

ENKELE ASPECTEN VAN DE BOSONTSLUITING VOOR HET BOSBEDRIJF

K. Soels

Stichting Bosbouwproefstation "De Dorschkamp"  
Wageningen  
Intern rapport nr. 56

Interne rapporten van het Bosbouwproefstation zijn geen officiële publikaties, maar interne communicatiemiddelen en onderzoekverslagen. In de meeste gevallen zullen conclusies van voorlopige aard zijn, omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

INHOUD	Blz.
1. Inleiding	5
2. De relatie tussen de ontsluiting en de weggkosten	7
3. De relatie tussen de ontsluiting en de uitsleepkosten	8
3.1. De uitsleepkosten naar hoofdontsluitingswegen	9
3.2. De uitsleepkosten naar hoofd- en verbindingsontsluitingswegen	10
4. De relatie tussen de ontsluiting en de transportkosten over de weg	12
5. De relatie tussen de ontsluiting en de personenvervoerskosten	15
Bijlagen, (tabellen, figuren, grafieken )	

## 1. INLEIDING

De ontsluiting van een bosgebied beïnvloedt op vele manieren de economische aspecten van het bosbedrijf. Van de bosontsluiting wordt hier alleen de ontsluiting behandeld die dient voor het lange afstand transport van het hout. De invloed van de zogenaamde detailontsluiting, bestaande uit brandgangen, trekkerpaden en wegen die voor het transport vanaf en naar de behandelde ontsluiting dienst doen, is niet nagegaan. In de literatuur heeft de invloed van het wegennet op de kosten van het houttransport de meeste aandacht gekregen. In het algemeen is men hierbij uitgegaan van een ontsluiting waarbij de wegen op onderling gelijke afstanden evenwijdig aan elkaar lopen.

Voor het berekenen van de optimale afstand tussen de wegen zijn vele formules afgeleid. Zij verschillen door de factoren die als variabelen van belang worden geacht.

K. Lünzmann gaat dieper in op het patroon van de ontsluitingswegen en toont aan dat een greepvormig wegpatroon efficiënter kan zijn.

Voor het berekenen van de optimale afstand tussen parallelle wegen onder Nederlandse omstandigheden is een vereenvoudigde en aangepaste vorm van de formule van W. Habsburg-Lothringen gekozen. (Zie hiervoor het rapport van de Werkgroep Bosontsluiting; intern rapport Bosbouwproefstation nr. 59 ).

Om inzicht te verkrijgen in de economische gevolgen voor het bosbedrijf, indien van de optimale ontsluiting wordt afgeweken, zijn de relaties tussen de bosontsluiting en verschillende onderdelen van de kosten in het bosbedrijf nagegaan. Hierbij is uitgegaan van een bosgebied met een vorm van een rechthoek en een wegennet bestaande uit een hoofdontsluiting gevormd door parallelle wegen op onderling gelijke afstanden en een gelijksoortige verbindingsontsluiting, die loodrecht op de hoofdontsluiting staat. De wegdichtheden - het gemiddelde aantal meters weg per ha - van de hoofd- en verbindingsontsluitingen vormen de kwantitatieve uitdrukking van dit model. Een ontsluiting die wat betreft de richtingen, de rechttheid en de onderlinge afstand van de wegen afwijkt, kan tot dit patroon herleid worden.

De wegdichtheden dienen dan te worden gecorrigeerd voor iedere relatie tussen de ontsluiting en de afzonderlijke onderdelen van de bosbedrijfskosten. Als maatstaf voor de invloed van de ontsluiting is de verandering in de kosten van 1 m<sup>3</sup> geëxploiteerd werkhout genomen.

Deze veranderingen zijn grafisch weergegeven door ten opzichte van de wegdichtheid de behandelde kosten per  $m^3$  uit te zetten. Invloeden van het wegennet zoals op de kosten van de indeling, van de begrenzing en van de brandbescherming van het bosgebied zijn buiten beschouwing gelaten, omdat deze erg klein geacht worden. Bij de behandeling is er van uit gegaan, dat de werkzaamheden in het bosbedrijf jaarlijks hetzelfde zijn. Hierdoor zijn ingewikkelde berekeningen van gemiddelde jaarlijkse kosten niet noodzakelijk.

Naast grafieken zijn enkele nomogrammen gegeven voor het bepalen van samengestelde variabelen.

## 2. DE RELATIE TUSSEN DE ONTSLUITING EN DE WEGKOSTEN

Een deel van de totale kosten van 1 m<sup>3</sup> werkhout komt voort uit de kosten van wegaanleg en wegonderhoud. Deze weggkosten worden bepaald door het aantal meters weg, de jaarlijkse kosten van wegaanleg en onderhoud en de jaarlijkse volumeaanwas van het bosgebied.

In formule:

$$K_W = \frac{d(R+U)}{100V}$$

waarin:

$K_W$  = de weggkosten; de kosten van de wegen per m<sup>3</sup> geproduceerd werkhout (f/m<sup>3</sup>)

d = de gemiddelde wegdichtheid: de totale weglengte gedeeld door de oppervlakte van het gebied (m/ha)

R = de gemiddelde wegaanlegkosten: de jaarlijkse afschrijving en rente van de wegaanlegkosten per hm (f/hm)

U = de gemiddelde onderhoudskosten van een weg per jaar per hm (f/hm)

V = de gemiddelde jaarlijkse aanwas aan werkhout per ha (m<sup>3</sup>/ha)

In grafiek 1 zijn de kosten lijnen voor in 2.1.2 genoemde waarden van U, R en V getekend.

### 3. DE RELATIE TUSSEN DE ONTSLUITING EN DE UITSLEEPKOSTEN

De kosten van het houttransport van de stobbe tot de stapelplaats maken deel uit van de kosten van 1 m<sup>3</sup> werkhout.

Deze kosten, de uitsleepkosten per m<sup>3</sup>, kunnen berekend worden met de formule:

$$K_E = k_1 + k_e (A_b + A_w)$$

waarin:

$K_E$  = de uitsleepkosten per m<sup>3</sup>: de kosten van het transport van 1 m<sup>3</sup> werkhout van stobbe tot stapelplaats (f/m<sup>3</sup>).

$k_1$  = de laad- en loskosten van 1 m<sup>3</sup> werkhout van het uitsleepmiddel + chauffeur (arbeid) (f/m<sup>3</sup>).

$k_e$  = de gemiddelde kosten per m<sup>3</sup> van het uitsleepmiddel en de chauffeur voor het afleggen van 1 hm (50 m beladen en 50 m onbeladen) bij een uitsleeprit.

$A_b$  = de gemiddelde afgelegde afstand in het bos tijdens een uitsleeprit (hm).

$A_w$  = de gemiddeld afgelegde afstand over de weg tijdens een uitsleeprit (hm).

De houtoogst vindt plaats met tussenpozen in dunningen en kaalslagen, terwijl een gedeelte als langhout en een gedeelte als sortimentshout wordt geëxploiteerd. Dit betekent dat  $k_1$ ,  $k_e$ ,  $A_b$  en  $A_w$  bij de verschillende oogsten, die gedurende de omloop van een opstand plaats vinden, zullen verschillen. Bij een normaal bos, waar het jaarlijks geoogste hout door dunningen en kaalslagen gelijk is aan de gemiddelde jaarlijkse aanwas ( $V$  m<sup>3</sup> per jaar per ha), zijn de gemiddelde transportkosten per m<sup>3</sup> van stobbe naar stapelplaats ( $K_{Ej}$ ) te berekenen met de formule:

$$K_{Ej} = \approx fi(k_{li} + k_{ei}(A_{bi} + A_{wi}))$$

waarin  $fi$  het gedeelte van de oogst is dat gekapt wordt volgens de methode  $i$  met de waarden  $k_{li}$ ,  $k_{ei}$ ,  $A_{bi}$  en  $A_{wi}$ .

De waarden  $k_{li}$  en  $k_{ei}$  worden bepaald door het uitsleepmiddel. De gemiddelde afstanden afgelegd in het bos en langs de weg tijdens het uitslepen zijn afhankelijk van de ontsluiting en de werkmethode.

### 3.1. De uitsleepkosten naar hoofdontsluitingswegen

Bij parallelle hoofdontsluitingswegen geldt de formule:

$$D_h = \frac{100}{d_h}$$

waarin:

$D_h$  = de gemiddelde wegdichtheid van de hoofdontsluitingswegen (m/ha).

Bij tweezijdige heen en weer uitsleep rijdt het uitsleepmiddel

gemiddeld twee keer een kwart van de wegafstand. Zodat:

$$A_{bs} = \frac{1}{2} D_h \cdot c_1 \cdot 100 = \frac{10000}{2d_h} \cdot c_1$$

waarin:

$A_{bs}$  = de gemiddelde afstand afgelegd in het bos tijdens een uitsleeprit waarbij het uitsleepmiddel heen en weer rijdt (m).

$c_1$  = de correctie i.v.m. kronkelingen van het trekkerpad.

Wordt het hout niet uitgesleept maar tweezijdig uitgereden, waarbij een forwarder rondrijdt over een perceelgrens die midden tussen de wegen in loopt, dan wordt twee keer de halve wegafstand afgelegd.

In dat geval geldt:

$$A_{br} = D_h \cdot c_1 \cdot 100 = \frac{10000}{d_h} \cdot c_1$$

waarin:

$A_{br}$  = de gemiddelde afstand afgelegd in het bos tijdens een uitrijrit, waarbij het uitrijmiddel rond rijdt over een perceelgrens (hm).

De gemiddelde transportafstand langs de weg hangt af van de methode waarop het hout geëxploiteerd wordt.

Bij langhouttransport zal het hout allemaal in één richting langs de weg gesleept moeten worden teneinde gelijk gerichte stapels te verkrijgen. De gemiddelde transportafstand langs de weg wordt bij deze methode bepaald volgens de formule:

$$A_{ws} = \frac{1}{2} D_h \cdot B \cdot Q \cdot l_s \cdot 100 - B \quad (\text{zie fig. 1}).$$

Bij de sortimenten methode kan het transport langs de weg in twee richtingen plaats vinden, waardoor de gemiddelde afstand bepaald wordt volgens de formule:

$$A_{wr} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} D_h \cdot B \cdot Q \cdot l_r \cdot 100 - B \right)$$

$A_{ws}$  de gemiddelde transportafstand van het uitsleepmiddel langs de weg bij langhout (m).

$A_{wr}$  de gemiddelde transportafstand van het uitsleepmiddel langs de weg bij sortiment-hout(m).

B de breedte van het perceel langs de weg (m)

Q het gemiddelde aantal  $m^3$  werkhout dat in één keer per ha wordt geëxploiteerd ( $m^3/ha$ ).

$l_s$  het aantal m wegberm nodig om  $1 m^3$  langhout te stapelen ( $m/m^3$ )

$l_r$  het aantal m wegberm nodig om  $1 m^3$  sortiment-hout te stapelen ( $m/m^3$ ).

Grafiek 2 is een nomogram om de afstanden  $A_b$  en  $A_w$  te bepalen bij verschillende waarden van  $D_h$  (of  $d_h$ ), B, Q en l.

Voor uitslepen van langhout is de formule voor de kosten van het transport van  $1 m^3$  naar de stapelplaats langs de hoofdontsluitingsweg:

$$K_{Es} = k_{ls} + k_{es} (A_{bs} + A_{ws})$$

en voor uitrijden van sortiment-hout:

$$K_{Er} = k_{lr} + k_{er} (A_{br} + A_{wr})$$

Met behulp van het nomogram (grafiek 2) zijn de kosten en de partiële kosten van het transport naar de stapelplaats ten opzichte van de wegdichtheid in een grafiek uitgezet (zie grafiek 3).

### 3.2. De uitsleepkosten naar hoofd- en verbindingsontsluitingswegen

Wordt het hout ook uitgesleept naar de verbindingswegen dan zal de gemiddelde afstand van stobbe tot weg veranderen in  $1/6 D_h$  voor de oppervlakten van de vierkantjes die in figuur 2 zijn aangegeven. Als "G" het oppervlak van het bosgebied is, dan is de oppervlakte van de aangegeven vierkantjes bij benadering:

$$\frac{\left(\frac{10000}{d_h}\right)^2}{\frac{10000}{d_h} \cdot \frac{10000}{d_v}} \cdot G = \frac{d_v}{d_h} \cdot G$$

waarin:

$d_v$  = de wegdichtheid van de verbindingsontsluiting.

$d_h$  = de wegdichtheid van de hoofdontsluiting.

De gemiddelde afstand van stobbe tot weg wordt dan

$$\frac{1}{4} D_h \left(1 - \frac{d_v}{d_h}\right) + \frac{1}{6} D_h \left[\frac{d_v}{d_h}\right] = \frac{1}{4} D_h \left(1 - \frac{1}{3} \frac{d_v}{d_h}\right)$$

De gemiddelde afstand tussen stobbe en weg verandert, indien ook naar verbindingswegen wordt uitgesleept, van  $\frac{1}{4} D_h$  in  $\frac{1}{4} D_h \left(1 - \frac{1}{3} \frac{d_v}{d_h}\right)$ .



In de formules voor de transportafstanden afgelegd in het bos ( $A_b$ ) en langs de weg ( $A_w$ ) moet dus  $D_h$  vervangen worden door:

$$D_h \left(1 - \frac{1}{3} \frac{d_v}{d_h}\right) = \frac{100}{d_h} \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{d_v}{d_h}\right)$$

Voor  $d_h$  kunnen we schrijven  $\frac{d}{\left(1 + \frac{d_v}{d_h}\right)}$  zodat de formules worden:

$$A_{bs} = \frac{1}{2} A_{br} = \frac{1}{2} D_h \left(1 - \frac{1}{3} \frac{d_v}{d_h}\right) \cdot 100 \cdot c = \frac{5000}{d} \left(1 + \frac{d_v}{d_h}\right) \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{d_v}{d_h}\right) \cdot c$$

$$A_{ws} = 2 A_{wr} = \frac{1}{2} D_h \left(1 - \frac{1}{3} \frac{d_v}{d_h}\right) B \cdot Q \cdot l \cdot 100 - B = \frac{5000}{d} \left(1 + \frac{d_v}{d_h}\right) \left(1 - \frac{1}{3} \frac{d_v}{d_h}\right) B \cdot Q \cdot l - B$$

In grafiek 4 zijn de transportkosten van stobbe tot stapelplaats ten opzichte van de totale wegdichtheid  $d$  uitgezet bij verschillende waarden van  $\frac{d_v}{d_h}$  en een combinatie van de waarden  $Q, l, B, k_e$  en  $f$ .

Uit de grafiek blijkt dat bij iedere totale wegdichtheid de transportkosten van stobbe tot stapelplaats lager zijn indien ook langs de verbindingswegen wordt gestapeld. De kosten zijn het laagst als het wegennet alleen uit hoofdontsluitingswegen bestaat. De verhouding van hoofd- en verbindingswegen veroorzaakt geringe verschillen in uitsleepkosten bij wegdichtheden van meer dan 10 m per ha. Naarmate de totale wegdichtheid kleiner is speelt de verhouding van hoofd- en verbindingswegen een belangrijke rol.

#### 4. DE RELATIE TUSSEN DE ONTSLUITING EN DE TRANSPORTKOSTEN OVER DE WEG

Het wegennet wordt ook gebruikt voor het transport van het hout van de stapelplaats tot een afvoerpunt X aan de rand van het bos. De kosten van het houttransport over de weg, gemakshalve wegtransportkosten ( $K_t$ ) genoemd zijn lineair afhankelijk van de gemiddelde transportafstand volgens de formule:

$$K_t = 2 A_T \frac{k_T}{L_T}$$

waarin:  $A_T$  = de gemiddelde afstand van het transport van stapelplaats naar afvoerpunt (km)

$k_T$  = kosten van chauffeur en vrachtauto voor het afleggen van 1 km (berekend voor 500 m met vracht en 500 m zonder vracht) (f/km)

$L_T$  = gemiddelde lading van de vrachtauto ( $m^3$ ).

De afstand van het houttransport buiten het bos is onafhankelijk van de hier behandelde bosontsluiting. De mogelijkheid om wel of niet met het lange afstand-transportvoertuig te keren is van invloed op de transportkosten en de vereiste ontsluiting.

In figuur 5 zijn de gemiddelde transportafstanden  $A_{TX}$  van stapelplaats tot een afvoerpunt X aan de rand van het bos berekend, voor verschillende ontsluitingsmodellen. Hierbij is verondersteld dat het voertuig bij de stapelplaats kan keren. De gemiddelde afstand van het wegtransport binnen het bosgebied blijkt afhankelijk te zijn van:

1. De afmetingen van het bosgebied (M en N)
2. De lengte van de hoofdontsluitingswegen.
3. De ligging van de verbindingsweg t.o.v. het afvoerpunt.
4. De ligging van het afvoerpunt t.o.v. de hoofdwegen.

Voor Nederlandse omstandigheden is de lengte van de hoofdwegen gelijk te stellen aan de lengte of breedte van het bosgebied. Afhankelijk van de ligging van het afvoerpunt varieert de gemiddelde transportafstand over hoofd- en verbindingswegen tussen 1/4 en 1/2 afmeting van het bosgebied in de betreffende richtingen. De gunstigste ligging van het afvoerpunt is het midden van de lange zijde. De verbindingsweg kan het beste door het afvoerpunt lopen. In dat geval hebben meerdere verbindingswegen geen invloed op de gemiddelde transportafstand. Het aantal hoofdwegen heeft in bepaalde gevallen alleen invloed als het aantal oneven is. Nadat het bosgebied doorkruist is door een hoofdweg en een verbindingsweg die door het afvoerpunt loopt, nemen de wegtransportkosten niet meer toe bij verdere ontsluiting.

Een dergelijke hoofd- en verbindingsweg zullen in vele bosgebieden een deel van de optimale ontsluiting vormen. In deze bossen wordt de optimale wegdichtheid niet mede bepaald door de wegtransportkosten. Als het voertuig niet bij de stapelplaatsen kan keren moeten aparte keerpunten gemaakt worden of het wegennet zo worden aangelegd dat de voertuigen rond kunnen rijden. In het laatste geval zullen minstens twee hoofdwegen door twee verbindingswegen aan de uiteinden verbonden zijn. Indien de verbindingswegen alleen gebruikt worden voor het rondrijden van vrachtauto's, dan zijn voor het bepalen van de optimale afstand tussen de verbindingswegen ( $x_0$ ) de volgende gegevens nodig:

$D_h$  = afstand tussen de parallelle hoofdontsluitingswegen (hm)

$V$  = gemiddelde jaarlijkse werkhoutaanwas ( $m^3/ha$ )

$C_w$  = weggkosten (onderhoud, afschrijving en rente) per jaar per hm (f/hm)

$K_T$  = transportkosten van  $1 m^3$  over 1 km weg (f/ $m^3/km$ )

De transportkosten voor het rondrijden zijn per  $m^3$   $2(D_h+x) \cdot 0,1K_T$  (f/ $m^3$ )

De kosten van de verbindingsweg zijn per  $m^3$

$$\frac{D_h C_w}{D_h \cdot x \cdot V} = \frac{C_w}{x \cdot V} \text{ (f/m}^3\text{)}$$

De afstand  $x$  is optimaal als de eerste afgeleide van de som van deze kosten gelijk is aan nul:

$$2 \cdot 0,1 \cdot K_T - \frac{C_w}{x^2 \cdot V} = 0$$

$$x_0 = \sqrt{\frac{C_w}{2 \cdot 0,1 \cdot K_T \cdot V}} \text{ (hm)}$$

Met het nomogram (grafiek 5) kunnen de optimale afstanden tussen de verbindingswegen eenvoudig bepaald worden voor enkele combinaties van de waarden  $C_w$ ,  $K_T$  en  $V$ . De aangenomen waarden  $K_T = f 0,067$  en  $K_T = f 0,040$  zijn benaderingen van de transportkosten met respectievelijk een 20 tons vrachtauto (gemiddelde snelheid 40 km/uur, laadvermogen  $12 m^3$ , kosten  $f 0,80$  per km) en een 40 tons vrachtauto (gemiddelde snelheid 40 km/uur, laadvermogen  $25 m^3$ , kosten  $f 1,05$  per km)

De kwaliteit van het wegennet in het bosgebied wordt ondermeer bepaald door de transportafstand en de kwaliteit van de wegen buiten het bosgebied tot de plaats van levering.

Wordt er vanuit gegaan dat de kwaliteit van de wegen buiten het bosgebied gelijk is aan of hoger is dan de optimale kwaliteit van de wegen in het bosgebied, dan wordt deze laatste bepaald door:

$z$  = de gemiddelde transportafstand van stapelplaats tot plaats van levering (km)

$v$  = jaarlijkse werkhoutaanwas ( $m^3/ha$ )

$d$  = wegdichtheid van de wegen in het bosgebied (m/ha)

$t_x, t_y$  = kosten van het afleggen van 1 km met een vrachtauto voor ladingen van  $x, y m^3$  (f/km)

$l_x, l_y$  = kosten van het laden en lossen van  $1 m^3$  van een vrachtauto voor ladingen van  $x, y m^3$  (f/ $m^3$ )

$c_x, c_y$  = jaarlijkse kosten van 100 m weg voor vrachtauto's met ladingen van  $x, y m^3$  (f/hm)

De kosten van het wegtransport en de weggkosten van de bosontsluiting per  $m^3$  zijn bij gebruik van vrachtauto's met ladingen van  $x m^3$ :

$$2z \frac{t_x}{x} + \frac{l_x}{x} + \frac{d \cdot c_x}{100 \cdot v} \quad (f/m^3)$$

Naar een wegennet voor vrachtauto's met ladingen van  $y m^3$  zal moeten worden overgegaan als:

$$2z \frac{t_x}{x} + \frac{l_x}{x} + \frac{d \cdot c_x}{100 \cdot v} \geq 2z \frac{t_y}{y} + \frac{l_y}{y} + \frac{d \cdot c_y}{100 \cdot v}$$

zijn  $K_{Tx} = \frac{t_x}{x}$  en  $K_{Ty} = \frac{t_y}{y}$  ( $K_{Tx}, K_{Ty}$  kosten van het transport van  $1 m^3$

over 1 km) en  $L_x = \frac{l_x}{x}$ ,  $L_y = \frac{l_y}{y}$  ( $L_x, L_y$  kosten van laden en lossen van  $1 m^3$ ), dan zal moeten worden overgegaan naar een wegennet voor vrachtauto's met ladingen van  $y m^3$  als

$$z \geq \frac{L_y - L_x + \frac{d}{100 \cdot v} (c_y - c_x)}{2(K_{Tx} - K_{Ty})}$$

Grafiek 6 is een nomogram voor het bepalen van de afstand tot de fabriek waarbij een betere kwaliteit van het wegennet economischer is in verband met het lange-afstand transport.

## 5. DE RELATIE TUSSEN DE ONTSLUITING EN DE PERSONENVERVOERSKOSTEN

Het personenvervoer in het bosbedrijf, van, naar en tijdens het werk vindt plaats over een afstand over de weg ( $S_w$ ) en een afstand in het bos ( $S_b$ ).

Bij surveillance zullen in het algemeen de afstanden tussen de opeenvolgende plaatsen van werk oneindig klein zijn. De snelheid van het vervoer bepaalt de intensiteit van de surveillance en de grootte van het gebied dat in één dag wordt gesurveilleerd. Hier zal niet verder worden ingegaan op de invloed van het wegennet op de vervoerskosten van surveillance. De afstanden van het personenvervoer om naar en van de plaats van het werk te komen kunnen gelijk gesteld worden aan die van het houttransport.

De kosten van het personenvervoer over de weg zullen derhalve, nadat de basisontsluiting bereikt is, bij toename van de wegdichtheid niet meer toenemen en daarom van weinig invloed zijn op de wegdichtheid.

De gemiddelde afstand in het bos afgelegd per bezoek zal afhangen van de werkmethode. Wordt van de kant van de weg in één richting loodrecht op de weg en weer terug gewerkt, dan zal de gemiddelde personenvervoer afstand in het bos nul zijn. Door werktijden en het optreden van verlet zal dit meestal niet het geval kunnen zijn. De gemiddelde afstand van de weg tot het punt waar gewerkt wordt in het bos kan daarom gelijk gesteld worden aan de gemiddelde afstand van stobbe tot wegkant zoals die bepaald is in 2.3.2.

$$S_b = A_{bs} = \frac{1}{2} D_h \left(1 - \frac{1}{3} \frac{d_v}{d_h}\right)$$

Voor de personenvervoerskosten in het bos per  $m^3$  ( $K_{pb}$ ) kan de volgende formule opgesteld worden.

$$K_{pb} = \frac{2 m \cdot S_b \cdot k_{pb}}{V}$$

waarin:

$m$  = aantal bezoeken in een jaar per ha

$S_b$  = gemiddelde afstand van de weg tot punt waar gewerkt wordt (m)

$k_{pb}$  = gemiddelde kosten voor het afleggen van 1 m in het bos (f/m)

$V$  = gemiddelde volume aanwas per ha ( $m^3$ /ha)

Het aantal bezoeken in een jaar per ha is moeilijk te bepalen.

Bij vele werkzaamheden, zoals planten, verzorgen, kappen enz. zal het werk van één dag plaats vinden op 1 ha.

Het op en neer lopen naar de plaats van werk heeft dan betrekking op de betreffende ha. Bij andere werkzaamheden zoals b.v. surveillance en toezicht worden meerdere aaneengesloten hectaren achtereenvolgend bezocht.

In verband met deze werkzaamheden mag niet de afstand tot de weg van iedere bezochte ha als bezoek-afstand gerekend worden.

De totaal afgelegde afstand bij surveillance moet gedeeld worden door het aantal hectaren die bezocht zijn. Tabel 1 geeft voor een 60-jarige omloop het aantal geschatte bezoeken per ha, waarvoor twee maal de gemiddelde afstand tot de weg als bezoekafstand gerekend mag worden. Bij deze schattingen wordt het totale aantal bezoeken in een jaar per per ha (m) gelijk aan 8,5.

Tabel 2 geeft voor verschillende waarden van de variabelen de berekende personen-vervoerskosten per  $m^3$  ( $K_{pb}$ ).

B I J L A G E N

Tabel 1 Het geschatte aantal bezoeken per ha gedurende een 60-jarige omloop, waarvoor gerekend kan worden een bezoekafstand gelijk aan twee maal de afstand tot de weg

Soort werk	aantal mandagen werk per ha per 60 j.	Aantal bezoeken uitvoering van het werk	vanaf de weg voor toezicht op het werk	totaal
Vorbereiding	2	4	2	6
Planten (met hand)	8	16	4	20
Verzorging	3	6	3	9
Dunning	30	60	16	76
Kaalslag	20	40	4	44
Merken + houtmeten	10	20	5	25
Surveillance		300	10	310
Overige (bosinrichting, houthandelaar etc)		5	5	10
Begeleiding bka (10% van toezicht)				5
Bka (10% van toezicht)				5
Houtvester (5% van toezicht)				<u>3</u>
Totaal				513



Tabel 2 De personenvervoerskosten per m<sup>3</sup> onder verschillende omstandigheden berekend volgens de formule:

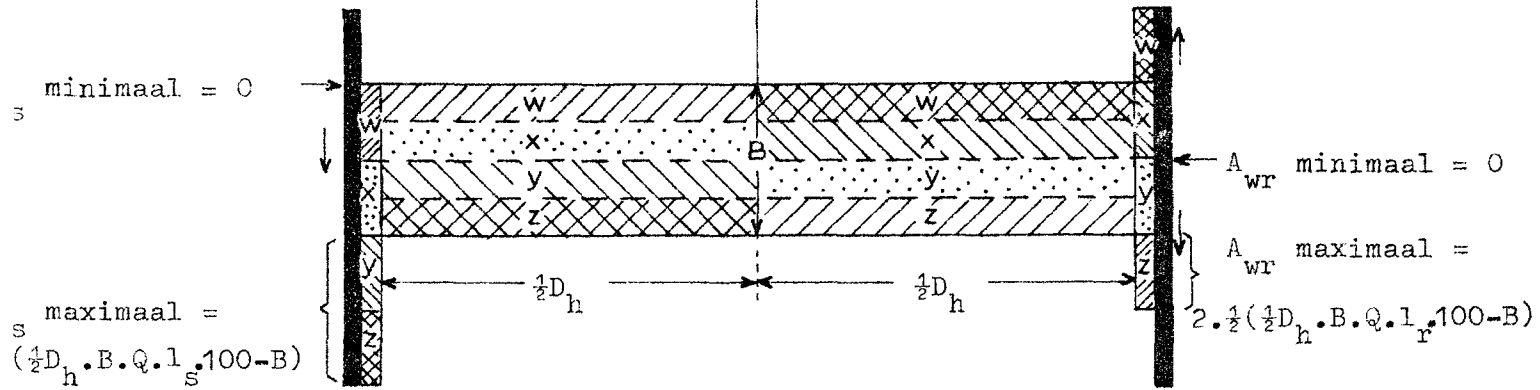
$$K_{pb} = \frac{m \cdot 5000 (1 + d_v/d_h) (1 - 1/3 \cdot d_v/d_h) k_{pb}}{d \cdot v}$$

d (m/ha)	d <sub>v</sub> /d <sub>h</sub>	V <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /ha)	k <sub>pb</sub> (f/m)	m	k <sub>pb</sub> (f/m)
25	0,25	10	0,006	8,5	1,17
25	0,25	10	0,006	4,25	0,59
25	0,25	10	0,005	8,5	0,59
25	0,25	5	0,006	8,5	2,35
25	0,125	10	0,006	8,5	1,10
12,5	0,25	10	0,006	8,5	2,06

figuur 1

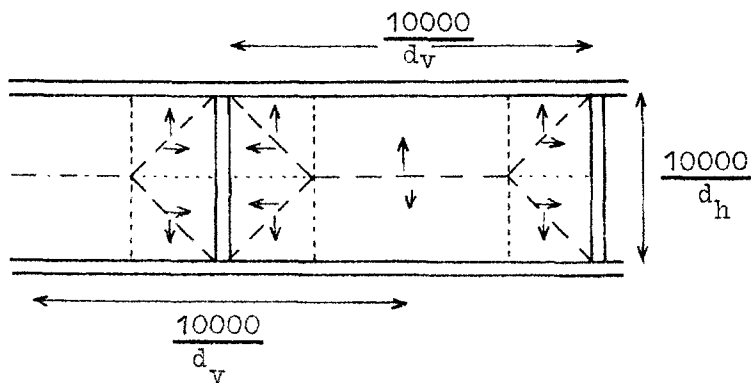
Berekening van de transportafstand langs de weg

bij uitslepen van langhout | bij uitrijden van sortiment-hout

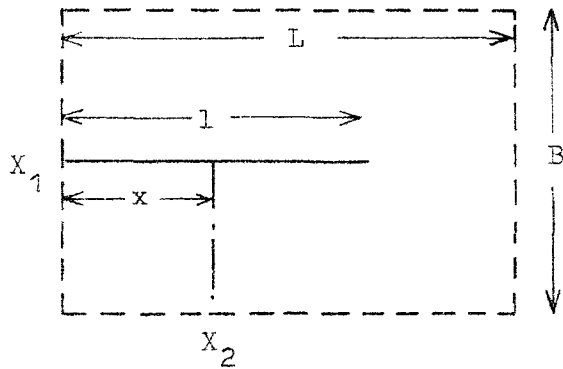


w,x,y,z hout dat per tractorpad geëxploiteerd wordt  
W,X,Y,Z de stapelruimte voor resp. w,x,y en z

figuur 2



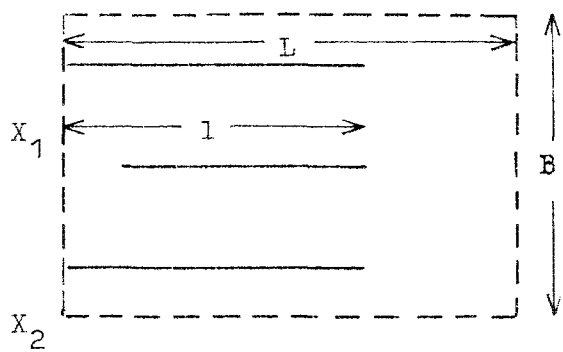
Berekening van de gemiddelde transportafstand ( $A_{TX}$ ) van stapelplaats tot afvoerpunt X bij verschillende ontsluitingsmodellen



$$A_{TX_1} = \frac{\frac{1}{2}l^2 B + l(L-l)B}{L \cdot B} = 1 - \frac{l^2}{2L}$$

$$A_{TX_2} = \frac{\frac{1}{2}x^2 B + \frac{1}{2}(1-x)^2 B + (1-x)(L-l)B}{L \cdot B} + \frac{1}{2}B$$

$$= 1-x + \frac{x^2 - \frac{1}{2}l^2}{L} + \frac{1}{2}B$$



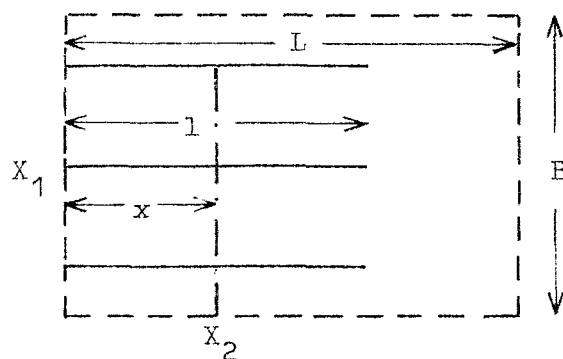
aantal hoofdwegen is oneven ( $n_o$ )

$$A_{TX_1} = 1 - \frac{l^2}{2L} + \frac{1}{4}B \frac{(n_o - 1)}{n_o^2} \approx 1 - \frac{l^2}{2L} + \frac{1}{4}B$$

aantal hoofdwegen is even

$$A_{TX_1} = 1 - \frac{l^2}{2L} + \frac{1}{4}B$$

$$A_{TX_2} = 1 - \frac{l^2}{2L} + \frac{1}{2}B$$



aantal hoofdwegen is oneven ( $n_o$ )

$$A_{TX_1} = \frac{l^2}{2n_o L} + \frac{l(L-l)}{n_o L} + \frac{n_o - 1}{n_o L} (\frac{1}{2}x^2 + (\frac{1}{2}(1-x) + x)(1-x))$$

$$+ l(L-l) + \frac{(n_o^2 - 1)B}{4n_o^2} = \frac{n_o(1L - \frac{1}{2}l^2 + \frac{1}{2}lx^2)}{n_o L} + \frac{(n_o^2 - 1)B}{4n_o^2}$$

$$A_{TX_2} = \frac{\frac{1}{2}x^2 B + \frac{1}{2}(1-x)^2 B + (1-x)(L-l)B}{BL} + \frac{1}{2}B =$$

$$= 1-x + \frac{x^2 - \frac{1}{2}l^2}{L} + \frac{1}{2}B$$

--- grens bosgebied

— hoofdweg

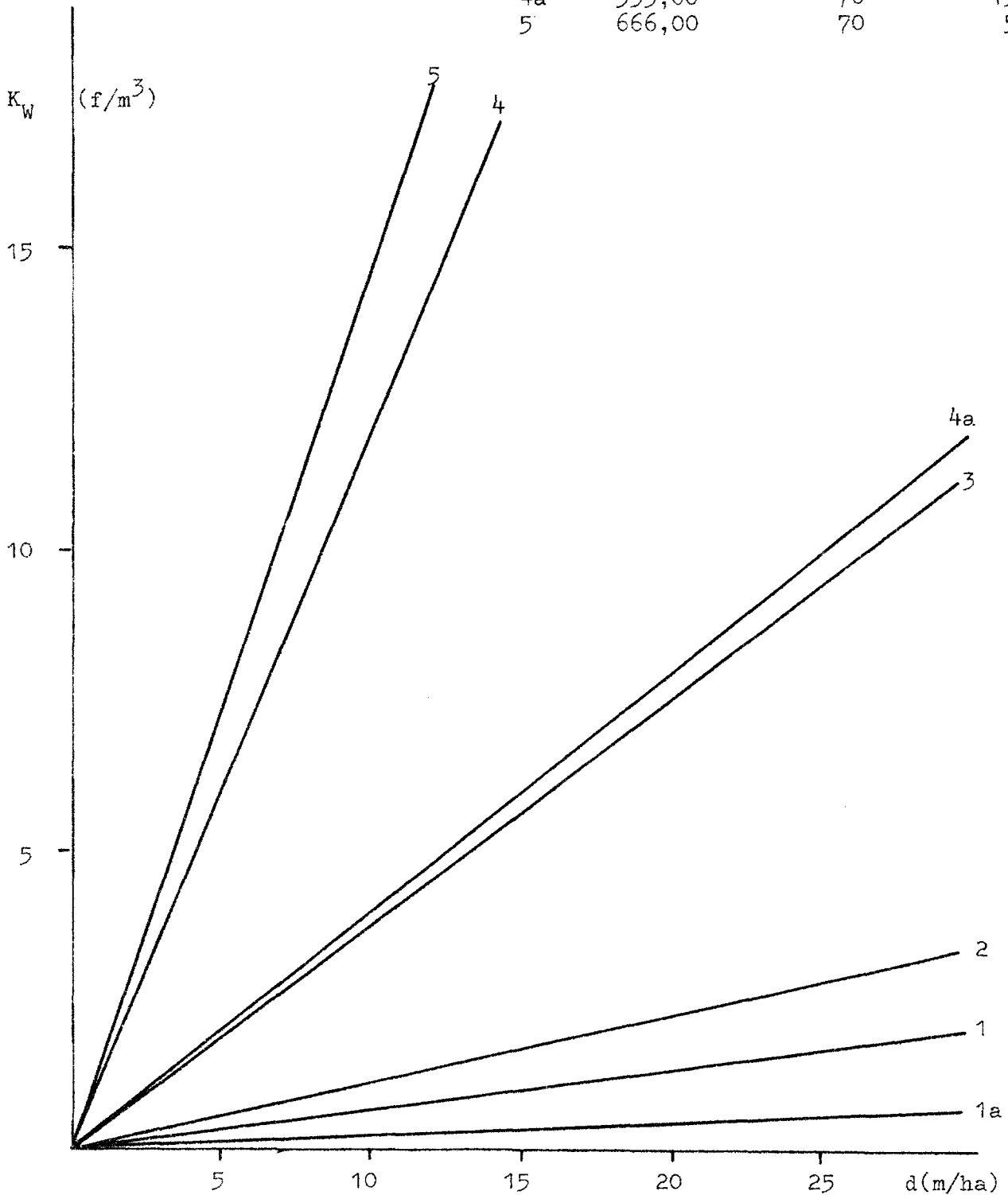
--- verbindingsweg

Grafiek 1

Wegkosten per m<sup>3</sup>, (K<sub>W</sub>) bij verschillende wegdichtheden (d) en verschillende wegaanlegkosten (R), wegonderhoudskosten (U) en jaarlijkse werkhoutaanwas (V)

$$K_W = \frac{R + U}{100 V} \cdot d$$

Kostenlijn	R (f/hm)	U (f/hm)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	4,50	30	5
1a	4,50	30	15
2	26,50	30	5
3	158,50	30	5
4	533,00	70	5
4a	533,00	70	15
5	666,00	70	5



Nomogram voor het bepalen van de gemiddelde uitsleepafstand in het bos ( $A_b$ ) en langs de weg ( $A_w$ ) als de diepte van de percelen  $\frac{1}{2} D_h$  is.

$D_h$  = afstand tussen de hoofdontsluitingswegen (hm)

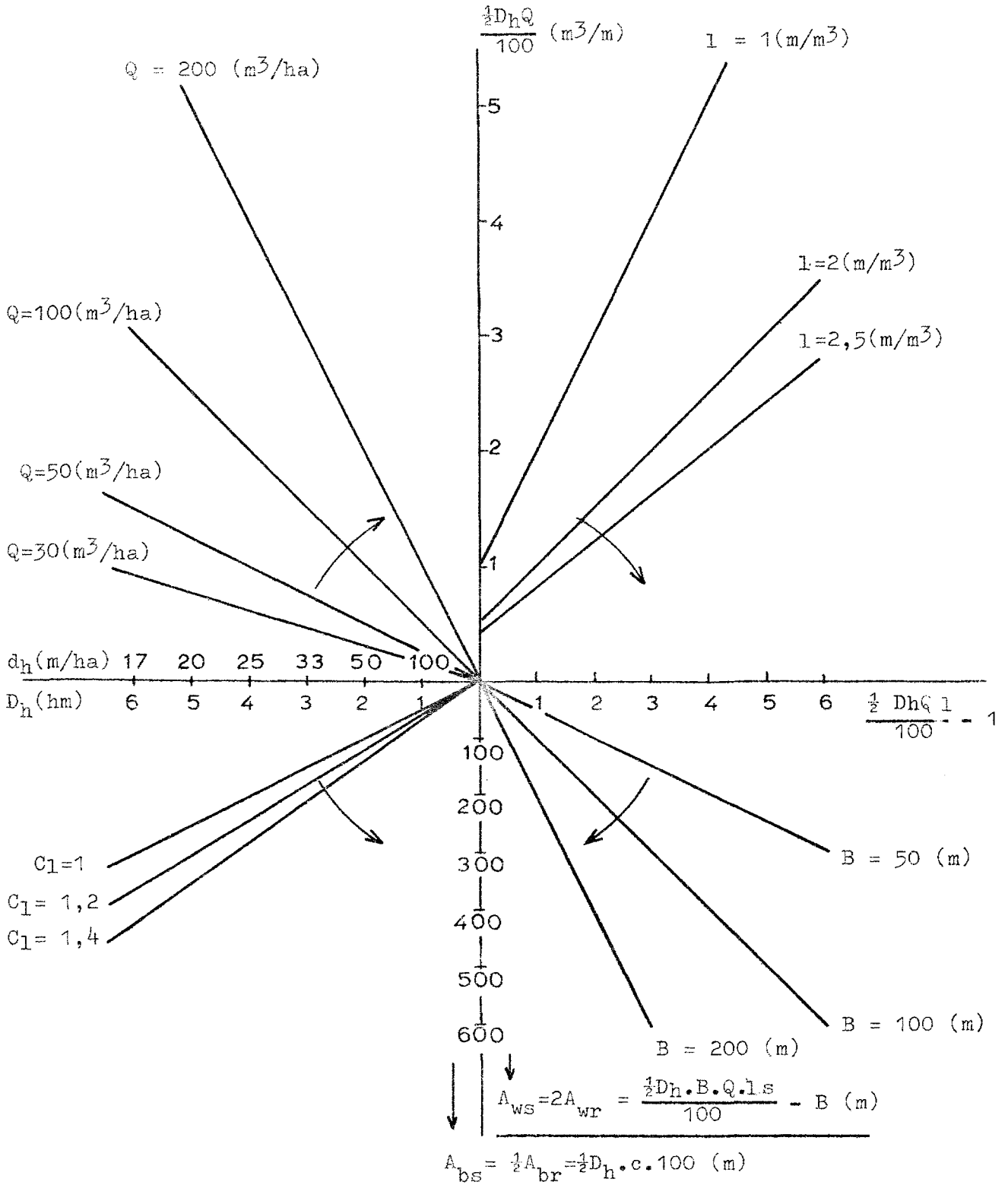
$d_h$  = wegdichtheid van de hoofdontsluitingswegen (m/ha)

$Q$  = Volume dat per oogst geëxploiteerd wordt ( $m^3/ha$ )

$l$  = aantal meters weg nodig om  $1 m^3$  te stapelen ( $m/m^3$ )

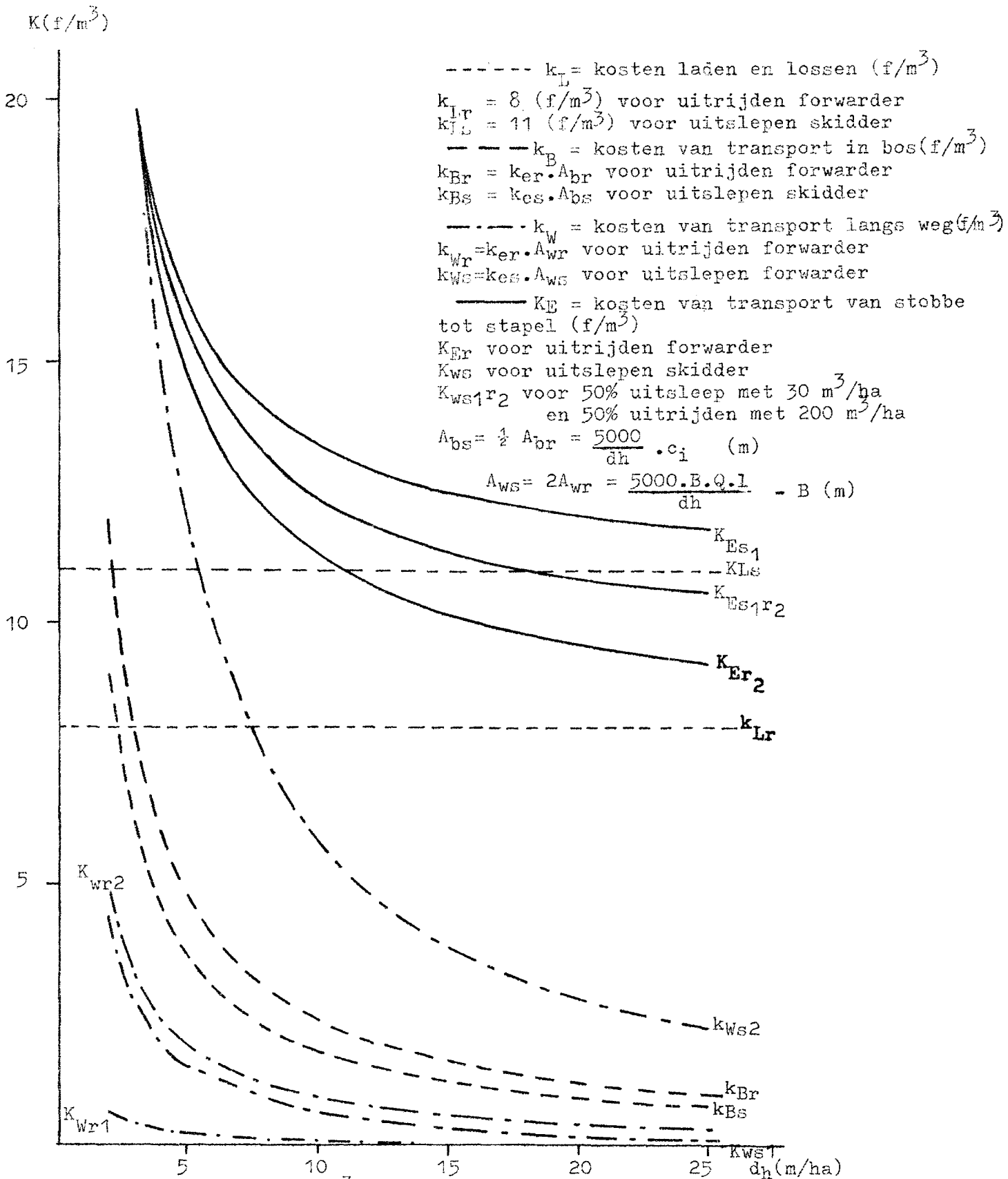
$B$  = Breedte van het perceel langs de ontsluitingsweg (m)

$c_1$  = Correctie -factor voor kronkelingen van trekkerpad



Uitsleep- en uitrijkosten naar hoofdontsluitingswegen bij verschillende wegdichtheden voor enkele exploitatie situaties

$$K_E = \sum f_i (k_{Li} + k_{ei} (A_{bi} + A_{wi})) = \sum f_i (k_{Li} + k_{Bi} + k_{Wi})$$



Indien:  $k_{er} = 0,002 (f/m^3/m)$   $B = 100 m$   
 $k_{es} = 0,003 (f/m^3/m)$   $C_1 = 1,2$   
 $l_r = 1 (m/m^3)$   $Q_1 = 30 m^3/ha$   
 $l_s = 2 (m/m^3)$   $Q_2 = 200 m^3/ha$

Kosten van het transport van stobbe tot stapelplaats bij verschillende dichtheden van hoofd- en verbindingswegen

$$K_E = f (K_{Lr} + K_{Br} + K_{Wr}) + (1-f) (K_{Ls} + K_{Bs} + K_{Ws})$$

$$K_{Br} = 2 \cdot K_{Bs} = A \cdot c \cdot k_e$$

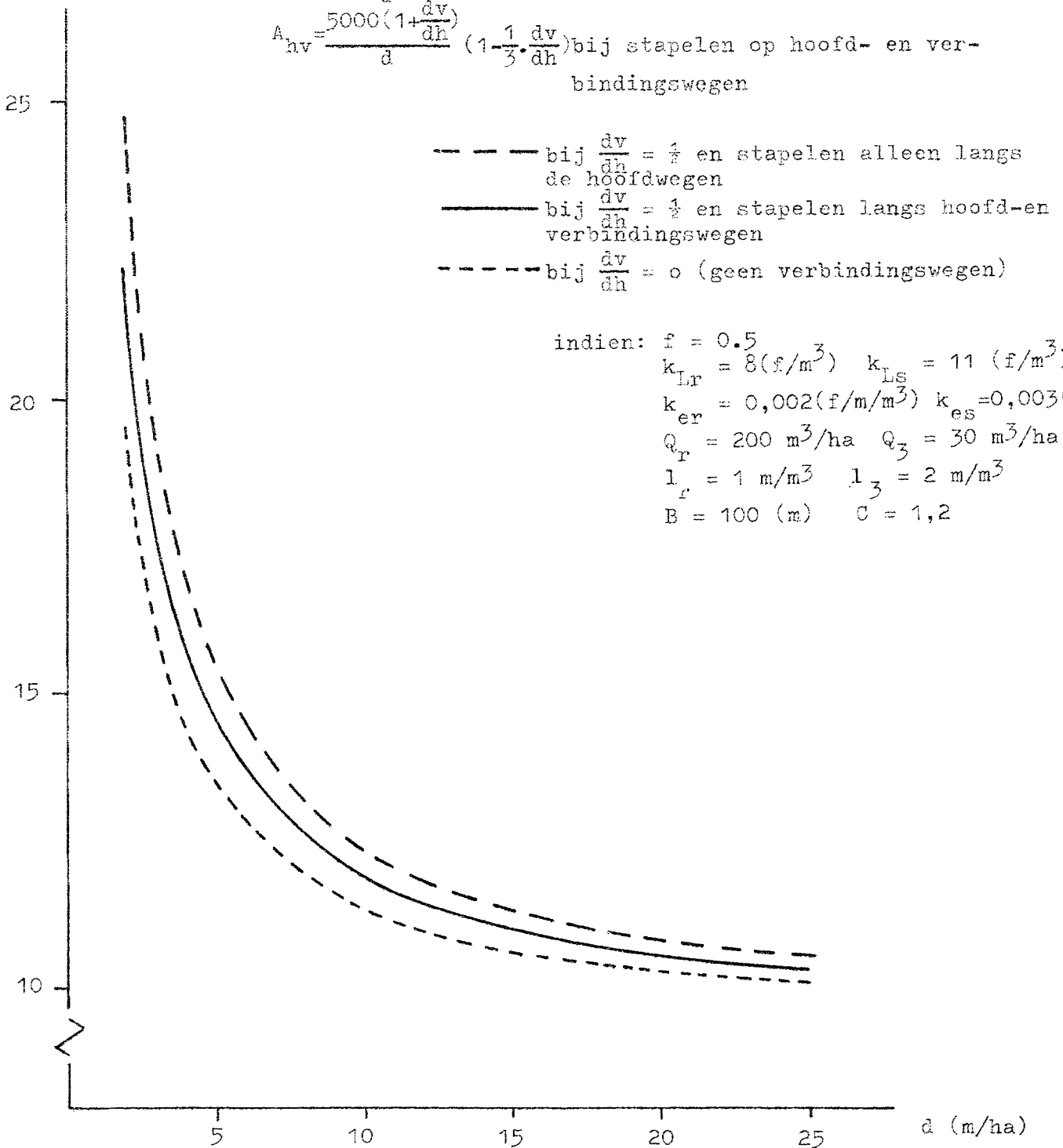
$$K_{Wr} = \frac{1}{2} K_{Ws} = 0,5 K_e \left( \frac{A \cdot B \cdot Q_1}{10000} - B \right)$$

→ A = gemiddelde perceeldiepte

$K_E (f/m^3)$

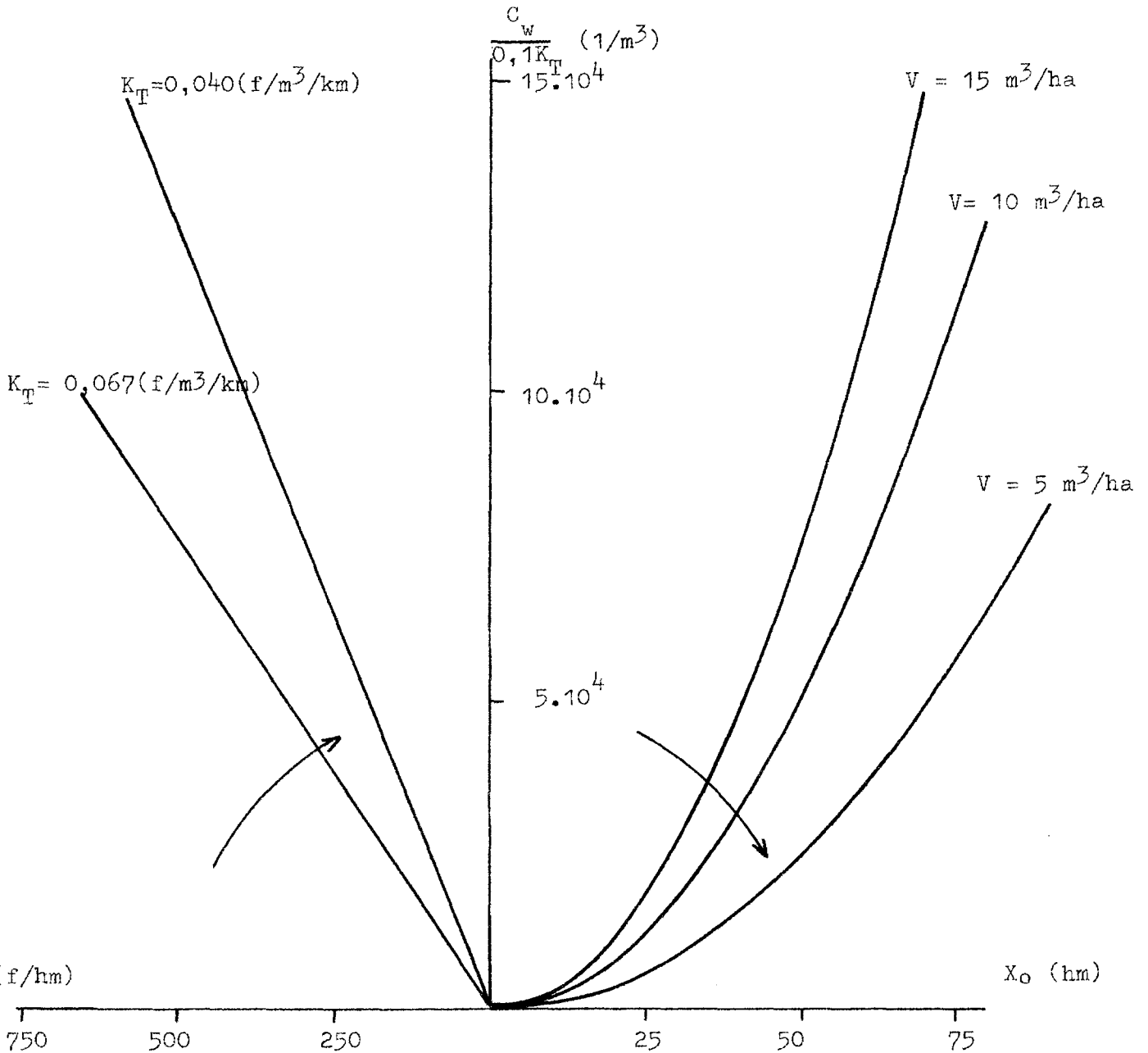
$$A_h = \frac{5000(1 + \frac{dv}{dh})}{d} \text{ bij stapelen alleen op hoofdwegen}$$

$$A_{hv} = \frac{5000(1 + \frac{dv}{dh})}{d} \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{dv}{dh}\right) \text{ bij stapelen op hoofd- en verbindingswegen}$$



Nomogram voor het bepalen van de optimale afstand tussen de verbindingswegen voor wat betreft het houttransport bij rondrijden

$$X_o = \sqrt{\frac{C_w}{2 \cdot 0,1 \cdot K_T \cdot V}} \quad (\text{hm})$$



$X_o$  = optimale afstand tussen de verbindingswegen

$C_w$  = jaarlijkse kosten van een weg (f/hm)

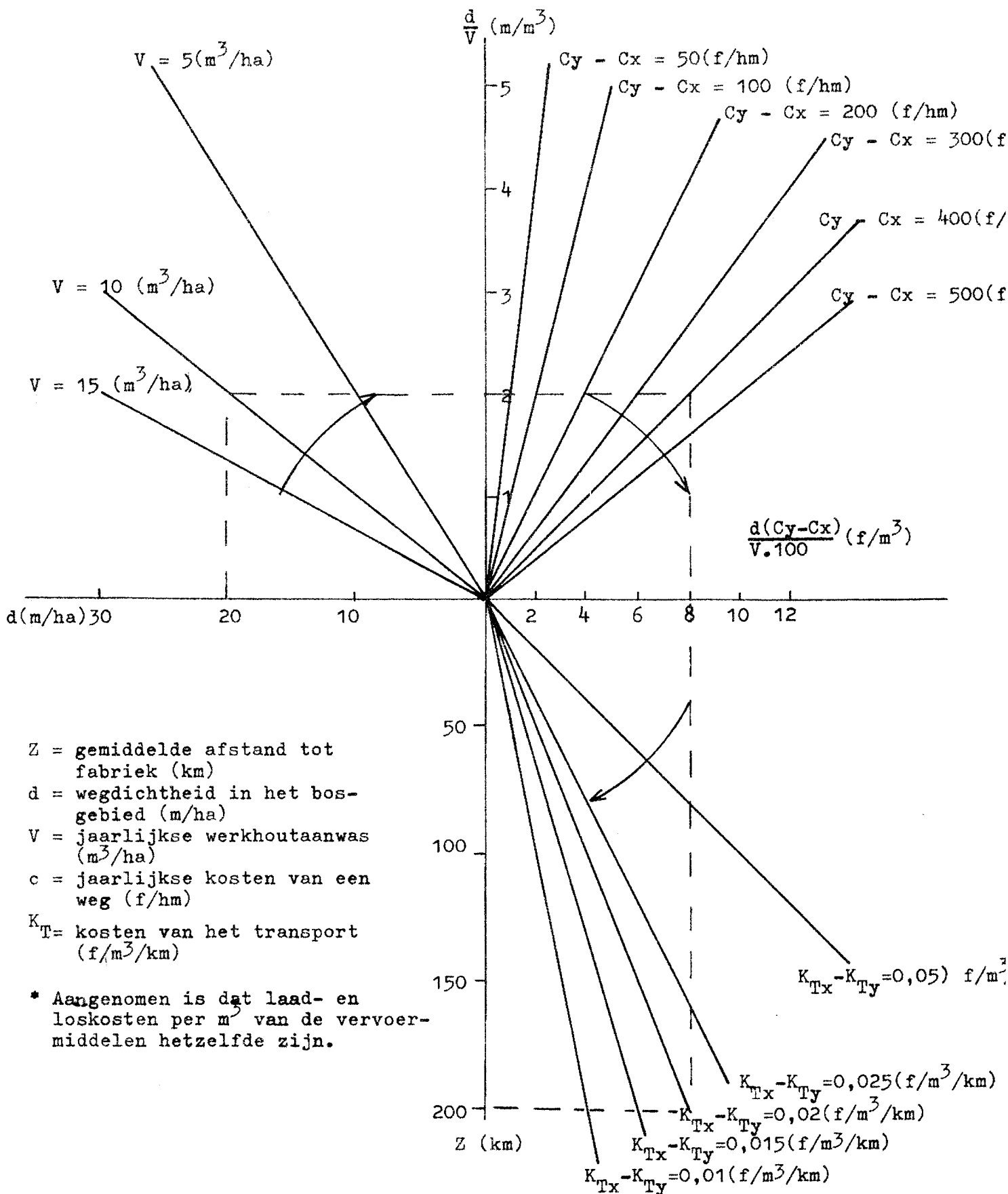
$K_T$  = transportkosten van 1 m<sup>3</sup> hout per km (f/m<sup>3</sup>/km)

$V$  = jaarlijkse werkhoutaanwas (m<sup>3</sup>/ha)



Nomogram voor het bepalen van de afstand tot de fabriek, waarbij het lange-afstandtransport economischer wordt door verhoging van de kwaliteit van de wegen, en het daardoor mogelijk geworden gebruik van zwaardere vrachtauto's

$$Z = \frac{\frac{d}{100 V} (C_y - C_x)}{2 (K_{Tx} - K_{Ty})} \quad (\text{km})$$



- $Z$  = gemiddelde afstand tot fabriek (km)
- $d$  = wegdichtheid in het bosgebied (m/ha)
- $V$  = jaarlijkse werkhoutaanwas (m<sup>3</sup>/ha)
- $c$  = jaarlijkse kosten van een weg (f/hm)
- $K_T$  = kosten van het transport (f/m<sup>3</sup>/km)

\* Aangenomen is dat laad- en loskosten per m<sup>3</sup> van de vervoermiddelen hetzelfde zijn.