washington. Een voorbeeld van dit verschijnsel vindt men ook bij Chilliwack in het Sprielderbos en Pacific Coast in Garderen.

De betere herkomsten (hoger Z_d) blijken volgens fig. 4 in het algemeen een duidelijk hogere lopende bijgroei te bezitten dan de slechtere, doch het aantal significante verschillen is vrij gering.

Tussen de lopende bijgroei in de periode tussen 24 en 36 jaar en de opperhoogte op 30-jarige leeftijd kan per complex een verband van het type:

$$Z_t = a \cdot OH + b \quad (23)$$

berekend worden, hoewel de correlaties soms wat minder fraai zijn. Zie tabel 16 en fig. 14.

SLOTOPMERKINGEN

In deze studie wordt voor de eerste maal per herkomst en per proefveldcomplex een systematisch overzicht gegeven van de regressies van totale productie en opperhoogte op de leeftijd.

TABEL 16. Waarde van a , b en de correlatiecoëfficiënt r van verband (23) voor de complexen.
TABLE 16. *Magnitude of a , b and coefficient of correlation r from (23) per complex.*

Complex	a	b	r
Gieten	1,895	- 16,473	0,95
Spielderbos	1,073	- 2,592	1,00
Garderen	0,803	+ 2,017	0,97
Mastbos	1,043	- 3,244	0,59
Esbeek	1,689	- 8,417	0,83

Bij vroegere onderzoeken in de aan de herkomstproeven ontleende waarnemingen is, mede door het destijds nog geringe aantal waarnemingen, vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van eenvoudige inspectie. De thans aanwezige gegevens maken een uitgebreidere wiskundige behandeling mogelijk, doch de proefstructuur belet enerzijds een volledig exacte toepassing van wiskundige principes, terwijl hij anderzijds ook niet de maximum hoeveelheid informatie kan leveren.

Tenslotte betuig ik gaarne mijn dank aan de heer K. BOSMAN voor diens zeer gewaardeerde medewerking.

Wageningen, mei 1961.

SUMMARY

A study of the productivity of various douglas fir provenances in the Netherlands.

Some 50 permanent trial plots, generally about the size of 0.16 hectares, with 26 different North American provenances and several thinning degrees, lying scattered in 8 forest plantations (complexes) were measured and thinned at 3 years' intervals during a period of 12 years. The first thinnings and measurements were made when the stands were about 20 years old.

Table 1, discerning between 3 soiltypes in addition, gives the distribution of the plots in relation to the variables. It will be seen that purely mathematical analysis of the influences of all factors will meet difficulties due to incomplete plot-distribution, which a.o. was caused by technical restrictions in the twenties and thirties when the stands were founded. A review is given of the method by which measurements were made.

Thinning series were established where possible in plots of the same provenance. The graduation of the thinning intensities is based on HART's method. To characterize a thinning regime this method uses the average mutual distance a of the trees expressed as a percentage ($S\%$) of the top height, OH . The average distance is fixed on the assumption of a regular triangular espacement, whilst „top height” stands for the average height of the 100 uniformly distributed highest trees per hectare. This method ensures that a thinning regime can be objectively maintained or systematically changed in the course of longer periods.

For each plot the linear regression of total production on age (relation 3) during the observational period was calculated. Fig. 1 shows that for the same provenance within a complex the production lines of the individual plots run parallel, irrespective of their thinning degree, which fact is confirmed (where

possible) by analysis of variance of the regression-coefficients m . (tables 2 and 3). The fact that the lines for the same provenance within a complex do not coincide (i.e., there were different volume productions at the beginning of the experiment) is, next to accidental causes, due to differences in the initial numbers of stems per hectare.

As the regression coefficient m of the total production lines corresponds to the adjusted current annual volume increment (Z_t) during the 12 years' period the above phenomenon indicates that for the considered gamma of thinning degrees ($S = 19 - 25\%$) Z_t remains constant which in its turn is a point in favour of the rentability of strong thinning, as the volume of the remaining stand in case of the latter is always lower. It also indicates a necessary increase of the mean diameter growth in case of strong thinning, as different thinning degrees do not markedly affect height growth, and a strongly thinned stand contains less trees per unit-area, so that moreover a quality increase can be expected which is once more in favour of the rentability of intensive thinning.

The regression-coefficients of total production on age (i.e. Z_t) for different provenances within a complex however, may show considerable differences, as is illustrated by fig. 5 for the complex of Gieten; for comparison's sake the lines in this figure have been drawn originating from the same point.

Table 4 gives the average elements of the total-production regressions, specified for provenance and complex, and the 95% fiducial limits for m , as well as the adjusted total volume production at the age of 30 (viz. $\hat{y}_{30}$) and the mean annual volume increment Z_d (viz. $\hat{y}_{30} : 30$) at that age.

The best provenances for the Netherlands are those from the topographically lower and more maritime regions from western North America (Pacific Coast, Chilliwack, M. Washington), the worst (e.g. N.E. Washington, Salmon Arm) originate from higher and more continental parts, whilst Craigellachie may show good or bad results, dependent on the danger of late frosts. An extensive comparison between the environmental factors of the mother stands and those in Holland was made by VEEN in 1951; he also described the height growth and the susceptibility for diseases and pests of the than still young stands in this country.

Table 4 also contains the regression elements of top height on age. There exists a close relationship (table 12) between Z_d and top height at the age of 30 years; function (18) gives a general relationship. The factors α_t and β_t are dependent of age within the period considered, as is established by fig. 12 for Gieten.

A number of plots cannot be considered sufficiently representative for drawing any conclusion of practical value.

LITERATUUR

1. BECKING, J. H., De douglasbossen van de Pacific North West. NBT. 1950.
2. BECKING, J. H., en A. VAN LAAR, De dunning van de douglas. NBT. 1958.
3. GERLINGS, J. H. JAGER, J. F. SMIT en J. VAN SOEST, Het herkomstonderzoek van den douglasspar aan de afdeling Houtteelt van het Instituut voor Bosbouwkundig Onderzoek. NBT. 1939.
4. HART, H. M. J., Stamtal en dunning, Een oriënterend onderzoek naar de beste plantwijde en dunningswijze voor den djati. Thesis. Wageningen, 1928.
5. HOOGH, J. DE, Bijdrage tot de kennis van de groei van *Pseudotsuga taxifolia* Britt. in Nederland in verband met zijn betekenis voor de Nederlandse bosbouw. Diss. Wageningen, 1925.
6. LAAR, A. VAN, Stand development and stem form of Douglas fir in the Netherlands. Ned. Landbk. Tijdschr. Vol. 2, No. 4, 1954.
7. LAAR, A. VAN, en J. VAN SOEST, De groei van de douglas in Nederland. NBT. 1958.
8. SOEST, J. VAN, Over de aanleg, het opmeten en de behandeling van proefvelden in de bosbouw. NBT. 1944.
9. VEEN, B., Herkomstonderzoek van de douglas in Nederland. Diss. Wageningen, 1951.
10. VEEN, B., Het herkomstenvraagstuk bij de groene douglas. NBT. 1958.