

## De ontwikkeling van massatabelen voor eik, beuk, es en berk

**Massatabelen worden gebruikt om het volume van een individuele boom te schatten, bij een gegeven borsthoogtediameter en hoogte. De Nederlandse massatabelen zijn beoordeeld op hun bruikbaarheid. Gebleken is dat de massatabelen voor alle loofboomsoorten, uitgezonderd populier en Amerikaanse eik, niet geschikt zijn. De massatabelen voor naaldboomsoorten zijn wel toepasbaar, omdat de in het bos waargenomen spreiding van hoogten en diameters goed overeenstemt met die van de gemeten bomen voor de massatabelen. Ten behoeve van HOSP en SYHI is daarom besloten om voor inlandse eik, beuk, es en berk massatabelen te ontwikkelen. In dit artikel wordt aandacht besteed aan de steekproeftrekking, uitvoering van metingen en de resultaten van dit onderzoek.**

### **Nederlandse massatabelen voor bomen in bosverband**

Bijna alle informatie met betrekking tot de houtproductie in het bos wordt uitgedrukt in volume. Het meten van het houtvolume is echter een tijdrovende zaak en in de uitvoering van een inventarisatie wordt het volume zelden daadwerkelijk gemeten. Het volume wordt opstandsgewijs geschat als een functie van het grondvlak en de opperhoogte van de opstand. Met de komst van de nieuwe houtoogststatis-

tiek HOSP, die door de Directie NBLF wordt uitgevoerd, is de verwerking van de gegevens verschoven van een opstandsgewijze naar een boomsgewijze benadering. Daarnaast vervangt Staatsbosbeheer de opstandsgewijze inventarisatiemethode waarmee onder meer de staande voorraad en de lopende volumebijgroei per boswachterij wordt vastgesteld. In het vervangende "Systeem voor houtmeetkundige inventarisatie" (SYHI) zal de verwerking van gegevens per boom gaan plaatsvinden.

Het schatten van het volume van een boom gebeurt op basis van een massatabel, die voor een boomsoort het gemiddelde houtvolume geeft als functie van de diameter en de hoogte van de boom. Deze massatabelen zijn dus in het verwerkingsproces van de veldgegevens een onmisbare schakel, die het verband legt tussen in het veld verzamelde diameter- en hoogtegegevens enerzijds en het volume van de bomen anderzijds. Voor de belangrijkste boomsoorten, die in het Nederlandse bos voorkomen, zijn massatabelen ontwikkeld. Deze tabellen zijn gepubliceerd door Faber en Tiemens (1975) en Dik (1984).

De bruikbaarheid van de gepubliceerde massatabelen voor toepassing in HOSP en SYHI kan men toetsen aan de volgende criteria :

1. De massatabel is gebaseerd op een voldoende groot aantal waarnemingen.
2. De waarnemingen, die ten grondslag liggen aan de massa-

tabel zijn gedaan aan een aselechte steekproef van bomen uit het Nederlandse bos.

3. De functievorm van de tabel laat extrapolatie toe.

Per criterium worden de Nederlandse massatabelen hierna beoordeeld.

**Criterium 1: aantal waarnemingen:**

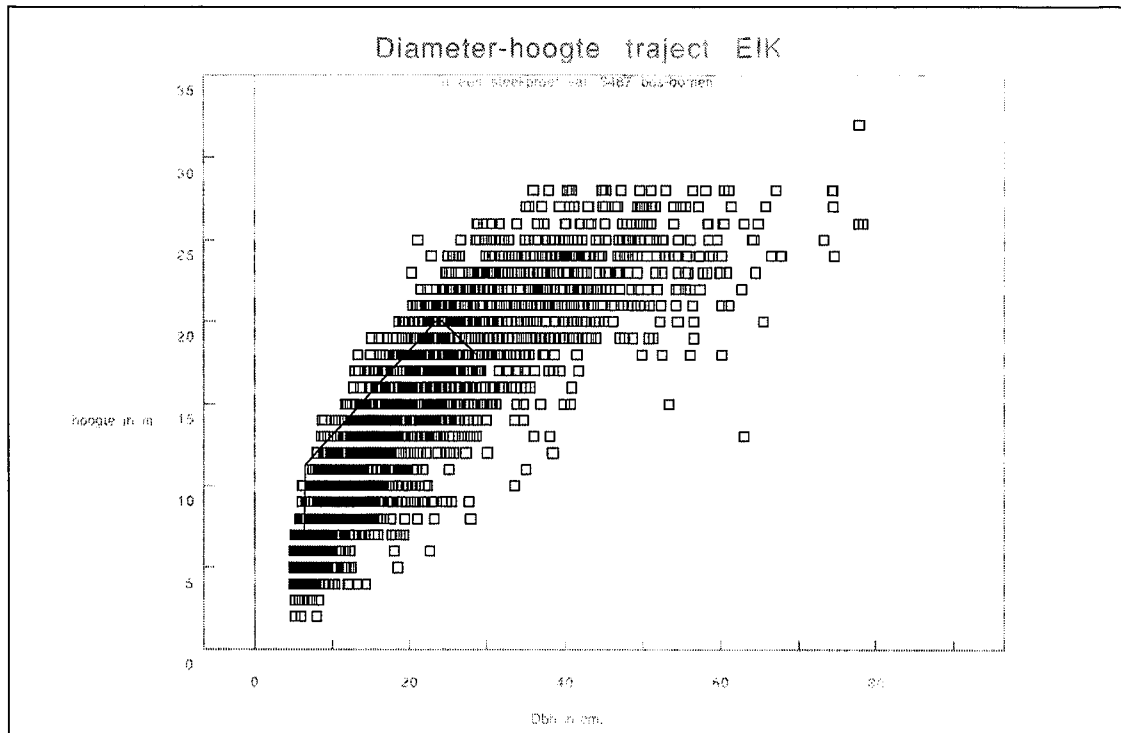
Een overzicht van de beschikbare Nederlandse massatabelen inclusief het aantal waarnemingen, waarop deze tabellen zijn gebaseerd, is te vinden in tabel 1. Hoewel hier niet nader onderzocht, kan men niet verwachten, dat een aselechte steekproef van minder dan 100 bomen een betrouwbare tabel zal opleveren. Op grond van dit criterium moet men de tabellen voor hybride larks, zwarte els, sitkaspar, berk en beuk als niet bruikbaar beoordelen.

**Criterium 2: aselechte steekproef:**

De functie, die wordt gebruikt voor de massatabelen is de eenvoudige Schumacher en Hall (1933) vergelijking :

$$\text{volume} = \text{dbh}^{c1} * \text{hoogte}^{c2} * \exp(c3) \quad (1)$$

Wanneer men de parameters  $c1$ ,  $c2$  en  $c3$  schat met behulp van diameter-, hoogte-, volumegegevens zal men voor  $c1$  ongeveer de waarde 2 vinden (het volume is evenredig met het grondvlak van de boom) en voor  $c2$  ongeveer de waarde 1 (het volume is evenredig met de hoogte van de boom). De derde parameter heeft betrekking op de vorm van de boom, het verloop van de diameter van de voet van de boom tot de top. Dit verloop is soort-



specifiek. De factor  $\exp(c3)$  geeft de gemiddelde verhouding tussen het werkelijke volume van de boom en het volume van een cylinder met hetzelfde grondvlak en dezelfde hoogte. In feite werkt de procedure dus zo, dat op basis van de steekproefbomen een gemiddeld vormgetal voor de boomsoort wordt geschat. Door waarnemingen te doen aan bomen uit een aselechte steekproef zorgt men er voor, dat dit gemiddelde vormgetal een goede afspiegeling is van het vormgetal, zoals dat "gemiddeld" in het Nederlandse bos voorkomt. Baseert men een tabel bijvoorbeeld op een groep dunningsbomen, zoals in de praktijk nogal eens voorkomt, dan schat men het gemiddelde vormgetal van dunningsbomen. Deze waarde verschilt uiteraard van het gemiddelde vormgetal over alle bomen en het resultaat is, dat men een onzuivere schatter voor het boomvolume heeft gemaakt.

Om te toetsen of de gepubliceerde tabellen voldoen aan dit criterium, is hier de volgende werkwijze gehanteerd. Uit de steekproefcirkels, die zijn uitgelegd ten behoeve van de houtoogststatistiek, zijn de in 1988 hermeten cirkels geselecteerd. Vervolgens zijn die cirkels gekozen, die in het opgaande bos vallen. Deze steekproefcirkels vormen een aselechte steekproef uit het nederlandse bos en verschaffen daarom inzicht in de in Nederland voorkomende afmetingen van bomen. Door de gevonden afmetingen per soort uit te zetten in een diameter-hoogtegrafiek kan men nagaan of het waarneminstraject van de gepubliceerde tabellen representatief is voor het Nederlandse bos.

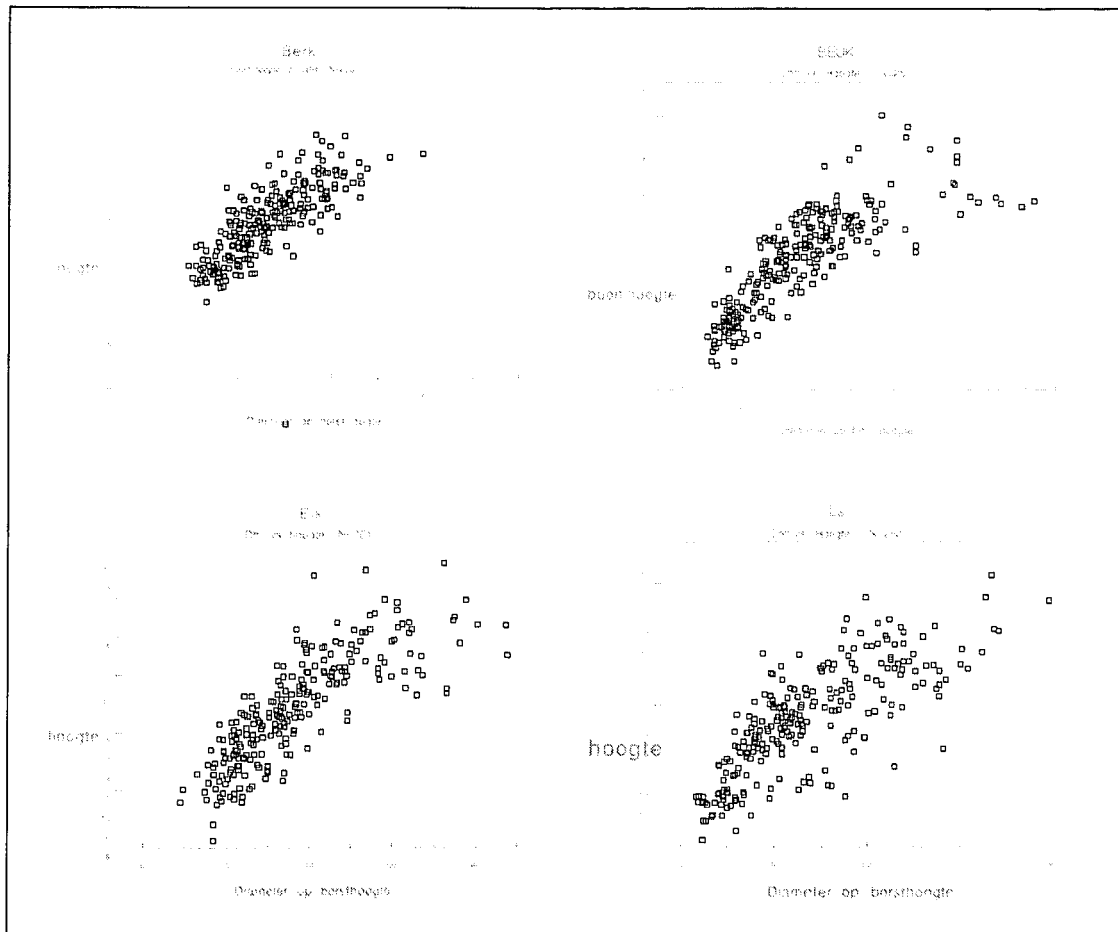
Het blijkt, dat de tabellen voor de loofboomsoorten in het algemeen niet aan het criterium voldoen. Als voorbeeld wordt in figuur 1 de

■ *Figuur 1 : Vergelijking diameter-hoogte trajecten Nederlandse bosbomen van inlandse eik en de betreffende massatabel*  
 \*De puntenzwerm geeft het diameter-hoogte traject weer, dat is waargenomen bij een steekproef van 3487 bomen uit het Nederlandse bos. Het getekende kader in de puntenzwerm geeft het traject weer van de bomen, die zijn gemeten t.b.v. de massatabel (Dik, 1984).

vergelijking voor inlandse eik gegeven.

### Criteria 3: extrapolatie

Het is bekend dat het gebruik van regressiemodellen buiten het traject van de waargenomen waarden voor diameter en hoogte een hachelijke zaak is. De functie, die in de publicaties van Faber en Tiemens en van Dik wordt gebruikt, staat extrapolatie echter wel toe. Zoals hiervoor is vermeld, wordt bij de parameterschattingen een soort-specifiek gemiddeld vormgetal bepaald. Bij het gebruik van de tabel bui-



■ *Figuur 2. Gerealiseerde diameter-hoogte trajecten in de steekproeven*

ten het waarnemingstraject veronderstelt men dus automatisch, dat de betreffende boom het gemiddelde vormgetal bezit. Het berekende volume is in dit geval altijd een redelijke schatting van het werkelijke volume. Redelijk wil in dit geval zeggen, dat de orde van grootte van het berekende goed is. De volumeschatting met behulp van deze functie is dus een robuuste procedure. Maar door het veronderstelde vaste vormgetal, wordt de aard van de steekproef, waarop de functie wordt gebaseerd, wel heel belangrijk (zie criterium 2).

De conclusie van deze evaluatie

luidt, dat voor de naaldboomsoorten goede Nederlandse massatabelen voorhanden zijn, die toepasbaar zijn in houtoogststatistiek en MTP-inventarisatie. Voor de populier en Amerikaanse eik kunnen de gepubliceerde massatabelen als acceptabel worden gekwalificeerd. Voor alle overige loofboomsoorten zijn geen goede Nederlandse massatabelen aanwezig.

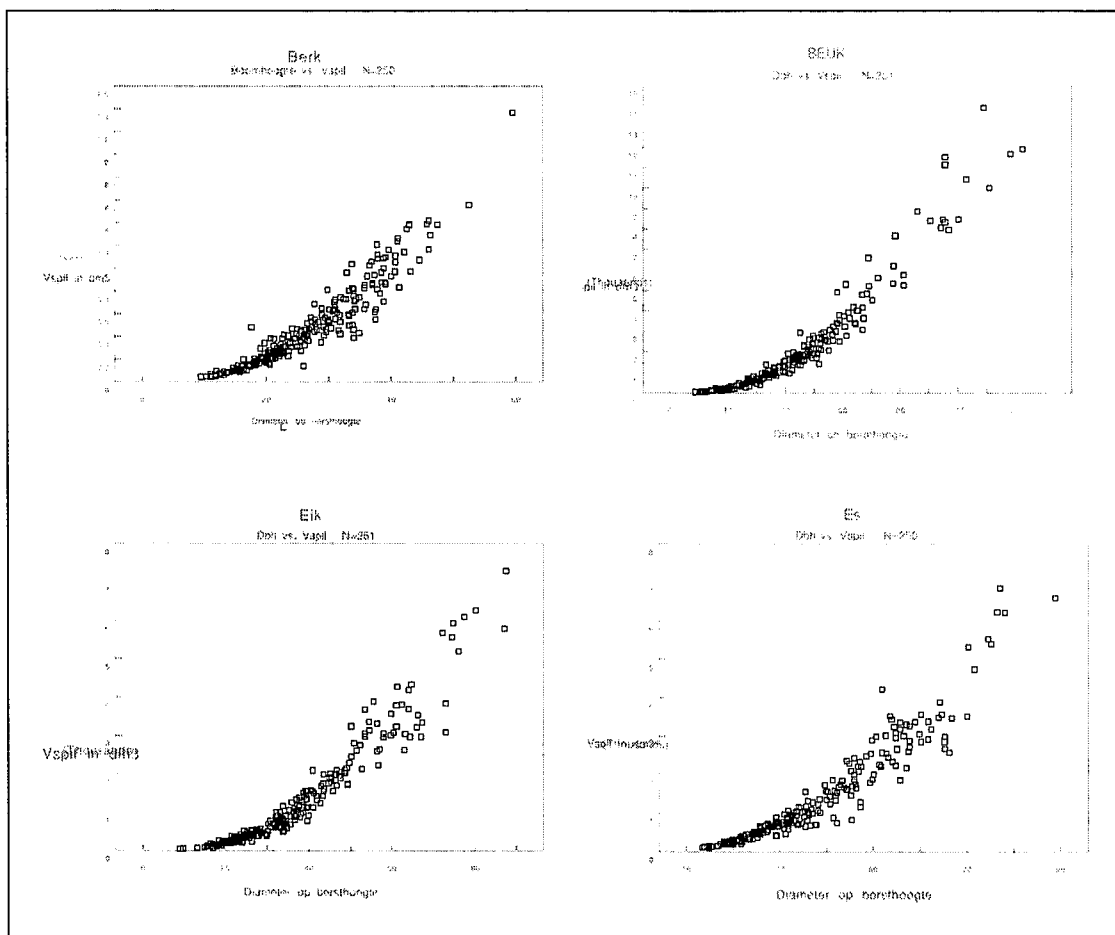
#### **De ontwikkeling van massatabelen voor loofboomsoorten**

De belangrijkste boomsoorten (qua areaal), waarvoor geen bruikbare Nederlandse massata-

bel aanwezig is, zijn inlandse eik, berk, beuk, en es. Volgens de Vierde Bosstatistiek hebben deze boomsoorten samen een areaal van ca 95.000 ha. Voor de boswachterijen van het Staatsbosbeheer geldt, dat meer dan 65% van het opgaande loofbos bestaat uit deze soorten. Gezien het belang van deze soorten is dan ook besloten om de betreffende massatabelen voor deze 4 soorten te ontwikkelen.

De volgende uitgangspunten voor het onderzoek zijn gehanteerd:

1. De massatabelen voor deze loofboomsoorten dienen het gemiddelde spilvolume inclusief



■ **Figuur 3: Relatie spilhoutvolume-borsthoogtediameter van de proefbomen**

schors voor Nederlandse bosbomen weer te geven bij gegeven diameter op borsthoogte en boomhoogte.

2. Bij de selectie van proefbomen, die worden gemeten om het gegevensmateriaal voor de tabellen te leveren, wordt het belang van een aselechte steekproef onderkend. In verband met de efficiency van de werkzaamheden zal bij de steekproeftrekking wel voor een evenwichtige verdeling over de diameterklassen worden gezorgd. Met andere woorden, er zal een naar diameterklasse gestratificeerde steekproef worden uitgevoerd.

3. De metingen, die ten grondslag zullen liggen aan de ge-

noemde massatabellen zullen worden uitgevoerd aan staande bomen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een Barr & Stroud dendrometer, zodat de diameter van de stam op verschillende hoogtes gemeten kan worden.

4. Per boomsoort worden 250 bomen gemeten. De in het Nederlandse bos voorkomende range van boomhoogtes en diameters wordt weerspiegeld in de steekproef. Tevens zal de geografische verspreiding van de metingen een reële afspiegeling zijn van de geografische verspreiding van de betreffende boomsoort.

5. De parameters van de Schumacher-Hall functie worden per

boomsoort geschat met behulp van een niet-lineaire regressie routine uit een statistisch pakket.

### **Uitvoering van het onderzoek**

De basis voor de selectie van proefbomen is de verzameling meetplots, die zijn ingericht voor de Nederlandse houtoogststatistiek HOSP. Om ervan verzekerd te zijn, dat de range van voorkomende borsthoogte diameters en boomhoogtes zo goed mogelijk wordt gedekt door de verzameling proefbomen, is per boomsoort gestratificeerd naar gemiddelde borsthoogte-diameter en boomhoogte. Uit de verschillende strata zijn per boomsoort 50

**Tabel 1 : Nederlandse massatabellen voor eik, beuk, berk en es**

Boomsort	Aantal waarnemingen	c1	c2	c3
Inlandse eik	251	1.82628	1.11342	-3.04885
Beuk	251	1.86116	1.04313	-3.05257
Berk	250	1.54291	1.24235	-2.66506
Es	250	1.77681	1.14282	-3.07536

c1,c2,c3 = constanten uit vergelijking (1)

plots aselekt getrokken. Per plot zijn 5 bomen geselecteerd voor meting door een diagonaal vanuit de zuid-oosthoek van de opstand in 5 stukken te delen en op elk snijpunt de dichtstbijzijnde boom te kiezen. Bomen waarvan de top recent was afgebroken zijn niet in de steekproef opgenomen. De verdeling van de gemeten bomen naar boomsoort, borsthoogte-diameter en boomhoogte is weergegeven in figuur 2. De waarnemingen zijn verricht in de winters van 1990-1991 en 1991-1992.

De volumes van de proefbomen zijn bepaald aan de hand van sectiemetingen. Deze metingen zijn verricht aan staande bomen met behulp van een Barr & Stroud dendrometer. De diameter van de boom wordt op 7 verschillende hoogtes gemeten. De Barr & Stroud aflezings zijn geconverteerd naar diameter en hoogte van de meetplaats met behulp van benaderingen, die zijn opgenomen in de instrument-handleiding (zie ook De Vries, 1971).

Daarnaast is een aantal bomen geveld, waarna aan de liggende boom metingen zijn verricht. De selectie van de te vellen bomen geschiedde eveneens volgens de hiervoor beschreven methode. De gevolgde meetprocedure is conform de methode beschreven door Faber en Dik (1968). Om het volume van de secties te

schatten wordt iedere sectie beschouwd als een afgeknotte kegel. Het volume van deze afgeknotte kegel wordt dan bepaald uit:

$$V_{\text{sectie}} = 1/12 * \pi * (D_v^2 + D_v * D_t + D_t^2) * L \quad (2)$$

met

$V_{\text{sectie}}$  = volume van de sectie

$D_v$  = diameter aan de voet van de sectie

$D_t$  = diameter aan de top van de sectie

$L$  = lengte van de sectie

Het spilvolume van de boom is de som van de sectievolumes.

Nadat op de beschreven wijze de volumes van alle proefbomen zijn berekend, wordt met de Schumacher en Hall vergelijking (1) een massatabel vervaardigd. De parameters c1, c2 en c3 zijn direct geschat met behulp van de niet-lineaire regressie procedure van SPSSX, en niet zoals voorheen gebruikelijk via een logaritmische transformatie. De huidige beschikbare software maakt een dergelijke transformatie overbodig.

### Resultaten

De spilhout-volumes van de proefbomen zijn (als functie van de dbh) weergegeven in figuur 3. Op grond van deze waarnemingen zijn voor de verschillende boomsoort(groep)en de parameters c1, c2 en c3 geschat. De re-

sultaten van de berekeningen worden gegeven in tabel 1. Met behulp van deze functies kunnen op eenvoudige wijze tabellen worden vervaardigd. Dergelijke tabellen zijn op aanvraag bij de auteurs beschikbaar.

### Toepassing

In het algemeen is het van belang om over adequate massatabellen voor de meeste in het Nederlandse bos voorkomende boomsoorten te kunnen beschikken. Deze tabellen spelen een rol in bosinventarisaties waarbij houtvolume en bijgroei worden bepaald aan staande bomen. Massatabellen worden soms direct gebruikt, waarbij borsthoogtediameter en boomhoogte de ingangsvormen of indirect voor het vervaardigen van massatarieven. De hier gepresenteerde tabellen worden inmiddels reeds toegepast in de HOSP en in het bosinventarisatiesysteem SYHI van het Staatsbosbeheer.

### Literatuur

- Dik, E.J. 1984. De schatting van het houtvolume van staande bomen van een aantal in de bosbouw gebruikte soorten. Uitvoerig Verslag Band 19, nr.1. RIOBL "De Dorschkamp", Wageningen.
- Faber, P.J. en E.J. Dik. 1968. De samenstelling van inhouds- en opbrengst-tabellen voor *Pinus nigra* in Nederland. Uitvoerig Verslag Band 9, nr.1. Stichting Bosbouwproefstation, Wageningen.
- Faber, P.J. en F. Tiemens. 1975. De opbrengstniveaus van populier. Uitvoerig Verslag Band 13, nr.1. RIOBL "De Dorschkamp", Wageningen.
- Schumacher, F.X. and F.D.S. Hall. 1933. Logarithmic expression of timber tree volume. *J. Agr. Res.* 47 (9), p. 719-734.
- Vries, de P.G. 1971. Nomograms for use with Barr & Stroud dendrometer FP 15. Mededelingen Landbouwhogeschool 71-11, Wageningen.