TABEL VOOR DE INHOUDSBEPALING VAN GROVEDENNEN-OPSTANDEN IN NEDERLAND

TABLE POUR L'ÉVALUATION DU VOLUME DES PEUPLEMENTS DE PINS SYLVESTRES AUX PAYS-BAS

[524 Pinus Silvestris]

door

A. STOFFELS

RÉSUMÉ

Le cubage des peuplements peut se faire par des manières différentes: le but du cubage détermine la méthode la meilleure. On sera tenu pour certains buts à une exactitude bien définie et alors les frais ne joueront pas un rôle prépondérant. Mais pour d'autres buts par exemple pour les plans d'aménagement une grande exactitude n'est pas exigée et on sera alors obligé de tenir compte des frais dans l'évaluation du volume et des autres quantités dendrométriques.

On peut mesurer sur un arbre des quantités différentes comme la hauteur et les sections à diverses distances au-dessus du sol. Pour simplifier le cubage on peut réduire le nombre des quantités à mesurer, mais on peut aussi diminuer le nombre d'arbres pour lesquels on détermine toutes ces quantités. Dans la pratique il sera possible d'économiser en combinant ces deux limitations.

Il reste encore la possibilité de ne faire toute mesure d'une caractéristique et de se servir de données générales comme de tables ou de graphiques. L'emploi de telles données ne sera pas moins exact en tout cas que la mesure en nombre limité d'une seule caractéristique dendrométrique. Le but de nos recherches est de fournir une table de cubage pour le pin sylvestre aux Pays-Bas.

Des recherches sur les diamètres moyens et les écarts-types des distributions de diamètres nous montrent l'existence d'une relation stochastique entre ces deux quantités. Cependant, les éclaircies jouent un rôle important. Après une éclaircie normale le diamètre moyen augmente et l'écart-type diminue. En général on peut dire par contre que dans un peuplement ayant un diamètre moyen plus grand, on arrive à une valeur de l'écart-type plus forte.

L'asymétrie de la distribution aussi est en relation avec le diamètre moyen. Il ne s'agit pas d'une relation functionnelle mais d'une relation stochastique. Au contraire, le coefficient appelé excès n'a aucune liaison avec le diamètre moyen et oscille autour de la valeur zéro. Ensuite, la distribution totale des diamètres a fait l'objet de recherches et la déviation de la courbe normale de fréquence était manifeste pour presque tous les peuplements. Les courbes de distribution de Charlier (3) et Van Uven (9) ont permis des représentations satisfaisantes du phénomène. Pour des raisons de simplicité la distribution de Charlier a été choisie pour les recherches qui vont suivre, le coefficient appelé excès étant fixé à zéro.

La relation entre le volume d'un arbre et son diamètre est particulièrement évidente. Les fonctions de Gehrhardt (7) et Berkhout (1) ont été essayées et la dernière nous a donné en général les meilleurs résultats. On

peut calculer le volume total V *du peuplement en appliquant la fonction de Berkhout par la sommation:*

$$V = \alpha \Sigma yd^{\beta},$$

dans laquelle les fréquences des classes de diamètres sont indiquées par y, le diamètre par d *et les constantes par* α *et* β*. L'exposant* β *est à peu près constant pour les peuplements de pins sylvestres en Hollande. Le coefficient* α *est en liaison avec la hauteur moyenne et le diamètre quadratique moyen du peuplement.*

L'équation ci-dessus nous permet de calculer le quotient $\overline{hf}$ *du volume par la surface terrière totale* G *parce que:*

$$\overline{hf} = \frac{V}{G} = \frac{4\alpha\Sigma yd^{\beta}}{\pi\Sigma yd^2}.$$

Les considérations précédentes nous permettront d'évaluer ce quotient pour chaque peuplement. Les correspondances de l'écart-type et du coefficient d'asymétrie au diamètre moyen déterminent la distribution de fréquence des diamètres.

Il est possible de déterminer pratiquement sans erreur le nombre d'arbres d'un peuplement par dénombrement. Mais pour épargner du temps et des frais il est nécessaire de trouver une autre méthode. On peut se servir de placettes d'essai et dans ce cas on doit résoudre des questions de grande importance: grandeur de ces placettes d'essai, leur nombre, leur mode d'implantation et ensuite leur forme.

Des recherches nous ont permis de penser que des placettes d'essai de 0.01 ha sont souhaitables pour les peuplements de plus de 2000 arbres par hectare et des placettes d'essai de 0,02 ha pour les peuplements dont le nombre d'arbres ne surpasse pas 2000 à l'hectare. Dans le seul cas des peuplements âgés et creux comportant un nombre d'arbres inférieur à 500 à l'hectare l'emploi de placettes d'essai de 0,04 ha sera avantageux.

La forme des placettes d'essai n'a pas l'importance qu'on lui attribuait autrefois. Néanmoins, des considérations pratiques nous prouvent que des placettes d'essai en forme de cercles sont préférables. Théoriquement on peut admettre qu'il est favorable de choisir tout-à-fait au hasard les emplacements des placettes d'essai dans le peuplement, mais en pratique la réalisation de ce procédé n'est pas facile. On en vient très vite à une distribution quelque peu systématique et contre cette méthode il n'existe pas de grandes objections. Mais il faut toujours éviter de choisir des parties du peuplement dont on estime qu'elles en donnent une impression moyenne.

On peut déterminer la surface terrière totale d'un peuplement par la mesure des diamètres de tous les arbres du peuplement. Il est évident que cette mensuration prendra trop de temps dans certaines circonstances. Dans le cas où on a déjà déterminé le nombre d'arbres il suffit d'évaluer seulement la surface terrière de l'arbre moyen. La surface terrière totale sera alors le produit du nombre d'arbres et de cette surface terrière. On emploie en général le temps disponible le plus efficacement en mesurant les diamètres d'un nombre d'arbres égal au quart ou à la moitié du nombre des arbres qu'on a comptés pour évaluer le nombre d'arbres du peuplement.

En appliquant la méthode en question, il n'est pas nécessaire de déterminer *la courbe des hauteurs pour le peuplement entier et il suffit d'évaluer la hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne. Théoriquement on peut atteindre à ce but par calcul de la surface terrière moyenne, puis par nouvelle visite du peuplement en recherchant des arbres ayant cette surface terrière. Mais avec un peu d'expérience il sera possible de déterminer des limites entre lesquelles la surface terrière moyenne doit se trouver. On peut alors déterminer une petite partie de la courbe des hauteurs. La surface terrière moyenne étant ensuite calculée, on trouve sur le graphique la hauteur correspondante.*

Il est très difficile de recommander tel ou tel dendromètre. En général on peut dire que dans le cas où le temps est limité, il est plus efficace de mesurer un nombre d'arbres aussi grand que possible avec un dendromètre simple qu'un nombre plus limité avec un instrument d'une grande précision. Mais si, au contraire, on dispose de beaucoup de temps, un instrument exact vaut mieux qu'un dendromètre trop simple (15).

La fonction de Berkhout

$$\mathrm{v} = \alpha \mathrm{d}^{\beta}$$

nous donne un ajustement satisfaisant pour la régression entre le volume v *et le diamètre* d *des arbres de peuplements de pins sylvestres. L'exposant* β *était presque constant; la moyenne de 26 peuplements en était 2,196 ± 0,013. La relation entre le volume et le diamètre a été alors étudiée selon la fonction (17)*

$$\mathrm{v} = \gamma \mathrm{d}^{2,2}.$$

Ensuite une relation a été trouvée entre le coefficient γ *et les diamètres quadratiques moyens et les hauteurs moyennes des peuplements à l'aide de l'équation*

$$\gamma = 0{,}501 \; \mathrm{d}_g^{-0{,}268} \, \mathrm{h}_g^{+0{,}865}$$

L'écart-type et le coefficient d'asymétrie de la distribution des diamètres nous montrent l'existence d'une relation avec le diamètre moyen; il est alors possible de construire des distributions théoriques de fréquence pour chaque diamètre quadratique moyen. En supposant que les fréquences théoriques des classes de diamètres sont η, *on peut calculer la valeur*

$$\varrho = \frac{\Sigma \eta \mathrm{d}^{2,2}}{\Sigma \eta \mathrm{d}^2}.$$

Ensuite le quotient du volume du peuplement par la surface terrière est donné par l'équation

$$\overline{\mathrm{hf}} = \frac{4\gamma}{\pi} \varrho.$$

Avec cette équation on a construit une table pour le rapport en cause.

Inleiding.

De inhoudsbepaling van houtopstanden kan op zeer verschillende manieren geschieden en het hangt van het doel van de bepaling af, welke werkwijze men zal kiezen. Voor sommige doeleinden is men aan een bepaalde nauwkeurigheid gebonden en de kosten spelen dan geen doorslaggevende rol. Hierbij kan men denken aan inhoudsbepalingen ten behoeve van wetenschappelijke onderzoekingen. Doch bij andere bepalingen spelen de kosten een grote rol, zoals bij de bedrijfsregeling. Bij het inventariseren van de houtvoorraad zal men niet onbeperkt zijn in de gelden, die men daaraan redelijkerwijs kan besteden.

Bij de inhoudsbepaling kan men gebruik maken van vele houtmeetkundige gegevens van de bomen, die de opstand vormen. We denken daarbij aan de hoogte, die we van elke boom zouden kunnen bepalen. Voorts aan doorsneden van de bomen op verschillende hoogten boven de grond. Het is vanzelfsprekend ondoenlijk om een groot aantal doorsneden bij staand hout te meten. De meest gebruikte doorsnede is die op borsthoogte (1,3 m boven de grond). En men doet dit niet, omdat de doorsnede op borsthoogte de belangrijkste van de boom is. Het is bekend, dat in het algemeen de doorsnee op $^1/_3$ tot $^1/_4$ deel van de lengte van de boom van de voet af een grotere correlatie met de inhoud vertoont dan de doorsnede op borsthoogte. Deze laatste heeft echter onze bijzondere aandacht, omdat zij gemakkelijk aan de boom kan worden bepaald.

De inhoudsbepaling van een opstand kan men vereenvoudigen door het aantal houtmeetkundige gegevens te beperken, maar ook door een bepaald aantal grootheden niet aan alle bomen, maar aan een beperkt aantal te meten. Hoewel er dus twee mogelijkheden zijn voor een vereenvoudiging, zal men als regel niet één van beide kiezen. Een combinatie van de twee mogelijkheden is veelal de aangewezen oplossing. Daarbij zal men van het ene gegeven misschien aan vele bomen meten en een ander aan een beperkt aantal bomen. De keuze van welk gegeven men veel en van welk gegeven men weinig steekproeven zal nemen, hangt in de eerste plaats van de waarde van dit gegeven voor de inhoudsbepaling af. Doch ook de tijd en daarmede de kosten van de bepaling van een gegeven spelen een grote rol.

Men kan ook sommige houtmeetkundige gegevens aan geen der bomen bepalen en gebruik maken van tabellen of grafieken, die algemene gemiddelden weergeven. Dit is alleen mogelijk, wanneer de spreiding om deze gemiddelden niet zo groot is, dat hierdoor het resultaat aan te grote foutmogelijkheden zou bloot staan. Het spreekt voor zich, dat een inhoudsbepaling, waarbij men van algemene gemiddelden gebruik maakt, onnauwkeuriger is dan een bepaling, waarbij men zeer vele grootheden aan alle bomen meet of zeer uitgebreide steekproeven neemt. Het werken met algemene gegevens behoeft echter niet onnauwkeuriger te zijn dan een inhoudsbepaling, waarbij men van vele gegevens slechts een beperkt aantal steekproeven neemt. Bij bepaalde grootheden bestaan in een opstand zekere spreidingen en het is helemaal niet zeker, dat de middelbare fout van het gemiddelde of de regressiewaarde van de steekproeven kleiner is dan de spreiding om het algemene gemiddelde of de algemene regressiewaarde van vele opstanden.

Het doel van dit onderzoek is om voor de groveden in Nederland een tabel voor de opstandsvormhoogte samen te stellen.

De houtmeetkundige grootheden van de opstand.

Onder de gemiddelde diameter verstaat men het gemiddelde van alle diameters van de opstand op borsthoogte. Als regel zal men de diameters in klassen indelen. Noemt men de klassenmiddelpunten

$$d_1, d_2, \ldots, d_p$$

en zijn de aantallen stammen in deze klassen

$$y_1, y_2, \ldots, y_p,$$

dan kan men de rekenkundig gemiddelde diameter $\overline{d}$ als volgt weergeven

$$d = \frac{\Sigma yd}{\Sigma y} = \frac{1}{A} \Sigma yd,$$

wanneer men met A het aantal stammen van de opstand aanduidt.

De spreiding om de gemiddelde diameter kunnen we berekenen volgens

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{A} \Sigma y \, (d - \overline{d})^2} \, .$$

Cajanus (2) heeft deze spreiding uitvoerig onderzocht en vond in het algemeen, dat deze met de gemiddelde diameter toenam. De dunning speelt hier een belangrijke rol, immers na een normale dunning neemt de spreiding af, terwijl de gemiddelde diameter toeneemt.

Wenst men verdere inlichtingen over de diameterverdeling, dan kan men de scheefheid berekenen volgens

$$S = \frac{1}{A\sigma^3} \Sigma y \, (d - \overline{d})^3 \, .$$

dan wel deze asymmetrie uitdrukken in de coefficient β_3, zoals deze door Charlier (3) wordt gebruikt

$$\beta_3 = -\frac{S}{6} .$$

Een volgend gegeven van de diameterverdeling is het exces

$$E = \frac{1}{A\sigma^4} \Sigma y \, (d - \overline{d})^4 - 3$$

of in plaats van dit exces kan men ook in navolging van Charlier (3) gebruik maken van de exces-coefficient

$$\beta_4 = \frac{E}{24} .$$

Voor opstanden van de groveden in Nederland werd een stochastische betrekking gevonden tussen de asymmetrie-coefficient en de gemiddelde kwadratische diameter. De bestudering van deze regressie is belangrijk, omdat zij ons in staat stelt een algemeen gemiddelde van de asymmetrie-coefficient bij een bepaalde gemiddelde diameter aan te geven.

In aansluiting op de onderzoekingen van Cajanus (2), Ilvessalo (8) en Lönnroth (11) werd weinig positiefs over de exces-coefficient waargenomen; zij was van weinig betekenis en schommelde om de nulwaarde (17).

De frequentieverdeling van de diameters volgt niet de verdeling van Gauss; we hebben met scheve verdelingen te doen. Ilvessalo (8), Lönnroth (11) en Näslund (14) hebben getracht de verdelingen weer te geven door de eerste functie van Charlier (3). De resultaten van deze onderzoekingen mogen we zeker bevredigend achten. Maar ook met de frequentieverdeling van Van Uven (9) kan men veelal een betrouwbare aanpassing verkrijgen. Tenslotte mag niet onvermeld blijven, dat ook Levaković (10) met één van de vormen van frequentieverdelingen van Pearson redelijke resultaten heeft geboekt.

Voor onze onderzoekingen is de voorkeur gegeven aan de eerste frequentiefunctie van Charlier (3), waarbij $\beta_4 = 0$ wordt gesteld, hetgeen inhoudt, dat de functie de vorm

$$\eta = \varphi_0 (x) + \beta_3 \varphi_3 (x)$$

verkrijgt, waarin

$$\varphi_0 (x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

$$\varphi_3 (x) = (-x^3 + 3x) \varphi_0 (x)$$

en

$$x = \frac{d - \bar{d}}{\sigma}.$$

Het is duidelijk, dat tussen inhoud en diameter op borsthoogte van de stammen in een opstand een stochastische betrekking bestaat en verschillende pogingen, zoals die van Gehrhardt (7), zijn gedaan om deze regressie in een functie uit te drukken. In 1920 bracht Berkhout (1) de volgende betrekking naar voren:

$$v = \alpha d^{\beta},$$

waarin α en β twee constanten zijn. Hij gebruikte deze vergelijking met goede resultaten voor een viertal grovedennenopstanden en vond daarbij, dat de exponent β voor alle opstanden practisch gelijk was aan 2,21. Ilvessalo (8) meent, dat deze waarde kan schommelen tussen 1,1 en 2,5 en Meyer (12) brengt naar voren, dat de waarde in het algemeen ligt tussen 2,2 en 2,8 en voor Marokkaanse dennen 2,42 is. Ook Emrović (4, 5) maakt gebruik van deze betrekking. Essed (6) vond de exponent 2,4 voor opstanden van douglas en lariks in Nederland. Ook leerboeken over de houtmeetkunde, zoals die van Tjurin (18) en Mihajlov (13) vermelden de in Nederland gevonden theorie.

Bij latere onderzoekingen werd de theorie van Berkhout (1) bevestigd voor de groveden in Nederland en werd de waarde 2,2 als exponent gevonden. De coefficient α wisselde sterk, doch voor de groveden mag worden aangenomen, dat deze parameter in betrekking staat tot de gemiddelde kwadratische diameter en de gemiddelde hoogte (16).

Wanneer de parameters α en β van de functie bekend zijn, dan vindt men de inhoud V van de gehele opstand door sommering

$$V = \alpha \Sigma y d^{\beta} .$$

Onder de vormhoogte $\overline{hf}$ van een opstand verstaat men de factor, waarmede men het totale grondvlak

$$G = \frac{1}{4} \pi \Sigma y d^2$$

moet vermenigvuldigen om de inhoud van de opstand te verkrijgen. Uit de twee laatste vergelijkingen blijkt, dat de vormhoogte berekend kan worden uit

$$\overline{hf} = \frac{V}{G} = \frac{4\alpha \Sigma y d^{\beta}}{\pi \Sigma y d^2} .$$

De bepaling van de houtmeetkundige grootheden.

Het aantal stammen van een opstand kan men door telling practisch foutloos bepalen. Doch de telling van alle bomen van de opstanden kost zeer veel tijd en het is duidelijk, dat men hiertoe in de meeste gevallen niet zal kunnen overgaan. Men kan tijd en kosten besparen door te werken met proefvlakten. Hierbij doen zich terstond enkele vragen voor, die we zullen moeten beantwoorden. In de eerste plaats de vraag hoe groot elk der proefvlakten moet zijn en hoeveel men er in een opstand met een bepaalde grootte moet kiezen. Voorts is de vraag hoe men de proefvlakten moet nemen, hetzij in enigszins regelmatig verband, hetzij willekeurig. En tenslotte de vraag welke vorm deze proefvlakten moeten hebben.

Noemen we de oppervlakte van een proefvlakte p en stellen we, dat n van deze proefvlakten in de opstand worden gekozen, dan wordt dus in de gehele opstand, waarvan we de oppervlakte P noemen, dus een gedeelte ter gezamenlijke grootte np bezien. De aantallen bomen, die we op de verschillende proefvlakten tellen, stellen we voor door

$$a_1, a_2, \ldots, a_n$$

en het totale aantal stammen van de opstand A berekenen we dan uit

$$A = \frac{P}{np} \Sigma a .$$

Wanneer mag worden aangenomen, dat np relatief klein is ten opzichte van de oppervlakte P van de gehele opstand, dan is de middelbare fout van het berekende aantal stammen van de opstand

$$\sigma A = \frac{P}{p\sqrt{n}} \quad a,$$

waarin

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\Sigma\,(a-\bar{a})^2}{n-1}}.$$

Indien we deze onderstelling niet mogen maken, dan moeten we de middelbare fout van het stamtal berekenen als

$$\sigma_A = \frac{P}{p}\sigma_a \sqrt{\frac{P-np}{Pn}}.$$

Het bezigen van vele kleine proefvlakten heeft het voordeel, dat men een beter inzicht verkrijgt in de verscheidenheid van de opstanden en deze heterogeniteit in de berekening betrekt. Deze verschillen zijn groter, dan men veelal met het oog meent waar te nemen. Wat men in de practijk op het oog een homogene opstand noemt, is dat meestal niet.

Vanzelfsprekend gaat ook de tijd voor het uitzetten van een proefvlakte meetellen. Het kost minder tijd een proefvlakte van 0,16 ha uit te zetten dan 16 proefvlakten van 0,01 ha. Rekening houdende met de systematische verschillen in de opstanden en de tijdsduur der opnemingen zou men kunnen uitgaan van proefvlakten van 0,01 ha bij stamtallen groter dan 2000 per hectare en van proefvlakten van 0,02 ha voor stamtallen onder 2000 per hectare. Slechts bij oude en holstaande opstanden met stamtallen onder de 500 per hectare zal men met proefvlakten van 0,04 ha moeten werken.

Ook de vorm van de proefvlakte heeft betekenis. Veelal is men van mening, dat men naar een zo kort mogelijke grens van de proefvlakte moet streven. Toch wordt deze stelling in het algemeen belangrijker geacht, dan ze in wezen is. De gevreesde onjuistheden door de lange randen zijn wel aanwezig bij kleine proefvlakten, doch men mag niet vergeten, dat de te maken fouten elkander gedeeltelijk weer opheffen.

Bij het gebruik van ronde proefvlakten kan men de straal zo kiezen, dat de oppervlakte gelijk is aan 1 are (straal 6,64 m) of 2 are (straal 7,98 m). Het werken met deze cirkelvormige proefvlakten is uiterst eenvoudig en het is deze omstandigheid in het bijzonder, die voor deze vorm pleit.

De vraag of men de plaats van de proefvlakten willekeurig moet kiezen dan wel enigermate systematisch is een zeer moeilijke. Theoretisch kan men op goede gronden verdedigen, dat men de plaats zuiver aan het toeval moet overlaten, doch de practische uitvoering van het kiezen van willekeurige plaatsen is niet eenvoudig. Men kan practisch beter de proefvlakten min of meer systematisch over de oppervlakte verdelen.

Wanneer men de diameters op borsthoogte van alle bomen van een opstand zou meten, kan men het totale grondvlak van de opstand vrij nauwkeurig bepalen. De fouten, die men nochtans maakt, kunnen worden toegeschreven aan een afwijking van de stammen van de cirkelvorm en de indeling van de stammen in diameterklassen.

Wanneer we reeds eisten, dat een schatting gegeven moest worden van het aantal stammen van de opstand, dan zou men het totale grondvlak G kunnen berekenen door het aantal stammen te vermenigvuldigen met het gemiddelde grondvlak $\bar{g}$ van een stam

$$G = A \times \bar{g}.$$

Dit gemiddelde grondvlak kan men berekenen uit de metingen van de grondvlakken van een aantal bomen van de opstand. Gesteld, dat we hiertoe A_g stammen hebben gemeten, dan berekenen we het gemiddelde grondvlak uit

$$\bar{g} = \frac{\Sigma g}{A_g}$$

en de spreiding σ_g kan benaderd worden uit

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{\Sigma\,(g-\bar{g})^2}{A_g-1}}.$$

De vraag kan nu gesteld worden van hoeveel bomen we het grondvlak (diameter) moeten bepalen om met de beschikbare tijd voor de schatting van het totale grondvlak het nauwkeurigst resultaat te verkrijgen. Bij berekeningen voor een aantal gevallen, krijgt men nogal uiteenlopende cijfers. Zij wisselen zo, dat men van 20% tot 60% van het aantal getelde bomen van de proefvlakten ook het grondvlak moet meten. Er zijn derhalve geen strenge regels te geven. Als algemene lijn kan men wel aannemen, dat men van een kwart tot de helft van het aantal getelde bomen ook grondvlakken (diameters) moet meten.

Voor het bepalen van de gemiddelde hoogte van de bomen met het gemiddelde grondvlak zou men eerst het gemiddelde grondvlak kunnen gaan berekenen en daarna een aantal bomen gaan zoeken, die dit gemiddelde grondvlak hebben en van deze bomen de hoogte bepalen. Deze werkwijze heeft echter nadelen. Allereerst wordt verlangd, dat men het gemiddelde grondvlak uitrekent en daarna wederom de opstand opzoekt. Het rekenwerk zal als regel niet op het veld geschieden. En bovendien moet men gaan zoeken, welke bomen het gemiddelde grondvlak bezitten. Dit is tijdrovend en tevens zit hierin een subjectief element. Het is veel beter de hoogtemetingen tijdens de bepalingen van die diameters uit te voeren, zodanig dat het toeval een bepaalde boom aanwijst en er dus niet uitgekozen wordt. Dit kan men bereiken door een kort stukje van de hoogtekromme te vervaardigen. Bij elke opmeting weet men, waar ongeveer het gemiddelde grondvlak in valt. Neemt men dan bijvoorbeeld elke tiende boom van deze klassen, dan is men ook zeker, dat geen subjectieve keuze wordt gedaan. De zo door toeval aangewezen bomen moet men nemen, zelfs al zouden zij een dubbele top of misschien helemaal geen top hebben.

Een antwoord op de vraag met welke hoogtemeter men de hoogte van de bomen moet meten, is zonder meer niet te geven. Wanneer men genoodzaakt is een keuze te doen tussen 10 metingen met een nauwkeurig instrument of bijvoorbeeld 25 metingen met een eenvoudige hoogtemeter, dan valt de keuze ongetwijfeld ten gunste van de eenvoudige hoogtemeter uit (15).

Vormhoogtetabel voor de groveden in Nederland.

Berkhout (1) vond, dat voor de groveden in Nederland tussen inhoud en diameter op borsthoogte van de bomen van een opstand een regressie in de vorm

$$v = \alpha d^{\beta}$$

bestond. Bij zijn onderzoekingen was de exponent β vrijwel constant en gemiddeld 2,21. Bij nieuwe onderzoekingen werd de theorie van Berkhout bevestigd en aan de hand van de regressievergelijkingen van 26 opstanden werd een gemiddelde waarde voor de exponent van 2,196 ± 0,013 gevonden (16).

Bij de vereffening volgens de functie

$$v = \gamma d^{2,2}$$

bleek de coefficient γ samen te hangen met de gemiddelde kwadratische diameter en de gemiddelde hoogte van de opstanden. Deze samenhang werd gevonden in de vorm

$$\gamma = 0{,}501\ d_g^{-0{,}268}\ h_g^{+0{,}865}.$$

Voorts werd onderzocht of de spreiding van de diameters en de scheefheidscoefficient β_3 van Charlier (3) verband hielden met de gemiddelde diameter van de opstand. Hierbij bleek, dat inderdaad van een correlatie kon worden gesproken. De exces-coefficient was onbeduidend en vertoonde geen enkele samenhang met de gemiddelde diameter. Nemen we dit exces gelijk aan O, dan kunnen voor de verschillende gemiddelde diameters en ook de gemiddelde kwadratische diameters de theoretische frequentieverdelingen worden berekend. Noemen we deze frequenties η, dan berekenen we daarna voor elke gemiddelde kwadratische diameter de vorm

$$\varrho = \frac{\Sigma \eta d^{2,2}}{\Sigma \eta d^2}.$$

In de hier volgende tabel zijn de waarden van ϱ voor de verschillende kwadratische diameters weergeven.

De betrekking van de opstandshoogte $\overline{hf}$ kunnen we thans als volgt uitdrukken

$$\overline{hf} = \frac{4\gamma}{\pi}\varrho,$$

waarna het mogelijk was een tabel voor de opstandsvormhoogte samen te stellen.

diameter cm	ϱ	diameter cm	ϱ	diameter cm	ϱ
10	0,631	17	0,711	24	0,762
11	0,645	18	0,720	25	0,767
12	0,658	19	0,728	26	0,772
13	0,670	20	0,736	27	0,777
14	0,681	21	0,743	28	0,781
15	0,692	22	0,750	29	0,785
16	0,702	23	0,756	30	0,788

De practische uitvoering van de inhoudsbepaling is eenvoudig. We bepalen het aantal bomen door gebruik te maken van cirkelvormige proefvlakten. Van een kwart tot de helft van de getelde bomen meten we de diameters (grondvlakken) en gelijktijdig stellen we een klein gedeelte van de hoogtekromme samen. Na berekening van het gemiddelde grondvlak kunnen we het totale grondvlak bepalen door vermenigvuldiging met het aantal bomen. De gemiddelde hoogte kunnen we aflezen uit de zeer beperkte hoogtekromme. De tabel geeft ons tenslotte de opstandsvormhoogte, waarmede we het totale grondvlak moeten vermenigvuldigen om de inhoud van de opstand te verkrijgen.

Literatuur:

1. Berkhout, A. H.: „Het meten der boomen in verband met hun aanwas." Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool 1920 (109—225).
2. Cajanus, W.: „Ueber die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie I." Acta forestalia fennica (3), 1914
3. Charlier, C. V. L.: „Grunddragen auf den matematiska statistiken." Lund, 1910.
4. Emrović, B.: „O konstrukciji lokalnih jednoulaznih drvnogromadnih tablica (tarifa)." Šumarski list 1953 (214—221).
5. Emrović, B.: „O kunstrukciji jednoulaznih tablica — tarifa — pomoću logaritamskog papira." Šumarski list 1954 (386—392).
6. Essed, F. E.: „Estimation of standing timber." Wageningen, 1957.
7. Gehrhardt, E.: „Die theoretische und praktische Bedeutung des arithmetischen Mittelstammes." Meiningen, 1901.
8. Ilvessalo, Y.: „Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä." Acta forestalia fennica (15), 1920.
9. Kapteyn, J. C. & Uven, M. J. van: „Skew frequency curves in biology and statistics." Groningen, 1916.
10. Levaković, A.: „O analitićkom izrazavanju sastajinske strukture." Annales pro experimentis foresticis, 1948 (293—366).
11. Lönnroth, E.: „Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände." Acta forestalia fennica, 30 (1) 1925.
12. Meyer, H. A.: „Sur la construction des tarifs de cubage." Revue forestière française, 1949 (168—171).
13. Mihajlov, I.: „Dendrometrija." Skopje, 1953.
14. Näslund, M.: „Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog. Primärbearbetning." Meddelanden från statens skogsförsöksanstalt, (n:r 1) 1936.
15. Stoffels, A.: „De doelmatigheid van verschillende hoogtemeters voor het opstellen van een hoogtekromme." Nederlandsch Boschbouw-Tijdschrift 14 (3) 1941 (98—104).
16. Stoffels, A.: „De inhoudsbepaling van grovedennen-opstanden met behulp van standaardkrommen." Nederlandsch Boschbouw-Tijdschrift 25 (2) 1953 (29—42).
17. Stoffels, A.: „Méthodes d'évaluation rapide du volume des peuplements." Rapports du 12ème congrès de l'Union internationale des Instituts de Recherches forestières, (3) 1958 (92—96).
18. Tjurin, A.: „Taksacija lesa." Moskva, 1938.

gem. diameter cm	gemiddelde hoogte in m 7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	opstandsvormhoogte																		
10	4,02	4,51	4,99	5,47	5,94	6,40	6,86												
11		4,49	4,97	5,45	5,92	6,38	6,84	7,29											
12		4,48	4,96	5,43	5,90	6,36	6,81	7,26	7,71										
13		4,46	4,94	5,41	5,88	6,34	6,79	7,24	7,68	8,13									
14		4,45	4,92	5,39	5,86	6,32	6,77	7,22	7,66	8,10	8,53								
15		4,43	4,91	5,38	5,84	6,30	6,75	7,20	7,64	8,08	8,51	8,94							
16			4,90	5,36	5,82	6,28	6,73	7,17	7,62	8,05	8,49	8,92	9,34						
17			4,88	5,34	5,81	6,26	6,71	7,15	7,59	8,02	8,46	8,89	9,31	9,73					
18			4,87	5,33	5,79	6,24	6,69	7,13	7,57	8,00	8,43	8,86	9,28	9,70	10,12				
19				5,31	5,77	6,22	6,66	7,11	7,54	7,98	8,40	8,83	9,25	9,67	10,09	10,50			
20				5,30	5,75	6,20	6,64	7,09	7,52	7,95	8,38	8,80	9,22	9,64	10,06	10,47	10,89		
21				5,28	5,73	6,18	6,62	7,06	7,49	7,92	8,35	8,77	9,19	9,61	10,03	10,44	10,85	11,25	
22					5,71	6,16	6,60	7,04	7,47	7,90	8,32	8,74	9,16	9,58	9,99	10,40	10,81	11,21	11,62
23					5,69	6,14	6,58	7,01	7,44	7,87	8,29	8,71	9,13	9,54	9,96	10,36	10,77	11,17	11,58
24					5,66	6,11	6,55	6,99	7,42	7,84	8,26	8,68	9,10	9,51	9,92	10,32	10,73	11,13	11,53
25						6,09	6,52	6,96	7,38	7,81	8,23	8,64	9,06	9,47	9,88	10,28	10,69	11,09	11,48
26						6,06	6,50	6,93	7,35	7,78	8,19	8,61	9,02	9,43	9,84	10,24	10,64	11,04	11,44
27						6,04	6,47	6,90	7,32	7,75	8,16	8,58	8,99	9,40	9,80	10,20	10,60	11,00	11,39
28							6,44	6,87	7,29	7,71	8,13	8,54	8,95	9,35	9,76	10,16	10,56	10,95	11,34
29							6,42	6,84	7,26	7,68	8,09	8,50	8,91	9,31	9,71	10,11	10,51	10,90	11,30
30							6,39	6,80	7,22	7,64	8,05	8,46	8,86	9,26	9,66	10,06	10,45	10,85	11,24

Tabel voor de opstandsvormhoogte bij grovedennen-opstanden.