

NN31545.0786

NOTA 786^{II}

december 1973

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

SNELHEIDSGEDRAG VAN AUTOMOBILISTEN OP WEGEN

BUITEN DE BEBOUWDE KOM

ir. Th. Michels en ing. Th.G.C. van der Heijden

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0131 7391

JSN 197311-02

INHOUD

	Blz.
SAMENVATTING	1
1. INLEIDING	3
2. PROBLEEMSTELLING	4
3. METHODE VAN ONDERZOEK	9
3.1. Meetpunten	9
3.2. Meettechniek rijsnelheden	9
3.3. Meettechniek invloedsfactoren	17
3.3.1. Verhardingsbreedte	17
3.3.2. Vrijebaanbreedte	17
3.3.3. Kromming van de wegas	20
3.3.4. Het zicht langs de wegas	21
3.3.5. Het zicht in de omgeving	21
3.3.6. Vlakheid van de verharding	22
3.3.7. Intensiteit en samenstelling van het verkeer	25
3.3.8. Weersomstandigheden	28
3.4. Wijze van verwerking	28
4. VERWERKING VAN DE WAARNEMINGSUITKOMSTEN	29
5. CONCLUSIES	36
LITERATUUR	38

Bij de voortzetting van het onderzoek zal met name aandacht worden besteed aan gedifferentieerder metingen aan effecten van diverse soorten obstakels, het zicht in de omgeving alsmede het verkeer naar intensiteit en samenstelling.

Ter bestudering van een mogelijk effect van de invoering van de maximum rijsnelheid van 80 km/uur op niet-autowegen zullen de waarnemingen op een aantal bestaande meetpunten worden herhaald.

SAMENVATTING

Teneinde meer inzicht te verkrijgen in het snelheidsgedrag van automobilisten op niet-snelwegen buiten de bebouwde kom is onderzocht in hoeverre de gemiddelde rijsnelheid verband vertoont met een aantal eigenschappen van een wegvak, zijn omgeving en zijn verkeersbelasting.

Met dit doel zijn in 1973 met behulp van radarapparatuur snelheidsmetingen verricht op een aantal wegvakken in de provincie Gelderland. Per rijrichting werden als mogelijke invloedsfactoren de verhardingsbreedte, de vrijebaanbreedte, de bochtigheid, de vlakheid van de verharding, het zicht langs de wegas, het zicht in de omgeving en de verkeersintensiteit en -samenstelling gekwantificeerd. Door middel van correlatierekening wordt aangetoond dat met de thans beschikbare gegevens de variatie in rijsnelheid van de categorie personenauto's niet beter kan worden geschat dan door het invoeren van de logaritme van het 'zicht langs de wegas' als verklarende variabele in het volgende enkelvoudige lineaire regressiemodel:

$$y = 28,2 \log Z_w - 2,8$$

(corr. coëff. $R = 0,75$)

$$100 \text{ m} < Z_w < 1725 \text{ m}$$

waarin

y = gemiddelde rijsnelheid, in km/uur

Z_w = zicht langs de wegas, in m

Introductie van meer variabelen leidt vooralsnog niet tot een nauwkeuriger voorspelling van de gemiddelde rijsnelheid.

en de rijsnelheid, wel leek er een relatie te bestaan met de vrijebaanbreedte.

De snelheid waarmee een weggebruiker een bepaald traject aflegt is te beschouwen als de resultante van een groot aantal al dan niet kwantificeerbare factoren. Een aantal van deze factoren is alleen meetbaar middels ondervraging van de weggebruiker. Dit brengt zodanige praktische bezwaren met zich mee dat hiervan voorlopig is afgezien. Het hier beschreven onderzoek beperkt zich om deze reden tot factoren die gemeten kunnen worden zonder dat het verkeer in zijn snelheidsgedrag wordt gehinderd.

De meetpunten waarop de gegevens in deze nota betrekking hebben zijn gelegen op wegen van verschillende aard (secundaire, tertiaire en overige niet-planwegen) in de provincie Gelderland.

2. PROBLEEMSTELLING

Doel van dit onderzoek is het verkrijgen van inzicht in het snelheidsgedrag van automobilisten op wegen buiten de bebouwde kom als functie van diverse specifieke ruimtelijke karakteristieken van een wegvak (dwarsprofiel, lengteprofiel, tracé), zijn omgeving en zijn verkeersbelasting.

Voor het meten van de rijsnelheid staan in principe twee methoden ter beschikking, nl.:

1. tijd-lengtemeting.

Bij deze methode wordt de gemiddelde rijsnelheid van een voertuig berekend uit de geregistreerde tijdsduur waarin een voertuig een traject aflegt en de lengte van dit traject.

2. puntmeting.

Hierbij wordt met behulp van snelheidsdetectie-apparatuur de momentane rijsnelheid van een voertuig op een punt van de weg gemeten.

In het verleden zijn door anderen reeds meermalen snelheidswaarnemingen verricht door middel van tijd-lengtemetingen. Doel van deze waarnemingen was veelal het verkrijgen van inzicht in de optredende snelheden (gemiddelde en spreiding), teneinde te komen

1. INLEIDING

Er bestaan diverse redenen waarom het gewenst is, meer dan tot nu toe inzicht te verkrijgen in het snelheidsgedrag van automobilisten op niet-snelwegen buiten de bebouwde kom.

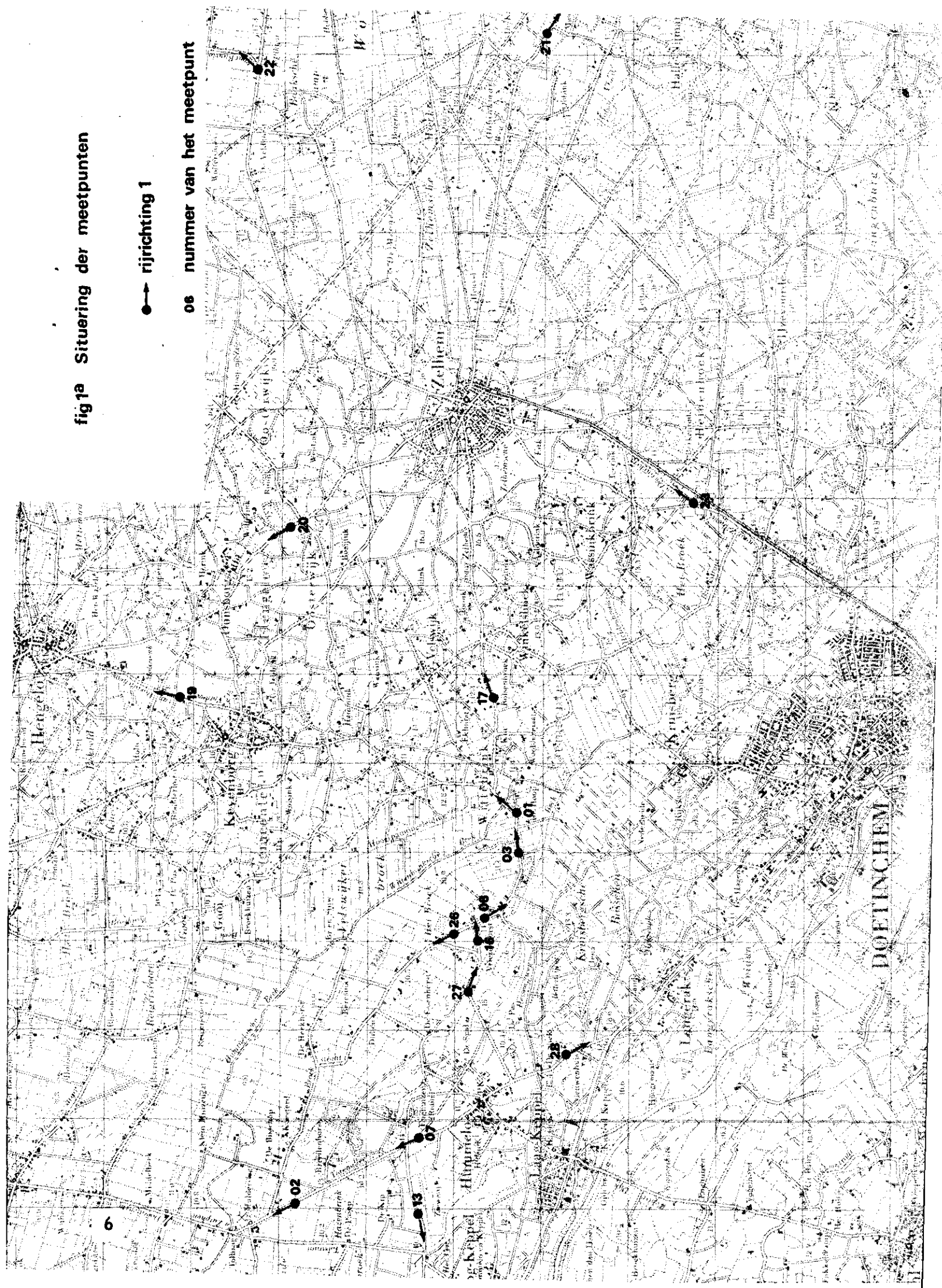
1. Ten behoeve van het wegontwerp (c.q. reconstructie) dient men in verband met capaciteits- en veiligheidsoverwegingen op de hoogte te zijn van de invloed welke ruimtelijke karakteristieken van dwarsprofiel, lengteprofiel en tracé uitoefenen op de rijsnelheid van diverse voertuigcategorieën.
2. Bij de kwantificering van baten voor het verkeer welke voortvloeien uit wegreconstructies moet voor de berekening van reistijdwinsten op bepaalde wegvakken de gemiddelde snelheidsverandering geschat kunnen worden.
3. Bij het ontwikkelen van een wiskundig verkeersmodel is ten behoeve van de ritdistributie en de rittoedeling (routekeuze) een zo goed mogelijke schatting benodigd van het reisbezwaar tussen diverse knooppunten in een wegennet. Een belangrijk component hierin is de reistijd op de diverse wegvakken, welke afhangt van de gemiddelde rijsnelheid.

Tot nu toe bestaat geen duidelijk beeld van de factoren die de rijsnelheid beïnvloeden. Hoewel onderzoek hiernaar in het verleden wel heeft plaatsgevonden zijn nog maar weinig concrete conclusies naar voren gekomen. Volgens VAN KEULEN (1966) bestaat er geen verband tussen de verhardingsbreedte of de vrijebaanbreedte van een weg en de gemiddelde rijsnelheid; wel is geconstateerd dat snelheidsvermindering optreedt bij belemmeringen zoals bochten, bruggen en bebouwing. In het onderzoek van HOOGLAND (1967) bleek het eveneens niet mogelijk een verband te leggen tussen de verhardingsbreedte

fig 1a Situering der meetpunten

●→ rijrichting 1

00 nummer van het meetpunt



tot een verantwoorde vaststelling van ontwerpsnelheden. Tevens werd hierbij onderzoek verricht naar het verband tussen de gemiddelde rijsnelheid waarmee een meettraject werd afgelegd en een aantal eigenschappen welke voor dit traject werden gekwantificeerd (CD, 1963; HOOGELAND, 1967). VAN KEULEN (1966) geeft een methode, waarbij de invloed van een belemmering wordt uitgedrukt in een schijnbare wegverlenging, evenwel zonder de diverse soorten belemmeringen objectief te kwantificeren.

Daar het in dit onderzoek de bedoeling is de rijsnelheid op een bepaalde dwarsdoorsnede van een weg te verklaren uit een aantal invloedsfactoren waarvan de meeste wel voor een punt maar niet voor een wegvak zijn te kwantificeren, is de tijd-lengtemeting niet geschikt. Derhalve wordt in dit onderzoek gebruik gemaakt van een radarsnelheidsmeter waarmee op diverse punten momentane rijsnelheden worden gemeten.

Zoals in de inleiding reeds werd opgemerkt is een aantal invloedsfactoren niet of zeer moeilijk meetbaar zonder medewerking van de automobilist. Gegevens zoals ritmotief, wagengewicht, leeftijd en herkomst van de bestuurder zijn alleen te achterhalen door enquêtes. Uit praktische overwegingen heeft het onderzoek zich beperkt tot die factoren die gekwantificeerd kunnen worden zonder dat het verkeer in zijn snelheidsontwikkeling wordt gehinderd.

Op grond van bovenstaande beperking alsmede op aanwijzingen uit eerdere studies wordt de invloed van de volgende variabelen onderzocht:

1. verhardingsbreedte
2. vrijebaanbreedte
3. kromming van de wegas
4. zicht langs de as van de weg
5. (door-)zicht in de omgeving
6. vlakheid van de verharding
7. verkeersintensiteit en -samenstelling

Bij een afzonderlijke bespreking van de variabelen in paragraaf 3.3 zal worden toegelicht op welke wijze deze factoren zijn gekwan-

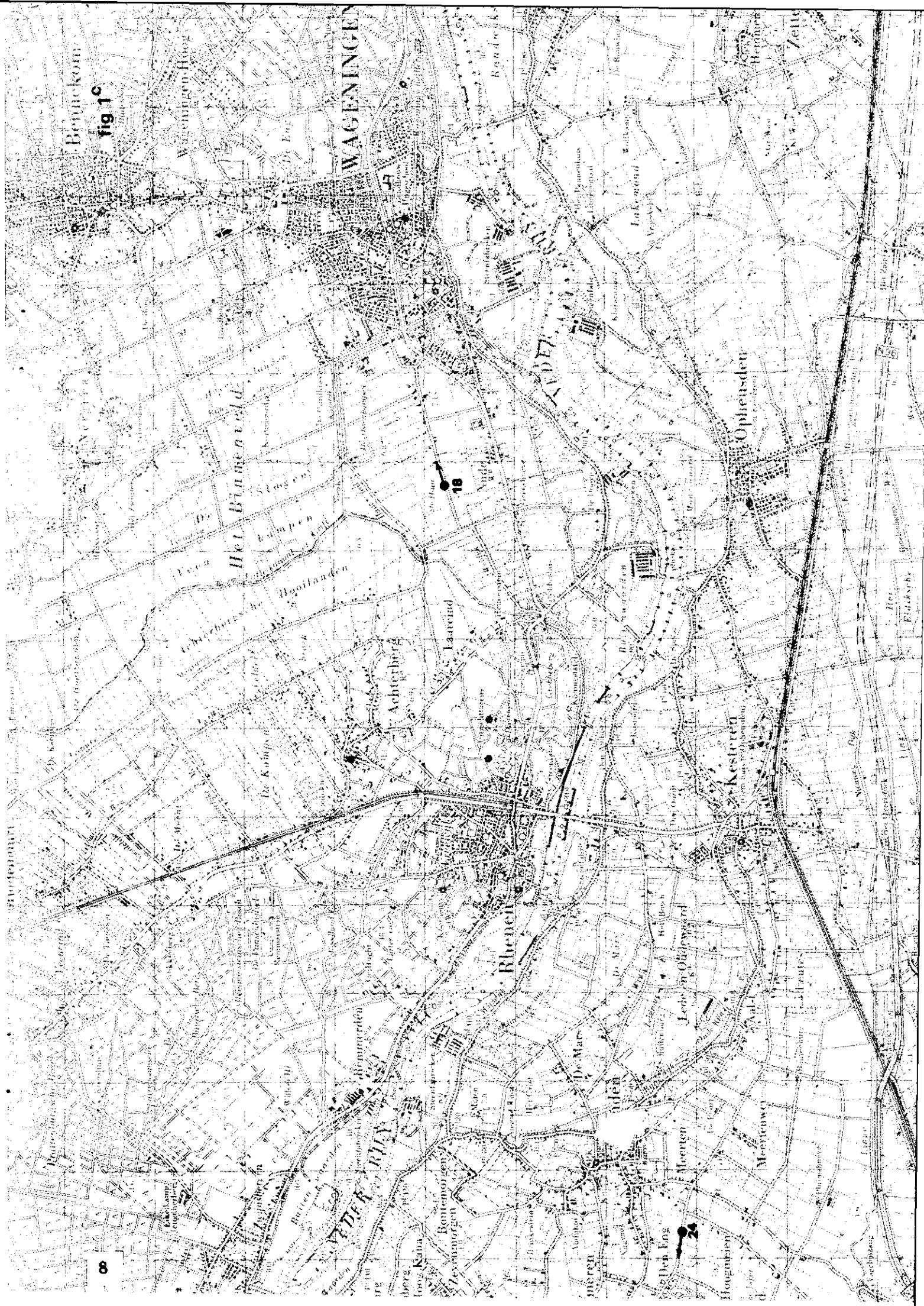


fig 16

OOSTERBEEK

WAGENINGEN

Renkum

Heteren

Heteren

12

15

Honnelt

11

10

14

Wassche Veld

Wassche Veld

Valburg

Stel de voortplantingssnelheid van de golven v en de golflengte λ ,
dan is de zendfrequentie

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (1)$$

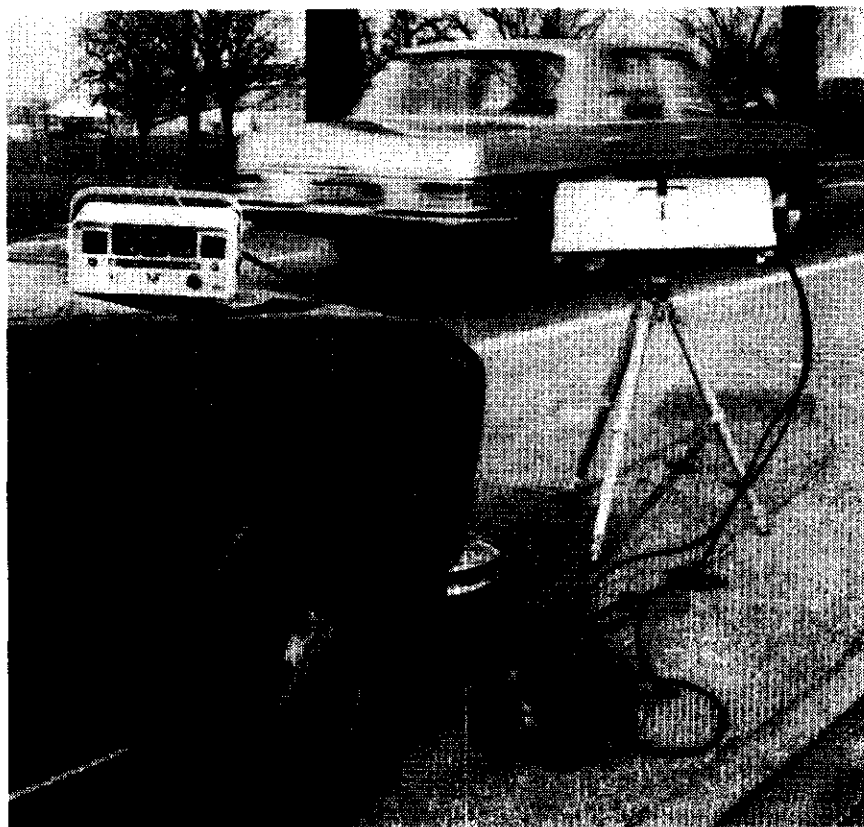


Fig. 2. Opstelling meetapparatuur rij snel heden

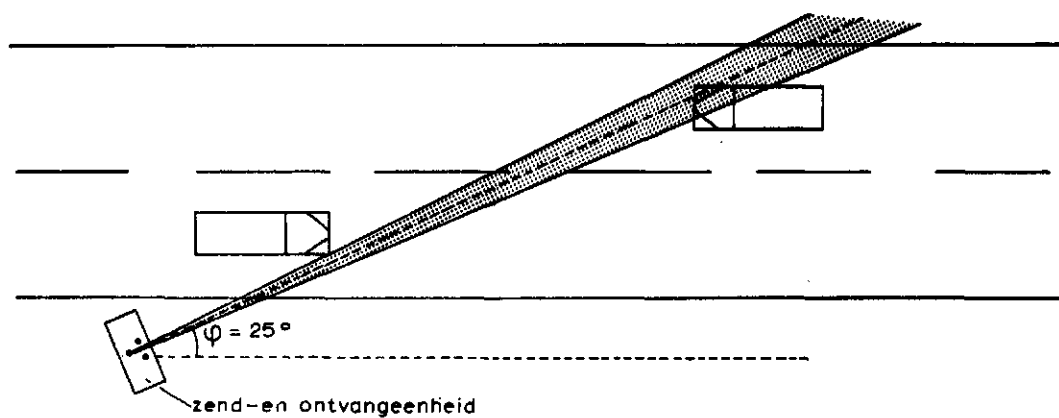


Fig. 3. Opstelling snelheidsmeter ten opzichte van rijrichting

tificeerd. Tevens wordt dan ingegaan op de veronderstelde invloed ervan op de snelheid.

3. METHODE VAN ONDERZOEK

3.1. Meetpunten

Waarnemingen aan de hierboven genoemde variabelen zijn in 1973 verricht op 23 verschillende meetpunten op wegen in de provincie Gelderland. De figuren 1a t/m 1c geven een indruk van de situatie der meetpunten. Op een aantal van deze punten is meermalen gemeten. De beide rijrichtingen werden elk als een afzonderlijke situatie beschouwd. Hierdoor hebben de gegevens in deze nota betrekking op 56 verschillende situaties.

3.2. Meettechniek rijsnelheid

Zoals reeds in de probleemstelling werd gemotiveerd is het noodzakelijk te kunnen beschikken over rijsnelheden welke op een bepaalde dwarsdoorsnede van een weg zijn gemeten. Hiervoor is gebruik gemaakt van radarsnelheidsdetectie-apparatuur.

Dankzij de welwillende medewerking van de Rijkspolitie in het district Nijmegen was het mogelijk met de aldaar beschikbare radar-snelheidsmeter een aantal proefmetingen te verrichten. Teneinde de metingen op elk gewenst tijdstip en gedurende elke verlangde tijdsduur uit te kunnen voeren is overgegaan tot de aanschaf van een radar-snelheidsmeter van het type Mesta 204D. Deze snelheidsmeter bestaat uit een zend- en ontvangeenheid welke op een statief kan worden geplaatst, alsmede een afleesbox, zie fig. 2.

Het apparaat wordt gevoed door een 12V accu. De werking van de snelheidsmeter berust op het Doppler-effect. Door de zendeenheid worden continu hoogfrequente electro-magnetische golven uitgezonden. Voor een meting wordt het statief met de zend- en ontvangeenheid zodanig in de berm naast de weg opgesteld dat de richting van de uitgezonden golven een hoek van 25° maakt met de rijrichting van de voertuigen, zie fig. 3.

form. I Waarnemingsformulier rij snelheden

SNELHEIDSMETING NR. 07

I.C.W.

AFD. PLANOLOGIE EN VERKEER
ONDERZOEK RIJSNELHEDEN
PLATTELANDSWEGEN

OP DE Tertiaire

WEG N° VAN Hummelo NAAR Zutphen BIJ KM

PLAATSELJKE BENAMING

VERKEER IN / DE / SEDE / RICHTINGEN / VAN Zutphen

DATUM 25-4-73 TIJDSDUUR VAN 13.00 TOT 13.15 UUR

GEMEENTE

SNELHEID IN KM / U	1 	AAN TAL	AAN TAL	CUM %	2 	AAN TAL	CUM %	3 	AAN TAL	CUM %	TOTAAL	
											AAN TAL	CUM %
<20												
21 25												
26 30												
31 35												
36 40	I	1									1	
41 45												
46 50	I	1									1	
51 55								I	1		1	
56 60	I	1									1	
61 65	III	3									3	
66 70	III	3									3	
71 75	I	1			II	2					3	
76 80	III	3									3	
81 85	III	3			III	2					5	
86 90	I	1									1	
91 95	I	1									1	
96 100	I	1									1	
101 105												
106 110												
111 115												
116 120												
>120												
TOTAAL GEM.		19				4			1		24	
TOTAAL NIET GEM.	I	1				-			-		1	
TOTAAL GEPAAS		20				4			1		25	

Indien nu een voertuig met een snelheid v' de golfbundel onder een hoek φ passeert, treffen de golven dit voertuig met een frequentie

$$f' = \frac{v + v' \cos \varphi}{\lambda} \quad (2)$$

Het voertuig reflecteert de aldus ontvangen golven, rijdend met in de golfrichting een snelheid groot $v' \cos \varphi$. Daardoor bedraagt de frequentie van de bij de ontvanger terugkerende golven

$$f'' = \frac{v + 2 v' \cos \varphi}{\lambda} \quad (3)$$

Het verschil tussen de frequenties van uitgezonden en ontvangen golven is nu

$$f'' - f = \frac{2 v' \cos \varphi}{\lambda} \quad (4)$$

Uit dit verschil wordt met (4) in een analoge rekeneenheid van het instrument de waarde v' bepaald. De snelheid in km/uur wordt in de afleesbox door oplichtende cijferbuisjes numeriek zichtbaar. Een geregistreeerde snelheid blijft staan tot een volgende voertuigpassage plaatsvindt; de registratie op de afleesbox wordt dan automatisch vervangen door de snelheid van het volgende voertuig.

Het is mogelijk voor en tijdens de metingen het apparaat op zijn juiste werking te controleren. Hiertoe is op de afleesbox een regelschroef aangebracht waarmee het instrument geijkt kan worden. Door indrukken van een calibratietoets ontvangt het apparaat een signaal waarop het moet reageren door het getal 100 aan te geven. Geeft het apparaat een andere waarde aan dan moet de regelschroef zodanig worden gedraaid, dat - na opnieuw indrukken van de calibratietoets - deze waarde wel wordt verkregen.

De door de fabrikant opgegeven meetfout bedraagt < 2 km/uur bij snelheden tot 100 km/uur en $< 2\%$ van waarden boven 100 km/uur. De registratie van de gemeten snelheden geschiedt op een formulier (form. I), dat is overgenomen uit het rapport van de INTERPROVINCIALE WERKGROEP VERKEERSZAKEN (1968). Op dit formulier worden de voertuigen ingedeeld in drie categorieën, waartussen

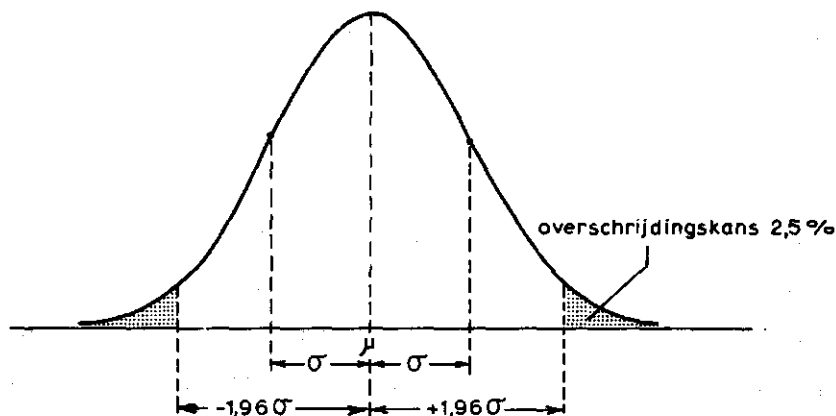


Fig. 4. Schets van een normale verdeling

Deze populatie - standaardafwijking bedroeg 14,2 km/uur. Uit de verrichte waarnemingen is tevens gebleken dat de grootste spreiding in de standaardafwijking zich voordeed bij de categorie 1. Om deze reden is de berekening van de minimale steekproefgrootte alleen gebaseerd op deze categorie.

Bij het hanteren van steekproefuitkomsten wordt steeds aangenomen dat

$$\mu_m = \mu \quad (6)$$

waarin

μ_m = gemiddelde van de steekproefgemiddelden m

μ = gemiddelde van de moederverdeling

De standaardafwijking σ_m van de kansverdeling van het steekproefgemiddelde is kleiner dan de standaardafwijking σ van de moederverdeling:

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

waarin

σ_m = standaardafwijking van de kansverdeling van steekproefgemiddelden

σ = standaardafwijking van de moederverdeling

n = aantal waarnemingen in de steekproef

wezenlijke verschillen in snelheidsgedrag mogen worden verondersteld:

- cat. 1. personenauto's en bestelauto's met of zonder aanhangwagen of caravan; motorfietsen en scooters
- cat. 2. vrachtauto's met 2 en 3 assen; autobussen
- cat. 3. vrachtauto's met 4 of meer assen.

De snelheden worden geregistreerd in klassen met een klassebreedte van 5 km/uur, voor elke rijrichting op een afzonderlijk formulier. Teneinde het aantal klassen op het formulier te beperken en toch het gemiddelde goed te kunnen schatten, worden snelheden > 120 km/uur numeriek op het formulier vermeld. Extreem langzaam rijdende voertuigen worden buiten beschouwing gelaten. Voertuigen waarvan om de een of andere reden geen snelheidsaanduiding wordt verkregen worden op het formulier vermeld in de rubriek 'niet gemeten'.

Om een inzicht te krijgen in de minimale steekproefgrootte, benodigd voor een voldoende betrouwbare schatting van het snelheidsgemiddelde is een statistische berekening uitgevoerd. Uit de literatuur is bekend dat de verdeling van rijnsnelheden als normaal mag worden beschouwd (HOOGE LAND, 1967). Deze zogenaamde normale verdeling wordt bepaald door twee parameters, nl. het gemiddelde μ en de standaardafwijking σ , zie fig. 4. Om tot een berekening van de minimale steekproefgrootte te kunnen komen is het noodzakelijk op de hoogte te zijn van de grootte-orde van de standaardafwijking van de moederverdeling. Hiervoor zijn derhalve op diverse meetpunten een aantal proefmetingen verricht. Uit deze metingen bleek opnieuw dat de rijnsnelheden als normaal verdeeld mogen worden beschouwd en dat de standaardafwijkingen varieerden van 10-18 km/uur. Fig. 5 toont een voorbeeld van een dergelijke waargenomen snelheidsverdeling.

Als schatting voor de standaardafwijking σ van de moederverdeling is ingevoerd:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i (n_i - 1) s_i^2}{\sum_i (n_i - 1)} \quad (5)$$

waarin n_i = aantal waarnemingen in steekproef i

De tweede factor die van invloed is op de minimale steekproefgrootte is de gewenste betrouwbaarheid. Het is in de statistiek gebruikelijk hiervoor het 95% waarschijnlijkheidsgebied te kiezen. Er is een vast verband tussen de gekozen betrouwbaarheid en de excentriciteit u van de uitkomsten uit de normale verdeling. Zo ligt het 95% waarschijnlijkheidsgebied ($u = 1,96$) tussen $\mu - 1,96 \sigma$ en $\mu + 1,96 \sigma$, zie fig. 4.

Daar in dit onderzoek de snelheden worden geregistreerd in klassen met een klassebreedte van 5 km/uur is het voldoende dat de nauwkeurigheid in het gemiddelde beperkt blijft tot de helft van de klassebreedte $\pm 2,5$ km/uur. Bij een steekproef van de minimale grootte wil dat zeggen, dat de kans een gemiddelde snelheid te vinden die meer dan 2,5 km/uur afwijkt van de werkelijke waarde, 5% bedraagt. De vereiste steekproefgrootte nu wordt bepaald door de standaardafwijking van de moederverdeling, de gehanteerde nauwkeurigheid en de gewenste betrouwbaarheid (WIJVEKATE, 1969). Dit komt tot uitdrukking in de volgende twee formules:

$$1,96 \cdot \sigma_m \leq 2,5 \quad (8)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

Met formule (5) is berekend dat $\sigma = 14,2$ km/uur, zodat uit substitutie van (7) in (8) volgt: $n \geq 124$.

Strikt genomen geldt dit aantal voor een moederverdeling met een standaardafwijking van 14,2 km/uur. Indien de standaardafwijking varieert van 10-18 km/uur dan is, bij minimale steekproefgrootte, het bijbehorende waarschijnlijkheidsgebied:

$$\text{bij } s = 10 \text{ km/uur} \quad \longrightarrow \quad \alpha = 99,46 \%$$

$$\text{bij } s = 18 \text{ km/uur} \quad \longrightarrow \quad \alpha = 87,7 \%$$

In het laatste geval is de eenzijdige overschrijdingskans ruim 6%; ook dit wordt nog aanvaardbaar geacht. Op grond van deze berekening is gekozen voor een steekproefgrootte van ± 125 waarnemingen per rijrichting. Op enkele wegen met een dermate lage verkeers-

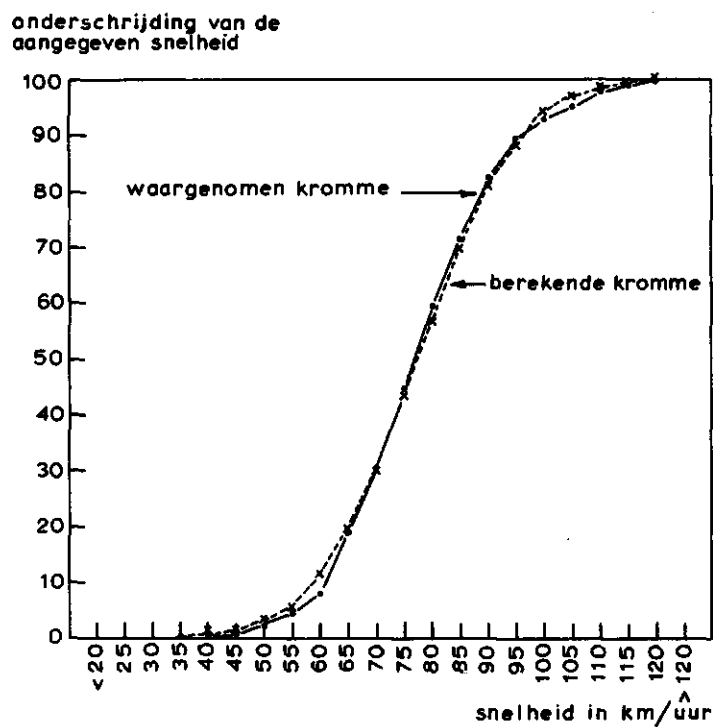
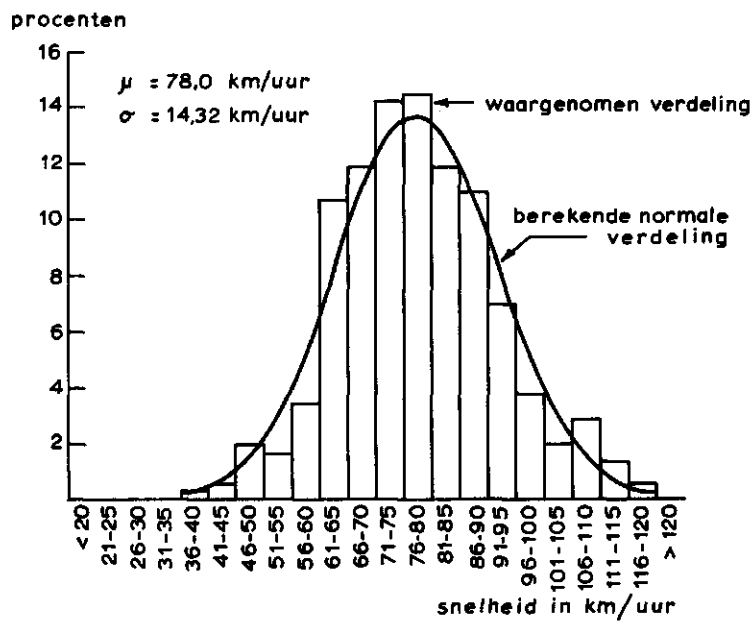


Fig. 5. Snelheidsverdeling van 345 personenauto's op meetpunt 07
 (richting Zutphen)

form. II Registratie invloedsfactoren

I.C.W.

Afd. Planologie en Verkeer
Onderzoek rijnsnelheden plattelandswegen

Meetpunt nr 22.

Op de weg van naar

Verkeer in de richting

Datum: 7-9-'73 Tijdsduur: van 09.15 . tot 11.30 . . uur

Neerslag : geen

Wind : links/rechts; w = 90 °

Bewolking : bew/licht/zwaar

Zonnestand: links/rechts; h = 90 °; v = 40 °

Zicht : onbeperkt/beperkt: 600 m

Bestaande snelheidsbeperking: nee/ja ~~toekomst~~

Soort verharding : bitumen

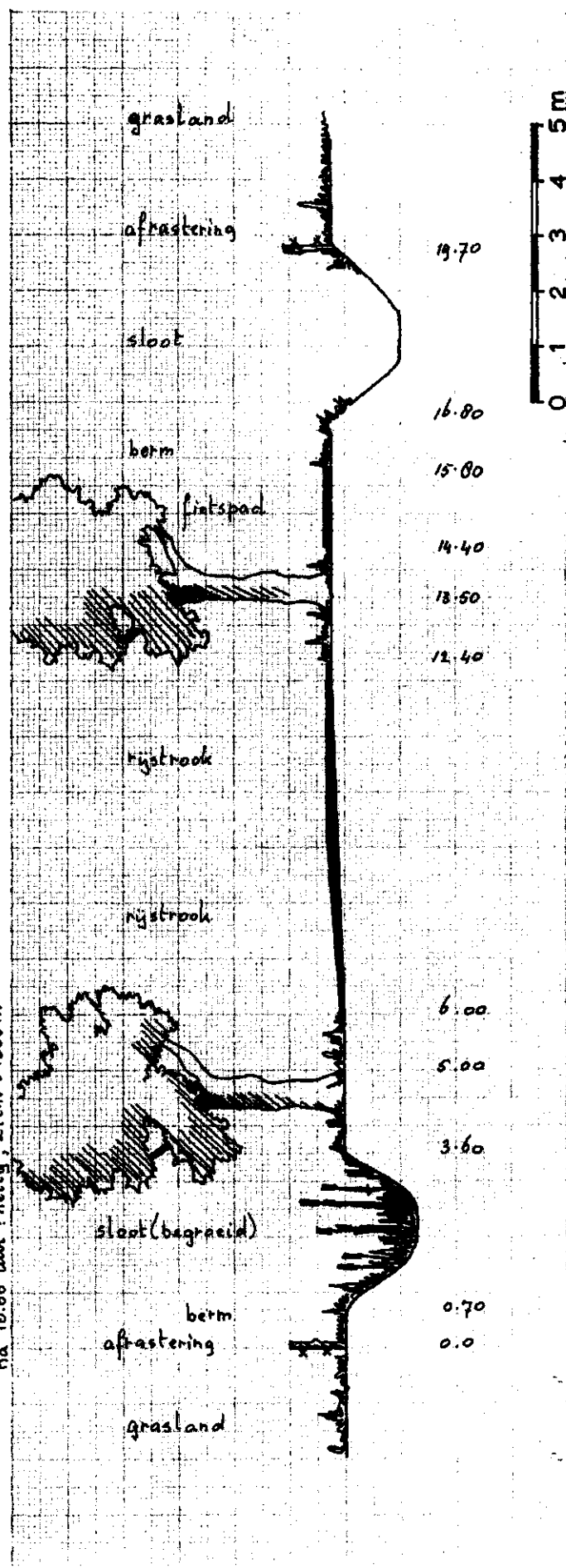
Wegdek : ~~nat/vochtig/droog~~

Verhardingskwaliteit: goed/~~matig/slecht~~ schokmeterwaarde 64

Bochtigheid tracé : 3 3 3 4 3 4 3 3 3 4 3 3 dm

Zicht op de weg : 200 m

Opmerkingen: van 09.15-10.00 uur beperkt zicht t.g.v. optredende mist
na 10.00 uur: helder, zicht > 1000 m



intensiteit dat binnen een redelijk tijdsbestek dit aantal waarnemingen niet kan worden verkregen is volstaan met een meetperiode van vier uren (zie kolommen 4 en 5 van tabel 3).

3.3. Meettechniek invloedsfactoren

Een aantal van de variabelen wordt gekwantificeerd vanaf een punt dat 100 m voor het snelheidsmeetpunt is gelegen. Hieraan ligt de veronderstelling ten grondslag dat een automobilist op een zich wijzigende invloedsfactor reageert door binnen 100 m een aanpassing van de rijsnelheid te realiseren.

De meetpunten worden uiteraard steeds zo gekozen dat in geen der invloedsfactoren duidelijke discontinuïteiten optreden binnen het traject waarop deze de te meten snelheid zouden kunnen beïnvloeden. Waarnemingen aan de hierna beschreven factoren worden per situatie geregistreerd op form. II.

3.3.1. Verhardingsbreedte

De breedte van de verharding wordt gemeten nabij het punt waar de snelheidsmetingen worden verricht; ze wordt uitgedrukt in meters. Mede gezien de resultaten van eerder onderzoek wordt verondersteld dat de verhardingsbreedte nauwelijks of geen invloed op de rijsnelheid heeft.

3.3.2. Vrijebaanbreedte

Onder de vrijebaanbreedte van een weg wordt verstaan de kruinbreedte of, indien zich in of naast de berm obstakels bevinden, de visueel beschikbare ruimte tussen deze obstakels, zie fig. 6. Verondersteld wordt dat de gemiddelde rijsnelheid afneemt met de vrijebaanbreedte.

Onder obstakels wordt hier verstaan alle voorwerpen naast de verharding die hetvoor een voertuigbestuurder onaantrekkelijk maken bij dreigend gevaar met het voertuig de verharding te verlaten. Op grond van deze omschrijving kunnen obstakels bestaan uit bermbeplanting, electriciteitsmasten, wegmeubilair, afrasteringen, sloten naast weg of berm, steilranden, dijken e.d.. Al naar gelang de

3.3.3. Kromming van de wegas

Hieronder wordt verstaan de verdraaiing van de wegas over een traject van ± 100 m voor het punt waar de snelheid wordt waargenomen. De hypothese is dat de snelheid afneemt bij toenemende kromming van de wegas.

Om een indruk te krijgen van de mate van kromming van de wegas is gezocht naar een praktische en snelle meettechniek. Vooral het laatste was belangrijk, teneinde de hinder voor het verkeer tot een minimum te beperken. Het opmeten van de kromming geschiedt als volgt, zie fig. 7. De boog welke de as van de weg beschrijft wordt geschematiseerd tot koorden AB, BC, CD, enz., elk met een lengte van 10 m. De kromming per traject van 10 m wordt nu bepaald door het opmeten van de loodlijn D_i . Het laatste traject eindigt op het meetpunt zodat de cumulatieve verdraaiing over 100 m kan worden weergegeven door $\sum_{i=1}^{10} D_i$.

De aldus gemeten verdraaiing van de wegas kan worden herleid tot een begrip dat meer bekendheid heeft in de wegenbouw en de verkeerstechniek, namelijk de boogstraal (R) van een bocht, zie fig. 7. Bij nadering geldt dat:

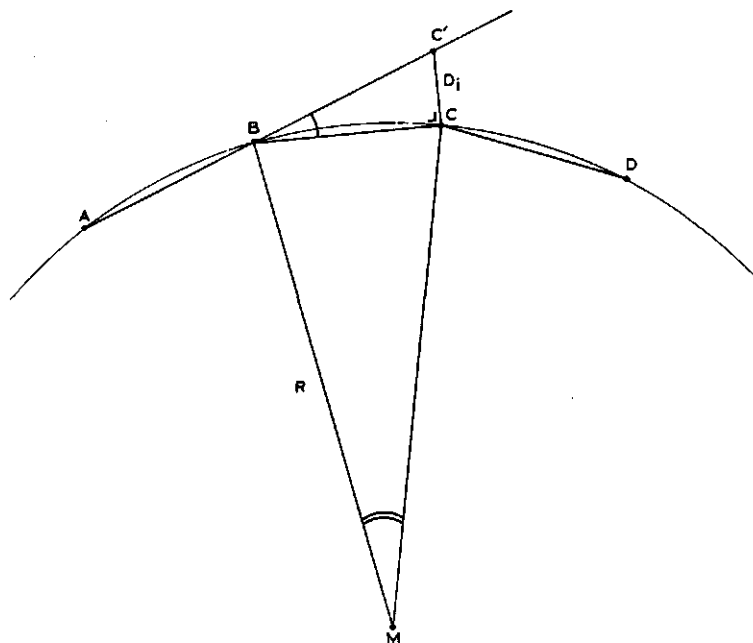


Fig. 7. Verband tussen boogstraal en kromming van de wegas

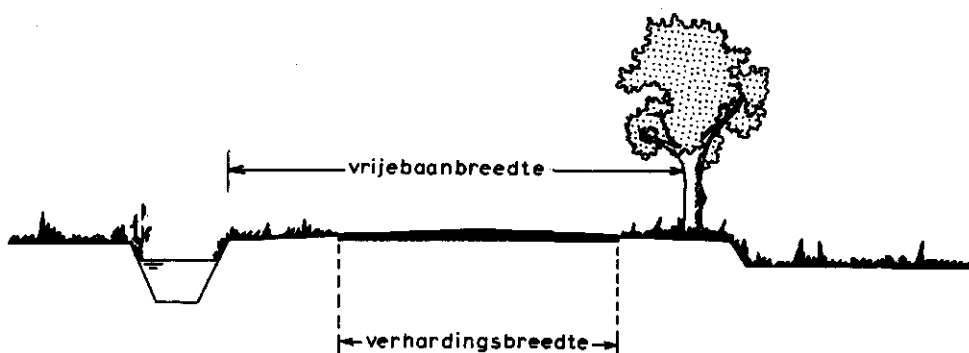


Fig. 6. Voorbeeld van de vrijebaanbreedte op een weg

afstand tot de verharding veroorzaken obstakels een denkbeeldige versmalling van de rijbaanbreedte, zie tabel 1.

Tabel 1. Virtuele rijbaanversmalling op tweestrookswegen tengevolge van obstakels naast de verharding

Obstakelafstand van kant verharding	Virtuele rijbaanversmalling
1,80 m	0,00 m
1,20 m	0,30 m
0,60 m	0,90 m
0,00 m	1,80 m

Bron: HIGHWAY RESEARCH BOARD (1965)

In de meting van de vrijebaanbreedte is dit effect vervat. Voorlopig wordt gezocht naar een relatie van de snelheid met deze grootheid. Wellicht blijkt het evenwel zinvol het effect van diverse soorten obstakels nader te onderzoeken. De vrijebaanbreedte wordt opgemeten in de nabijheid van het punt waar de snelheid wordt gemeten; ze wordt uitgedrukt in meters.

noodzakelijk op die punten waar in verschillende jaargetijden snelheidsmetingen zijn verricht het zijdelings zicht eveneens per seizoen te kwantificeren.

Om het doorzicht objectief te meten wordt gebruik gemaakt van een fotocamera met een beeldhoek van 120° . Hiermee wordt op ca. 100 m afstand van het punt waar de snelheid is gemeten een opname gemaakt vanaf de as van de weg in de rijrichting. De camera wordt hiertoe zodanig op een statief geplaatst dat de hoogte van het objectief overeenkomt met de gemiddelde ooghoogte van een automobilist achter het stuur (1,10 à 1,20 m). Met behulp van een vizier wordt de camera gericht op het snelheidsmeetpunt zodat dit later het midden van de foto vormt. Met een op de camera aanwezig niveau wordt ervoor gezorgd dat de hartlijn van het objectief horizontaal is, zodat de horizon op alle foto's op gelijke hoogte komt. Met behulp van deze opnamen, waarvan fig. 8 enkele voorbeelden toont, wordt nu als volgt het zicht in de omgeving gekwantificeerd. Over de foto wordt met behulp van een raster een ruitennet aangebracht (ruitjes 5×5 mm). Nu wordt aangenomen dat alle elementen (bebouwing, begroeiing, e.d.) binnen een straal van 100 m rond het punt van de foto-opname van invloed zijn op de overzichtelijkheid van het terrein. Daarom wordt een denkbeeldige verticale cylinder opgericht met als grondvlak op het maaiveld een cirkel met een straal van ca. 100 m rond de fotocamera. Vervolgens wordt geteld in hoeveel ruitjes op de foto het zicht op cylinderwand en -grondvlak wordt ontnomen. Dit aantal wordt uitgedrukt in procenten van het totaal aantal ruitjes op de foto. Daar evenwel de verhardingsbreedte en de vrijebaanbreedte reeds als afzonderlijke factoren in het onderzoek worden betrokken, wordt het aantal ruitjes dat op de foto de vrijebaan beslaat vooraf in mindering gebracht op het totaal, zodat het effect van deze beide factoren op het zicht in de omgeving wordt geëlimineerd.

3.3.6. Vlakheid van de verharding

Aangenomen mag worden dat de gemiddelde rijsnelheid afneemt naarmate de verharding minder vlak is. De vlakheid van een weg is te definiëren als een maat voor de grootte en de aard van de afwijkingen van het wegdek ten opzichte van een plat vlak of een rechte

$$\frac{D_i}{BC} = \frac{BC'}{R} \quad (9)$$

Indien wordt aangenomen dat $BC \approx BC' \approx 10$ m, dan is

$$R = \frac{100}{D_i} \quad (10)$$

3.3.4. Het zicht langs de as van de weg

Hiermee wordt aangegeven de zichtlengte in de rijrichting die een bestuurder vanuit zijn auto heeft langs de as van de weg. Verondersteld wordt dat de lengte van het zicht, beneden een bepaalde waarde, belemmerend werkt op de rij snelheid. Afgezien van meteorologisch slechte omstandigheden zoals mist en buien wordt dit zicht vooral bepaald door het tracé van de weg alsmede obstakels in de bermen. De invloed van overig verkeer wordt expliciet behandeld in paragraaf 3.3.7.

De lengte van het zicht wordt gemeten vanaf een punt dat zich 100 m voor het snelheidsmeetpunt bevindt. In de meeste situaties kan het nauwkeurig worden bepaald door op een topografische kaart, schaal 1 : 25 000, aan te geven over welke afstand de weg in het veld geheel zichtbaar is. Naderhand wordt dan deze afstand op de kaart opgemeten. Indien het korte afstanden betreft wordt de zichtlengte ter plaatse opgemeten met behulp van een meetband.

3.3.5. Het zicht in de omgeving

Naast het hierboven reeds behandelde zicht langs de as van de weg is eveneens onderzoek verricht naar de invloed van het horizontale doorzicht in de naaste omgeving aan weerszijden van de weg. Verondersteld wordt dat de rij snelheid van een automobilist afneemt naarmate dit doorzicht geringer is, aangezien onoverzichtelijkheid van het terrein leidt tot vrees voor plotselinge confrontatie met verkeer uit niet-zichtbare zijwegen of uitritten.

Het doorzicht wordt in sterke mate bepaald door elementen als bebouwing en begroeiing in de bermen en het achterliggende terrein. Daar met name de begroeiing per seizoen kan variëren is het

lijn. Er kan onderscheid worden gemaakt in macro- en microvlakheid. De macro-vlakheid is bepalend voor de rijkwaliteit (rijcomfort). Onder rijkwaliteit wordt hier verstaan de mate van lichamelijke hinder die de passagiers in een voertuig ervaren tengevolge van het rijden over de weg. Deze hinder omvat in hoofdzaak de frequenties, de grootten en de versnellingen van de verplaatsingen die de passagiers in verticale zin ondergaan.

Metingen van de vlakheid zijn verricht in samenwerking met het Rijkswegenbouwlaboratorium te Delft, met behulp van een zgn. schokmeter ('bump integrator'). Dit instrument bestaat uit een stalen frame dat gedragen wordt door één wiel. Het geheel wordt getrokken door een auto. De as van het wiel is bevestigd aan de middens van twee slappe, eenbladige veren, zie fig. 9. Boven het frame is een brug gebouwd die de zuigerstangen draagt van twee met olie gevulde schokdempers. Deze dempers zijn bevestigd aan de as van het wiel. Bij het rijden over de weg worden de amplitudes van het trillend systeem (wiel + veren) ten opzichte van het frame gemeten en gesommeerd. Een integrator die op het frame is gebouwd sommeert de relatieve beweging tussen wielas en frame in één richting;

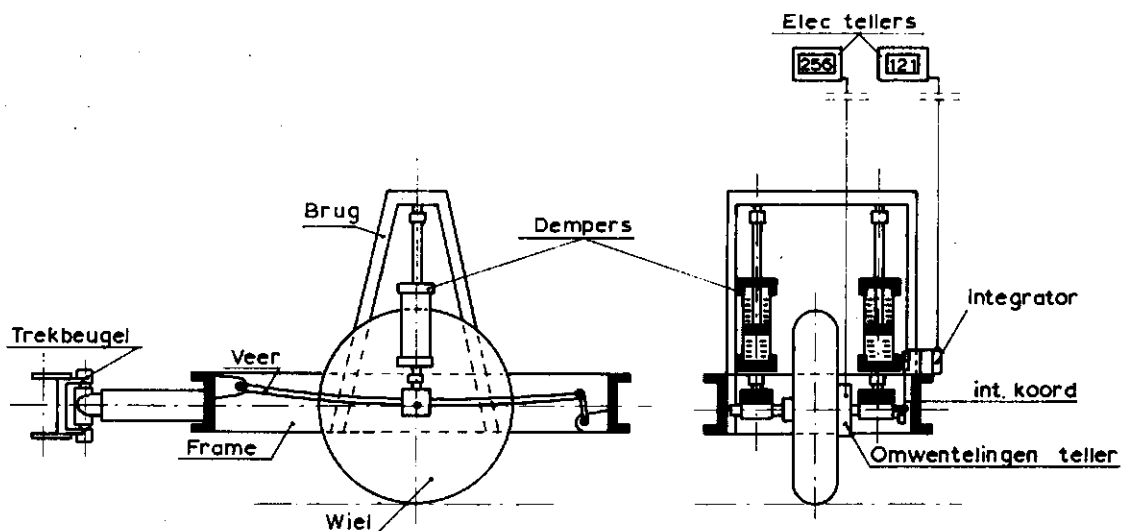
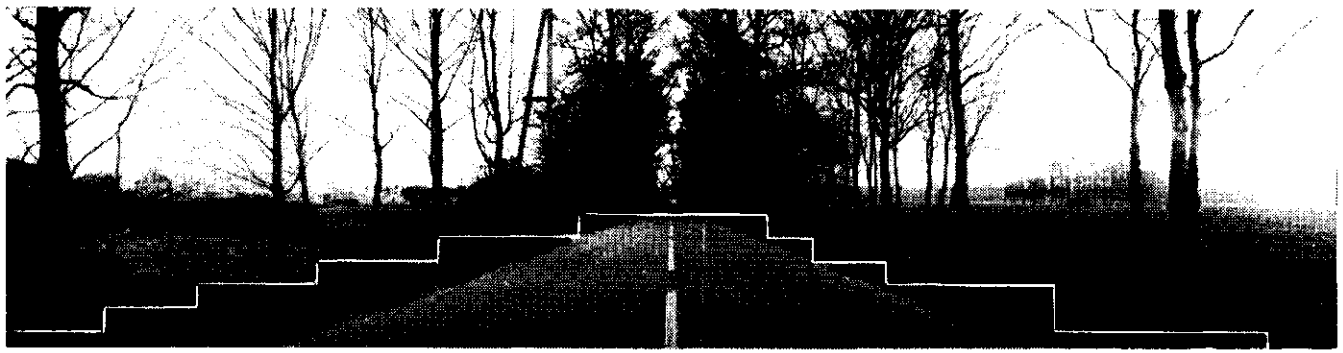
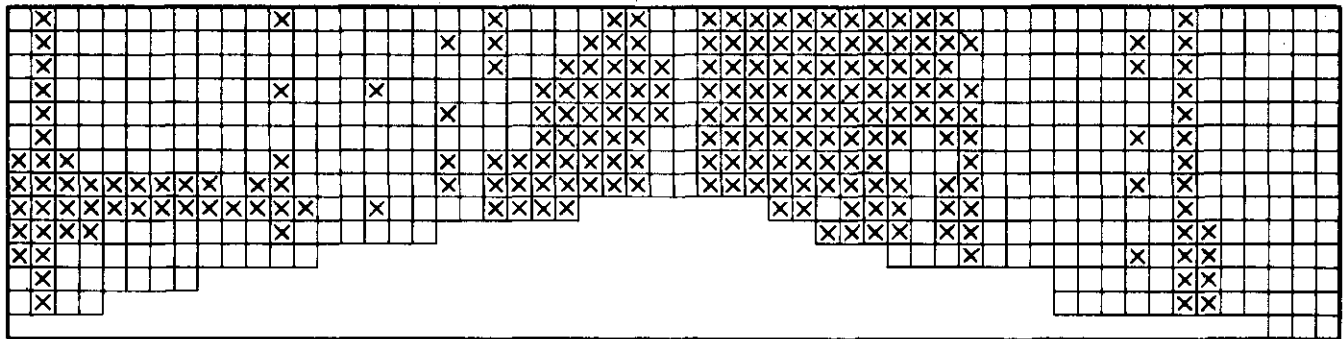


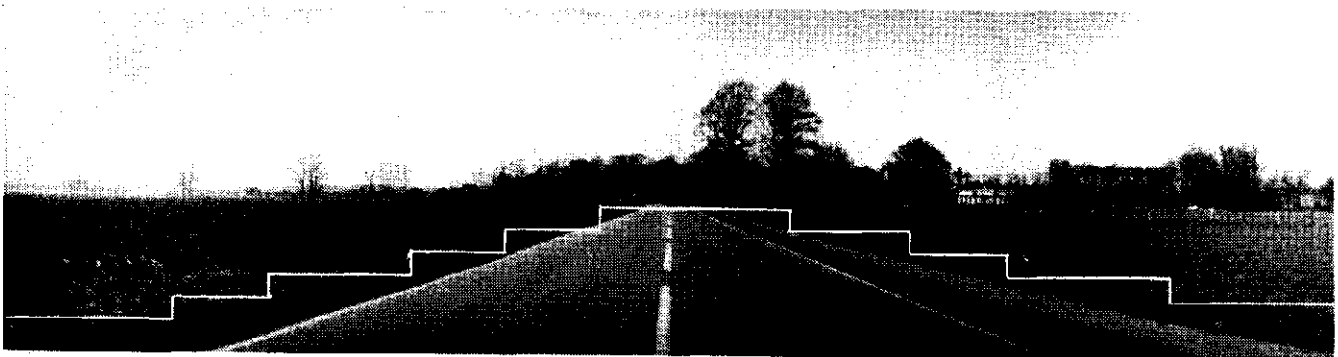
Fig. 9. Schema van de schokmeter
Bron: DE BREE (1966)



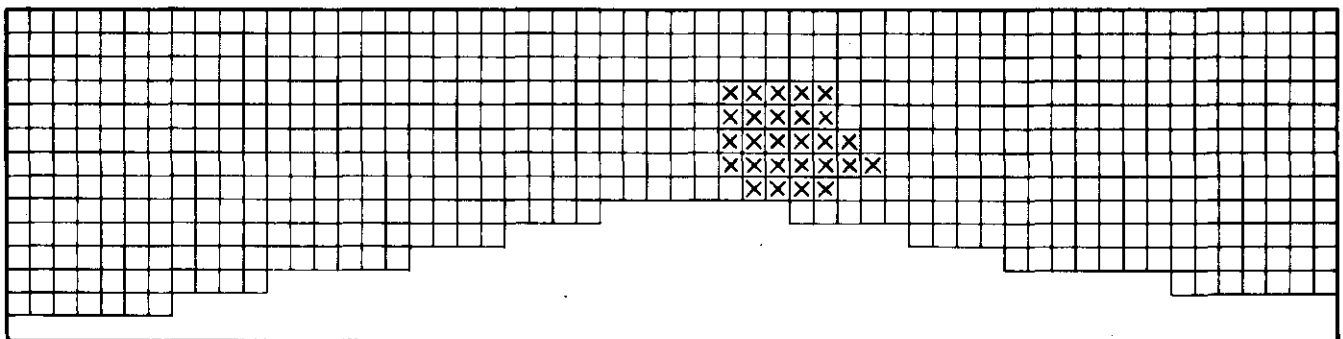
meetpunt 06, richting 1



zichtbelemmering 37%



meetpunt 07, richting 2



zichtbelemmering 5%

Fig. 8. Twee voorbeelden van het bepalen van het zicht in de omgeving

en wegvakken verschillend. De indruk bestaat dat op een aantal van de wegen waarop metingen zijn verricht de verkeersintensiteit zo laag is dat deze waarde in het geheel niet wordt bereikt.

Bovendien wordt een daling van de rij snelheid van motorvoertuigen verondersteld naarmate het verkeer een meer heterogeen karakter vertoont wat betreft de onderlinge verschillen in snelheidsniveau per verkeerssoort en, in samenhang daarmee, de virtuele ruimte welke per verkeerssoort op de rijbaan wordt ingenomen. Daarom wordt, tegelijk met de snelheidsmeting, een visuele verkeerstelling gehouden. Evenals bij de snelheidswaarnemingen wordt hier de verkeerssamenstelling per rijrichting en per kwartier geregistreerd (form. III). Teneinde het genoemde effect objectief te kwantificeren worden de geregistreerde aantallen omgerekend in personenauto-eenheden (PAE). De wegingsfactoren, welke in tabel 2 staan vermeld, zijn zodanig gekozen dat ze overeenstemmen met de mate waarin de verkeerseenheden een vrije verkeersafwikkeling belemmeren en als zodanig beslag leggen op de capaciteit van de weg (CCC, 1969).

Tabel 2. PAE-waarden van onderscheiden verkeerssoorten

personenauto/ bestelauto	1	trekker (met of zonder	
idem met aanhanger	1,5	aanhangwagens en/of machines	
fiets	0,25	met 2 assen	1,5
bromfiets	0,35	" 3 "	2
motor/ scooter	0,5	" 4 "	2
vrachtauto met 2 assen	2	"meer "	3
" " 3 "	2	vee/ ruiter	1
" "meer "	3,5	paard en wagen	1,5
autobus	2	winkelwagen	2
graafwerktuig	2	combine	2
voetganger	0,1	overige (bijv. bakfiets)	1

alleen de verticale opwaartse beweging van het wiel wordt geregistreerd. De integrator is gekoppeld aan een teller welke verspringt zodra de integrator 2 cm verticale opwaartse beweging heeft gesommeerd. Het aantal wielomwentelingen wordt eveneens aangegeven door een teller; de omtrek van het wiel is zodanig dat na 46 omwentelingen 100 m is afgelegd. Hierdoor is het mogelijk de zgn. schokmeterwaarde uit te drukken in het aantal cm beweging per gemeten weglengte, meestal in cm per km.

De gemeten schokmeterwaarde K is maximaal bij een meetsnelheid van 15 à 20 km/uur (DE BREE, 1966). Om verkeerstechnische redenen is voor Nederland de standaard-meetsnelheid op snelwegen 50 km/uur. De aldus gemeten waarden K zijn lager en dientengevolge minder gespreid doordat bij deze hogere snelheid niet elke oneffenheid door het wiel kan worden gevolgd. Teneinde een grotere onderlinge spreiding in de waarnemingen te verkrijgen is besloten voor dit onderzoek de metingen te verrichten met een meetsnelheid van 20 km/uur.

Met de schokmeter wordt elk rijspoor in de rijrichting één keer bereden over een traject van ca. 200 m, namelijk ca. 100 m voor en na het punt waar de snelheden worden waargenomen. De schokmeterwaarde wordt hierbij afgelezen nadat het wiel 100 omwentelingen heeft gemaakt. Een tussentijdse aflezing na 50 omwentelingen vindt plaats teneinde eventuele verschillen in vlakheid voor en na het snelheidsmeetpunt te kunnen constateren. De maximale meetfout die gemaakt kan worden bedraagt ± 2 cm (= de inhoud van de integrator) per gemeten lengte, ofwel procentueel $\pm 2/K \times 100\%$. Overigens is het mogelijk dat het instrument een systematische afwijking vertoont tengevolge van mechanische slijtage in de tijd. Daar alle vlakheidsmetingen binnen 2 dagen zijn verricht mag deze miswijzing hier buiten beschouwing worden gelaten.

3.3.7 Intensiteit en samenstelling van het verkeer

Het lijkt aannemelijk dat de rij snelheid zal dalen indien de verkeersintensiteit boven een bepaalde waarde gekomen, blijft stijgen. Het niveau van deze waarde hangt af van de vormgeving van de weg (dwarsprofiel, lengteprofiel en tracé) en is derhalve voor alle wegen

3.3.8. Weersomstandigheden

Bepaalde weersomstandigheden zijn ongetwijfeld van invloed op het snelheidsgedrag. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij krachtige wind, vermindering van het zicht tengevolge van een lage zonnestand in het verlengde van de rijrichting, mist, buien, e.d. In verband hiermee wordt tijdens of na een meetperiode een aantekening gemaakt van de weersgesteldheid waarvoor gegevens worden genoteerd betreffende bewolking, zonnestand, neerslag, wind en het zicht, zie form. II.

- De bewolking wordt geschat waarbij is uitgegaan van vier klassen, namelijk onbewolkt, licht bewolkt, half bewolkt of zwaar bewolkt.
- De zonnestand wordt aangegeven door de beide hoeken die de richting van de zon maakt in het horizontale vlak met de rijrichting en in het verticale vlak met het maaiveld.
- Indien neerslag valt gedurende een kortere periode dan de duur van de meting wordt deze kortere periode genoteerd; indien tijdens de meting sprake is van zware neerslag wordt dit apart vermeld.
- De wind wordt geregistreerd door het aangeven van de windrichting gemeten ten opzichte van de rijrichting.
- Indien er sprake is van een vermindering van het zicht tengevolge van mist of iets dergelijks wordt de lengte ervan geschat en genoteerd.

Tijdens extreme weersomstandigheden zoals dichte mist of gladde wegen veroorzaakt door sneeuw, ijzel e.d. worden geen metingen verricht.

3.4. Wijze van verwerking

Zoals uit het voorgaande blijkt is voor elke te onderzoeken variabele een hypothese geformuleerd betreffende de veronderstelde invloed op de rijsnelheid. Teneinde deze hypothesen op hun juistheid te toetsen wordt in hoofdstuk 4 met behulp van correlatierekening nagegaan in hoeverre de gemiddelde rijsnelheid partieel verband vertoont met de diverse gemeten variabelen. Op grond hiervan wordt in een multi-pele regressieanalyse een model voor de gemiddelde rijsnelheid afgeleid.

form.III Visuele verkeerstelling

I.C.W.

Afdeling Planologie en Verkeer

Onderzoek rijnsnelheden plattelandswegen

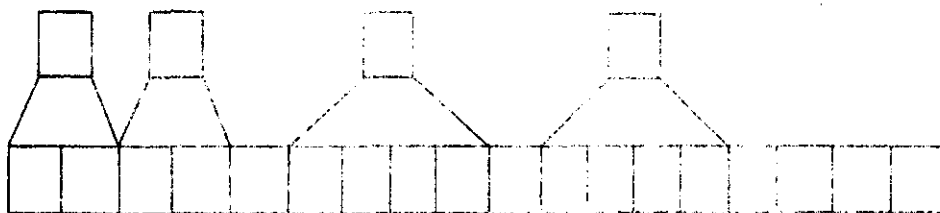
Visuele verkeerswaarneming nr...07

Op de weg van Hummelo naar Zutphen
in de richting Zutphen

Datum: 25-4-73

Tijdsduur: van 13.00 uur tot 14.00 uur

		13.00 - 13.15	13.15 - 13.30	13.30 - 13.45	13.45 - 14.00	20
Personenauto/Bestelauto		III	III	III	III	
Idem met aanhanger		I	I		I	1
Fiets			II		III	1
Bromfiets		II			I	1
Motor/scooter						
Vrachtauto	2	III	III	III	III	6
	3	I		I	I	1
	4		II	I	I	
	meer	I		II	II	1
Autobus			I		I	
Trekker, met of zonder aanhangwagens en/of machines	2				I	
	3				I	
	4				I	
	meer					
Voetganger						
Vee/Ruiter						
Paard en wagen						
Overige (bijv. bakfiets)						



Tabel 3 Waarnemingsuitkomsten per situatie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
meetpunt- code	rijrichting	gem. rij- snelheid	aantal waarn. in de steek- proef	betrouw- baarheid van v	B _v m	B _b m	bochtigheid i=1 D _i dm	wegskromming middelg. hoek boogstraal	R m	Z _w m	zicht- in de omgeving Z _o %	vlakheid van de verharding K	gem. kwartier- intensiteit in de eigen richting I PAE
nr.	datum	km/uur	n	%	m	m	dm	booggraden	m	m	%	imp/200 omw.	
01	0227	42,0	62	99,95	6,00	9,50	87	90	65	120	44	75	30,02
		40,5	98	99,95			21	45	110	140	37	75	45,23
01	0719	49,5	325	99,95	6,00	9,50	87	90	65	120	53	75	32,52
		48,8	453	99,95			21	45	110	140	45	75	41,56
02	0320	90,8	120	89,26	6,50	13,00	0	0	∞	850	76	89	44,76
		87,6	142	94,64			0	0	∞	1725	62	93	45,00
02	0720	87,3	330	99,02	6,50	13,00	0	0	∞	850	85	89	40,60
		86,5	345	99,66			0	0	∞	1725	80	93	39,29
03	0327	68,5	104	98,44	5,50	10,50	0	0	∞	325	50	85	22,41
		75,7	168	93,56			0	0	∞	350	48	85	31,45
03	0726	71,4	258	99,86	5,50	10,50	0	0	∞	325	62	85	25,44
		73,2	281	99,90			0	0	∞	350	63	85	26,85
06	0810	60,8	250	99,95	5,40	8,40	0	0	∞	300	88	65	28,41
		71,1	354	99,95			0	0	∞	250	72	65	26,86
06	0425	60,3	138	99,86	5,40	8,40	0	0	∞	300	37	65	27,40
		70,5	151	99,36			0	0	∞	250	60	65	34,16
07	0719	74,6	585	99,95	6,60	12,40	0	0	∞	425	9	65	55,36
		77,3	602	99,95			13	15	400	600	21	55	56,08
07	0425	78,0	345	98,98	6,60	12,40	0	0	∞	425	5	65	48,31
		84,5	335	99,86			13	15	400	600	1	55	45,44
10	0703	70,1	87	89,90	4,25	8,75	0	0	∞	775	17	100	6,68
		69,2	108	88,58			0	0	∞	850	15	100	8,33
11	0703	73,2	60	77,0	4,20	9,20	0	0	∞	475	15	93	4,72
		76,2	36	55,6			0	0	∞	1425	13	100	2,78
12	0724	73,4	133	95,86	5,40	12,80	0	0	∞	525	19	95	11,44
		72,4	144	94,52			0	0	∞	525	4	96	12,86
13	0726	67,6	41	81,0	4,20	8,50	5	10	700	300	38	84	3,58
		61,7	100	93,86			13	10	700	350	43	88	7,76
14	0730	64,6	54	94,76	4,20	7,30	0	0	∞	800	9	100	5,95
		67,2	55	88,58			0	0	∞	300	9	108	5,41
15	0806	57,2	200	99,88	5,80	12,50	35	20	280	100	33	111	23,16
		54,0	265	99,95			10	10	500	200	53	100	26,95
16	0810	70,8	130	99,56	5,50	7,90	0	0	∞	250	73	43	23,67
		68,1	186	99,95			0	0	∞	350	75	38	28,34
17	0810	53,8	154	99,80	5,30	8,80	13	20	280	125	61	67	27,97
		59,9	142	99,86			29	30	200	100	79	70	22,49
18	0822	71,1	40	79,6	4,40	9,00	0	0	∞	525	16	59	4,23
		75,1	56	77,4			0	0	∞	475	12	58	5,86
19	0824	68,0	145	96,60	5,40	7,00	0	0	∞	400	42	76	24,19
		70,8	179	98,68			7	10	600	350	40	87	28,14
20	0906	75,8	140	97,86	5,10	8,80	0	0	∞	250	4	57	15,67
		77,0	135	95,96			9	10	650	300	2	63	16,50
21	0906	67,2	141	97,80	5,30	7,50	0	0	∞	300	3	73	19,46
		69,0	143	97,0			0	0	∞	350	0	72	21,73
22	0907	72,6	144	99,40	6,40	8,50	33	20	300	200	23	64	30,14
		72,2	167	99,66			35	25	250	200	40	77	28,39
23	0907	72,1	331	99,95	6,40	8,40	0	0	∞	400	41	36	62,66
		72,1	326	99,95			0	0	∞	275	31	35	62,66
24	0911	86,0	118	87,40	7,80	19,80	0	0	∞	650	10	31	19,95
		89,9	136	91,64			0	0	∞	650	0	30	23,49
26	1116	66,6	22	61,60	4,30	25,00	0	0	∞	300	15	55	3,53
		65,7	26	60,0			0	0	∞	800	5	58	3,64
27	1121	50,0	106	99,95	5,50	8,80	20	45	110	130	40	47	18,14
		48,9	174	99,95			68	90	65	100	50	51	30,21
28	1121	63,8	109	99,08	5,80	13,70	8	15	280	175	35	83	37,60
		67,2	157	99,24			34	25	200	240	20	83	49,81
18	0822	67,1	56	81,32	4,40	9,00	0	0	∞	525	16	59	7,23
		67,3	56	84,14			0	0	∞	475	12	58	8,73

4. VERWERKING VAN DE WAARNEMINGSUITKOMSTEN

Tabel 3 geeft een overzicht van de verzamelde waarnemingsuitkomsten per situatie.

De correlatieberekeningen welke hierna worden behandeld zijn stapsgewijs weergegeven in tabel 4. Deze berekeningen beperken zich vooralsnog tot de belangrijkste voertuigcategorie, namelijk de personenauto's met of zonder aanhangwagen, motoren en scooters (categorie 1 op form. I). Voor deze categorie is per situatie op basis van de waarnemingen in de steekproef de gemiddelde rijnsnelheid berekend (tabel 3, kolom 3).

Een eerste berekening betrof een enkelvoudige lineaire regressieanalyse waarbij per variabele is onderzocht in hoeverre een verband met de gemiddelde rijnsnelheid aanwezig is. De sterkte van deze relatie komt tot uitdrukking in de correlatiecoëfficiënt $r_{\bar{y}.x}$; de nauwkeurigheid van het snelheidsgemiddelde, dat met het aldus afgeleide model kan worden voorspeld hangt af van de waarde van de residuele standaardafwijking S_{res} . Hierop wordt later teruggekomen. Tabel 4.1 geeft per variabele de hierbij gevonden regressieresultaten. Indien wordt getoetst met een risicogebied van 5% (tweezijdig) blijkt er een significant verband te bestaan tussen de gemiddelde rijnsnelheid en het 'zicht langs de wegas', de 'verhardingsbreedte', de 'vrijebaanbreedte' en de 'kromming van de wegas'; voor de overige variabelen kon dit verband vooralsnog niet worden aangetoond.

Uit deze eerste stap kan worden afgeleid dat de gemiddelde rijnsnelheid het sterkst correleert met de logaritme van het 'zicht langs de wegas'; in formule:

$$y = 28,2 \log Z_w - 2,8 \quad \text{corr. coeff. } R = 0,75 \quad (11) \\ S_{res} = 7,358$$

waarin:

y = gemiddelde rijnsnelheid in km/uur

Z_w = zicht langs de wegas in m

Een volgende fase in het rekenproces is het toevoegen van die verklarende variabele welke in combinatie met het 'zicht langs de wegas' de variatie in snelheid het best verklaart. Selectie van deze

variabele vindt plaats door vast te stellen welke combinatie de hoogste partiële correlatiecoëfficiënt $r_{\bar{v}x, Z_w}$ bezit. Uit tabel 4.II blijkt dat introductie van de 'verhardingsbreedte' in aanmerking komt. Toevoeging van deze variabele leidt tot het meerdimensionale model:

$$y = 28,6 \log Z_w + 3,9 B_v - 25,4 \quad (12)$$

$$\text{mult. corr. coeff. } R = 0,82$$

$$S_{\text{res}} = 6,506$$

waarin

B_v = verhardingsbreedte, in m

Ook voor dit model geldt dat er tussen de verklarende variabelen en hun afgeleide een significant verband bestaat.

Indien dit multipele model wordt uitgebreid met een derde factor kan, analoog aan de hierboven beschreven werkwijze, worden aangetoond dat de 'kromming van de wegas' hiervoor in aanmerking komt (tabel 4.III). Dit leidt tot:

$$y = 24,4 \log Z_w + 3,6 B_v - 0,09 \sum_{i=1}^{10} D_i - 12 \quad (13)$$

$$\text{mult. corr. coeff. } R = 0,83$$

$$S_{\text{res}} = 6,368$$

waarin

D_i = kromming van de wegas, in dm/10 m

Indien in dit model de regressiecoëfficiënt voor D_i wordt getoetst blijkt dat deze niet significant van nul afwijkt; de verklarende invloed van deze variabele is onbetrouwbaar. Dit resultaat is geheel overeenkomstig de verwachting gezien de geringe toename van de correlatiecoëfficiënt R ten opzichte van (12). Bij introductie van de resterende variabelen blijken de hiervoor berekende regressiecoëfficiënten eveneens niet significant van nul te verschillen. Derhalve kan worden geconcludeerd dat het multipele model (12) de belang-

Tabel 4 Samenvatting regressie - analyse

I. enkelvoudige lineaire regressie-analyse $y = a_1 x + a_2$

met één variabele

$\bar{v}$ = waargenomen snelheidsgemiddelde

y = berekende snelheidsgemiddelde

x = verhardingsbreedte

= vrijebaanbreedte

= wegaskromming

= vlakheid van de verharding

= zicht langs de wegas

= zicht in de omgeving

= gem. verkeersintensiteit richting 1

B_v	$r_{\bar{v},x} = 0,2898$	$S_{\bar{v},x} = 10,730$	$a_1 = 3,601$	$a_2 = 49,033$
$\log B_b$	$= 0,3103$	$= 10,658$	$= 27,609$	$= 41,051$
$\sum_{i=1}^{10} D_i$	$= -0,6180$	$= 8,813$	$= -0,3233$	$= 72,320$
K	$= -0,0603$	$= 11,190$	$= -0,0334$	$= 71,280$
$\log Z_w$	$= 0,7545$	$= 7,358$	$= 28,160$	$= -2,762$
Z_o	$= -0,1460$	$= 11,008$	$= -0,0609$	$= 72,006$
$\bar{I}_1$	$= 0,0954$	$= 11,159$	$= 0,0662$	$= 67,157$

De gemiddelde rij snelheid ($\bar{v}$) vertoont de hoogste correlatiecoëfficiënt $r_{\bar{v},x}$ met het zicht langs de wegas $\log Z_w$:

$$y = 28,160 \log Z_w - 2,762 \quad (11)$$

corr. coëff. $R = 0,7545$

restspreiding $S = 7,358$

II. multiële lineaire regressie-analyse met twee variabelen $y = a_3 \log Z_w + a_4 x + a_5$

vaststellen van de combinatie van $\log Z_w$ met die variabele die de hoogste partiële correlatiecoëfficiënt

$r_{\bar{v},x, \log Z_w}$ oplevert.

$$r_{\bar{v},B_v, \log Z_w} = 0,4817$$

$$\text{regr. coëff. } a_3 = 28,570$$

$$\text{stand. afw. van } a_3 = 2,896$$

$$r_{\bar{v},\log B_b, \log Z_w} = 0,1590$$

$$a_4 = 3,9316$$

$$a_4 = 0,964$$

$$a_5 = -25,448$$

$$a_5 = 9,268$$

$$r_{\bar{v},\sum D_i, \log Z_w} = -0,3040$$

$$r_{\bar{v},K, \log Z_w} = -0,2742$$

$$r_{\bar{v},Z_o, \log Z_w} = 0,0062$$

$$y = 28,570 \log Z_w + 3,9316 B_v - 25,448 \quad (12)$$

$$r_{\bar{v},\bar{I}_1, \log Z_w} = 0,2897$$

$$\text{mult. corr. coëff. } R = 0,8181$$

$$\text{restspreiding } S = 6,506$$

III. multiële lineaire regressie-analyse met drie variabelen $y = a_6 \log Z_w + a_7 B_v + a_8 x + a_9$

vaststellen van de combinatie ($\log Z_w, B_v, x$) die de hoogste partiële correlatiecoëfficiënt

$r_{\bar{v},x, B_v, \log Z_w}$ bezit.

$$r_{\bar{v},\log B_b, B_v, \log Z_w} = -0,0281$$

$$\text{regr. coëff. } a_6 = 24,431$$

$$\text{stand. afw. van } a_6 = 3,614$$

$$r_{\bar{v},\sum D_i, B_v, \log Z_w} = -0,2438$$

$$a_7 = 3,5827$$

$$a_7 = 0,963$$

$$r_{\bar{v},K, B_v, \log Z_w} = -0,1318$$

$$a_8 = -0,09433$$

$$a_8 = 0,051$$

$$a_9 = -11,990$$

$$a_9 = 11,635$$

$$r_{\bar{v},Z_o, B_v, \log Z_w} = -0,0983$$

$$y = 24,431 \log Z_w + 3,5827 B_v - 0,09433 \sum_{i=1}^{10} D_i - 11,990 \quad (13)$$

$$r_{\bar{v},\bar{I}_1, B_v, \log Z_w} = -0,1402$$

$$\text{mult. corr. coëff. } R = 0,8300$$

$$\text{restspreiding } S = 6,368$$

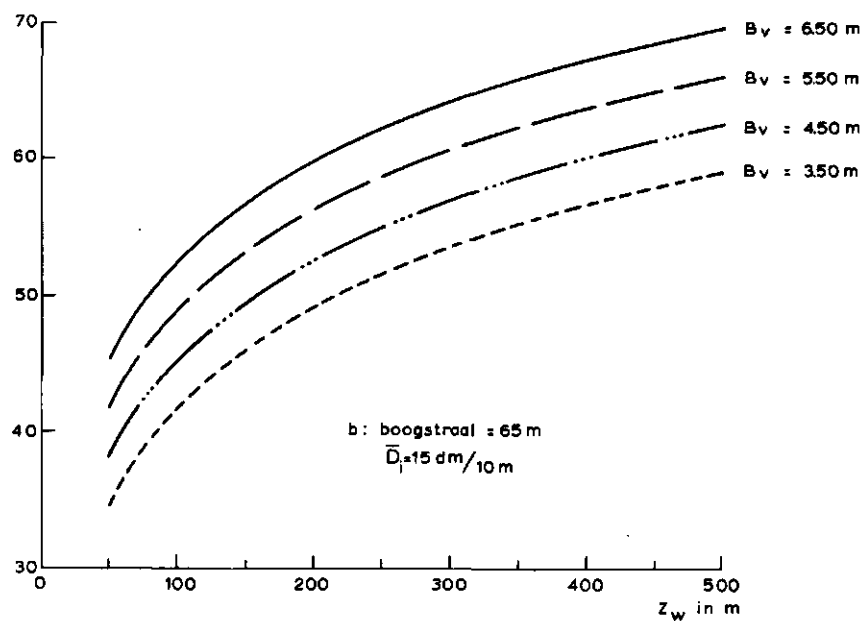
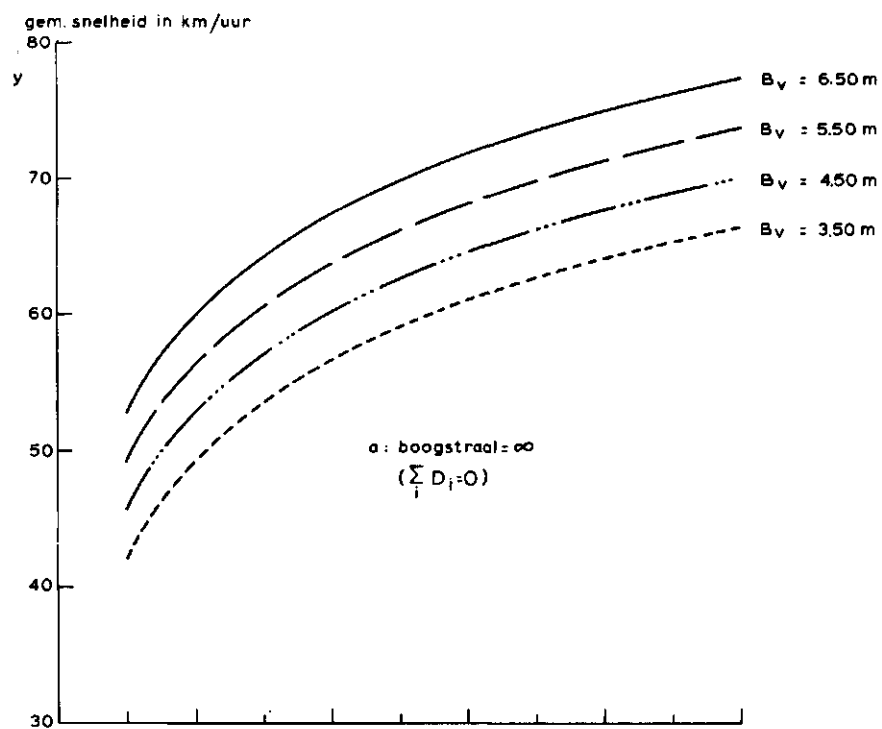


Fig. 10. Gemiddelde rij snelheid van personenauto's als functie van de zichtlengte (Z_w) bij verschillende verhardingsbreedten (B_v). a: op een rechtstand; b: in een scherpe bocht

rijkste componenten bevat waaruit de gemiddelde rijsnelheid is opgebouwd. In fig. 10 is niettemin model (13) grafisch weergegeven omdat, ondanks het niet significant zijn van de regressiecoëfficiënt voor de wegaskromming, formule (13) interessant is als globale indicatie van de invloed welke een bocht heeft op de snelheid, voorzover die uit de verrichte waarnemingen is af te leiden.

Teneinde een uitspraak te kunnen doen omtrent de nauwkeurigheid waarmee de variatie in snelheid kan worden voorspeld, wordt tussen de restvarianties (S_{res}^2) van (11) en (12) de zgn. F-toets uitgevoerd. De hiervoor geformuleerde hypothese is $S_{11}^2 > S_{12}^2$; voor een vergelijking wordt de verhouding tussen deze restvarianties getoetst waarbij de grootste variantie in de teller van het verhoudingsgetal wordt geplaatst:

$$F = \frac{S_{11}^2}{S_{12}^2} = \frac{7,358^2}{6,506^2} = 1,279 \quad (14)$$

De kritieke waarde voor F bij een eenzijdige overschrijdingskans van 5% is bij het betreffende aantal vrijheidsgraden (56 resp. 55) 1,45. De gevonden waarde 1,279 heeft deze grens niet overschreden en is dus niet significant; met andere woorden de hypothese $S_{11}^2 > S_{12}^2$ moet worden verworpen. Hieruit blijkt dat de restvariantie van het multiële model (12) niet significant lager is dan die van het enkelvoudige model (11). De conclusie hieruit is dat vooralsnog met de enkelvoudige lineaire regressieformule (11) evenzeer kan worden volstaan om de variatie in rijsnelheid te verklaren. Voor deze regressielijn werd een betrouwbaarheidsinterval (95% tweezijdig) berekend hetgeen fig. 11 grafisch weergeeft.

Uit tabel 3, kolom 11 blijkt dat waarnemingen betreffende het 'zicht langs de weg' worden begrensd door $100 \text{ m} < Z_w < 1725 \text{ m}$. Met formule (11) kan met betrekking tot de gemiddelde snelheid voor waarden buiten dit traject dus geen uitspraak worden gedaan daar gegevens hierover ontbreken.

5. CONCLUSIES

1. Enkelvoudige correlatieberekeningen wijzen op een significant verband tussen de gemiddelde rijsnelheid enerzijds en, gerangschikt naar mate van correlatie, het zicht langs de wegas, verhardingsbreedte, kromming van de wegas en vrijbaanbreedte anderzijds. In een multiële regressieanalyse met deze variabelen kunnen evenwel alleen voor de zichtlengte en de verhardingsbreedte significante regressiecoëfficiënten worden afgeleid, hetgeen resulteert in model (12).
2. Statistisch kan worden aangetoond, dat de restspreiding van model (12) niet significant lager is dan die van model (11), waarin alleen de zichtlengte als verklarende variabele voorkomt. Op grond van de thans beschikbare gegevens kan derhalve de gemiddelde rijsnelheid met model (12) niet nauwkeuriger worden voorspeld dan met model (11), waarin de snelheid min of meer evenredig is met de logaritme van de zichtlengte (fig. 11).
3. De gehanteerde hypothesen betreffende de invloed van vrijbaanbreedte, zicht in de omgeving, verkeersintensiteit en vlakheid van de verharding werden door dit onderzoek vooralsnog niet bevestigd. Nader onderzoek naar de invloed van verschillende typen obstakels in relatie met de vrijbaanbreedte en het zicht in de omgeving lijkt evenwel gerechtvaardigd. Bovendien wordt het noodzakelijk geacht de intensiteiten van de te onderscheiden verkeerscategorieën (tabel 2) als afzonderlijke variabelen in het onderzoek te betrekken in plaats van een in personenauto-eenheden geaggregeerd totaal aangezien van deze categorieën een zeer verschillende invloed op de rijsnelheid moet worden verondersteld.
4. Tot nu toe is gezocht naar een model voor het snelheidsgemiddelde onder meer ten behoeve van calculaties van reistijdwinsten alsmede ritdistributie en -toedeling in verkeersmodellen. In verband met capaciteits- en veiligheidsoverwegingen bij het ontwerpen van wegen is het tevens gewenst een model te ontwikkelen voor de ontwerpssnelheid in relatie met de beschouwde invloedsfactoren. Daartoe zal in een volgende fase van het onderzoek

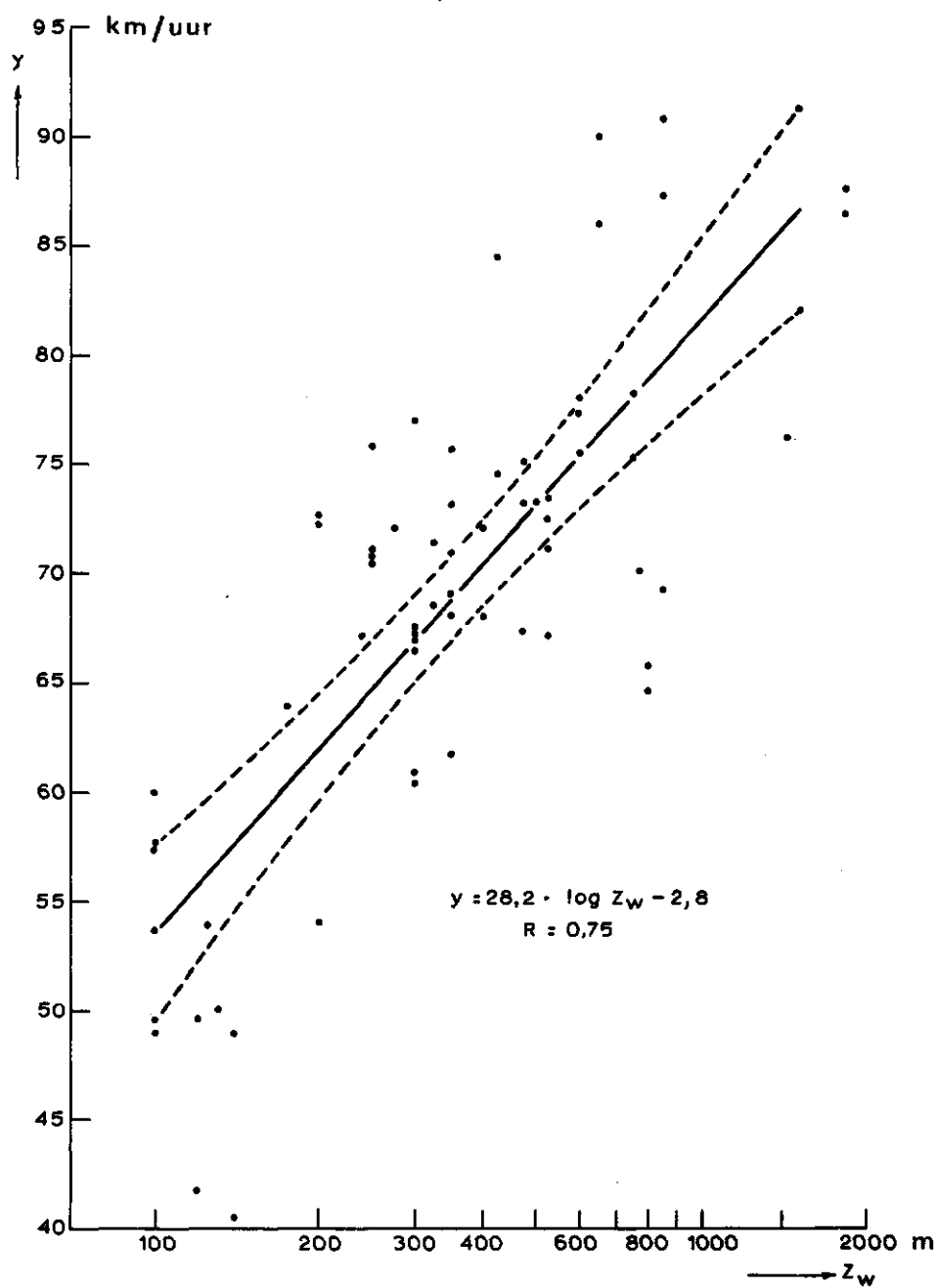


Fig. 11. Verband tussen de gemiddelde rijsnelheid en het zicht langs de wegas, met 95% betrouwbaarheidsinterval

LITERATUUR

- BREE, J.C. DE. 1966. Vlakheidsmetingen, overzicht van enkele meetmethoden. Rijkswegenbouwlaboratorium Delft.
- CENTRALE CULTUURTECHNISCHE COMMISSIE. 1969. Platte-landswegennota. 's-Gravenhage.
- CULTUURTECHNISCHE DIENST. 1963. Snelheidswaarnemingen op landbouwwegen. Afd. Wegen, Utrecht.
- HIGHWAY RESEARCH BOARD. 1965. Highway Capacity Manual. Special Report 87. Washington.
- HOOGELAND, G.D. 1967. Verkeersonderzoek op plattelandswegen in Nederland. Polytechnisch Tijdschr. 22, 25 en 26.
- INTERPROVINCIALE WERKGROEP VERKEERSZAKEN. 1968. Snelheidsgedrag en snelheidsbeperkingen.
- KEULEN, J.G. VAN. 1964. Rijsnelheden op landbouwwegen. Nota ICW 280, Wageningen.
- WIJVEKATE, M.L. 1969. Verklarende statistiek. Tiende, herziene druk. Aula serie no. 39, Utrecht.

eveneens worden onderzocht in hoeverre voor de 85% onderschrijdingskans van de snelheidsverdeling een soortgelijk model kan worden afgeleid als voor het snelheidsgemiddelde.

5. Ter bestudering van een mogelijk effect van de recente invoering van een wettelijk toegestaan snelheidsmaximum van 80 km/uur op niet-autowegen, is het interessant de metingen op een aantal bestaande meetpunten te herhalen. Vergelijking van waarnemingen voor en na invoering van de snelheidslimiet maakt daarom deel uit van het vervolg op het hier beschreven onderzoek.