NN31040.156

WANNEER DUNNEN WE DICHT GEPLANTE POPULIEREN?

When should narrowly spaced poplar plantations be thinned?

P.J. Faber

FILIAALBIBL. BOSBOUW (BOS)
FOULI...

RIJKSINSTITUUT VOOR ONDERZOEK IN DE BOS-
EN LANDSCHAPSBOUW
WAGENINGEN

Rapport nr. 156

1978

WANNEER DUNNEN WE DICHT GEPLANTE POPULIEREN?

When should narrowly spaced poplar plantations be thinned?

P.J. Faber

RIJKSINSTITUUT VOOR ONDERZOEK IN DE BOS-
EN LANDSCHAPSBOUW
WAGENINGEN

Rapport nr. 156

1978

INHOUD

	blz.
Summary	4
1. Inleiding	5
2. De uitvoering van het onderzoek	6
3. De resultaten van de metingen	9
4. Globale analyse van enkele bijgroeikenmerken	12
5. Bespreking van de resultaten	16
6. Samenvatting	19
Bijlagen: Tabellen en grafieken	

SUMMARY: When should narrowly spaced poplar plantations be thinned?

In 1965 field experiments were initiated to investigate the effect of differences in stand age at thinning time in 4 x 4 space poplar plantations. The randomized block design of the experiments is shown in Figures 1, 2, 3, 4 and 5. In the panels marked A the first thinning was done in 1966-67 and the second in 1970-71 when the trees were 8 or 9 and 12 or 13 years old respectively. In the panels marked B the trees were thinned when thet were 10 or 11 and 14 or 15 years old respectively; in the panels marked C the trees were thinned when 12 or 13 and 16 or 17 years old respectively, and so on. The volumes of the trees in the experiments were estimated by regression (Table 1), based on 2182 volume trees measured sectionally.

The results of the measurements in the experimental plots are summarized in Tables 1a, 2, 3 and 5.

Graphs were drawn to show annual volume increment (dV/dT), annual basal area increment (dG/dT) and relative basal area increment (dG/dH) during the experiment (Figures 6, 7 and 8).

In order to eliminate variations in weather and other disturbing factors the levels of increment have been expressed in percentages of those in the unthinned parcels: Tables 5 and 6 show the results of a test of significance. Tables 7, 8 and 9 summarize the thinning yields and total volume production in the differently treated parcels. More graphs were drawn to show the relationship between diameter and height growth of the trees in the differently treated percels.

Although the experiments are still in progress, it appears that total wood production in the parcels thinned latest is 40% higher than in parcels thinned early. In addition, the wood yield from retarded thinnings appears to be more remunerative than that from early thinnings.

A drawback of thinning later is the retarded growth of the diameter (1.3 m) of the trees that remain this adversely affects their stability in gales. After the first thinning (of 50% of the trees) the level of annual volume increment fell by 30%. After the second thinning to a quarter of the initial number of trees, the annual volume increment fell by 50% compared with that in the unthinned parcels. After early thinning this reduction is more, but recovery is better than after late thinning.

It is concluded that if the aim is to produce large size timber in a relatively long rotation, the best time to thin the plantations is when the mean tree height is about 15 m, as after later thinnings the trees may not be sufficiently stable. For the production of small size timber (dbh 25 cm) the highest volume production is obtained if the plantations are not thinned at all.

1. INLEIDING

Aan de ontwikkeling van bosbouwkundige technieken voor de teelt van populieren is in de beginjaren van het onderzoek op "De Dorschkamp" veel aandacht besteed. Problemen betreffende de aanleg, de onkruidbestrijding en de bemesting werden onderzocht, op grond waarvan adviezen voor de teelt konden worden uitgebracht. Verder is onderzoek gedaan naar de groei van de belangrijkste cultuurvariëteiten onder uiteenlopende bodemkundige en klimatologische omstandigheden, waarbij ook de gevoeligheid voor aantastingen door Melampsora, Marssonina, Aplanobacter en Dothichiza werd bestudeerd.

Het heeft echter tot 1965 geduurd, voordat vraagstukken betreffende toe te passen plantafstanden en dunningsmethoden in het programma van onderzoek werden opgenomen. Er waren in die tijd - speciaal in de IJsselmeerpolders - veel populierenopstanden aanwezig, die in een verband van ongeveer 4 x 4 m waren aangelegd. Hoewel men niet beschikte over voldoende inzicht betreffende het meest gunstige tijdstip van dunning, was men er toch van overtuigd, dat vroeg of laat zou moeten worden ingegrepen. Algemeen heerste nl. de opvatting, dat de populier wegens zijn grote lichtbehoefte in dichte opstanden niet goed zou kunnen doorgroeien, en zelfs op den duur zodanig zou gaan kwijnen dat aantasting door allerlei blad- en bastparasieten niet zou uitblijven. Daarom werd besloten om de aandacht van het onderzoek allereerst op dergelijke opstanden te richten, en later te zoeken naar een meer algemene benadering van het probleem. Dit laatste is inmiddels ook begonnen en is voor wat betreft de 'Dorskamp' populier onlangs beschreven in het meinummer 1977 van "Populier". De daar uitvoerig beschreven probleemstelling behoeft hier dan ook niet te worden herhaald, volstaan kan worden met enkele op het 4 x 4 m verband toegespitste problemen te noemen, zoals:

1. Wat is de invloed van het tijdstip van dunning op de houtproduktie, zowel in kwantitatieve als in kwalitatieve zin?
2. Hoe reageert de blijvende opstand op verschillen in tijdstip van dunning?
3. Bij welk tijdstip van dunning is er kans op achteruitgang van de vitaliteit of de stabiliteit van de opstand?

Op grond van onderzoek, dat sinds 1965 is uitgevoerd zal op deze vragen nader worden ingegaan, daar de proeven nog niet beëindigd zijn kunnen op dit moment nog geen definitieve uitspraken gedaan worden.

2. DE UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

Ter beantwoording van de gestelde vragen leek het gewenst een aantal proeven op te zetten, waarin vroeg gedunde en laat gedunde opstanden naast elkaar voorkwamen. Door vergelijking van de groei en houtopbrengst van deze opstanden zouden dan de voor- en nadelen van vroegtijdige en late dunningen onderling afgewogen kunnen worden. Vaak moet bij het nemen van proeven een compromis gezocht worden tussen datgene, wat men zou willen doen, en dat wat nog mogelijk is. Daarom is vervolgens nagegaan waar zich bruikbare proefopstanden bevonden en hoe die eruit zagen. Toen dit bekend was, is een proefschema uitgewerkt, dat in de gevonden opstanden gerealiseerd kon worden en dat aan redelijke theoretische en praktische eisen voldeed. Als proefopzet is de gewarde blokkenproef gekozen. Hierin komen een aantal verschillend behandelde opstandsgedeelten (de cellen) telkens geward voor in enkele herhalingen, de zogenaamde blokken. Een proef van vijf behandelingen en zes blokken heeft zodoende dertig cellen. Het streven was er hierbij op gericht zoveel mogelijk behandelingen en herhalingen te verkrijgen, terwijl door middel van isolatiestroken ervoor gezorgd zou moeten worden dat geen onderlinge beïnvloeding van de cellen kon plaatsvinden. Om dit in opstanden van beperkte omvang te kunnen realiseren, moesten de cellen zo klein mogelijk gehouden worden. In figuur 1 is een plattegrond getekend van één blok met vier behandelingen in de vorm, zoals die tenslotte in de proeven is uitgevoerd. Men ziet, dat in de beginfase een cel negen bomen bevat, die in een vierkantsverband staan (ongeveer 4 x 4 m), en die van de naastbijzijnde cel door drie rijen bomen zijn afgeschermd. Bij de eerste dunning wordt om de andere een boom weggenomen, ook in de isolatierij, zodat de overblijvende bomen in een rechthoeksverband staan (4 x 8 m). In elke cel staan dan nog vijf bomen, maar gerekend per ha is het stamtal gehalveerd.

Bij de tweede dunning wordt om de andere een rij weggenomen, zodat de overblijvende bomen in een verband van 8 x 8 m komen te staan, terwijl in de isolatie alleen de middelste rij nog over is. In elke cel zijn dan nog slechts vier bomen over, maar het stamtal bedraagt een kwart van het oorspronkelijke.

De verschillen in behandeling bestonden uit verschillen in tijdstip van dunning. De vroegste dunning werd behandeling A genoemd, in de cellen met behandeling B is de eerste dunning twee jaar later gesteld, bij behandeling C weer twee jaar later, enzovoort. Om de proef

niet te ingewikkeld te maken, is het tijdsverloop tussen de eerste en de tweede dunning niet variabel gemaakt, maar op vier jaar gesteld. In het voorjaar van 1966 zijn vier proefvelden volgens dit schema in bestaande, ongeveer acht jaar oude populieren beplantingen in het Reve-Abbertbos in Oostelijk Flevoland uitgezet, nl. P 301, P 303 en P 304 in de 'Robusta' opstanden van de afdelingen O 73, O 64 en O 55, en P 302 in de 'Oxford' opstand van afdeling O 67. In al deze proefvelden komen zes blokken (herhalingen) voor, het aantal behandelingen bedraagt steeds vijf, behalve in P 304 waar slechts plaats was voor vier behandelingen (figuren 2,3,4 en 5).

In het voorjaar van 1966 bij de aanleg zijn in alle cellen de vijf proefbomen gemeten, nl. de vier blijvers en de middenboom. Per behandeling zijn deze vijf bomen van gekleurde ringen voorzien, gemeten zijn de diameters op 1,30 in mm en de boomhoogten in dm nauwkeurig. In het voorjaar van 1967 zijn in alle daarvoor in aanmerking komende cellen de vroegste dunningen (de behandeling A) uitgevoerd. Op de vastgestelde tijden volgden daarna de dunningen in de cellen met de behandeling B, C etc., met intervallen van twee jaren. In dezelfde jaren dat er gedund werd, werden in alle behandelingen de proefbomen gemeten. Na de beginopnamen in 1965/1966 en 1966/1967 is de tijdsinterval tussen de opnamen dan ook twee jaar, zodat in 1976/1977 de zevende opname is uitgevoerd. Voor de bepaling van de staande houtvoorraad zijn bij elke opname ook sectiemetingen uitgevoerd, dat zijn nauwkeurige inhoudsmetingen van individuele bomen. Gemakshalve zijn hiervoor vaak gedunde bomen gebruikt, de opmeting kon dan gebeuren met klem en meetband. Zodra er met behandelings-effecten rekening moest worden gehouden, kon met de meetgegevens van gevelde bomen niet meer het volume in ongedunde cellen geschat worden. Bij latere opnamen zijn daarom in de ongedunde cellen sectiemetingen aan staande bomen met de dendrometer van Barr en Stroud uitgevoerd.

Wegens ernstige aantasting door de larven van de satijnvlinder werden in de proefvelden P 301, P 303 en P 304 in de seizoenen 1969/70 en 1971/72 extra metingen van de diameters en boomhoogtes uitgevoerd. Vooral in P 301 was de vreterij ernstig, in P 302 en P 304 was weinig of geen vreterij, in P 303 was het beeld wisselend. De bedoeling van deze extra metingen is geweest, de uitwerking van de vreterij op de groei beter te leren kennen. (J. Luitjes, 1973, Ned.Bosb.Tijdschr. 45 (2):45-53). Het was jammer voor de proefneming, dat de aantastingen in de dichter staande ongedunde percelen ernstiger leken te zijn dan in

de vroeg gedunde gedeelten. Hierdoor is mogelijk het effect van de behandeling gestrengeld met dat van de vreterij van de satijnvlinderlarve. Deze verstoring van de proef was het ernstigst in het proefveld P 301, echter in 1973 moest dit wegens stormschade worden opgeheven. De meest ontwortelde en scheefgedrukte bomen bleken toen voor te komen in de laat te dunnen percelen, in de behandelingen A, B en C was weinig of geen schade door de storm aangericht.

De beheerder van het Reve-Abbertbos heeft in de loop der tijd de bomen in de proefvelden opgesnoeid zoals men in de IJsselmeerpolders gewoon was te doen. Hoewel dit van invloed geweest kan zijn op de diktegroei van de bomen, is nagelaten dit snoeiproces nauwkeurig te registreren.

Tot nu toe zijn in de D en E behandelingen de tweede dunningen nog niet uitgevoerd omdat de tijd nog niet zover gevorderd is. De hierbij meegedeelde onderzoek-resultaten zijn daarom niet definitief. Met de eindbeoordeling moet gewacht worden tot alle behandelingen behoorlijk zijn uitgewerkt.

3. DE RESULTATEN VAN DE METINGEN

Van 1966 tot 1977 zijn die van gekleurde ringen voorziene proefbomen in de proefvelden zevenmaal gemeten, afgezien van enkele speciale tussentijdse opnamen. Bij elke opmeting zijn de diameters op 1.30 en de boomhoogtes bepaald. De vier proefvelden bevatten in de begintoestand gezamenlijk 570 proefbomen, die de volgende oppervlakten aan groeiruimte ter beschikking hadden:

P 301 :	150 bomen à 16 m2	=	2400 m2
P 302 :	150 bomen à 16 m2	=	2400 m2
P 303 :	150 bomen à 17.21 m2	=	2582 m2
P 304 :	120 bomen à 14 m2	=	1680 m2
Totaal	570 bomen op		9062 m2

Sinds 1973 worden in proefveld P 301, in verband met stormschade, geen waarnemingen meer gedaan. Bij de laatste meting in 1977 van de overige proefvelden, hadden de behandelingen A, B en C elk reeds twee dunningen opgeleverd, en de behandelingen D en E elk één dunning. Hierdoor was het aantal proefbomen verminderd tot 366, die echter gezamenlijk een groter oppervlak ter beschikking hadden, zoals uit het volgende staatje blijkt:

P 302 :	A, B, C	: 72 bomen à 64 m2	= 4608	m2
	D,E	60 bomen à 32 m2	= 1920	m2
P 303 :	A, B, C	: 72 bomen à 68.85 m2	= 4957,2	m2
	D, E	60 bomen à 34.42 m2	= 2065,2	m2
P 304 :	A, B, C	: 72 bomen à 56.02 m2	= 4033,44	m2
	D	30 bomen à 28.01 m2	= 840,3	m2
Totaal		366 bomen op	18424,14	m2

Afhankelijk van de onderlinge boomafstanden in het terrein heeft elke proefboom gedurende zijn groei dus de beschikking gehad over een bepaalde groeiruimte. De gemeten bijgroei van diameter en hoogte kan dan ook direct in relatie gebracht worden met een bepaald oppervlak, die de bomen ter beschikking hadden. De kenmerken van bosopstanden, die per oppervlakte-eenheid uitgedrukt worden, zoals het stamtal per ha (N), het grondvlak per ha (G) en het volume per ha (V) zijn dan ook te berekenen, als we de aantallen en afmetingen van de individuele bomen kennen. Voor de bepaling van de boomvolumes van de proefbomen is gebruik gemaakt van de gegevens der in de proefvelden sectiegewijs ge-

meten bomen. Tot 1977 zijn in de vier proefvelden 2182 bomen sectiegewijs gemeten, dunningsbomen met klem en meetband en staande bomen met de dendrometer. Van deze zogenaamde volumebomen kon derhalve het volume nauwkeurig worden vastgesteld, ook zijn echter gemeten de diameters op 1.30 en de hoogtes. Er kon dus met deze volume-bomen een verband gelegd worden tussen het spilhoutvolume enerzijds en de diameter op 1.30 en de boomhoogte anderzijds. Met behulp van dit verband was het toen mogelijk van alle proefbomen het bijbehorende spilhoutvolume te schatten op grond van hun gemeten diameters en hoogtes. Elke groep volumebomen was echter representatief voor een bepaald proefveld en daarvan een bepaalde behandeling en opnamenummer. Uit het totale aantal volumebomen zijn dan ook 65 verschillende verbanden tussen volumes, diameters en hoogtes bepaald.

Een passend wiskundig model voor deze relatie ziet er als volgt uit:

$$v = D^a \cdot H^b \cdot e^c$$

Hierin betekenen v het boomvolume, D de diameter op 1.30, H de boomhoogte, e het grondtal van de natuurlijke logaritme en a, b en c de regressiecoëfficienten. Voor een routinematige toepassing is dit model echter niet zo geëigend, omdat voor de berekening van de waarden van a, b en c de methode der kleinste kwadraten niet toegepast kan worden. De daarvoor in de plaats komende iteratieve rekenmethode is ook op de computer nogal omslachtig, zodat gekozen werd voor de snellere methode via het gelijksoortige logaritmische model:

$$^{e}\log(v) = C1.\log(D) + C2.\log(H) + C3$$

Volgens de methode der kleinste kwadraten konden dan schattingen gemaakt worden van de regressiecoëfficienten C1, C2 en C3 en van de restvariantie σ^2. Voor het verkrijgen van een goede schatting van het boomvolume met behulp van deze betrekking moet echter het logaritmisch gemiddelde gecorrigeerd worden. Gebleken is, dat dit snel en betrouwbaar gaat met de volgende formule:

$$v = e^{\log(v)} \cdot (1 + \frac{\sigma^2}{2})$$

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de uit de sectie-metingen geschatte regressie-coëfficienten C1, C2 en C3 en de bijbehorende standaard afwijkingen σ. Met behulp van deze 65 volumerelaties zijn de volumes van de corresponderende proefbomen geschat, hierbij moest de diameter uitgedrukt worden in cm, de boomhoogte in m, en dan werd een boomvolume verkregen uitgedrukt in dm3.

Vervolgens zijn per proefveld en per opmeting uit de gegevens van de cellen met een overeenkomstige behandeling de belangrijkste opstandskenmerken uitgerekend. De gemiddelde hoogte is berekend als het lineair gemiddelde van de gemeten boomhoogte. De gemiddelde diameter is berekend als het kwadratisch gemiddelde van de gemeten diameters. Het grondvlak per ha (G) is berekend door de grondvlakken op 1.30 der individuele bomen op te tellen en te delen door het gezamenlijke oppervlak aan groeiruimte. Het volume per ha (V) is berekend door de geschatte volumes der individuele bomen op te tellen, en door hetzelfde groeiruimte-oppervlak te delen. Ook de dunningsopbrengsten en de totale volumeproduktie konden hieruit afgeleid worden.

De uitkomsten van deze berekeningen wat betreft de proefvelden P 301, P 302, P 303 en P 304 zijn weergegeven in de respectievelijke tabellen 2, 3, 4 en 5. Ook die bijgroeikenmerken, die in verband met de behandelingen van belang zijn, zijn hierin vermeld. Dit zijn de lopende grondvlakbijgroei (dG/dT), de lopende volumebijgroei (dV/dT) en de relatieve grondvlakbijgroei (dG/dH). *) Aangenomen kan worden, dat de effecten van de uiteenlopende tijdstippen van dunning voor het grootste deel in deze bijgroeikenmerken tot uiting komen. Een nadere analyse van hetgeen uit deze bijgroeikenmerken kan worden afgeleid, wordt in het volgende hoofdstuk beschreven.

*) Ter vermijding van niets zeggende fluctuaties is de relatieve grondvlakbijgroei berekend met de hoogtebijgroei (dH) gemiddeld over het gehele proefveld.

4. GLOBALE ANALYSE VAN ENKELE BIJGROEIKENMERKEN

In het algemeen is de bijgroei of aanwas van een boom of bosopstand, zoals die van jaar tot jaar tot stand komt en gemeten kan worden, afhankelijk van een groot aantal factoren. Allereerst is daar het aspect van de leeftijd: de groei begint in de jeugdfase op een laag niveau, culmineert op middelbare leeftijd en neemt daarna weer af. Het niveau waarop dit gehele proces zich afspeelt is afhankelijk van de eigenschappen van de groeiplaats, zoals de bodemvruchtbaarheid, de zuurgraad, de doorwortelbaarheid en het beschikbare vocht. Jaarlijkse veranderingen van het niveau worden voornamelijk veroorzaakt door wisselende weersomstandigheden, bijv. de temperatuur en neerslag gedurende het groeiseizoen. Daarnaast kunnen aantastingen door insekten en schimmels belangrijke fluctuaties veroorzaken, terwijl ook door menselijk ingrijpen, bijv. ontwatering, bemesting of dunning, veranderingen in het niveau van bijgroei kunnen ontstaan.

De hier besproken proefopstanden zijn alle ongeveer even oud, en alleen tussen de proefvelden is er sprake van beïnvloeding door verschillen in bodemvruchtbaarheid, binnen de proefvelden is deze door herhalingen geëlimineerd. Het te onderzoeken effect van de verschillende behandelingen op de bijgroei is per proefveld dus gemengd met de invloeden van de weersomstandigheden en allerlei aantastingen. De laatstgenoemde bestond hoofdzakelijk uit vreterij van de larve der satijnvlinder, die soms enigszins gestrengeld leek te zijn met de methode van dunning. Bij de analyse is getracht de waargenomen bijgroei te zuiveren van seizoensinvloeden, waardoor een beter inzicht kon worden gevormd van de werkelijke effecten van de verschillende behandelingsmethoden.

Hiertoe is als volgt te werk gegaan. Voor elke behandeling is er een schatting gemaakt van de hypothetische bijgroei, die er geweest zou zijn als er in het geheel niet was ingegrepen. Vervolgens is de waargenomen bijgroei uitgedrukt in percenten van deze hypothetische bijgroei. De grootte van de afwijking van 100% is dan te beschouwen als een maat voor het effect van de behandeling.

Het schatten van de hypothetische bijgroei in de ongedunde situatie is gedaan met behulp van grafieken, waarin het verloop van de bijgroei in de tijd in beeld was gebracht. In de figuren 6, 7 en 8 zijn op de horizontale assen de leeftijden en de daarmee corresponderende jaartallen uitgezet, tevens is met de desbetreffende hoofdletter aangegeven, wanneer bij een bepaalde behandeling een dunning werd uitgevoerd. Een A op de tijdas bij achtjarige leeftijd betekent dus, dat toen bij deze be-

handeling een dunning is uitgevoerd. Op drie boven elkaar gelegen verticale assen zijn de te onderzoeken bijgroeikenmerken uitgezet: de lopende volumebijgroei (dV/dT), de lopende grondvlakbijgroei (dG/dT) en de relatieve grondvlakbijgroei (dG/dH). Deze zijn uit de meetresultaten afgeleid en vervolgens in de grafieken midden in de periode geplaatst, waarop ze betrekking hebben. Vervolgens zijn de punten van dezelfde behandeling onderling verbonden met lijnstukken, die voor elke behandeling ter onderscheiding iet anders zijn getekend.

Aan het begin van de proefneming, geheel links in de grafiek, is de bijgroei nog niet door dunning beïnvloed. Alle bijgroeiniveaus staan dan dus nog op 100%, maar er zijn wel geringe niveauverschillen tussen de behandelingen zichtbaar, die als kleine boniteitsverschillen geïnterpreteerd kunnen worden. Vervolgen we nu de grafiek van het uiterste linkerpunt af, dan zien we een tamelijk evenwijdig verloop naar het volgende punt, alleen dat van de A-behandeling wijkt belangrijk af doordat er een dunning is uitgevoerd. Voor de schatting van de hypothetisch ongedunde situatie is gebruik gemaakt van de ook verder in deze grafieken blijkende evenwijdigheid van lijnstukken in de opeenvolgende perioden. D.w.z.: vanuit het eerste punt van de A-behandeling is een denkbeeldige lijn getrokken evenwijdig aan de gemiddelde richting van de (ongedunde) B, C, D en E behandelingen tot de vertikale lijn door de tweede serie punten. Het snijpunt hiermee geeft dan de grootte van de bijgroei in de A-behandeling aan, als er niet zou zijn gedund, een schatting dus van de gezochte hypothetische bijgroei.

Vanuit het beginpunt zijn op deze wijze voor alle behandelingen grafieken gemaakt, die de bijgroeiniveaus weergeven voor de denkbeeldige ongedunde situatie, door gebruik te maken van het verloop in de nog niet gedunde behandelingen. Op een zeker moment ontbraken echter de ongedunde percelen, want ook de E-behandeling kwam aan de beurt voor dunning. Ter vervanging is toen overgegaan op de trend van de niet recent gedunde percelen, welke eveneens meestal een grote mate van evenwijdigheid met de ongedunde percelen vertoont.

Bij het bepalen van de effecten der behandelingen ging het er vooral om te weten te komen, hoe de bijgroei in de eerste twee jaar direct na de dunning kwam te liggen, de zogenaamde dunningsschok, en verder hoe de aanpassing aan de ruime stand in de tweede periode van twee jaar eruit zou zien bij de verschillende tijdstippen van dunning. In tabel 6 is een overzicht gegeven van de waargenomen bijgroei in percenten van de hypothetische bijgroei in de ongedunde toestand, zoals die

berekend is voor de verschillende proefvelden en behandelingen, en die betrekking heeft op twee perioden van twee jaar na de eerste dunning en één periode van twee jaar na de tweede dunning. Deze bewerking is alleen uitgevoerd voor de relatieve grondvlakbijgroei (dG/dH) en voor de lopende volumebijgroei (dV/dT), omdat de lopende grondvlakbijgroei (dG/dT) weinig extra informatie bleek te bevatten. Vervolgens is met een F-toets nagegaan of er wat betreft de verlaging van het bijgroeiniveau door dunning en de aanpassing daarna, statistisch significante verschillen tussen de proefvelden en tussen de behandelingen aangetoond konden worden. Het resultaat van deze bewerking is samengevat in tabel 7, waarin de percentages zijn gemiddeld over de proefvelden of over de behandelingen voorzover er geen sprake is van significante verschillen.

Het blijkt nu, dat een halvering van het stamtal door dunning nooit een halvering van de bijgroei ten gevolge heeft: de gevonden percentages zijn altijd ruim boven de 50%. Dit betekent, dat de blijvende opstand meer of minder snel een deel van de aanwas van de gedunde bomen "overneemt". Na de tweede dunning, als het stamtal teruggebracht is tot een kwart van het oorspronkelijke stamtal, blijkt de bijgroei ruim boven de 25% van die in de ongedunde situatie uit te komen. Verder blijkt, dat de relatieve grondvlakbijgroei door de dunning veel minder wordt verlaagd dan de lopende volumebijgroei. In de tweede periode van twee jaar blijkt de relatieve grondvlakbijgroei zich ook beter te herstellen dan de lopende volumebijgroei.

Bij de relatieve grondvlakbijgroei is er direct na de eerste dunning sprake van een duidelijk behandelingseffect: vooral in de A-behandeling is de verlaging het grootst, op grond waarvan het bijbehorende tijdstip van dunning als duidelijk te vroeg kan worden gekenmerkt. In de tweede periode van twee jaar heeft het bijgroeiniveau in alle behandelingen zich hersteld tot 86%.

Hoewel de relatieve grondvlakbijgroei geacht wordt onafhankelijk te zijn van boniteitsverschillen, komt er na de tweede dunning een significant verschil tussen de proefvelden uit. Dit behoeft echter niet strijdig te zijn met de theorie, want de sterk afwijkende waarden van P 302 hebben betrekking op de balsemhybride (Oxford), die tot een geheel andere groep behoort dan de 'Robusta' van P 303 en P 304.

Wat betreft de lopende volumebijgroei blijkt, dat het 'Oxford' proefveld minder aanwasverlies door dunning te zien geeft dan 'Robusta' in de eerste twee jaren na de dunning. Het herstel van het niveau door aanpassing aan de meerdere groeiruimte verloopt bij 'Oxford' echter ook veel minder spectaculair. Verder is te zien, dat van 'Robusta'

de langzaam groeiende P 303 minder van dunning te lijden heeft, en zich beter herstelt dan de goed groeiende P 304. Ook blijkt nog, dat in de tweede periode van twee jaar na de eerste dunning, het herstel van het aanwasniveau in de vroeg gedunde behandelingen beter verloopt dan in de later gedunde. Vooral de D-behandeling blijkt in dit opzicht achterop te raken, mogelijk is dit een aanwijzing dat het hierbij behorende tijdstip van dunning een bepaalde grenswaarde van "te laat" nadert. De bijbehorende standaardafwijkingen (de sigmawaarden) variëren van 6% tot 8% absoluut, of in verhouding tot de gemiddelden van 8% tot 14%. De grootste mate van onzekerheid heeft dus het niveau van de lopende volumebijgroei na de tweede dunning, dat met 6% van de 44% een onzekerheid heeft van 14%.

Tenslotte nog enkele algemene opmerkingen. Omdat bij deze analyse geen rekening is gehouden met de variatie binnen de herhalingen, draagt deze benadering een globaal en voorlopig karakter. Na beëindiging van de proef, als alle van belang zijnde aspecten bekeken zullen worden, moet hieraan wel aandacht worden besteed. Wat betreft de proefopzet zou het achteraf beschouwd, beter geweest zijn, als de tijdsintervallen tussen de behandelingen en tussen de eerste en tweede dunning iets langer genomen waren. De effecten waren er dan waarschijnlijk nog iets duidelijker uitgekomen, vooral het "te láat" van de dunning bij de E-behandeling. Ook deed zich het gemis voelen van een serie volledig onbehandelde percelen, met behulp waarvan een nog betere schatting van de behandelingseffecten mogelijk geweest zou zijn.

5. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

In de vorige hoofdstukken is de rekenkundige verwerking van de in het terrein uitgevoerde metingen uitvoerig behandeld. Ook zijn de resultaten van dit rekenwerk zo volledig mogelijk in tabelvorm weergegeven.

In dit hoofdstuk zal worden getracht de in de inleiding genoemde probleemvragen te confronteren met de tot nu toe verkregen resultaten van het onderzoek ten einde meer zicht te krijgen op de wezenlijke betekenis hiervan. Allereerst de invloed van het tijdstip van dunning op de houtproduktie. Om datgene, dat hier belangrijk is beter te laten uitkomen, zijn enkele samenvattende tabellen en figuren gemaakt. De uitkomsten van de metingen in de proefvelden zijn overzichtelijk samengevat in de tabellen 8, 9 en 10, terwijl grafieken zijn gemaakt van het verloop van de diameter- en hoogtegroei bij de verschillende behandelingen: figuren 9, 10 en 11.

Hierin is te zien, dat de eerste dunningen bij behandeling A plaats vonden, toen de gemiddelde hoogte ongeveer 10 m was en de staande houtvoorraad tussen 30 en 43 m3/ha groot was. De dunningsopbrengst gelijk aan de helft van deze hoeveelheid, had een gemiddelde diameter van omstreeks 12 cm. Vervolgens werden de tweede dunningen bij behandeling A uitgevoerd toen de gemiddelde hoogte op 16 m was gekomen en de staande houtvoorraad weer tot 55 à 76 m3/ha was toegenomen. De op dat moment verkregen dunningsopbrengsten hadden een gemiddelde diameter van ongeveer 20 cm. Ook is te zien, dat de totale spilhoutproduktie bij behandeling A op ongeveer 18-jarige leeftijd gelegen is tussen 130 en 170 m3/ha, de gemiddelde diameter van de opstand was toen 31 cm. Vergelijken we nu deze uitkomsten met die van de extreem late dunning in behandeling E. Daar werd pas voor het eerst gedund toen de gemiddelde hoogte de 20 m al had bereikt en de staande houtvoorraad op 170 à 200 m /ha was gekomen. De gemiddelde diameter van deze dunningsopbrengst bedroeg ongeveer 22 cm, terwijl de totale spilhoutproduktie volgens de laatste meting uitkwam op 195 à 227 m3/ha, bij een gemiddelde opstandsdiameter van 24 cm.

We zien dus, dat naarmate de dunningen in een later stadium worden uitgevoerd, de dunningsopbrengsten groter worden evenals de bijbehorende gemiddelde diameter en ook de totale spilhoutproduktie stijgt. De financiële aantrekkelijkheid van late dunning is om twee redenen groter dan die van vroege dunning, nl. grotere opbrengsten per ha en zwaardere diameters, waardoor lagere exploitatiekosten per m3 en hogere houtprijzen zouden kunnen ontstaan.

Een nadeel van een laat uitgevoerde dunning is het achterblijven

van de gemiddelde diameter van de opstand: 24 cm bij behandeling E tegenover 31 cm bij A. Tot het einde van de omloop is het echter mogelijk, dat deze verhouding zich nog wijzigt, zodat ook in de laat gedunde percelen een voldoende marktwaardig eindprodukt kan worden verkregen. Doordat in de proefvelden elke behandeling een aantal malen herhaald is en gespreid over het oppervlak voorkomt, bestaat er een grote mate van zekerheid dat de gevonden verschillen niet aan bodemverschillen kunnen worden geweten. Zodra de proefneming zal zijn voltooid, zal het zinvol zijn de financiële consequenties van de verschillen in dunningstijdstip verder uit te diepen door kosten/baten analyses en rendementsberkeningen uit te voeren. Ook zal dan nog eens bekeken moeten worden, hoe de variatie van opstandskenmerken binnen de behandelingen er uit ziet, want dat is iets wat nog niet is gebeurd en toch belangrijke informatie zou kunnen geven.

In de tweede plaats is daar de reactie van de blijvende opstand op verschillen in tijdstip van dunning. Genoemd is reeds het achterblijven van de gemiddelde diameter bij lang uitgestelde dunning. Voorts is daar de invloed op het niveau van de grondvlak- en volumebijgroei per ha. Deze is goed af te lezen in tabel 6, want hierin is deze bij de verschillende behandelingen uitgedrukt in percentages van die der ongedunde percelen. Het blijkt nu, dat na zeer vroegtijdige dunning de aanwas meer terugloopt, maar zich ook beter herstelt dan na late dunning. Indien de eerste dunning op 10- à 12-jarige leeftijd wordt uitgevoerd, dan verloopt de aanpassing soepeler in die zin, dat de fluctuatie in bijgroei minder groot is. De gedunde percelen bereiken niet meer het bijgroeiniveau van de ongedunde percelen en na twee jaar lijkt de aanpassing aan de ruimere stand te zijn voltooid. Uiteraard is niet te zeggen, wat er gebeurd zou zijn als de tweede dunning op een later tijdstip zou zijn uitgevoerd. Wel lijkt het er op, dat bij zeer late dunning, die werd uitgevoerd op een leeftijd van 16 jaar, het proces van aanpassing meer tijd in beslag neemt dan de daarvoor in de proef gestelde vier jaren.

De derde probleemvraag ging over vitaliteit en stabiliteit. Gezegd kan worden, dat verminderde vitaliteit zich vaak uit in verminderde lengtegroei van de bomen. Uit de meetgegevens kan niet afgeleid worden, dat de lengtegroei bij late dunning minder zou zijn dan bij vroege dunning. Omdat er ook geen zichtbare verschillen in vitaliteit tussen de bomen in de verschillende behandelingen aan de dag getreden zijn, kan gesteld worden dat in de proefvelden geen vermindering van

vitaliteit door late dunning is waargenomen. Wat betreft de stabiliteit ligt dat iets anders. Toen in 1973 proefveld P 301 wegens stormschade moest worden opgeheven, was er in de cellen met de behandelingen A, B en C nauwelijks sprake van schade. In de cellen met behandeling D en E waren echter talrijke bomen ontworteld of scheefgedrukt. Bij de eerstgenoemde hadden de bomen H/D verhoudingen die niet ver boven de 70 lagen, terwijl bij de laatstgenoemde waarden van om en nabij 90 voorkwamen. Blijkbaar moet deze laatste voor de populier bij zware storm als kritische waarde beschouwd worden.

Samenvattend kan de hoofdvraag van dit onderzoek voorlopig als volgt worden beantwoord: Gezien tegen de achtergrond van de doelstelling van de teelt moeten de voor- en nadelen van verschillende tijdstippen van dunning onderling afgewogen worden. Uit de genomen proeven kan geconcludeerd worden, dat bij de doelstelling houtproduktie het tijdstip van eerste dunning gesteld kan worden op 12 à 14 jaar, bij een gemiddelde hoogte van tenminste 15 m. Want dunning in een vroeger stadium betekent een belangrijk lagere houtproduktie, terwijl een langer uitgestelde dunning te grote risico's met zich mee brengt in verband met de stabiliteit van de opstanden tegen storm.

6. SAMENVATTING

In 1965 zijn in Oostelijk Flevoland proefnemingen begonnen om te weten te komen wat de consequenties zijn van verschillen in tijdstip van dunning van populierenopstanden, die in een 4 bij 4 m verband zijn aangelegd. Hoewel de proefnemingen nog niet beëindigd zijn, is nu reeds te zien, dat de totale produktie aan hout bij late dunning 40% hoger ligt dan bij zeer vroegtijdige dunning. Ook zijn de dunningsopbrengsten bij late dunning financieel aantrekkelijker dan bij vroege dunning. Een nadeel van een late dunning is het achterblijven van de diktegroei van de bomen in de blijvende opstand, hetgeen gevolgen heeft voor de stormvastheid. Uit een analyse van de volumeaanwas per ha blijkt, dat deze na dunning van de helft van het stamtal met 30% verlaagd is. Als bij een tweede dunning het stamtal is teruggebracht tot een kwart van het oorspronkelijke, dan blijkt de jaarlijkse volumeaanwas per ha 50% lager te zijn dan in geheel ongedunde toestand. Bij vroegtijdige dunning is de verlaging wat meer, maar verloopt het herstel beter dan bij late dunning.

Indien men een langere omloop verkiest met de produktie van zwaar hout (dbh $>$ 35 cm), dan is het noodzakelijk bij een plantverband van 4 bij 4 te dunnen bij een gemiddelde hoogte van ongeveer 15 m. Latere dunning is in verband met gevaar voor stormschade te riskant. Wenst men echter in kortere omloop vrij licht hout (dbh $<$ 25 cm) te telen, dan krijgt men de hoogste produktie als dunning achterwege blijft.

B IJ L A G E N

Tabellen en grafieken

tabel 1 : Regressie-coëfficienten voor de schatting van boominhouden (v)
table 1 : Regression equation for the estimation of tree volumes

$$^{e}\log(v) = C_1.\log(D) + C_2.\log(H) + C_3$$

P 301

opname record nr	behandeling treatment	aantal bomen number of trees	C1	C2	C3	sigma
1, 2	A, B, C, D, E	50	1.471	1.593	-3.330	0.0449
3	A	30	1.384	1.740	-3.554	0.0362
3	B, C, D, E	50	1.423	1.487	-3.056	0.0459
4	A	30	1.639	1.105	-2.639	0.0473
4	B	30	1.832	0.935	-2.740	0.0260
4	C, D, E	50	1.552	1.535	-3.549	0.0465
5	A	24	1.912	0.605	-2.078	0.0368
5	B	30	1.665	1.261	-3.131	0.0482
5	C	30	1.546	1.279	-2.799	0.0336
5	D, E	50	1.582	1.547	-3.685	0.0507
		374				

P 302

1, 2	A, B, C, D, E	50	1.584	1.631	-3.793	0.0367
3	A	30	1.710	1.209	-3.089	0.0354
3	B, C, D, E	50	1.757	1.210	-3.279	0.0453
4	A	30	1.945	0.977	-3.173	0.0233
4	B	30	2.308	0.021	-1.630	0.0378
4	C, D, E	50	1.366	1.705	-3.508	0.0558
5	A	24	1.804	1.044	-2.910	0.0236
5	B	30	2.015	0.953	-3.320	0.0362
5	C	30	1.698	0.978	-2.402	0.0251
5	D, E	50	1.848	1.358	-3.976	0.0421
6	A	24	1.942	0.730	-2.440	0.0282
6	B	24	2.183	0.839	-3.555	0.0287
6	C	30	1.697	1.542	-2.899	0.0355
6	D	30	1.861	0.718	-2.128	0.0277
6	E	30	1.726	1.506	-4.090	0.0313
7	A	24	1.946	0.825	-2.743	0.0254
7	B	24	2.294	0.586	-3.187	0.0252
7	C	24	1.704	1.069	-2.647	0.0358
7	D	30	1.801	0.768	-2.061	0.0321
7	E	30	1.778	1.412	-3.937	0.0319
		644				

Tabel 1. Vervolg

Table 1. Continue

P 303

opname record nr.	behandeling treatment	aantal bomen number of trees	C1	C2	C3	sigma
1, 2	A,B,C,D,E	50	1.534	1.504	-3.298	0.531
3	A	30	1.493	1.486	-3.216	0.0378
3	B,C,D,E	50	1.648	1.615	-4.004	0.0439
4	A	30	1.738	1.436	-3.848	0.0374
4	B	30	1.747	1.085	-2.905	0.0389
4	C,D,E	50	1.619	1.457	-3.561	0.0485
5	A	24	1.682	1.708	-4.487	0.0388
5	B	30	1.642	1.442	-3.594	0.0406
5	C	30	1.544	1.614	-3.796	0.0333
5	D,E	50	1.662	1.348	-3.438	0.0442
6	A	24	2.019	0.524	-2.130	0.0544
6	B	24	1.463	1.624	-3.566	0.0324
6	C	30	1.616	1.815	-4.641	0.0250
6	D	30	1.709	1.323	-3.494	0.0346
6	E	30	1.624	1.890	-4.944	0.0318
7	A	23	1.726	1.384	-3.753	0.0442
7	B	24	1.579	1.580	-3.859	0.0321
7	C	24	1.580	1.882	-4.781	0.0272
7	D	30	2.107	0.370	-1.898	0.0391
7	E	29	1.634	1.942	-5.166	0.0326
		642				

Tabel 1. Vervolg
Table 1. Continue

P 304

opname record nr.	behandeling treatment	aantal bomen number of trees	C1	C2	C3	sigma
1, 2	A, B, C, D	50	1.252	1.644	-2.929	0.0604
3	A	30	1.652	1.074	-2.615	0.0242
3	B, C, D	50	1.420	1.729	-3.695	0.0396
4	A	30	1.677	1.824	-3.257	0.0405
4	B	30	1.578	1.516	-3.598	0.0324
4	C, D	50	1.532	1.513	-3.488	0.0542
5	A	23	1.791	1.230	-3.449	0.0285
5	B	30	1.526	1.891	-4.515	0.0392
5	C	30	1.569	1.794	-4.394	0.0388
5	D	50	1.803	1.314	-3.717	0.0431
6	A	20	1.643	1.605	-4.083	0.0370
6	B	24	1.556	1.558	-3.659	0.0334
6	C	30	1.679	1.596	-4.183	0.0362
6	D	25	1.727	1.483	-3.994	0.0309
7	A B, C, D	50	1.685	1.293	-3.309	0.0367
		522				

Meetresultaten
Results of measurements

P 301 'Robusta'

Tabel 2
Table 2

T	H	N	G	D	V	Gdng	Vdng	dG/dT	dV/dT	dG/dH
7	7.99	625	3.84	8.85	15.3					
								2.27	12.1	1.754
8	9.33	625	6.12	11.16	27.3					
		312	3.06	11.16	13.7	3.06	13.7			
								1.54	9.6	1.009
10	12.46	312	6.14	15.82	32.9					
								0.89	6.2	1.598
12	13.55	312	7.93	17.97	45.3					
		156	3.91	17.84	22.3	3.91	22.3			
								1.16	8.8	1.076
14	15.66	156	6.22	22.51	39.8					
7	8.08	625	4.08	9.12	16.1					
								2.32	12.3	1.785
8	9.38	625	6.40	11.41	28.4					
								2.35	15.3	1.543
10	12.43	625	11.11	15.04	59.0					
		312	5.55	15.04	29.5	5.55	29.5			
								0.67	5.4	1.196
12	13.54	312	6.89	16.75	40.3					
								1.64	13.0	1.528
14	15.70	312	10.17	20.35	66.4					
7	8.19	625	4.38	9.45	17.4					
								2.44	13.1	1.885
8	9.49	625	6.83	11.79	30.4					
								2.47	16.0	1.619
10	12.55	625	11.77	15.48	62.5					
								0.81	7.3	1.438
12	13.64	625	13.38	16.51	77.1					
		312	6.69	16.51	38.5	6.69	38.5			
								1.45	13.3	1.356
14	15.73	312	9.60	19.77	65.2					
7	7.88	625	3.88	8.89	14.9					
								2.22	11.4	1.708
8	9.13	625	6.10	11.15	26.3					
								2.39	14.8	1.566
10	12.09	625	10.88	14.88	55.9					
								0.82	7.3	1.473
12	13.30	625	12.53	15.97	70.5					
								2.00	19.3	1.859
14	15.53	625	16.52	18.34	109.1					

Tabel 2. Vervolg
Table 2. Continued

T	H	N	G	D	V	Gdng	Vdng	dG/dT	dV/dT	dG/dH
7	7.95	625	3.89	8.89	15.2					
								2.22	11.8	1.708
8	9.26	625	6.11	11.15	27.0					
								2.47	15.6	1.622
10	12.32	625	11.06	15.01	58.1					
								0.77	6.9	1.384
12	13.42	625	12.61	16.02	71.8					
								1.77	17.8	1.650
14	15.56	625	16.15	18.14	107.4					

T = leeftijd vanaf stek in jaren
age of the stand since the cutting was made (in years)

N = stamtal per ha
number of trees per ha

D = kwadratisch gemiddelde diameter op 1.30 in cm
diameter of the mean basal area tree (cm)

dG/dT = lopende grondvlakbijgroei (m2/ha per jaar)
currant annual basal area increment

dV/dT = lopende volumebijgroei (m3/ha per jaar)
currant annual volume increment

H = gemiddelde boomhoogte in meter
mean height of the trees (m)

G = grondvlak per ha in m2
basal area in m2/ha

V = spilhout-volume in m3/ha
wood volume to the tip in m3/ha

Gdng = grondvlak van de dunning (m2/ha)
basal area of the thinning

Vdng = spilhoutvolume dunning (m3/ha)
wood volume of the thinning

dG/dH = relatieve grondvlak bijgroei (m2/ha per meter gem. hoogtegroei)
basal area increment per meter height increase

P 302: 'Oxford'

Tabel 3.
Table 3.

T	H	N	G	D	V	Gdng	Vdng	dG/dT	dV/dT	dG/dH
7	9.23	625	7.02	11.96	26.9					
								1.86	16.1	1.051
8	10.97	625	8.88	13.45	43.0					
		312	4.44	13.45	21.5	4.44	21.5			
								1.58	11.9	1.122
10	13.71	312	7.59	17.58	45.3					
								1.74	15.1	1.671
12	16.12	312	11.06	21.22	75.5					
		156	5.53	21.23	37.9	5.53	37.6			
								1.11	10.5	1.159
14	18.12	156	7.75	25.12	58.9					
								1.32	12.6	1.455
16	19.87	156	10.39	29.10	84.1					
								0.86	8.6	1.730
18	21.01	156	12.11	31.41	101.4					
7	9.15	625	7.27	12.17	27.3					
								1.90	16.6	1.073
8	10.95	625	9.17	13.66	43.9					
								2.45	18.7	1.743
10	13.81	625	14.06	16.92	81.3					
		312	7.03	16.92	40.6	7.03	40.7			
								1.56	13.6	1.390
12	15.91	312	10.14	20.32	67.9					
								1.57	16.4	1.639
14	17.95	312	13.28	23.26	100.6					
		156	6.67	23.30	50.3	6.67	50.3			
								1.30	12.6	1.433
16	19.81	156	9.27	27.48	75.9					
								0.86	8.6	1.740
18	20.81	156	11.00	29.94	93.2					
7	9.17	625	7.32	12.20	27.5					
								1.90	16.7	1.073
8	10.96	625	9.22	13.70	44.2					
								2.42	18.6	1.725
10	13.82	625	14.06	16.92	81.4					
								2.11	20.2	1.886
12	16.08	625	18.28	19.29	121.7					
		312	9.14	19.29	60.8	9.14	60.9			
								1.41	15.2	1.472
14	17.93	312	11.96	22.07	91.2					
								1.72	17.6	1.891
16	19.68	312	15.93	25.04	126.3					
		156	7.74	25.04	63.6	7.65	62.7			
								0.78	8.3	1.559
18	20.72	156	9.29	27.51	80.3					

Tabel 3. Vervolg
Table 3. Continued

	T	H	N	G	D	V	Gdng	Vdng	dG/dT	dV/dT	dG/dH
D	7	9.29	625	7.31	12.20	28.1					
									1.91	16.8	1.079
	8	11.07	625	9.22	13.70	44.9					
									2.47	18.8	1.761
	10	13.89	625	14.16	16.98	82.4					
									2.04	19.6	1.828
	12	16.07	625	18.25	19.28	121.5					
									1.65	20.8	1.722
	14	17.90	625	21.55	20.95	163.0					
			312	10.77	20.95	81.5	10.77	81.5			
									1.66	17.2	1.830
	16	19.50	312	14.09	23.96	116.0					
									1.10	12.4	2.213
	18	20.52	312	16.29	25.76	140.9					
E	7	9.25	625	7.13	12.04	27.3					
									1.87	16.3	1.056
	8	10.99	625	9.00	13.54	43.6					
									2.28	17.3	1.621
	10	13.74	625	13.55	16.61	78.2					
									1.94	19.2	1.738
	12	15.98	625	17.44	18.85	116.6					
									1.62	20.2	1.686
	14	17.84	625	20.67	20.52	156.1					
									1.90	23.0	2.095
	16	19.95	625	24.47	22.33	202.1					
			312	12.23	22.33	101.1	12.24	101.0			
									0.98	12.3	1.982
	18	20.72	312	14.20	24.05	125.7					

totale produktie total production	A	B	C	D	E	
Som G	22.08	24.70	26.08	27.06	26.44	m2/ha
Som V	160.8	184.6	203.8	222.4	226.7	m3/ha

T = leeftijd vanaf stek in jaren
age of the stand since the cutting was made (in years)

N = stamtal per ha
number of trees per ha

D = kwadratisch gemiddelde diameter op 1.30 in cm
diameter of the mean basal area tree (cm)

dG/dT = lopende grondvlakbijgroei (m2/ha per jaar)
currant annual basal area increment

dV/dT = lopende volumebijgroei (m3/ha per jaar)
currant annual volume increment

H = gemiddelde boomhoogte in meter
mean height of the trees (m)

G = grondvlak per ha in m2
basal area in m2/ha

V = spilhout-volume in m3/ha
wood volume to the tip in m3/ha

Gdng = grondvlak van de dunning (m2/ha)
basal area of the thinning

Vdng = spilhoutvolume dunning (m3/ha)
wood volume of the thinning

dG/dH = relatieve grondvlak bijgroei (m2/ha per meter gem. hoogtegroei)
basal area increment per meter height increase

P 303: 'Robusta'

Tabel 4
Table 4

	T	H	N	G	D	V	Gdng	Vdng	dG/dT	dV/dT	dG/dH
A	8	8.33	581	4.90	10.35	18.8					
									1.74	11.5	1.193
	9	9.80	581	6.64	12.06	30.3					
			290	3.32	12.06	15.2	3,32	15,2			
									1.40	9.4	0.902
	11	12.93	290	6.13	16.38	34.1					
									1.24	10.2	1.263
	12	14.05	290	7.37	17.96	44.2					
									1.55	11.2	1.635
	13	15.23	290	8.92	19.76	55.4					
			145	4.49	19.83	27.7	4 43	27,8			
									1.00	9.1	0.847
	14	16.38	145	5.49	21.93	36.8					
									1.09	9.2	0.818
	15	17.61	145	6.58	24.01	46.1					
									1.21	11.7	1.077
	17	19.83	145	9.01	28.09	69.5					
									0.94	10.6	0.962
	19	21.90	145	10.90	30.89	90.7					
B	8	8.25	581	4.66	10.10	17.8					
									1.69	11.0	1.159
	9	9.69	581	6.35	11.79	28.8					
									2.23	15.0	1.431
	11	12.81	581	10.82	15.39	58.9					
			290	5.41	15.39	29.4	5,41	29,4			
									0.81	7.5	0.825
	12	13.72	290	6.22	16.50	36.9					
									1.44	10.2	1.519
	13	14.69	290	7.66	18.31	47.1					
									1.66	13.5	1.407
	14	15.82	290	9.32	20.20	60.6					
									1.60	15.8	1.201
	15	17.15	290	10.92	21.87	76.4					
			145	5.39	21.87	37.5	5,53	38,8			
									1.13	10.6	1.005
	17	19.32	145	7.65	25.89	58.7					
									0.98	10.2	0.993
	19	21.39	145	9.60	29.00	79.1					

P 303: 'Robusta'

Tabel 4. Vervolg
Tabel 4. Continued

	T	H	N	G	D	V	Gdng	Vdng	dG/dT	dV/dT	dG/dH
C	8	8.10	581	4.86	10.31	17.9					
									1.73	11.1	1.187
	9	9.56	581	6.59	12.01	29.0					
									2.38	15.6	1.528
	11	12.66	581	11.36	15.77	60.1					
									1.27	13.8	1.293
	12	13.62	581	12.63	16.62	73.9					
									1.65	11.2	1.741
	13	14.51	581	14.28	17.68	85.1					
			290	7.14	17.68	42.6	7.14	42.6			
									1.35	12.1	1.144
	14	15.63	290	8.49	19.28	54.6					
									1.66	14.7	1.246
	15	16.87	290	10.15	21.08	69.3					
									1.78	18.6	1.584
	17	19.34	290	13.70	24.50	106.4					
			145	6.79	24.33	52.3	6.91	54.1			
									0.94	10.7	0.962
	19	21.37	145	8.68	27.56	73.8					
D	8	7.85	581	4.31	9.71	15.6					
									1.60	10.1	1.097
	9	9.31	581	5.91	11.37	25.7					
									2.26	14.4	1.451
	11	12.43	581	10.43	15.11	54.5					
									1.11	11.9	1.130
	12	13.34	581	11.54	15.89	66.4					
									1.57	9.8	1.656
	13	14.10	581	13.11	16.94	76.2					
									1.94	20.0	1.644
	14	15.32	581	15.05	18.15	96.2					
									1.93	17.4	1.449
	15	16.70	581	16.98	19.28	113.5					
			290	8.49	19.28	56.8	8.49	56.8			
									1.56	15.4	1.388
	17	18.77	290	11.61	22.55	87.6					
									1.25	14.8	1.273
	19	20.83	290	14.11	24.86	117.3					

P. 303: 'Robusta'

Tabel 4. Vervolg
Table 4. Continued

	T	H	N	G	D	V	Gdng	Vdng	dG/dT	dVdT	dG/dH
E	8	8.16	581	4.44	9.86	16.9					
									1.62	10.6	1.111
	9	9.62	581	6.07	11.52	27.5					
									2.24	14.8	1.434
	11	12.73	581	10.54	15.19	57.1					
									1.16	13.3	1.181
	12	13.74	581	11.70	16.01	70.4					
									1.64	11.6	1.730
	13	14.68	581	13.34	17.09	82.0					
									1.89	21.2	1.602
	14	15.96	581	15.23	18.26	103.1					
									1.79	17.5	1.344
	15	17.43	581	17.02	19.30	120.6					
									1.88	23.4	1.673
	17	19.74	581	20.78	21.33	167.4					
			291	10.39	21.33	83.7	10.39	83.7			
									1.11	13.8	1.135
	19	21.33	291	12.62	23.51	111.2					

totale produktie total production	A	B	C	D	E	
Som G	18.71	20.54	22.73	22.60	23.01	m2/ha
Som V	133.6	147.4	170.5	174.1	194.9	m3/ha

P. 304: 'Robusta'

Tabel 5.

Table 5.

	T	H	N	G	D	V	Gdng	Vdng	dG/dT	dV/dT	dG/dH
A	8	8.72	714	6.48	10.74	26.3					
									1.35	9.3	1.219
	9	9.75	714	7.83	11.81	35.6					
			357	3.92	11.81	17.8	3.91	17.8			
									1.68	11.2	0.978
	11	12.93	357	7.28	16.11	40.3					
									1.90	14.8	1.627
	12	14.48	357	9.18	18.09	55.1					
									2.12	18.4	1.460
	13	15.94	357	11.30	20.07	73.5					
			178	5.56	19.91	36.2	5.74	37.3			
									1.28	10.9	1.202
	14	17.05	178	6.84	22.08	47.1					
									1.19	12.1	1.120
	15	18.14	178	8.03	23.93	59.2					
									1.43	14.7	1.533
	17	20.17	179	10.89	27.86	88.6					
									1.08	13.0	1.083
	19	22.21	179	13.04	30.49	114.7					
B	8	8.81	714	6.88	11.07	27.8					
									1.56	10.8	1.409
	9	9.96	714	8.44	12.26	38.6					
									3.10	22.7	1.802
	11	13.52	714	14.63	16.14	83.3					
			357	7.31	16.14	41.7	7.32	41.6			
									1.69	14.8	1.447
	12	14.82	357	9.00	17.90	56.5					
									2.27	19.8	1.563
	13	16.27	357	11.27	20.04	76.3					
									2.12	20.1	1.991
	14	17.35	357	13.39	21.85	96.4					
									1.94	21.7	1.826
	15	18.39	357	15.33	23.37	118.1					
			178	7.56	23.21	58.3	7.77	59.8			
									1.42	13.5	1.517
	17	20.23	179	10.39	27.22	85.3					
									1.19	14.2	1.199
	19	22.39	179	12.77	30.17	113.7					

P. 304: 'Robusta'

Tabel 5. Vervolg
Table 5. Continued

	T	H	N	G	D	V	Gdng	Vdng	dG/dT	dV/dT	dG/dH
C	8	8.84	714	6.95	11.13	28.1					
									1.57	10.7	1.418
	9	9.96	714	8.52	12.32	38.8					
									2.94	21.2	1.712
	11	13.42	714	14.40	16.01	81.3					
									2.50	28.2	2.140
	12	14.93	714	16.90	17.35	109.5					
									2.65	23.6	1.824
	13	16.41	714	19.55	18.66	133.1					
			357	9.78	18.66	66.6	9.78	66.6			
									1.67	15.0	1.568
	14	17.32	357	11.45	20.20	81.6					
									1.83	20.8	1.722
	15	18.35	357	13.28	21.75	102.4					
									2.16	23.8	2.316
	17	20.41	357	17.60	25.05	150.1					
			179	8.59	25.05	72.9	9.01	77.2			
									1.08	12.2	1.093
	19	22.21	179	10.76	27.70	97.4					
D	8	8.51	714	6.22	10.53	24.7					
									1.49	9.9	1.345
	9	9.64	714	7.71	11.72	34.6					
									2.84	20.1	1.653
	11	13.18	714	13.39	15.45	74.8					
									2.45	26.6	2.098
	12	14.66	714	15.84	16.80	101.4					
									2.67	22.5	1.838
	13	16.08	714	18.51	18.16	123.9					
									2.56	28.1	2.404
	14	17,24	714	21.07	19.37	152.0					
									2.08	28.8	1.958
	15	18.33	714	23.15	20.31	180.8					
			357	11.57	20.31	90.4	11.57	90.4			
									1.98	19.4	2.123
	17	19.86	357	15.53	23.53	129.2					
									1.62	20.2	1.627
	19	21.80	357	18.76	25.86	169.6					

totale produktie total production	A	B	C		
Som G	22.57	27.64	29.55	30.33	m2/ha
Som V	168.7	213.7	241.2	260.0	m3/ha

Tabel 6. Verlaging van de bijgroei door dunning: niveau in % van ongedund 1)
Table 6. Reduction of the increment by thinning expressed in % of the levels in the untreated situation

1. Bijgroei in de eerste periode van twee jaar na de eerste dunning
1. First two years after first thinning

dG/dH	A	B	C	D	totaal total	dV/dT	A	B	C	D	totaal total
P 302	66	75	81	86	308	P 302	67	68	71	73	279
P 303	60	83	75	79	297	P 303	60	74	67	68	269
P 304	63	72	75	79	289	P 304	56	63	60	59	238
totaal total	189	230	231	244	894	totaal total	183	205	198	200	786

toetsing	Som v^2 Sum v^2	n-1	s^2	F	toetsing	Som v^2 Sum v^2	n-1	s^2	F
totaal total	709.00	11			totaal total	375.00	11		
prv. plots	45.50	2	22.75	1.455ns	prv. plots	228.50	2	114.25	12.064*
behand. treatments	569.67	3	189.89	12.14**	behand. treatments	89.67	3	29.89	3.156n
toeval residual	93.83	6	15.64		toeval residual	56.83	6	9.47	

2. Bijgroei in de tweede periode van twee jaar na de eerste dunning
2. Second two years after first thinning

dG/dH	A	B	C	D	totaal total	dV/dT	A	B	C	D	totaal total
P 302	92	92	85	90	359	P 302	79	78	73	64	294
P 303	97	87	86	76	346	P 303	84	75	77	67	303
P 304	84	83	85	72	324	P 304	67	67	69	62	265
totaal total	273	262	256	238	1029	totaal total	230	220	219	193	862

Tabel 6. Vervolg
Table 6. Continued

toetsing	Som v^2 Sum v^2	n-1	s^2	F	toetsing	Som v^2 Sum v^2	n-1	s^2	F
totaal total	520.25	11			totaal total	511.67	11		
prv. plots	156.50	2	78.25	3.140ns	prv. plots	197.17	2	98.58	9.124*
behand. treatments	214.25	3	71.43	2.866ns	behand. treatments	249.67	3	83.22	7.702*
toeval residual	149.50	6	24.92		toeval residual	64.83	6	10.80	

3. Bijgroei in de eerste periode van twee jaar na de tweede dunning
3. First two years after second thinning

dG/dH	A	B	C	D	totaal total	dV/dT	A	B	C	totaal total
P 302	67	65	61		193	P 302	52	53	42	147
P 303	53	59	55		167	P 303	46	45	46	137
P 304	56	54	47		157	P 304	40	38	35	113
totaal total	176	178	163		517	totaal total	138	136	123	397

toetsing	Som v^2 Sum v^2	n-1	s^2	F	toetsing	Som v^2 Sum v^2	n-1	s^2	F
totaal total	312.22	8			totaal total	290.89	8		
prv. plots	230.22	2	115.11	12.187*	prv. plots	203.56	2	101.78	9.443*
behand. treatments	44.22	2	22.11	2.341ns	behand. treatments	44.22	2	22.11	2.051ns
toeval residual	37.78	4	9.44		toeval residual	43.11	4	10.78	

1) ns = verschillen zijn niet van betekenis: overschrijdingskans groter dan 5%
* = verschillen zijn significant: overschrijdingskans tussen 1% en 5%
** = verschillen zijn significant: overschrijdingskans kleiner dan 1%
(overschrijdingskansen berekend uit de toevalsverdeling der F-waarden)

Tabel 7. Verlaging van de bijgroei door dunning: gemiddelde niveaus in % van die der ongedunde percelen

Table 7. Mean levels of increment after thinning in % of the levels of the unthinned situation

	na de eerste dunning after first thinning		na de tweede dunning after second thinning
	gedurende de 1e twee jaar during first two years	gedurende de 2e twee jaar during second two years	gedurende de 1e twee jaar during first two years
relatieve grondvlakbijgroei dG/dH relative basal area increment	behand. A : 63% treatment B : 77% C : 77% D : 81%		P 302 : 64% P 303 : 56% P 304 : 52%
	gemidd. : 74% mean (sigma : 8%)	gemidd. : 86% mean (sigma : 7%)	gemidd. : 57% mean (sigma : 6%)
lopende volumebijgroei dV/dT current annual volume increment	P 302 : 70% P 303 : 67% P 304 : 60%	P 302:74% P 303:76% P 304:66%	Beh. A:77% B:73% C:73% D:64% P 302 : 49% P 303 : 46% P 304 : 38%
	gemidd. : 66% mean (sigma : 6%	gemidd. : 72% mean (sigma : 7%)	gemidd. : 44% mean (sigma : 6%)

Tabel 8. Resultaten van proefveld P 302 (Oxford)
Table 8. Results of measurements of P 302 (Oxford)

behandelingen: treatments	A	B	C	D	E	
1e dunning, leeftijd 1st thinning: age	8	10	12	14	16	jaar years
gem. diameter mean diameter	13.4	16.9	19.3	21.0	22.3	cm cm
volume/ha volume/ha	21.5	40.6	60.8	81.5	101.0	m3 m3
2e dunning, leeftijd 2nd thinning: age	12	14	16			jaar years
gem. diameter mean diameter	21.2	23.3	25.0			cm cm
volume/ha volume/ha	37.9	50.8	62.7			m3
toestand 18 jaar: situation at 18 years:						
gem. diameter mean diameter	31.4	29.9	27.5	25.8	24.0	cm cm
gem. hoogte mean height	21.0	20.8	20.7	20.5	20.7	m m
volume/ha volume/ha	101.4	93.2	80.3	140.9	125.7	m3 m3
totale produktie total production	160.8	184.6	203.8	222.4	226.7	m3 m3

Tabel 9. Resultaten van proefveld P 303 (Robusta)
Table 9. Results of measurements of P 303 (Robusta)

behandelingen: treatments	A	B	C	D	E	
1e dunning, leeftijd 1st thinning: age	9	11	13	15	17	jaar years
gem. diameter mean diameter	12.1	15.4	17.7	19.3	21.3	cm cm
volume/ha volume/ha	15.2	29.4	42.6	56.8	83.7	m3 m3
2e dunning, leeftijd 2nd thinning: age	13	15	17			jaar years
gem. diameter mean diameter	19.8	21.9	24.4			cm cm
volume/ha volume/ha	27.7	38.8	54.1			m3 m3
toestand 19 jaar: situation at 19 years						
gem. diameter mean diameter	30.9	29.0	27.6	24.9	23.5	cm cm
gem. hoogte mean height	21.9	21.4	21.4	20.8	21.3	m m
volume/ha volume/ha	90.7	79.1	73.8	117.3	111.2	m3 m3
totale produktie total production	133.6	147.4	170.5	174.1	194.9	m3 m3

Tabel 10. Resultaten van proefveld P 304 (Robusta)
Table 10. Results of measurements of P 304 (Robusta)

behandelingen: treatments	A	B	C	D	E	
1e dunning, leeftijd	9	11	13	15		jaar
1st thinning: age						years
gem. diameter	11.8	16.1	18.7	20.3		cm
mean diameter						cm
volume/ha	17.8	41.7	66.6	90.4		m3
volume/ha						m3
2e dunning, leeftijd	13	15	17			jaar
2nd thinning: age						years
gem. diameter	19.9	23.2	25.0			cm
mean diameter						cm
volume/ha	36.2	58.3	77.2			m3
volume/ha						m3
toestand 19 jaar:						
situation at 19 years:						
gem. diameter	30.5	30.2	27.7	25.9		cm
mean diameter						cm
gem. hoogte	22.2	22.4	22.2	21.8		m
mean height						m
volume/ha	114.7	113.7	97.4	169.6		m3
volume/ha						m3
totale produktie	168.7	213.7	241.2	260.0		m3
total production						m3

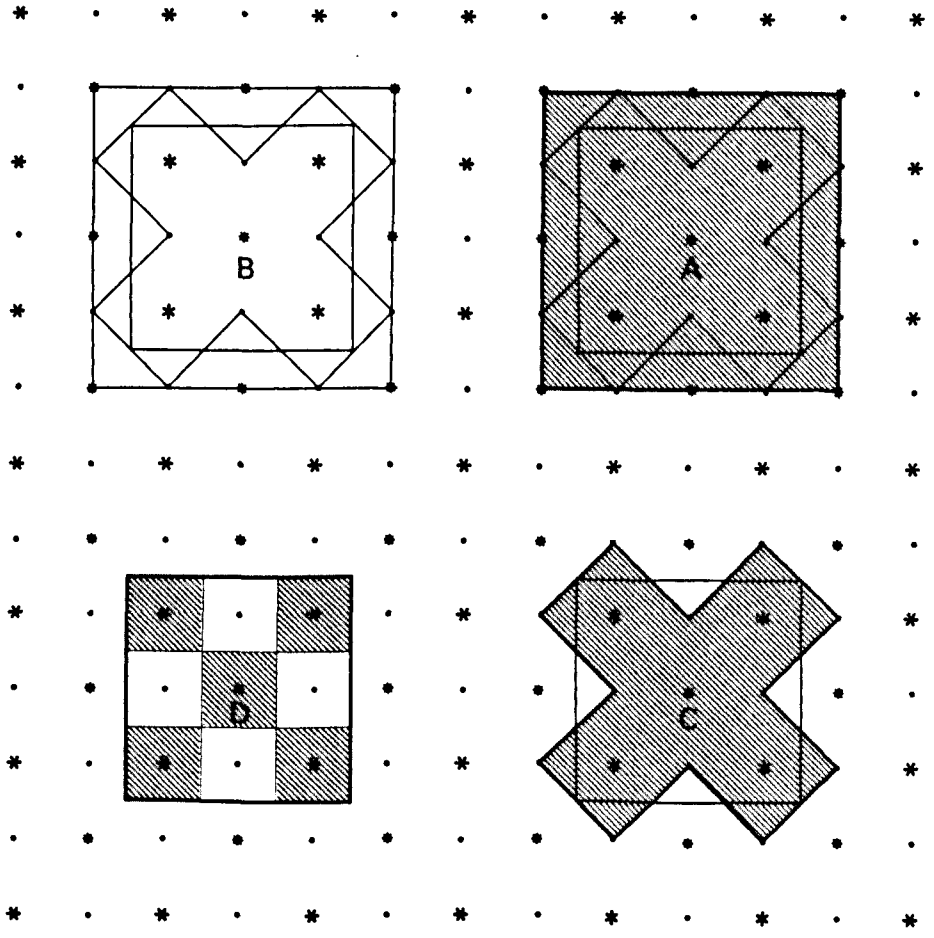
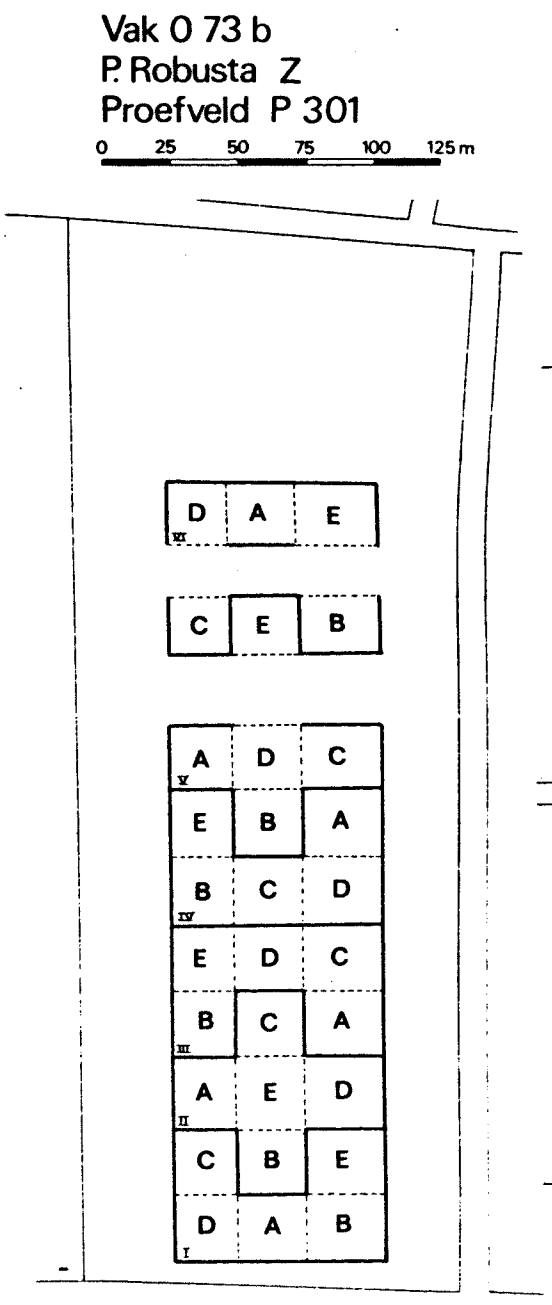


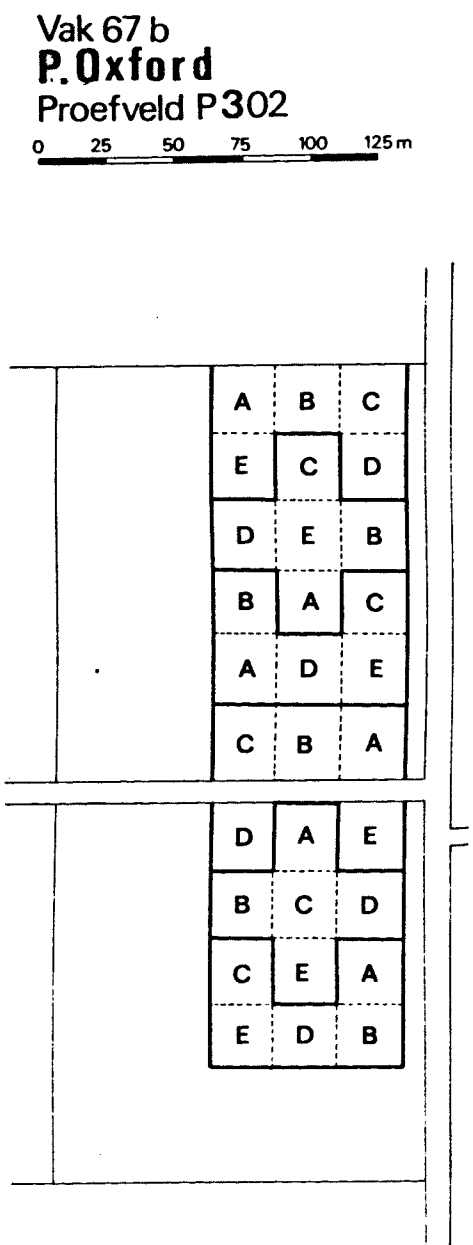
Fig. 1. Eén blok (herhaling van de proefopzet bij vier behandelingen; gearceerd de groeiruimtes van de meetbomen vóór de dunning (D) en na één en twee dunningen (C en A)
. = bomen te verwijderen bij de eerste dunning
* = bomen te verwijderen bij de tweede dunning
ж = blijvende opstand

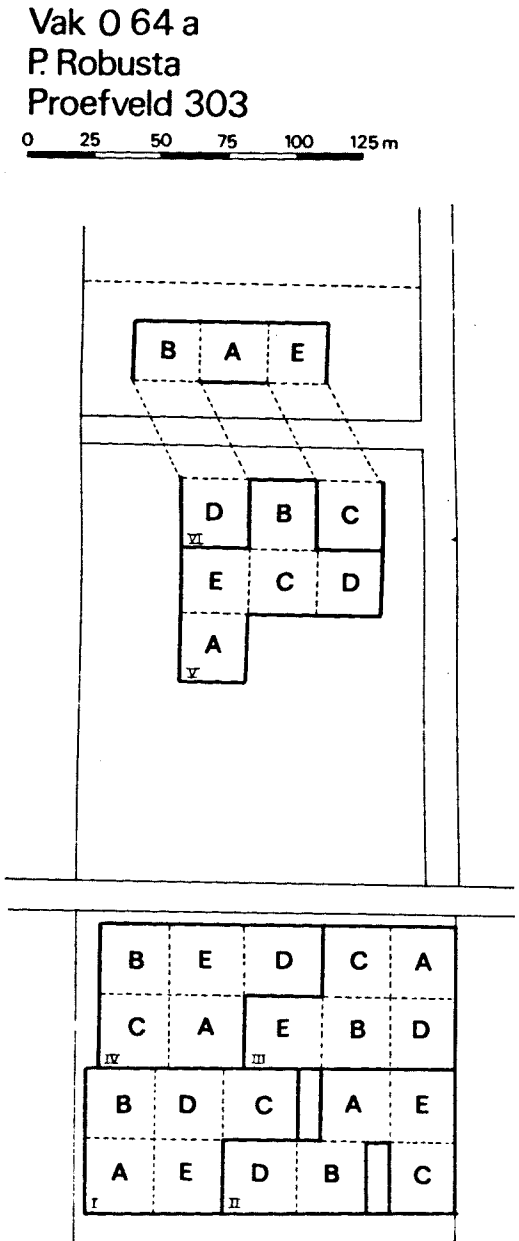
Behandeling A:	1e dunning	1966/67;	2e dunning	1970/71
B:	"	1968/69;	"	1972/73
C:	"	1970/71;	"	1974/75
D:	"	1972/73;	"	1976/77
E:	"	1974/75;	"	1978/79

Experimental design of one randomized block
. trees to be removed in the first thinning
* trees to be removed in the second thinning
ж remaining trees

A:	first thinning	1967	second thinning		1971
B:	" "	1969	"	"	1973
C:	" "	1971	"	"	1975
D:	" "	1973	"	"	1977







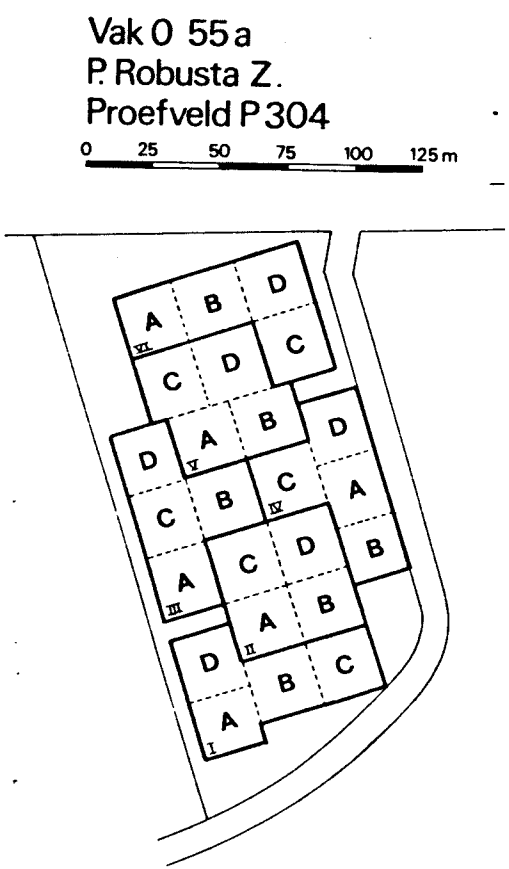


Fig. 2 t/m 5 Indeling van de proefvelden
(Design of the experimental plots)

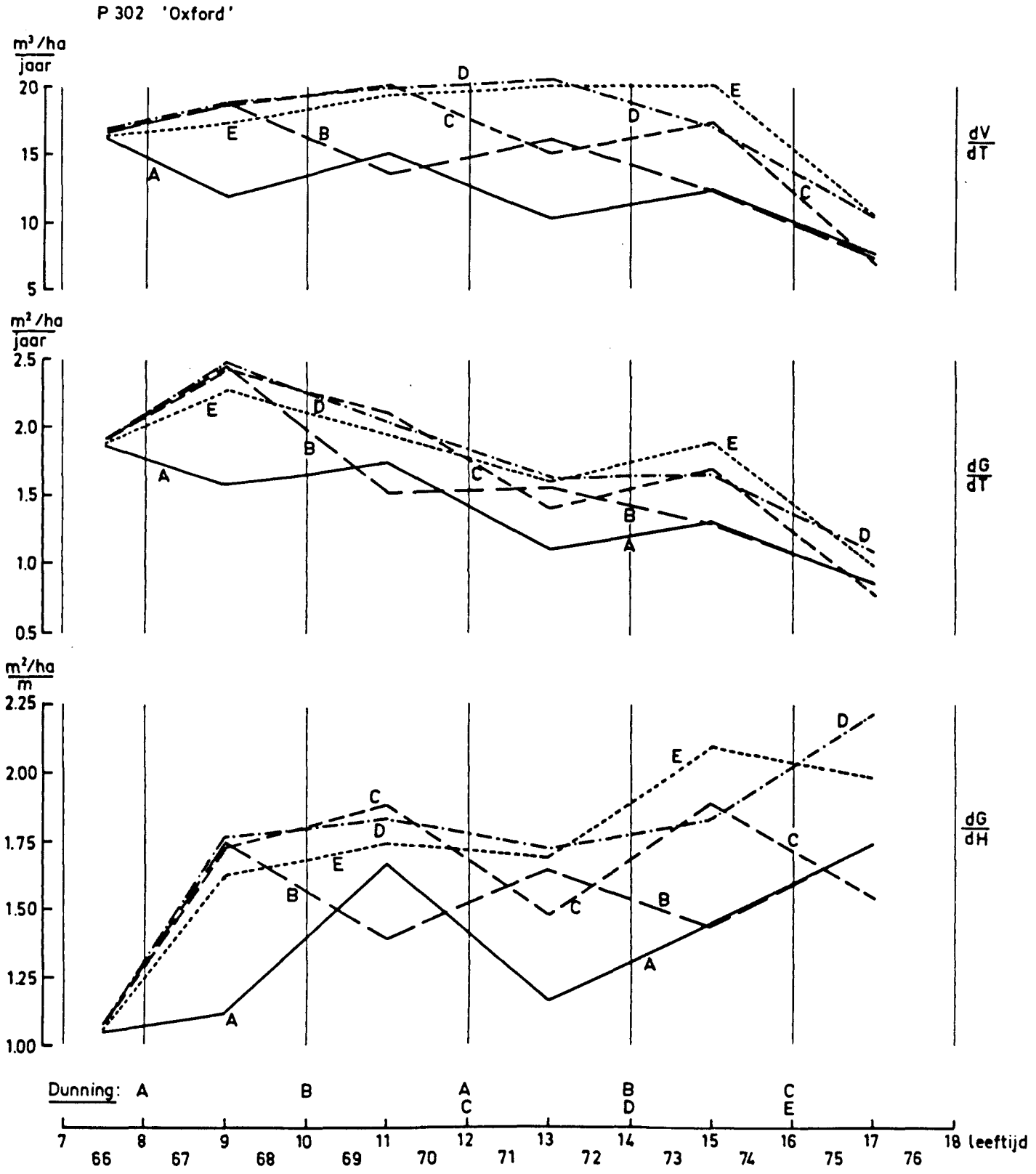


Fig. 6. Verloop van bijgroeikenmerken gedurende de proefneming in P 302
(Increment values during the experiment in P 302)

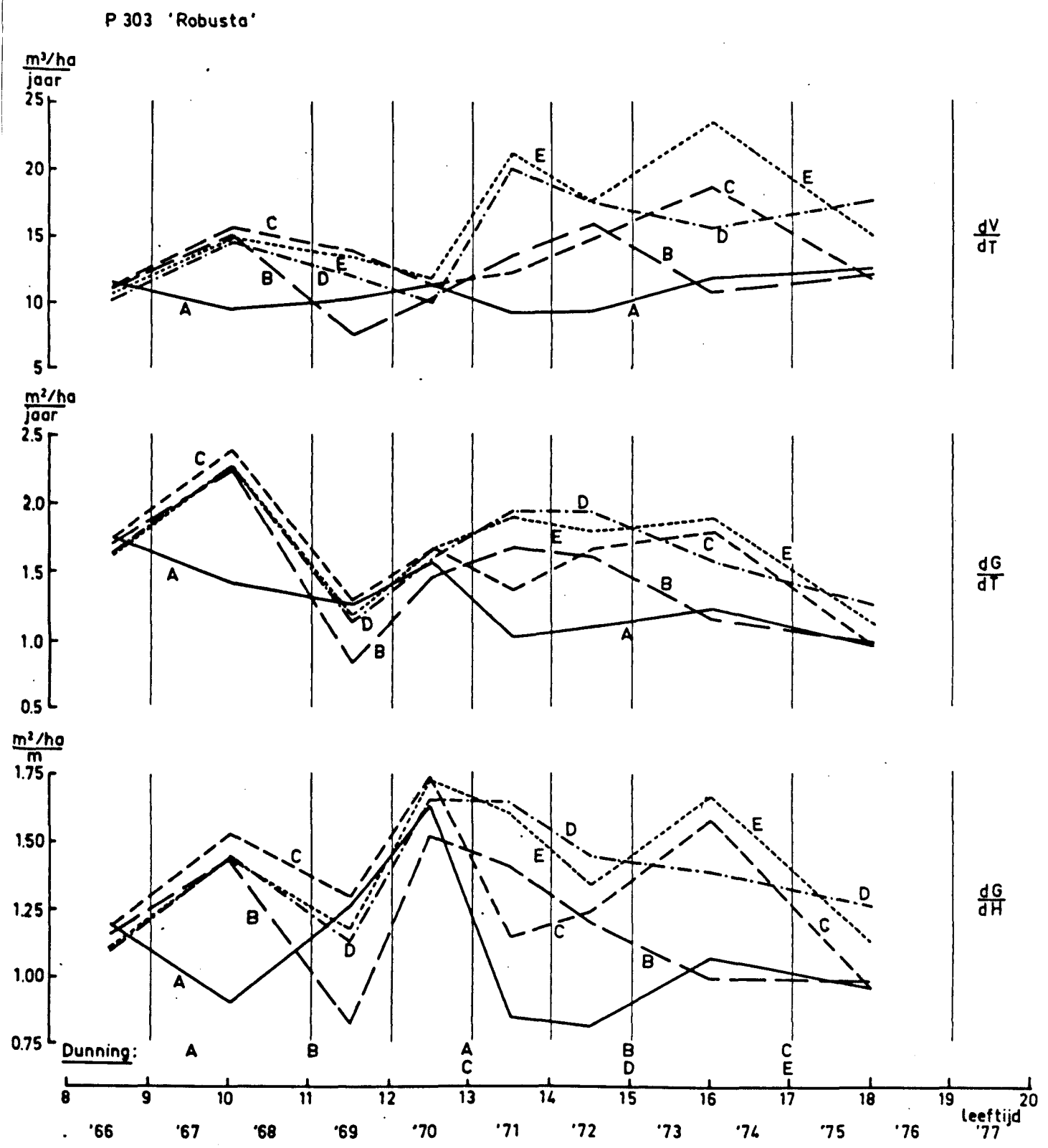


Fig. 7. Verloop van bijgroeikenmerken gedurende de proefneming in P 303
(Increment values during the experiment in P 303)

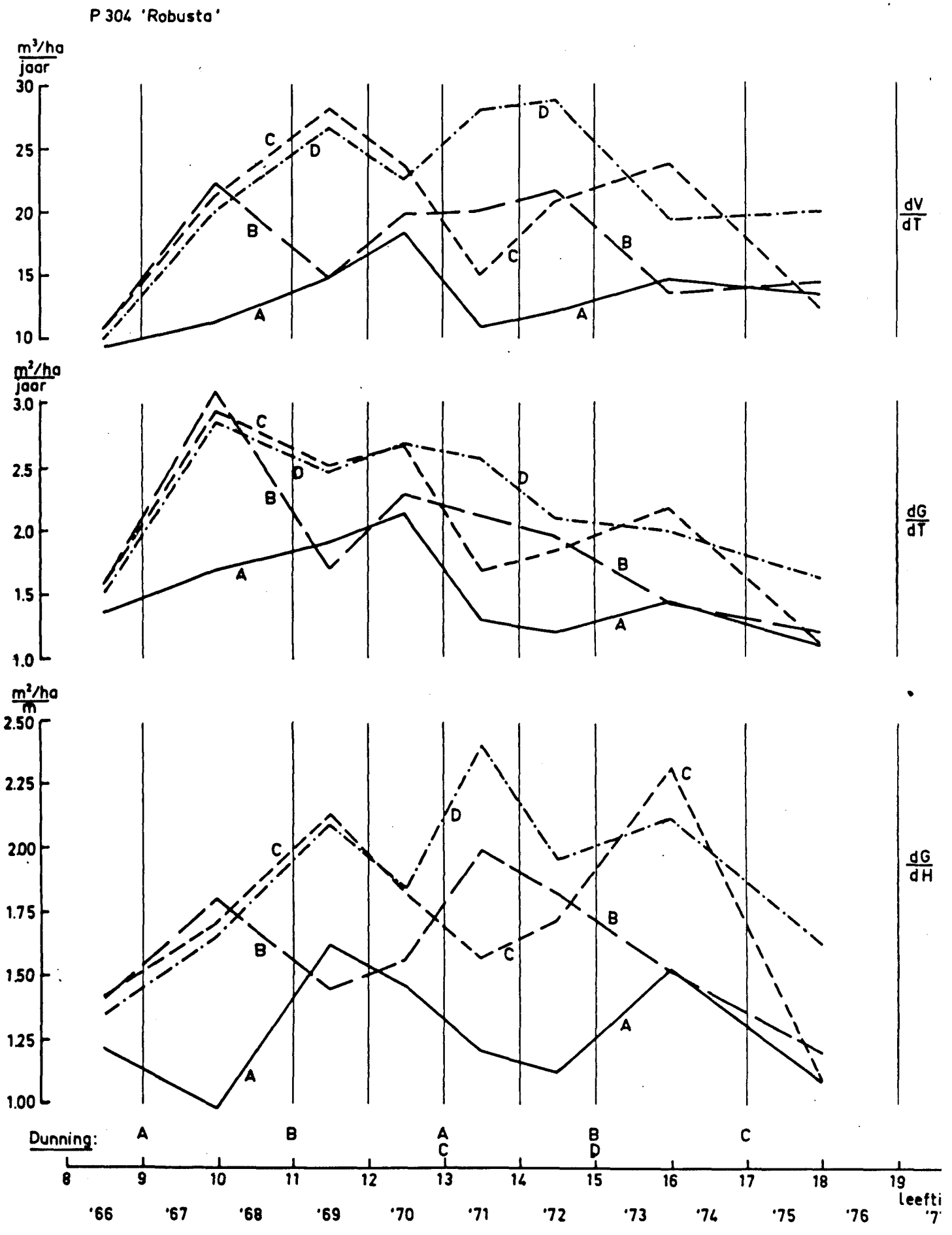


Fig. 8. Verloop van bijgroeikenmerken gedurende de proefneming in P 304
(Increment values during the experiment in P 303)

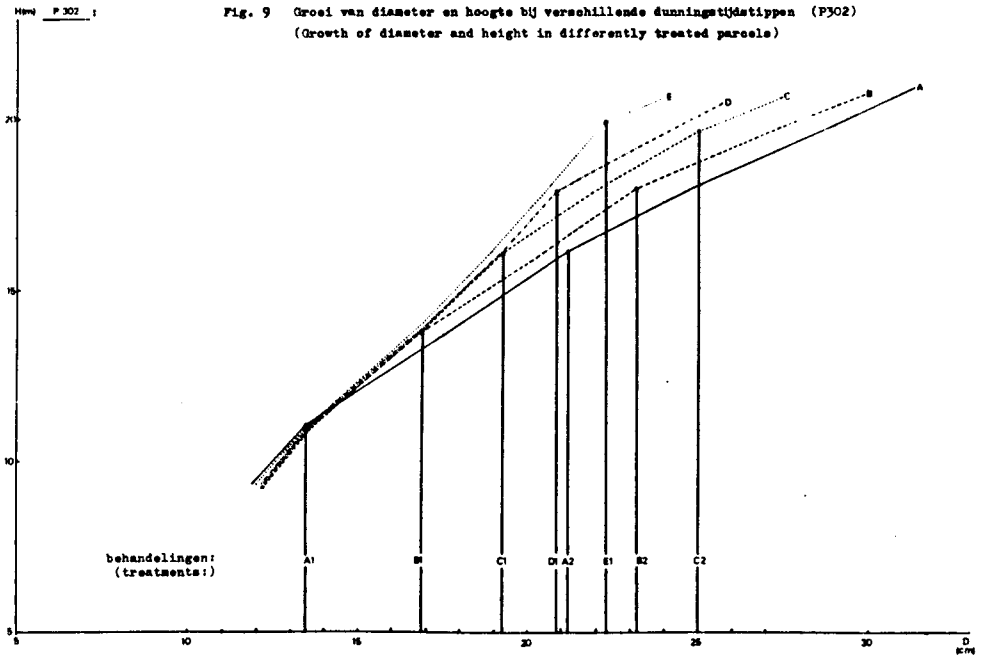


Fig. 9 Groei van diameter en hoogte bij verschillende dunningstijdstippen (P302)
(Growth of diameter and height in differently treated parcels)

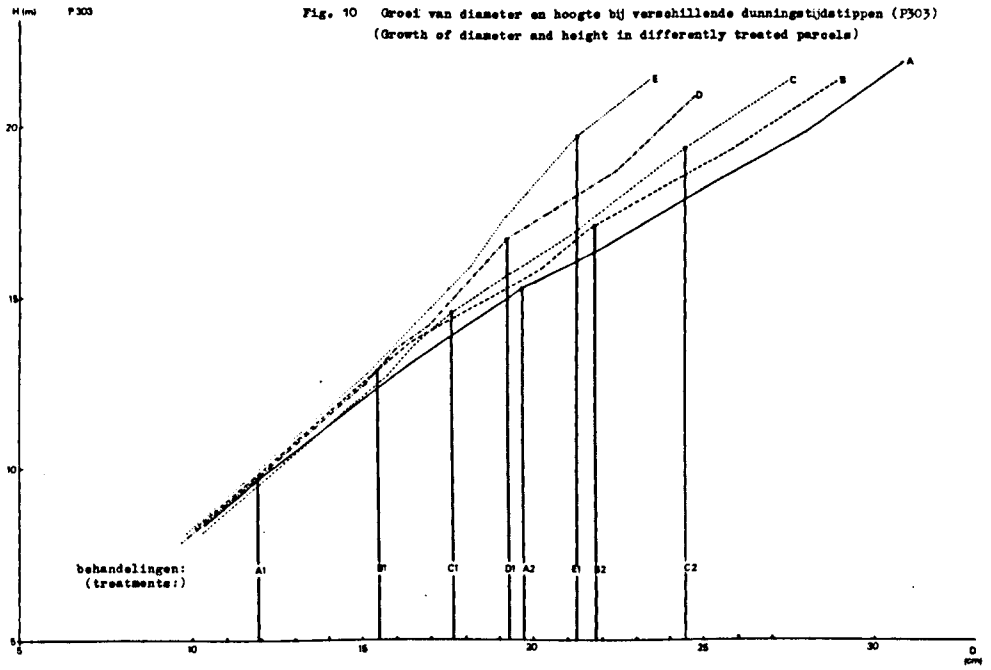


Fig. 10 Groei van diameter en hoogte bij verschillende dunningstijdstippen (P303)
(Growth of diameter and height in differently treated parcels)

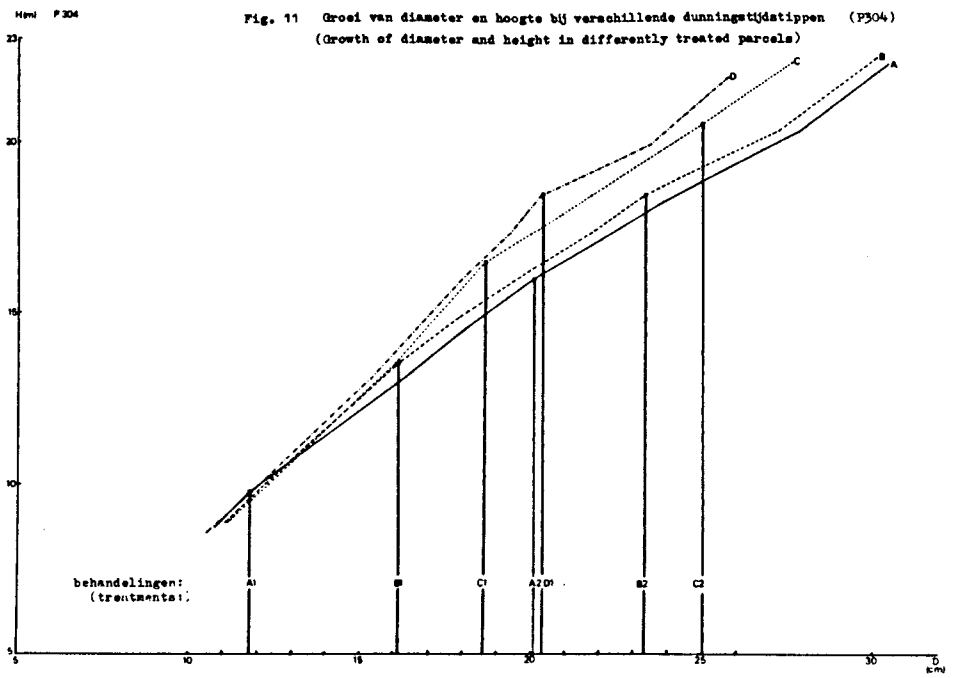


Fig. 11 Groei van diameter en hoogte bij verschillende dunningstijdstippen (P304)
(Growth of diameter and height in differently treated parcels)