INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA 355, d. d. 30 september 1966

De te verwachten verkeersbelasting van landbouwwegen bij wel en niet verplaatsen van boerderijen, in het bijzonder voor een weg in de ruilverkaveling in voorbereiding "Rolde"

A. J. Flach

C. van Gelderen

Inhoud | Blz.

1. Inleiding

Deze studie dient te worden gezien als een aanvulling op het reeds eerder verrichte onderzoek ten behoeve van de ruilverkaveling in voorbereiding 'Rolde'. Dit onderzoek omvatte de invloed van boerderijverplaatsing op de gemiddelde kavelafstand, de invloed van het al of niet in groepen plaatsen van de nieuwe boerderijen op de kosten van utiliteitswerken en een afweging van de voor- en nadelen in economisch opzicht van het al of niet in groepen plaatsen van de nieuwe boerderijen.

Bij het onderzoek naar de invloed van boerderijverplaatsing op de gemiddelde kavelafstand kwam naar voren dat boerderijverplaatsing de gemiddelde kavelafstand sterk kan doen dalen. Tegenover de hierdoor teweeggebrachte vermindering van het boerderij-kavel-verkeer (of intern bedrijfsverkeer) op de landbouwwegen staat een vermeerdering van het boerderijverkeer (het extern bedrijfsverkeer en het maatschappelijk landbouwverkeer). Of anders gezegd: tegenover het voordeel dat de boer niet ver behoeft te rijden naar zijn land staat het nadeel van de grotere afstanden die moeten worden afgelegd door melkrijders, toeleveringsbedrijven, schoolgaande kinderen uit het boerengezin, winkelier, postbode, en zo voort.

Het onderzoek naar het hier aangeroerde probleem zal zich allereerst richten naar een zo goed mogelijke beschrijving en kwantificering van de verschillende soorten verkeer, waarbij reeds spoedig blijkt dat de aard van het bedrijf, de bedrijfsgrootte, het mechanisatieniveau, de gezinsgrootte en -samenstelling en de levensovertuiging voor een groot deel bepalend zijn, waardoor een grote variatie in aard en omvang van het verkeer in de diverse streken van ons land wordt veroorzaakt.

In de tweede plaats zal men zich interesseren voor de tijdstippen waarop het verkeer plaatsvindt. Inzicht hierin is met name belangrijk ter berekening van de benodigde capaciteit van de nieuw aan te leggen of te verbeteren landbouwwegen. Deze capaciteit wordt voornamelijk bepaald door de gemiddelde verkeersintensiteit, maar ook door de mate waarin het landbouwverkeer zich concentreert in slechts enkele maanden per jaar, dagen per week of uren per dag. Ook het verkeer tijdens de spitsuren in drukke perioden dient vlot door de weg te kunnen worden verwerkt, zonder dat ernstige beschadiging van de wegbermen optreedt. Dit laatste vormt namelijk meestal het knelpunt (HOOGELAND, 1965).

In de derde plaats is denkbaar dat men de kosten die het verkeer met

zich mee brengt wil becijferen, hetgeen geschiedt door de tijd, die men eraan besteedt, tegen een zeker bedrag per uur te waarderen.

In het hierna volgende zal een, zij het zeer globale, beschrijving van de verschillende soorten verkeer worden gegeven en enkele reeds eerder genoemde getallen en formules die een indruk geven van de omvang van het verkeer. Daarbij zullen we ons beperken tot het verkeer dat gericht is op de boerderij en op het land, zodat het doorgaand verkeer buiten beschouwing blijft. Over de verdeling van het verkeer over de verschillende maanden per jaar, dagen per week en uren per dag zal slechts weinig worden gezegd, terwijl de kosten van het verkeer geheel buiten beschouwing zullen blijven. De gebruikte formules en getallen zijn afgeleid voor landbouwgebieden, die afwijken van Midden-Drenthe, zodat de toepassing op 'Rolde' gegeven wordt onder voorbehoud.

2. Intern bedrijfsverkeer

Onder intern bedrijfsverkeer wordt verstaan het verkeer dat zich afspeelt tussen de boerderij en de bijbehorende kavels en het verkeer tussen de kavels en percelen onderling.

FLACH (1966) komt op grond van verkeerstellingen in Friesland (graslandbedrijven met opstrekkende verkaveling) tot de volgende betrekking:

$$Y_k = \frac{400}{F} + 6{,}3 \qquad (1)$$

waarin:

Y_k = aantal ritten van vervoerseenheden per etmaal, als gemiddelde over het gehele jaar (= jaarlijks etmaalgemiddelde of JEG) van het intern bedrijfsverkeer, exclusief rijwielen en voetgangers, ten behoeve van 100 ha grasland

F = gemiddelde bedrijfsgrootte in ha

Deze formule is geldig voor bedrijfsgrootten tussen 10 en 50 ha en indien de kavelafstanden niet groter worden dan 3000 m.

Uit FLACH (1964a) is af te leiden dat de ritten worden afgelegd door vervoerseenheden van gemiddeld 1,65 personenautoeenheden (PAE). Vult men deze waarde in in formule (1), dan verkrijgt men het jaarlijks etmaalgemiddelde per 100 ha grasland, uitgedrukt in PAE:

$$Y_{k,PAE} = \frac{660}{F} + 10,4 \qquad (2)$$

Formule (1) en (2) hebben betrekking op verkeer zonder rijwielen. Het aantal ritten van rijwielen bedraagt 19% van het aantal ritten bedoeld in formule (1), ofwel 0,19 (400/F + 6,3) = 76/F + 1,2 per 100 ha grasland per etmaal. Daar een rijwiel wordt gerekend op 0,25 PAE, is het JEG van het rijwielverkeer, uitgedrukt in PAE, per 100 ha grasland

$$Y_{kr,PAE} = \frac{19}{F} + 0,3 \qquad (3)$$

In PAE uitgedrukt is het aandeel van het rijwielverkeer dus uiterst bescheiden.

Het in PAE uitgedrukte jaarlijks etmaalgemiddelde per 100 ha grasland (inclusief rijwielen) wordt gevonden door sommatie van de formules(2) en (3),en is dus gelijk aan

$$Y'_{k,PAE} = \frac{679}{F} + 10,7 \qquad (4)$$

Formule (4) geeft een gemiddelde voor het gehele jaar. FLACH (1964b) toont aan dat de verkeersintensiteit sterk wisselt in de verschillende maanden: in de winter is er weinig intern bedrijfsverkeer, terwijl de gemiddelde etmaalintensiteit in de maand juni meer dan het dubbele bedraagt van de jaarlijkse etmaalintensiteit volgens formule (4). Ook op de dagen binnen een maand is de verkeersintensiteit verre van constant; tijdens de weekeinden en vooral op zondagen is er relatief weinig intern bedrijfsverkeer, terwijl sommige dagen een piek vertonen als gevolg van hooi- en kuilvoerwinning. Het is waarschijnlijk dat deze pieken afvlakken, naarmate er meer boeren gebruik maken van een bepaald weggedeelte, doch dit is nog niet voldoende onderzocht. Tenslotte wisselt de intensiteit van het verkeer ook met de uren van de dag, waarbij FLACH (1966) opmerkt dat in het spitsuur de ritproductie ca. 10% van de etmaalhoeveelheid bedraagt, zodat het spitsuur 2,4 maal zo druk is als het gemiddelde uur van de dag. Samenvattend kan worden gesteld, dat tijdens de spitsuren in de zomermaanden de verkeersintensiteit meermalen kan oplopen tot het zes- à tienvoudige van de jaarlijkse etmaalintensiteit volgens formule (4).

Blijkens verschillende onderzoekingen in de Veenkoloniën onder andere van REINDS (1964) is de intensiteit van het intern bedrijfsverkeer in akkerbouwgebieden met veel hakvruchten van dezelfde orde van grootte. Grote intensiteitsverschillen treden op bij verandering van het percentage hakvruchten en het mechanisatieniveau, terwijl, evenals in graslandgebieden, ook de bedrijfsgrootte van invloed is. De onderlinge vergelijkbaarheid van de cijfers voor grasland- en bouwlandgebieden wordt hierdoor bemoeilijkt. De indruk bestaat dat het akkerbouwbedrijf méér dan het graslandbedrijf het aantal ritten kan beperken door toenemende mechanisatie, waar tegenover staat dat het gemiddeld aantal PAE per vervoerseenheid bij toenemende mechanisatie zal stijgen. De grootste intensiteit van het landbouwverkeer valt in de maanden september-oktober, in welke maanden de gemiddelde etmaalintensiteit van het verkeer kan oplopen tot het 2 à 3-voudige van de jaarlijkse gemiddelde etmaalintensiteit.

Door LINTHORST en VAN DUIN (1964) is voor een drietal gemengde bedrijven in Noord-Brabant een transportonderzoek uitgevoerd. De gemiddelde oppervlakte van deze bedrijven bedroeg 13 ha, waarvan ruim de helft grasland en bijna 10% hakvruchten. De bewerkingen werden hoofdzakelijk uitgevoerd met paardetractie; slechts incidenteel werd van een trekker gebruik gemaakt. Op één bedrijf werden zeer veel ritten per fiets afgelegd. Onderstaande tabel geeft een overzicht; de aantallen ritten zijn omgerekend in PAE door er van uit te gaan dat, juist als bij grasland, het aantal PAE per vervoerseenheid (exclusief rijwielen) gemiddeld 1,65 bedraagt, terwijl een rijwiel gerekend wordt op 0,25 PAE.

Bedrijf	A			B			C		
Bedrijfsgrootte F in ha	16,96			12,55			9,53		
	paard en trekker	fiets	totaal	paard en trekker	fiets	totaal	paard en trekker	fiets	totaal
Aantal ritten per 100 ha per etmaal (JEG)	14,4	1,9	16,3	30,1	1,5	31,6	29,6	64,0	93,6
Idem, in PAE omgerekend	23,8	0,5	24,3	49,7	0,4	50,1	48,8	16,0	64,8
Idem, in PAE, volgens formule (4)	-	-	51	-	-	65	-	-	82

Hoewel door het kleine aantal in het onderzoek betrokken bedrijven uit bovenstaande cijfers moeilijk conclusies kunnen worden getrokken, is de toename van de intensiteit van het intern bedrijfsverkeer in PAE bij afnemende bedrijfsgrootte opmerkelijk. Bij alle drie bedrijven blijft de intensiteit beneden die volgens formule (4). De geringe oppervlakte aan hakvruchten speelt hier mogelijk een rol. Het lage aantal PAE voor bedrijf A, namelijk 24,3 wordt mede veroorzaakt door het feit, dat het grasland bij bedrijf A dicht bij huis ligt, zodat het transport voor melken voor een groot deel te voet geschiedt.

Evenals bij bouwland- en graslandbedrijven valt de grootste intensiteit van het landbouwverkeer in de zomermaanden. In de drukste maanden loopt de gemiddelde etmaalintensiteit per maand op tot ongeveer het dubbele van de jaarlijks gemiddelde etmaalintensiteit. Door het veelzijdiger bouwplan zijn de pieken relatief iets minder hoog.

Samenvattend kan worden gezegd dat niet is aangetoond dat toepassing van formule (4) op 'Rolde' leidt tot ernstige overschatting of onderschatting van de verwachte omvang van het intern bedrijfsverkeer. Bij zeer grote kavelafstanden - zoals in Rolde zullen voorkomen indien geen boerderijen worden verplaatst - wordt evenwel de verkeersintensiteit waarschijnlijk lager dan volgens (4). Hetzelfde is het geval indien de verbouw van hakvruchten beperkt blijft. Verder is niet onderzocht in hoeverre de veronderstelling, dat het aantal PAE per vervoerseenheid (uitgezonderd rijwielen) gemiddeld 1,65 bedraagt, ook voor Rolde geldt. Ook moet men, bij toepassing van de formule, een uitspraak doen over de te verwachten bedrijfsgrootte F. Wordt deze van gemiddeld 11 ha (de huidige gemiddelde bedrijfsgrootte) opgevoerd tot bijvoorbeeld 15 ha, dan daalt Y' volgens formule (4) van 72 tot 56. Door al deze factoren wordt het vaststellen van een te verwachten (in PAE omgerekend) IEG per 100 ha per etmaal een hachelijke zaak.

Wegens gebrek van nadere gegevens wordt aangenomen:

1) De betrekking tussen bedrijfsgrootte en JEG per 100 ha, weergegeven in formule (4), geldt ook voor Rolde.
2) Voor kavels met zeer geringe kavelafstand zal het jaarlijks etmaalgemiddelde overeenkomen met dat volgens formule (4), terwijl het JEG voor verder weggelegen kavels gelijk is aan dat volgens formule (4), verminderd met 5% per kilometer kavelafstand.

In formule vorm:

$$Y'_{k,PAE} = \left(\frac{679}{F} + 10{,}7\right)\left(1 - \frac{0{,}5\ s}{100}\right), \qquad (4a)$$

waarin s = kavelafstand in hm. Formule (4a) geeft een gemiddelde voor het gehele jaar. Tijdens spitsuren in de zomer moet worden gerekend op een zesvoudige verkeersintensiteit.

3. Boerderijverkeer

Onder boerderijverkeer wordt verstaan het verkeer dat zich afspeelt tussen de boerderijen en de buitenwereld. Het kan worden onderverdeeld in twee soorten, namelijk:

- extern bedrijfsverkeer, dit is boerderijverkeer dat nodig is voor de uitoefening van het landbouwbedrijf;
- maatschappelijk verkeer, dit is boerderijverkeer ten behoeve van het boerengezin.

Uit een enquête van een 15-tal graslandbedrijven (FLACH, 1966) bleek het aantal ritten per etmaal ten behoeve van het extern bedrijfsverkeer voor één boerderij ongeveer 7 te bedragen, waarvan ongeveer 4 door de melkrijder werden veroorzaakt en de overige door de kunstmest- en veevoederhandelaar, de veehandelaar, de dierenarts, de inseminator, de melkcontroleur, enz. LINTHORST en VAN DUIN (1964) komen op een wat lager bedrag, voornamelijk door minder vaak langskomen van de melkrijder.

Ten aanzien van het maatschappelijk verkeer bleek uit bovengenoemde enquête dat het aantal ritten per etmaal sterk afhankelijk was van de gezinsgrootte (g). Dit uitte zich vooral in het aantal ritten, veroorzaakt door schoolgaande kinderen: dit aantal bedroeg ongeveer g-1. Ten aanzien van het overige maatschappelijk verkeer was het verband met de gezinsgrootte minder duidelijk. Voor één boerderij werden gemiddeld ter voorziening in de levensbehoeften (bakker, kruidenier, boodschappen doen) ca. 3 ritten afgelegd, voor diensten (postbode, arts, enz.) 3 ritten, en voor kerkgang 1 rit. Het totale maatschappelijke verkeer voor één boerderij bedroeg dus ongeveer g + 6 ritten per etmaal. LINTHORST en VAN DUIN (1964) hebben het maatschappelijk verkeer onderzocht voor een gemengd bedrijf in Noord-Brabant en komen

wat betreft schoolgang en diensten op een ongeveer gelijk bedrag. Voor levensbehoeften werden evenwel meer ritten gemaakt, terwijl ongeveer 40% van het totaal aantal ritten is gemaakt ten behoeve van ontspanning.

Het bovenstaande heeft geheel betrekking op het boerderijverkeer ten behoeve van één boerderij. Indien meer dan één boerderij langs een weg staat, zullen de melkrijder, de fouragehandelaar, de kruidenier, enz. meerdere klanten per rit bezoeken,zodat het aantal passages niet evenredig toeneemt met het aantal boerderijen. Waarnemingen van FLACH bevestigen dit. Hij komt op grond van deze waarnemingen tot de volgende formule:

$$Y_b = 14{,}8\ n_b^{0{,}67} \qquad (5)$$

waarin

Y_b = aantal ritten van vervoerseenheden per werkdag-etmaal, als gemiddelde over het gehele jaar (JEG_w) van het boerderijverkeer, exclusief rijwielen en voetgangers;

n_b = aantal boerderijen waarop Y_b betrekking heeft.

Indien men formule (5) wil weergeven in PAE, is het noodzakelijk dat men het gemiddeld aantal PAE per vervoerseenheid weet. De volgende berekening (betrekking hebbend op graslandbedrijven) levert een ruwe schatting.

Het externe bedrijfsverkeer vindt hoofdzakelijk plaats met vrachtauto's, eventueel met aanhangwagens, met een gemiddeld aantal PAE van naar schatting 2,4. Per etmaal betreft dit 7 ritten, dus in totaal 7 x 2,4 = 16,8 PAE. School- en kerkgang worden verondersteld fietsend te worden gedaan, terwijl de zes ritten per etmaal ten behoeve van de 'levensbehoeften' en 'diensten' in de regel met personenauto's en bestelwagens worden uitgevoerd (6 x 1 PAE = 6,0 PAE). In totaal worden er dus per etmaal 13 ritten gemaakt (exclusief rijwielen) met 22,8 PAE, hetgeen neerkomt op 1,75 PAE per vervoerseenheid. Vult men deze waarde in in formule (5), dan verkrijgt men het gemiddeld aantal ritten per werkdag-etmaal van het boerderijverkeer, omgerekend in PAE:

$$Y_{b,PAE} = 26\ n_b^{0{,}67} \qquad (6)$$

Deze formule is geldig voor alle gezinsgrootten. De enige factor die duidelijk van de gezinsgrootte afhankelijk bleek was namelijk het aantal ritten ten behoeve van schoolgang, en deze worden in de regel per fiets afgelegd.

Nog niet is berekend hoe groot het aandeel van het rijwielverkeer is. Uit hetgeen hiervóór is opgemerkt is voor een schatting van de omvang van het rijwielverkeer kennis van de gezinsgrootte noodzakelijk. De 15 door FLACH geënquêteerde gezinnen telden gemiddeld bijna 5 gezinsleden. Indien wegens gebrek aan nadere gegevens deze gemiddelde waarde bij de verdere berekening wordt aangehouden ($g = 5$), dan worden per boerderij ten behoeve van schoolgang $g - 1 = 4$ rijwielritten per werkdag-etmaal gemaakt. Naast de rijwielritten voor schoolgang wordt verondersteld dat voor andere doeleinden per boerderij nog 2 rijwielritten per werkdag-etmaal worden afgelegd, bijvoorbeeld voor het doen van boodschappen of het afleggen van bezoeken. Het rijwielverkeer wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door het boerengezin (schoolgang, boodschappen, enz.) en neemt dus evenredig toe met het aantal boerderijen ($= n_b$). Het omvat zes ritten per etmaal per boerderij; het totaal aantal rijwielritten is dus $6\ n_b$ per etmaal, of in PAE omgerekend:

$$Y_{br,PAE} = 1{,}5\ n_b \tag{7}$$

Sommatie van de formules (6) en (7) levert:

$$Y'_{b,PAE} = 26\ n_b^{0,67} + 1{,}5\ n_b \tag{8}$$

Hoewel het aantal rijwielritten op zichzelf gemiddeld bijna de helft van het totaal aantal ritten uitmaakt (FLACH, 1966) is het aandeel van het rijwielverkeer in PAE uitgedrukt toch vrij gering. Hierbij dient echter te worden opgemerkt dat de formules (6), (7) en (8) gelden voor het verkeer in de door FLACH onderzochte graslandgebieden met opstrekkende verkaveling. Bij de door LINTHORST en VAN DUIN (1964) onderzochte gemengde bedrijven in Noord-Brabant is het rijwielverkeer veel omvangrijker, daar enerzijds de gezinnen groter zijn en anderzijds zeer veel ritten per rijwiel worden gemaakt voor levensbehoeften en ontspanning. Bovendien bleek het externe bedrijfsverkeer wat minder intensief en gemechaniseerd te zijn, zodat het rijwielverkeer, in PAE

uitgedrukt, wellicht ongeveer een derde deel uitmaakt van het totale boerderijverkeer.

Uit de formules (6), (7) en (8) is verder af te leiden, dat het aandeel van het rijwielverkeer procentueel groter wordt naarmate het aantal boerderijen langs de boerderijweg toeneemt.

Opgemerkt moet worden dat de formules (6), (7) en (8) strikt genomen alleen maar gelden voor doodlopende boerderijwegen, dat wil zeggen dat al het in- en uitgaande verkeer langs dezelfde weg moet teruggaan als het gekomen is. Bij niet-doodlopende wegen bestaat de mogelijkheid een andere terugweg te nemen. Over het algemeen zullen de leden van het boerengezin zelf en ook de bezoekers van één speciale boerderij van deze mogelijkheid niet zo vaak gebruik maken. Anders is het gesteld met hen die verscheidene of alle boerderijen langs gaan, zoals de melkrijder, de postbode, de kruidenier, etc. Voor hen betekent het dikwijls een besparing aan af te leggen kilometers indien ze langs een andere weg terugkeren, zodat op de terugweg weer andere boerderijen kunnen worden bezocht, en dus een 'ronde' wordt gemaakt. Een en ander heeft tot gevolg dat formule (8) voor niet-doodlopende boerderijwegen een wat te hoge uitkomst zal geven.

Over het algemeen is het boerderijverkeer regelmatiger over de tijd van het jaar verdeeld dan het interne bedrijfsverkeer (FLACH, 1966). Zelden overschrijdt het aantal ritten gedurende één etmaal het jaarlijks etmaalgemiddelde met een factor die groter is dan 1,6. Verder wordt gedurende het spitsuur gemiddeld 8,5% van het aantal ritten per dag afgelegd. Op spitsuren tijdens drukke dagen is het verkeer gemiddeld dus 3 à 4 keer zo druk als aangegeven volgens formule (8).

4. Niet-landbouwverkeer

Behalve intern bedrijfsverkeer en boerderijverkeer zal er, speciaal op niet-doodlopende landbouwwegen, ook sprake zijn van niet-landbouwverkeer, zoals doorgaand- en recreatief verkeer.

Vooral indien de landbouwweg tevens fungeert als dorpsverbindingsweg is het aandeel van het doorgaand verkeer blijkens diverse onderzoekingen van de Cultuurtechnische Dienst dikwijls zeer groot. Bovendien blijkt het doorgaand verkeer,in tegenstelling met het meer constant blijvende landbouwverkeer, een sterke jaarlijkse toename te vertonen (CULTUURTECHNISCHE DIENST, Afdeling Wegen, 1965).

Hieruit blijkt wel dat het bij het ontwerpen van landbouwwegen zeer zeker van belang is een indruk te verkrijgen van het te verwachten niet-landbouwverkeer. De intensiteit van dit verkeer zal evenwel niet of nauwelijks worden beïnvloed door het al of niet verplaatsen van boerderijen. Dit is ook de reden dat in het kader van deze nota van een verdere bestudering van het niet-landbouwverkeer is afgezien.

5. De invloed van boerderijverplaatsing op het landbouwverkeer

In deze paragraaf zal een algemene beschouwing worden gegeven over de invloed van boerderijverplaatsing op de totale'verkeersprestatie'van het landbouwverkeer, uitgedrukt in kilometers x PAE per etmaal. In de volgende paragraaf zullen de uitkomsten van de beschouwing worden toegepast op 'Rolde'.

Om de behandeling van het onderwerp niet te ingewikkeld te maken wordt in eerste instantie uitgegaan van de volgende vooronderstellingen en beperkingen:

1. De hierna volgende afleiding gaat ervan uit,dat V=al dat op de boerderijen gerichte verkeer langs dezelfde weg teruggaat als het gekomen is. Dit zal strikt genomen alleen het geval zijn bij doodlopende wegen. Verondersteld wordt dat de nieuwe boerderijen worden verplaatst naar een weg waarlangs in de oude toestand geen boerderijen staan. Deze weg ontsluit naar twee zijden grond, terwijl de kaveldiepte overal langs de weg constant is.
2. Verondersteld wordt dat de boerderijverplaatsing niet van invloed is op het totaal aantal bedrijven in het blok in de nieuwe toestand, zodat het aantal gebruikers dat het bedrijf in het kader van de ruilverkaveling beëindigt niet door de boerderijverplaatsing wordt beïnvloed.
3. Verondersteld wordt dat het aantal ritten van het intern bedrijfsverkeer per eenheid van oppervlakte lineair afneemt bij toenemende kavelafstand, doch dat het boerderijverkeer niet wordt beïnvloed door de afstand van de boerderij tot de verzorgende kern.
4. De nieuwe boerderijen krijgen al hun grond toegedeeld in één bedrijfskavel om de nieuwe boerderijen heen, bestaande uit twee aan weerszijden van de weg tegenover elkaar gelegen kavels. Het intern bedrijfsverkeer van de nieuwe bedrijven maakt van de boerderijweg geen gebruik, doch steekt deze alleen maar over.
5. Het verkeer tussen de nieuwe boerderijen onderling wordt verwaarloosd.

De volgende symbolen worden ingevoerd:

n_b = aantal bedrijven (verplaatst en onverplaatst) in de nieuwe toestand

n_{bv} = aantal verplaatste bedrijven

F = gemiddelde bedrijfsgrootte (ha) in de nieuwe toestand; n_bF = blokoppervlakte

F_v = gemiddelde bedrijfsgrootte van de verplaatste bedrijven (ha)

F_o = gemiddelde bedrijfsgrootte van de niet-verplaatste bedrijven (ha)

e = transportintensiteitsvermindering van het interne bedrijfsverkeer in % per hm kavelafstand

Y_k = PAE per 100 ha per etmaal ten behoeve van het intern bedrijfsverkeer naar kavels met zeer geringe kavelafstand, betrekking hebbend op een bepaalde streek

Y_b = aantal PAE per etmaal van het boerderijverkeer, betrekking hebbend op een bepaalde streek

s_o = lengte van de weg, waaraan de boerderijen worden verplaatst, in hm

D = kaveldiepte langs deze weg, in hm

Figuur 1 beeldt de weg af. Verondersteld wordt dat de eerste nieuwe boerderij zo ver mogelijk van het dorp wordt gebouwd (boerderij 1), en dat elke volgende nieuwe boerderij direct naast de voorgaande wordt gesitueerd. In de figuur zijn 2 nieuwe boerderijen afgebeeld (n_{bv} = 2).

s_v (in hm) is de afstand vanuit het dorp tot het grondgebied van de dichtst bij het dorp gelegen boerderij:

$$s_v = s_o - \frac{n_{bv}F_v}{2D} \tag{9}$$

Volgens vooronderstelling 4 vindt intern bedrijfsverkeer alleen plaats over het gedeelte s_v van de weg.

De oppervlakte die niet door verplaatste boerderijen in beslag wordt genomen is gelijk aan $n_bF - n_{bv}F_v$. Deze oppervlakte moet worden verdeeld over het aantal niet-verplaatste bedrijven $n_b - n_{bv}$, zodat de bedrijfsgrootte van de niet-verplaatste bedrijven gemiddeld bedraagt

$$F_o = \frac{n_bF - n_{bv}F_v}{n_b - n_{bv}} \tag{10}$$

Teneinde een indruk te krijgen van de totale 'verkeersprestatie' van het intern bedrijfsverkeer op de weg, beschouwen we het intern bedrijfsverkeer naar een klein veldkaveltje aan deze weg (in fig. 1 gearceerd). Per etmaal is het aantal PAE-kilometers ten behoeve van dit kaveltje gelijk aan het product van:

a. de afstand in km tot het dorp ($= \frac{s}{10}$);
b. de oppervlakte van het kaveltje in ha ($= 2D.\Delta s$);
c. 1/100 x het aantal PAE per 100 ha per etmaal.

Of in formule:

$$\frac{s}{10} \times 2D.\Delta s \times \frac{Y_k}{100} \left(1 - \frac{es}{100}\right) \qquad (11)$$

De term $(1 - \frac{es}{100})$ geeft in deze formule aan dat het intern bedrijfsverkeer e% in intensiteit afneemt indien de kavelafstand s één hectometer toeneemt.

De totale 'verkeersprestatie' van het intern bedrijfsverkeer in PAE-kilometers per etmaal op de weg uit figuur 1 ($= V_k$) wordt nu verkregen door formule (11) tussen de grenzen s = 0 tot $s = s_v$ te integreren:

$$V_k = \frac{2DY_k}{1000} \int_{s=0}^{s=s_v} s \left(1 - \frac{es}{100}\right) ds \qquad (12)$$

Nadere uitwerking levert:

$$V_k = \frac{2DY_k}{1000} \left\{ \int_{s=0}^{s=s_v} s ds - \int_{s=0}^{s=s_v} \frac{es^2}{100} ds \right\} = \frac{2DY_k}{1000} \left\{ \tfrac{1}{2} s_v^2 - \frac{es_v^3}{300} \right\}$$

of

$$\boxed{V_k = \frac{Y_k D\, s_v^2}{1000} \left\{1 - \frac{es_v}{150}\right\}} \qquad (13)$$

Behalve de totale 'verkeersprestatie' V_k is ook de intensiteit I_k van het intern bedrijfsverkeer op elk willekeurig punt s_1 van de weg van belang.

Voor het in figuur 1 gearceerde kaveltje is deze intensiteit (uitgedrukt in aantal PAE per etmaal) gelijk aan het product van:

a. de oppervlakte van het kaveltje in ha (=2D.Δs);

b. 1/100 x het aantal PAE per 100 ha per etmaal.

Of in formule:

$$2D.\Delta s \times \frac{Y_k}{100} \left(1 - \frac{es}{100}\right) \tag{14}$$

De intensiteit I_k van het intern bedrijfsverkeer op een willekeurig punt s_1 van de weg wordt nu verkregen door formule (14) te integreren tussen de grenzen $s = s_1$ tot $s = s_v$:

$$I_k = \frac{2DY_k}{100} \int_{s=s_1}^{s=s_v} \left(1 - \frac{es}{100}\right) ds \tag{15}$$

Nadere uitwerking levert:

$$I_k = \frac{2DY_k}{100} \left\{ \int_{s=s_1}^{s=s_v} ds - \int_{s=s_1}^{s=s_v} \frac{es}{100}\, ds \right\} = \frac{2DY_k}{100} \left\{ s_v - s_1 - \frac{e}{100} (s_v^2 - s_1^2) \right\} .$$

of

$$\boxed{I_k = \frac{2DY_k}{100} (s_v - s_1) \left\{ 1 - \frac{e\,(s_v + s_1)}{200} \right\}} \tag{16}$$

De totale 'verkeersprestatie' van het boerderijverkeer in PAE-kilometers per etmaal over de weg uit figuur 1 (= V_b) wordt gevonden door sommatie van de producten van:

a. het aantal PAE per etmaal ten behoeve van boerderij i ($i = 1 \rightarrow n_{bv}$);
b. de afstand in km tussen het dorp en boerderij i.

Volgens formule (8) kan het aantal PAE per etmaal ten behoeve van n_b boerderijen worden weergegeven door de vorm $26\ n_b^{0,67} + 1,5\ n_b$.

Voor $n_b = 1$ wordt dit: $(26 \times 1^{0,67}) + (1,5 \times 1)$ PAE per etmaal.
Voor $n_b = 2$ wordt dit: $(26 \times 2^{0,67}) + (1,5 \times 2)$ PAE per etmaal. enz.

Door aftrekken wordt gevonden:

De tweede boerderij veroorzaakt $26\ (2^{0,67} - 1^{0,67}) + 1,5$ PAE per etmaal.
De derde boerderij veroorzaakt $26\ (3^{0,67} - 2^{0,67}) + 1,5$ PAE per etmaal.
De i-de boerderij veroorzaakt $26\ \{i^{0,67} - (i - 1)^{0,67}\} + 1,5$ PAE per etmaal.

De afstand tussen boerderij i en het dorp is gelijk aan
$\{s_o - \frac{(2i - 1)\ F_v}{4D}\}\ \frac{1}{10}$ km.

De totale 'verkeersprestatie van het boerderijverkeer kan nu worden weergegeven door:

$$\boxed{V_b = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{n_{bv}} \left[26\ \{i^{0,67} - (i - 1)^{0,67}\} + 1,5\right] \times \left[s_o - \frac{(2i - 1)\ F_v}{4D}\right]} \qquad (18)$$

Voor de praktijk kan een iets handiger formule worden afgeleid, door het aantal boerderijen te beschouwen als een continue veranderlijke

i boerderijen veroorzaken $(26 \times i^{0,67}) + 1,5\ i$ PAE per etmaal
$i + \Delta i$ boerderijen veroorzaken $26 \times (i + \Delta i)^{0,67} + 1,5\ (i + \Delta i)$ PAE per etmaal

Een klein stukje Δi van de (i + 1)-de boerderij veroorzaakt dus

$$26\ (i + \Delta i)^{0,67} + 1,5\ (i + \Delta i) - 26\ i^{0,67} - 1,5\ i =$$

$$= 26\ i^{0,67}\ (1 + \frac{\Delta i}{i})^{0,67} - 26\ i^{0,67} + 1,5\ \Delta i \simeq \text{(als } \Delta i \text{ is klein)}$$

$$\simeq 26\ i^{0,67}\ (1 + 0,67\ \frac{\Delta i}{i}) - 26\ i^{0,67} + 1,5\ \Delta i =$$

$$= 26 \times 0,67\ \Delta i \cdot i^{-0,33} + 1,5\ \Delta i \text{ PAE per etmaal}$$

Dit stukje Δi ligt op een afstand $s_o - \frac{i\ F_v}{2D}$ vanaf het dorp.
Het aantal PAE-kilometers ten behoeve van het stukje boerderij Δi bedraagt dus

$$\frac{1}{10} \cdot (26 \times 0{,}67\ i^{-0{,}33} + 1{,}5)\ \Delta i\ (s_o - \frac{i\ F_v}{2D}) \qquad (18)$$

De totale 'verkeersprestatie' van het boerderijverkeer in PAE-kilometers per etmaal (= V_b) wordt nu verkregen door formule (18) te integreren tussen de grenzen $i = 0$ tot $i = n_{bv}$:

$$V_b = \frac{1}{10} \int_{i=0}^{i=n_{bv}} (26 \times 0{,}67\ i^{-0{,}33} + 1{,}5)\ (s_o - \frac{i\ F_v}{2D})\ di \qquad (19)$$

Nadere uitwerking levert:

$$V_b = \frac{1}{10} \left[26\ s_o\ n_{bv}^{0{,}67} + 1{,}5\ n_{bv}\ s_o - \frac{10{,}4\ n_{bv}^{1{,}67} \cdot F_v}{2D} - \frac{0{,}75\ n_{bv}^2\ F_v}{2D} \right]$$

Of

$$\boxed{V_b = \frac{1}{10}\ (26\ n_{bv}^{0{,}67} + 1{,}5\ n_{bv})\ (s_o - \frac{n_{bv}\ F_v}{4D}) + \frac{26\ n_{bv}^{1{,}67}\ F_v}{200\ D}} \qquad (20)$$

Hoewel formule (20) theoretisch niet correct is, zijn de afwijkingen van de uitkomsten ten opzichte van die, verkregen via de 'exacte' formule (17), uitermate gering.

De intensiteit van het boerderijverkeer (= I_b) wordt reeds voldoende gekarakteriseerd door formule (8), zodat hiervoor geen nieuwe formule behoeft te worden afgeleid.

6. Toepassing op 'Rolde'

Indien men de in de vorige paragraaf afgeleide formules wil toepassen

op een concreet geval uit de praktijk, stuit men reeds spoedig op moeilijkheden. Enerzijds dient men namelijk waarden in te voeren voor de - in de regel min of meer onbekende - grootheden Y, n_b en e, anderzijds blijkt in de regel dat D langs een weg niet constant is. Vervolgens - en dit is nog het meest bezwaarlijk - gelden de afgeleide formules voor het boerderijverkeer strikt genomen alleen voor doodlopende wegen. Meestal lopen de wegen in een ruilverkaveling niet dood, waardoor de mogelijkheid ontstaat dat de melkrijder, kruidenier, postbode, enz. langs een andere weg weer terugkeren naar het dorp, waardoor het aantal ritten langs de boerderijweg vermindert.

Al met al is in het huidige stadium van onderzoek en met de beperkte kennis van de te onderzoeken streek niet te ontkomen aan een vergaande schematisering. Het is mede hierom dat niet van alle in de reeds verschenen deelstudies over 'Rolde' aangegeven boerderijwegen zal worden nagegaan hoe het verkeer zich ontwikkelt zonder en met boerderijverplaatsing. Alleen het verkeer op de weg die vanuit Rolde in zuid-oostelijke richting voert (het verlengde van 'De Ziel') zal aan een onderzoek worden onderworpen, enerzijds omdat deze weg de belangrijkste potentiële boerderijweg is, anderzijds omdat deze weg nog het meest voldoet aan de 'modelweg' met als eigenschappen: gelijkblijvende D, doodlopend en onbewoond.

Voor genoemde weg geldt: s_o = 48 hm, D = 4 hm. De gemiddelde bedrijfsgrootte in 'Rolde' is 11 ha, terwijl wordt verondersteld dat deze in het kader van de ruilverkaveling kan worden vergroot tot 13 ha; dus F = 13. Het dorpsbehoren Rolde is ongeveer 1300 ha groot, zodat n_b = 100.

Figuur 2 laat zien hoe in Rolde de bedrijfsgrootte der niet verplaatste bedrijven (F_o) vermindert bij het toenemen van het aantal (n_{bv}) en de grootte (F_v) van de verplaatste bedrijven volgens formule (10).

Aan het eind van paragraaf 2 (zie formule 4a) is aangenomen dat het aantal PAE per 100 ha per etmaal voor kavels met zeer geringe kavelafstand (= Y_k) voor Rolde gelijk is aan 679/F + 10,7. Op de verticale as in figuur 2 is behalve F_o ook de bijbehorende Y_k aangegeven. Verder was aangenomen dat het aantal PAE per 100 ha per etmaal per km kavelafstand met 5% vermindert, zodat e = 0,5.

Wegens gebrek aan betere gegevens wordt ook voor Rolde aangenomen, dat Y_b gelijk is aan 26 $n_b^{0,67}$ + 1,5 n_b volgens formule (8).

Nu de grootheden s_o, D, n_b, Y_k en Y_b op bovengenoemde wijze zijn bepaald en vastgesteld, kunnen ze worden ingevuld in de te gebruiken formules (8), (9), (10), (13), (16) en (20), die dan worden als volgt:

$$s_v = 48 - 0{,}125\ n_{bv}\ F_v \tag{21}$$

$$F_o = \frac{1300 - n_{bv}\ F_v}{100 - n_{bv}} \tag{22}$$

$$I_k = 0{,}08\ (s_v - s_1)\ (1 - \frac{s_v + s_1}{400})\ (\frac{679}{F_o} + 10{,}7) \tag{23}$$

$$I_b = 26\ n_{bv}^{0{,}67} + 1{,}5\ n_{bv} \tag{24}$$

$$V_k = 0{,}004\ s_v^2\ (\frac{679}{F_o} + 10{,}7)\ (1 - 0{,}0033\ s_v) \tag{25}$$

$$V_b = \frac{1}{10}\ (26\ n_{bv}^{0{,}67} + 1{,}5\ n_{bv})\ (48 - 0{,}0625\ n_{bv}\ F_v) + 0{,}0325\ n_{bv}^{1{,}67}\ F_v \tag{26}$$

Als enige variabelen komen in deze formules nog voor het aantal en de grootte van de te verplaatsen bedrijven (resp. n_{bv} en F_v). s_v en F_o uit formule (23) en (24) zijn immers, blijkens formule (21) en (22), eveneens functies van n_{bv} en F_v, terwijl s_1 slechts aangeeft de plaats van de weg waarvan men de daar optredende verkeersintensiteit I_k wenst te kennen.

Nagegaan zal nu worden hoe het verkeer op de boerderijweg reageert indien verschillende aantallen boerderijen van verschillende grootte worden verplaatst.

Figuur 3 laat zien hoe de intensiteit van zowel boerderijverkeer als kavelverkeer veranderen bij verplaatsing van 0 tot 10 boerderijen van 25 ha. De bovenste helft van de figuur heeft betrekking op het boerderijverkeer. De eerste boerderij wordt zover mogelijk van het dorp verplaatst, op een afstand van ca. 4,6 km. Volgens formule (24) veroorzaakt deze boerderij over de gehele afstand van boerderij tot dorp een verkeersintensiteit van 27,5 PAE

per etmaal. De tweede boerderij komt op ca. 4,3 km van het dorp en veroorzaakt 17 PAE per etmaal. Boerderij 1 en 2 samen veroorzaken 44,5 PAE per etmaal. Aldus ontstaat de 'trap' in de bovenste helft van figuur 3; bij elke verplaatste boerderij komt er een trede bij.

De onderste helft van figuur 3 heeft betrekking op het intern bedrijfsverkeer. Indien geen boerderijen worden verplaatst neemt de intensiteit van dit verkeer vanaf het dorp tot aan het einde van de weg regelmatig af van 213 tot 0 PAE per etmaal. Dit wordt aangegeven door de onderste lijn uit figuur 3 geldend voor $n_{bv} = 0$. Na verplaatsing van één boerderij behoeft de verst verwijderde 25 ha niet meer vanuit het dorp te worden bewerkt, waardoor de intensiteit over het gehele traject van 4,8 km met een zeker aantal PAE vermindert, hetgeen wordt aangegeven door de één na onderste lijn uit figuur 3 ($n_{bv} = 1$). Na verplaatsing van tien boerderijen ($n_{bv} = 10$) is het intern bedrijfsverkeer voor het grootste gedeelte verdwenen: de intensiteit ervan daalt vanaf het dorp regelmatig van 89 tot 0 PAE per etmaal, terwijl verder dan 1,7 km van het dorp het intern bedrijfsverkeer geheel van de boerderijweg is verdwenen.

Teneinde een indruk te krijgen van het aantal over de onderzochte weg in Rolde afgelegde PAE-kilometers per etmaal bij verplaatsing van een zeker aantal bedrijven van een bepaalde oppervlakte is figuur 4 samengesteld. Op de horizontale as is de verplaatste oppervlakte aangegeven, zowel in hectaren als in procenten van de totale oppervlakte van het dorpsbehoren Rolde. Op de verticale as is het aantal PAE-kilometers aangegeven dat per etmaal over de weg wordt afgelegd.

Indien geen boerderijen worden verplaatst bestaat het verkeer geheel uit intern bedrijfsverkeer, terwijl het aantal afgelegde PAE-kilometers 486 bedraagt. Naarmate er meer boerderijen worden verplaatst neemt het intern bedrijfsverkeer af: indien 15% van de oppervlakte van het dorpsbehoren wordt verplaatst worden er ten behoeve van het intern bedrijfsverkeer nog maar 135 PAE-kilometers over de boerderijweg afgelegd.

Het boerderijverkeer over de weg neemt vanzelfsprekend toe naarmate er meer boerderijen worden verplaatst. Deze toename is evenwel niet lineair: allereerst is de intensiteit van het boerderijverkeer ongeveer evenredig met de tweederde macht van het aantal boerderijen (formule 24), terwijl bovendien elke volgende boerderij dichter bij het dorp komt te staan, waardoor de toename per boerderij van het aantal PAE-kilometers nog verder wordt beperkt.

Uit de figuur is tevens af te leiden dat het boerderijverkeer per verplaatste ha sneller toeneemt naarmate de verplaatste boerderijen kleiner zijn.

Indien het intern bedrijfsverkeer en het boerderijverkeer bij elkaar worden opgeteld, blijkt het aantal over weg afgelegde PAE-kilometers door het verplaatsen van boerderijen over het algemeen toe te nemen, vooral indien slechts enkele bedrijven worden verplaatst. De verkeerstoename is het grootst indien de verplaatste boerderijen klein zijn (zie bovenste lijn uit de figuur, geldend voor bedrijven van 15 ha). Indien de verplaatste bedrijven 25 ha groot worden, blijkt het verkeer bij verplaatsing van 3 à 4 boerderijen toe te nemen van 486 tot 595 PAE-kilometers per etmaal. Bij meer verplaatsingen neemt het verkeer langzamerhand weer af, zonder evenwel het oorspronkelijk niveau (486 PAE-kilometers) te bereiken. Dit gebeurt pas indien de verplaatste bedrijven 30 ha groot worden, en indien minstens 20% van de oppervlakte wordt verplaatst.

Indien dus niet zeer grote bedrijven worden verplaatst neemt het verkeer over de weg door boerderijverplaatsing toe. Daar het boerderijverkeer regelmatiger over de dagen van het jaar en de uren van de dag is verdeeld dan het intern bedrijfsverkeer behoeft deze toename niet direct te betekenen dat de weg breder moet worden gemaakt, indien men boerderijen verplaatst. Wel is mogelijk dat de weg breder moet worden indien men veel kleine boerderijen verplaatst.

Het is verder goed te bedenken dat het intern bedrijfsverkeer geheel, en het boerderijverkeer slechts voor ruwweg de helft voor rekening komt van de boer. Uit figuur 4 is dan af te leiden dat boerderijverplaatsing tot gevolg heeft dat de boer en zijn gezin over het algemeen minder PAE-kilometers behoeven af te leggen, hetgeen voor hen dus voordelen heeft. Daar staat evenwel tegenover dat de melkrijder, de bakker, de kruidenier, de postbode, de fouragehandelaar, etc. meer PAE-kilomers moeten afleggen.

Tenslotte moet worden opgemerkt dat bovenstaande beschouwingen strikt genomen gelden voor het geval dat de boerderijweg doodloopt. In werkelijkheid is dit in het onderhavige voorbeeld niet het geval. Dit kan tot gevolg hebben dat het boerderijverkeer (door de mogelijkheid van terugkeren langs een andere weg) wat minder intensief uitvalt dan is berekend. Aan de andere kant trekt een niet-doodlopende weg doorgaand en recreatief verkeer aan. Het een en ander maant tot voorzichtigheid bij de toepassing van hetgeen boven is afgeleid.

7. Samenvatting

Deze studie maakt deel uit van een serie onderzoekingen ten behoeve van de ruilverkaveling in voorbereiding 'Rolde', en dient te worden gezien als een eerste poging ter bepaling van de invloed van boerderijverplaatsing op de verkeersbelasting van landbouwwegen. Uitgaande van onderzoekingen van FLACH, LINTHORST en VAN DUIN, en REINDS zijn formules opgesteld die de intensiteit van het intern bedrijfsverkeer en het boerderijverkeer geven in personenauto-eenheden (PAE), afhankelijk van respectievelijk de bedrijfsgrootte en het aantal ontsloten boerderijen (formules 4 en 8). Deze formules vormden de basis voor een algemene beschouwing over de invloed van boerderijverplaatsing op de intensiteit van het intern bedrijfsverkeer (formule 16) en het totaal aantal te verrijden PAE-kilometers ten behoeve van het intern bedrijfsverkeer (formule 13) en het boerderijverkeer (formule 20).

Bij de toepassing van deze formules op een concrete situatie in 'Rolde' bleek de totale verkeersbelasting van een ontsluitingsweg door boerderijverplaatsing toe te nemen (fig. 4). Blijkbaar is de toename van het boerderijverkeer door boerderijverplaatsing groter dan de afname van het intern bedrijfsverkeer. Dit geldt speciaal indien de nieuwe bedrijven klein zijn. Daar het intern bedrijfsverkeer geheel, en het boerderijverkeer slechts voor een gedeelte ten laste komt van de boer en zijn gezin lijkt boerderijverplaatsing uit het oogpunt van verkeer voor hen voordelen te bieden.

8. Literatuur

CULTUURTECHNISCHE DIENST, AFDELING WEGEN (1965) - Ontwikkeling van het verkeer op landbouwwegen.

FLACH, A.J. (1964a) - Verkeer op landbouwwegen in graslandgebieden. Landbouwkundig Tijdschrift 76: 943 - 956. Mededeling 74. ICW.

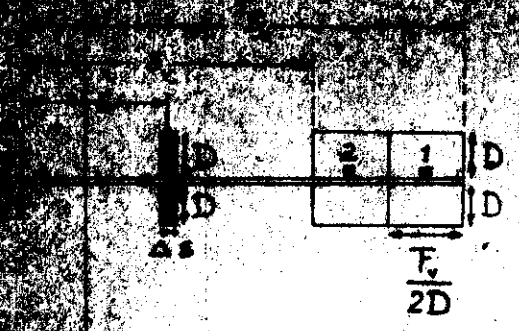
_____ (1964b) - Wegontwerp en landbouwverkeer in agrarische gebieden ICW-nota 261.

_____ (1966) - Ritproductie van het landbouwverkeer in graslandgebieden. Verslag Landbouwkundig Onderzoek. Pudoc Wageningen.

HOOGELAND, G.D. (1965) - Verkeersonderzoek op landbouwwegen in Nederland. Cultuurtechnisch Tijdschrift 3: 100 - 114.

LINTHORST, Th.J. en R.H.A. VAN DUIN (1964) - Transport op gemengde bedrijven in Noord-Brabant, Cultuurtechnisch Tijdschrift 4: 28 - 38.

REINDS, G.H. (1964) - Wegkwaliteit als ontsluitingsfactor Nota 271, ICW.



belichting zie tekst.

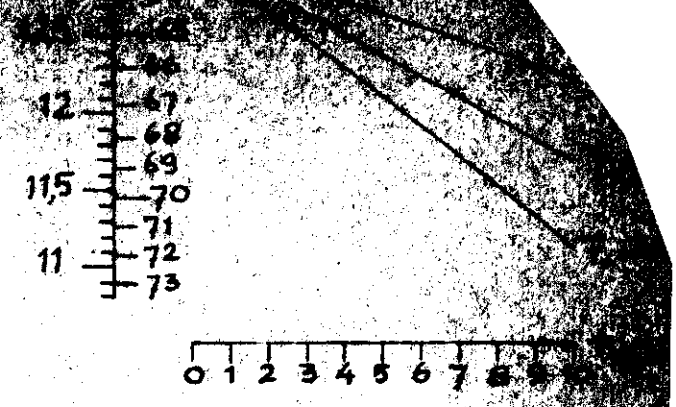
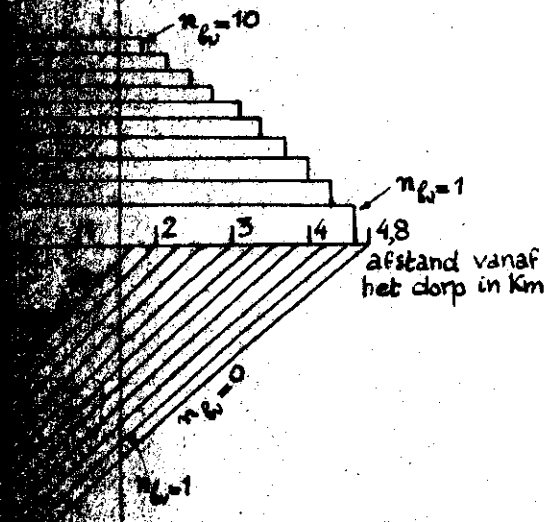


FIG 2. Het verband tussen het aantal (...) de grootte (F_v) der verplaatste ... de bedrijfsgrootte der niet verplaatsende bedrijven (F_o) in Rolde.
Voor Y_k zie tekst.



... van het boerderijverkeer en het ... op verschillende punten ... in Rolde bij verschillende ...

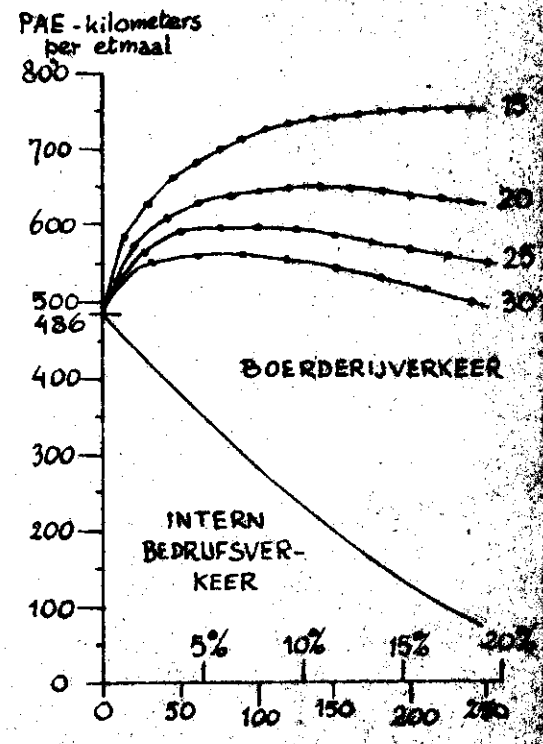


FIG 4. Aantal per etmaal afgelegde ... ten behoeve van het intern ... het boerderijverkeer ...