BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

NN31545.1599

ICW nota 1599
februari 1985

nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

DE INVLOED VAN DE ONVLAKHEID VAN WEGVERHARDINGEN OP DE RIJSNELHEID VAN PERSONENAUTO'S

P.J. te Velde

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0335 4186

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

11 JUNI 1985

I N H O U D

	Blz.
VOORWOORD	
SAMENVATTING	
1. INLEIDING	1
2. LITERATUUROVERZICHT	2
2.1. Begrippen	2
2.2. Onderzoek	5
3. ONDERZOEKSOPZET	8
3.1. Algemeen	8
3.2. IJking snelheidsmeters	11
4. VERWERKING EN ANALYSE VAN DE GEGEVENS	15
5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	24
LITERATUUR	26
BIJLAGEN	

VOORWOORD

In het kader van mijn studie aan de Afdeling Verkeerstechniek van de HTS te Leeuwarden, heb ik mijn eerste stageperiode van september 1984 tot en met januari 1985 doorlopen bij het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Afdeling Verkeer en Wegen te Wageningen. Gedurende deze periode heb ik me beziggehouden met een onderzoek naar de invloed van de vlakheid van verharding op de rijsnelheid van personenauto's, wat geleid heeft tot de voor u liggende nota.

Voor de medewerking tijdens het onderzoek ben ik velen dank verschuldigd, met name de Gemeentepolitie van Wageningen, de provinciale Directies van de Landinrichtingsdienst en de Provinciale Waterstaten van de provincies Gelderland, Noord-Brabant, Overijssel, Utrecht en Zuid-Holland alsmede Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken, de Dienstkringen Oostelijk Flevoland en Noord-Oost Polder dank ik voor hun medewerking tijdens het onderzoek.

In het bijzonder wil ik mijn dank uitspreken tegenover de heren Th. Michels en Th.G.C. van der Heijden van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding voor de goede begeleiding en samenwerking gedurende mijn stageperiode.

Peter te Velde
Wageningen, januari 1985

SAMENVATTING

Deze nota beschrijft het onderzoek dat is verricht naar de invloed van de vlakheid van de verharding op de rijsnelheid van personenauto's. Daarvoor zijn in 1984 snelheidswaarnemingen verricht op 10 wegen met een vlak en een onvlak weggedeelte.

Op deze wegen werden de snelheden van de afzonderlijke voertuigen op zowel het vlakke als op het onvlakke gedeelte gemeten; daarbij is aangenomen dat de overige wegkenmerken op beide gedeelten een gelijke invloed op de snelheid uitoefenen. Aan de hand van de verkregen gegevens wordt per rijrichting bekeken of er sprake is van invloed van de vlakheid van de verharding op de rijsnelheid.

Uit het onderzoek blijkt dat op een onvlak weggedeelte volgend op een vlak gedeelte een snelheidsdaling tussen 0 en 13% optreedt met, over alle wegen samengevoegd, een gemiddelde van 5%. Op een vlak weggedeelte volgend op een onvlak deel werd geen snelheidsverandering waargenomen. Dit lijkt te kunnen worden verklaard uit een soort 'relax--reactie' van de automobilist die zich vlak na de overgang waarbij comfortverbetering optreedt, voordoet.

Bij het aanbrengen van een nieuwe deklaag op een weg mag redelijkerwijs na een korte gewenningsperiode een snelheidsverhoging worden verwacht die in dezelfde orde van grootte ligt als de snelheidsverlaging bij de overgang van vlak naar onvlak te weten ca. 5%. Voor een betere onderbouwing van deze conclusie is echter aanvullend onderzoek noodzakelijk.

1. INLEIDING

In deze nota wordt het onderzoek beschreven dat is verricht naar de invloed van onvlakheid van wegverhardingen op de rijsnelheid van personenauto's. Dit onderzoek sluit aan en bouwt voort op eerder gedane onderzoeken naar de invloed van wegkenmerken op de rijsnelheid (MICHELS en VAN DER HEIJDEN, 1973, 1978; VAN DER HEIJDEN, 1978). Tevens sluit het aan op het in 1984/'85 uitgevoerde scriptie-onderzoek waarin zichtlengte, vrijebaanbreedte, verhardings- en bermbreedte, bochtigheid, uitrittendichtheid en landschap worden betrokken (LAMBREGTS, 1985).

Deze onderzoeken passen in de uitwerking van de HELP-procedure (Herziening Evaluatie Landinrichtingsplannen) voor de evaluatie van ruilverkavelings- en landinrichtingsplannen voor wat betreft het verbeteren van plattelandswegen. De besparing op voertuigkosten (tijd, brandstof, afschrijving) is hierin één van de posten aan de batenkant. Een essentiële variabele in deze besparing is de snelheid. Ook is het niet ondenkbaar dat de vlakheid van invloed zal zijn op de verkeersveiligheid; hierbij zal de snelheid dan ook een sleutelfunctie vervullen.

Dit onderzoek richt zich derhalve op snelheidseffecten van reconstructie van een plattelandsweg. Voor een eerste bepaling van de orde van grootte van deze effecten wordt een vergelijking gemaakt van qua vlakheid zo extreem mogelijke verschillende weggedeelten onder overigens gelijke omstandigheden van de weg en het verkeer.

2. LITERATUUROVERZICHT

2.1. Begrippen

In de literatuur worden de begrippen vlakheid, stroefheid en ruwheid vaak door elkaar gebruikt. In deze studie is slechts de invloed van de vlakheid op de snelheid van personenauto's aan de orde; daarbij is het gewenst de verschillende begrippen duidelijk te omschrijven. Hierbij is, met enige aanvullingen, gebruik gemaakt van omschrijvingen van de STICHTING STUDIECENTRUM WEGENBOUW (1980, 1982).

In deze nota wordt de vlakheid van de verharding gedefinieerd als een maat voor de grootte en de aard van de afwijkingen van het wegdek ten opzichte van een plat vlak of een rechte lijn. Niet bedoeld worden hier die afwijkingen van het wegdek die uit het geometrisch ontwerp voortkomen zoals tonrondte, verkanting en hellingen. Vlakheid van een verharding is te veranderen door het aanbrengen van een nieuwe deklaag; een normale oppervlaktebehandeling zal de vlakheid niet noemenswaardig beïnvloeden.

De mate van vlakheid wordt door de bestuurder van een rijdend voertuig ervaren in de vorm van verticale en horizontale bewegingen van het voertuig. Naarmate de vlakheid afneemt zal het discomfort van de bestuurder dus toenemen. Door het discomfort, dat bij een gebrek aan vlakheid zal optreden, zou de bestuurder geneigd kunnen zijn de rijsnelheid te verlagen om zijn rijcomfort op peil te houden.

De ruwheid van het wegdek kan worden gedefinieerd als een maat voor de grootte en de aard van de afwijkingen van het oppervlak van het wegdek ten opzichte van een plat vlak of een rechte lijn. De ruwheid van het wegdek is dus afhankelijk van het materiaal waaruit de oppervlaktelaag van de weg bestaat, dit in tegenstelling tot de vlakheid, die daardoor niet noemenswaardig beïnvloed wordt. Ruwheid van het wegdek is door het toepassen van een oppervlaktebehandeling te beïnvloeden (zie fig. 1). Het verschil met vlakheid ligt in het feit dat ruwheid alleen de aard van het oppervlak weergeeft terwijl de vlakheid het hele wegdek betreft. Een weg met een grote ruwheid kan heel goed een vlakke weg zijn, en anderzijds kan een onvlakke weg wel een geringe ruwheid hebben.

Ruwheid wordt door de bestuurder van een rijdend voertuig vaak in

de vorm van bandenlawaai ervaren. Ook kan ruwheid van het wegdek lichte trillingen van het voertuig veroorzaken. Het effect van de ruwheid op de snelheid zal kleiner zijn dan het effect van de vlakheid, omdat een ruw oppervlak minder discomfort veroorzaakt, terwijl bandengeluid of lichte trillingen niet zo sterk in het snelheidsgedrag zullen doorwerken.

Onder stroefheid van het wegdek wordt verstaan: de mate waarin het wegdek bijdraagt aan de wrijvingsweerstand tussen wegdek en banden. De stroefheid van het wegdek is onder andere afhankelijk van de weersomstandigheden; voor de vlakheid en ruwheid geldt dat niet. Door middel van een oppervlaktebehandeling zal de stroefheid kunnen worden beïnvloed, doch de weersomstandigheden zullen in alle gevallen zeker een belangrijke rol blijven spelen.

De bestuurder van een rijdend voertuig ervaart de mate van stroefheid van het wegdek met name in de wegligging en remvertraging. Door

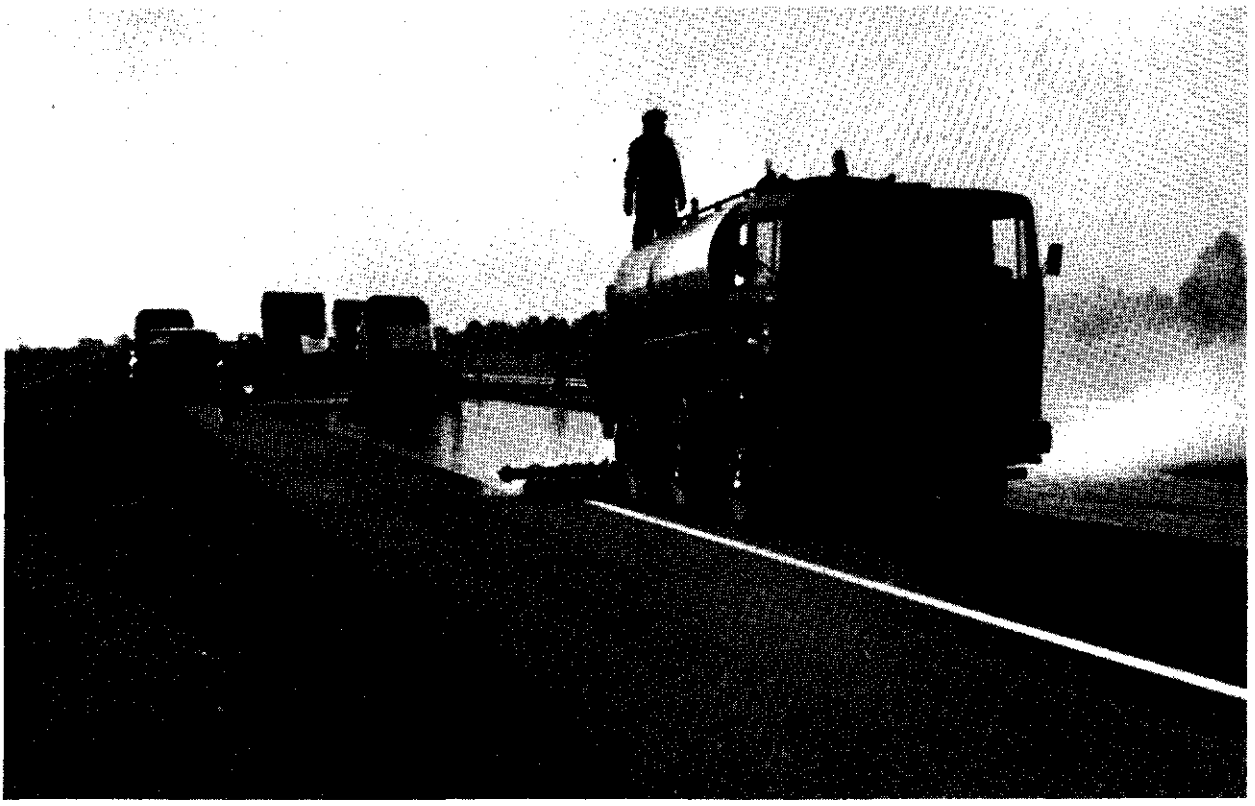


Fig. 1. Een oppervlaktebehandeling; zal de ruwheid wèl doch de vlakheid niet noemenswaardig kunnen beïnvloeden
Bron: SCW, 1980

gebrek aan stroefheid zal slippen eerder optreden. Het effect op de snelheid zal voornamelijk bepaald worden door de weersomstandigheden en de mate waarin de bestuurder sliprisico's neemt.

Hiermee zijn de verschillen in betekenis tussen vlakheid, stroefheid en ruwheid voldoende belicht en kan het onderzoekgebied, de vlakheid, duidelijker afgebakend worden. Vlakheid kan nader worden onderverdeeld in drie categorieën, namelijk de langsvlakheid, de dwarsvlakheid en oneffenheden.

Onder langsvlakheid wordt de mate van verticale vervormingen in het lengteprofiel van de verharding verstaan, dus in de rijrichting. Voor de weggebruiker manifesteert dit zich in de vorm van golvingen of, indien ernstig, hobbels en ribbels. Een veel voorkomend verschijnsel is in dit verband de ribbelvorming bij verkeerslichten (fig. 2).

Dwarsvlakheid is de mate van verticale vervormingen in het dwarsprofiel van de verharding, loodrecht op de rijrichting. Voor de weggebruiker is dit merkbaar onder andere in de vorm van spoorvorming waardoor bij natte weersomstandigheden het gevaarlijke verschijnsel 'aquaplaning' bij motorvoertuigen kan optreden.

Oneffenheden zijn betrekkelijk geringe oppervlakten waarover een verticale afwijking in de verharding zich uitstrekt. Als voorbeelden

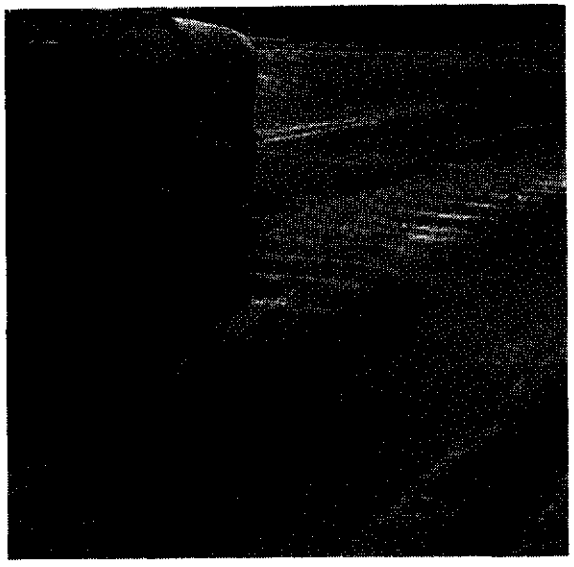


Fig. 2. Ribbelvorming bij verkeerslichten; een vorm van langsonvlakheid
Bron: SCW, 1982

zijn te noemen gaten, verzakkingen in het wegdek en aansluitingen met putdeksels. Ook kunnen gaten in het wegdek door 'koeieplakken' ontstaan.

Hiermee is het begrip vlakheid beschreven zoals het in dit onderzoek wordt gehanteerd. Voor de goede orde moet nog opgemerkt worden dat het begrip vlakheid zoals het hier wordt gebruikt niet altijd overeen hoeft te komen met definities elders in de literatuur.

2.2. Onderzoek

In de literatuur is weinig onderzoek te vinden naar het verband tussen vlakheid en snelheid.

MICHELS en VAN DER HEIJDEN (1973, 1978) konden hun hypothese dat de gemiddelde rijsnelheid afneemt naarmate de verharding minder vlak is, niet bevestigd krijgen. Zij onderzochten op 23 wegvakken in de provincie Gelderland het verband tussen de gemiddelde respectievelijk 85%-snelheid van 125 personenauto's en de schokmeterwaarde over een lengte van 100 m vóór en 100 m na het snelheidsmeetpunt. Hierbij bleek de spreiding van de afwijkingen van het wegdek ten opzichte van een plat vlak zeer gering en bleken alle wegvakken dermate vlak dat hiervan geen invloed op de rijsnelheid mocht worden verwacht.

SLANGEN (1983) zag zijn hypothese 'Op wegen met een ruwe verharding zal men een lagere snelheid kiezen dan op wegen met een vlakke verharding' bevestigd. Zijn onderzoek was echter gebaseerd op de overgang van een vlakke asfaltweg naar een ruwe klinkerweg op 4 wegen in de provincie Noord-Brabant. Hierbij speelt behalve de vlakheid ook de ruwheid van het wegdek een rol. Op klinkers zal een auto meer bandengeluid voortbrengen dan op een asfaltweg; het lijkt niet onredelijk om te veronderstellen dat het sterkere bandengeluid de automobilist ook tot snelheidsvermindering heeft gebracht. Om deze reden lijkt het dan ook niet gerechtvaardigd om de door hem geconstateerde snelheidsvermindering van 14-23% geheel toe te schrijven aan het verminderen van de vlakheid.

In het buitenland is ook onderzoek verricht naar de invloed van vlakheid van de verharding op de snelheid. Men dient zich echter wel af te vragen of al deze onderzoeken met de daaruit getrokken conclusies direct van toepassing zijn op de Nederlandse omstandigheden.

Toch zullen de resultaten een indicatie kunnen geven van het al of niet bestaan van een verband tussen vlakheid en snelheid.

In Engeland werd door COOPER, JORDAN en YOUNG (1980) het effect onderzocht van het aanbrengen van een nieuwe deklaag op de snelheid. De 3 onderzochte wegen waren alle hoofdwegen en qua vormgeving en intensiteit niet te vergelijken met de door ons te onderzoeken plattelandswegen. Zo zal de snelheid op plattelandswegen wellicht een veel grotere spreiding vertonen en zal daardoor het effect van de onvlakheid veel meer variëren, aangezien het comfort mede beïnvloed wordt door de snelheid. Zij kwamen daarbij tot de conclusie dat op wegen, waar het aanbrengen van een nieuwe deklaag een duidelijke verbetering van de vlakheid tot gevolg had, een gemiddelde snelheidsverhoging optrad van 2,6 km/h. Al is deze conclusie niet zonder meer geldig voor plattelandswegen, wel is van belang dat er invloed door de vlakheid, zij het gering, op de snelheid wordt uitgeoefend (zie fig. 3).

Door MOROSIUK en ABAYNAYAKA (1982) werd een onderzoek uitgevoerd op St. Lucia, een eiland in de Caribische Zee. In deze studie werden het hellingspercentage, de bochtigheid, de wegbreedte, de vlakheid en de vermogen/gewichtverhouding van voertuigen en hun invloed op de snelheid onderzocht op 6 wegen. Hieruit bleek dat er een verband bestaat tussen



Fig. 3. Het aanbrengen van een nieuwe deklaag; oorzaak van een snelheidsverhoging?
Bron: Asfalt 11/2

vlakheid en snelheid, waarbij de invloed van de vlakheid op de snelheid in verhouding tot de overige factoren zeer gering is. De omstandigheden, met name de vormgeving en intensiteit van de onderzochte wegen op het Caribische eiland zijn dermate verschillend van onze wegen dat de resultaten en conclusies slechts als een indicatie mogen worden opgevat voor de Nederlandse situatie.

In de Verenigde Staten werd door ZANIEWSKI c.s. (1982) in opdracht van het Department of Transportation een onderzoek gedaan naar kosten en brandstofverbruik van voertuigen en factoren die daarop van invloed zijn. In dat kader werd ook de invloed van vlakheid op de snelheid behandeld. Het ging daarbij over 12 wegen die onder andere verschilden in vlakheid en helling. Zij kwamen daarbij tot de conclusie dat vlakheid invloed heeft op snelheden hoger dan 15 mph (ca. 25 km/h).
Deze conclusie is toegespitst op de Amerikaanse situatie, waar over het algemeen het verkeersbeeld verschillend is van dat in Nederland. De Amerikaanse personenauto's zijn groter en zwaarder, evenals de trucks. De vormgeving en intensiteit van de wegen zijn eveneens anders. Ook hier kan dus de conclusie van het onderzoek slechts als een indicatie van een mogelijk verband tussen vlakheid en snelheid in Nederland gezien worden.

Over het verband tussen vlakheid en brandstofverbruik is in de literatuur wel meer bekend. Zo constateerden onder andere CLAFFEY (1971) en FOLTZ (1980) dat het brandstofverbruik toeneemt naarmate de onvlakheid toeneemt. Omdat de rol van de snelheid in dit verband niet bekend is, vormen deze conclusies slechts een lichte indicatie van een mogelijk verband tussen vlakheid en snelheid.

Al met al bestaan dus weinig gegevens over het verband tussen vlakheid en snelheid in het algemeen. Voor Nederlandse situaties is nog maar beperkt onderzoek verricht naar het verband tussen vlakheid van de verharding enerzijds en de rijsnelheid anderzijds.
In de volgende hoofdstukken wordt een poging beschreven om meer kennis aan te dragen over dit verband.

3. ONDERZOEKSOPZET

3.1. Algemeen

Om tot een goed beeld te komen van de invloed van de vlakheid van de verharding op de rijsnelheid van personenauto's is onderzoek verricht op een aantal wegen. Daarbij is de snelheid van personenauto's gelijktijdig op vlakke en onvlakke weggedeelten gemeten. Daarvoor werden na raadpleging van de provinciale directies van de Landinrichtingsdienst en de Provinciale Waterstaten van de provincie Gelderland, Noord-Brabant, Overijssel, Utrecht en Zuid-Holland, alsmede van Rijks Waterstaat, Directie Zuiderzeewerken de Dienstkringen Oostelijk Flevoland en Noord-Oost Polder een aantal wegen geselecteerd.

Deze wegen bevatten zowel een vlak als een onvlak gedeelte waarbij geldt dat elk weggedeelte een minimale lengte heeft van 200 meter. Deze minimale lengte dient om de automobilisten de gelegenheid te geven hun snelheid aan de veranderde wegomstandigheden aan te passen. Daarbij wordt verondersteld dat bij een overgang van vlakheid een automobilist binnen 100 meter tot een snelheidsaanpassing komt. Tevens moeten de twee weggedeelten in vorm en aanzien zoveel gelijkenis met elkaar vertonen dat op de weg alle factoren die de rijsnelheid van de voertuigen kunnen beïnvloeden, behalve de mate van vlakheid, constant zijn. Het verschil in rijsnelheid zal daardoor enkel aan het verschil in vlakheid toe te schrijven zijn. De mate van vlakheid is in dit verband niet gemeten; er is gezocht naar extreme verschillen in de vlakheid om de vraag te beantwoorden of de vlakheid van de verharding invloed zal uitoefenen op de rijsnelheid van personenauto's.

Door onderscheid te maken in de rijrichting tijdens het onderzoek zal het mogelijk zijn het effect te bepalen van de richting van een overgang in vlakheid. Hiermee kan de reactie van een overgang van een vlak weggedeelte naar een onvlak weggedeelte vergeleken worden met een overgang van een onvlak naar een vlak weggedeelte.

Ten behoeve van een regressie-analyse van de snelheidsverschillen tussen vlakke en onvlakke weggedeelten werd een minimum van 60 à 70 puntenparen gewenst geacht.

Het onderzoek werd opgezet om de invloed van de vlakheid van verharding van plattelandswegen op de rijsnelheid van personenauto's te

bepalen. Tijdens het zoeken naar representatieve meetpunten voor het onderzoek bleken de geringe intensiteiten op plattelandswegen een grote belemmering voor het uitvoeren van het onderzoek. Om tot een aantal van 60 à 70 snelheidsparen te komen zou op vele punten meer dan 1 of zelfs 2 dagen moeten worden gemeten. Daarom werd besloten het onderzoek ook op hogere orde wegen (tertiaire en secundaire wegen) uit te voeren. Op deze wegen liggen de etmaalintensiteiten over het algemeen beduidend hoger dan op plattelandswegen, waardoor het gewenste aantal snelheidsparen in één dag zou kunnen worden behaald.

De invloed van deze beslissing zal vooral tot uitdrukking komen in de hogere snelheden die op deze, veelal brede, wegen worden gemeten. Op zich lijkt dit toelaatbaar, omdat het feitelijke effect van de vlakheid op de rijsnelheid op deze wegen niet anders zal zijn dan op plattelandswegen. Het betrekken van deze typen wegen in het onderzoek zal de kwaliteit van het onderzoek slechts positief kunnen beïnvloeden, omdat mag worden verwacht dat een eventueel effect op de rijsnelheid bij hogere snelheden duidelijker naar voren komt.

Uiteindelijk werden 10 wegen geselecteerd waarop sprake was van duidelijke verschillen in de vlakheid (zie bijlagen 1 t/m 6). Zoals in tabel 1 te zien is, kunnen deze wegen verdeeld worden in 3 typen, namelijk plattelands-, tertiaire- en secundaire wegen.

Bij dit onderzoek zal de rijsnelheid op het vlakke gedeelte als wenssnelheid worden gehanteerd. De wenssnelheid is die snelheid die een automobilist met zijn voertuig zal rijden, indien de vlakheid van de weg zodanig is dat het geen negatieve invloed op de snelheid zal uitoefenen. De wenssnelheid of de rijsnelheid op het vlakke gedeelte wordt dus als de onafhankelijke variabele beschouwd. De rijsnelheid op het onvlakke gedeelte wordt in deze zienswijze als de afhankelijke variabele beschouwd.

Omdat de wenssnelheid aan de overige wegkenmerken is gekoppeld, zal de wenssnelheid op de afzonderlijke wegen zeker verschillen. Maar ook op de onderzochte weggedeelten zelf zullen verschillende wenssnelheden geconstateerd worden. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de wenssnelheid gekoppeld is aan de persoonlijkheid van elke automobilist en aan het type voertuig. De wegkenmerken hebben daardoor op elke automobilist een andere uitwerking wat tot uitdrukking wordt gebracht in een individueel snelheidsgedrag.

Tabel 1. Onderzochte wegen naar ligging, type, verhardingsbreedte en eventuele bijzonderheden

Weg nr	Naam weg	Ligging weg		Nr bijlage	Type weg	Verhardings-breedte (m)	Bijzonderheden
01	Amerongerdijk	Leersum	-Wijk bij Duurstede	1	plattelandsweg	4,00	
02	Bunschoterweg	Nijkerk	-Bunschoten	2	tertiaire weg T8	6,50	vlakke deel bochtig
03	Duivenbosweg	Overloon	-Oploo	3	tertiaire weg T16	5,50	
04	Eemweg	Veenendaal	-Wageningen	6	plattelandsweg	4,00	onvlakke deel ingesloten door bomen en water, vlakke deel niet
05	Hamerweg	Hellendoorn	-Den Ham	5	plattelandsweg	5,50	
06	Hellendoornseweg	Daarle	-Hellendoorn	5	plattelandsweg	5,50	
07	Zuidelijke Meentsteeg	Rhenen	-Ede	6	plattelandsweg	4,50	
08	Middelbuurtseweg	Rhenen	-Veenendaal	6	plattelandsweg	4,00	
09	Ripseweg	Elsendorp	-Venray	4	Secundaire weg S26	7,00	Verkeerslichtinstallatie tussen meetpunten in
10	Weteringsteeg	Veenendaal	-Rhenen	6	plattelandsweg	4,50	onvlakke deel erg kort; weg-aansluiting vrij dicht bij onvlakke meetpunt

Om de individuele snelheid in het onderzoek te betrekken zullen de voertuigen bij elke meting moeten worden geïdentificeerd. Deze individuele benadering, waarbij van elk voertuig afzonderlijk de rijsnelheid op zowel het vlakke als het onvlakke weggedeelte wordt gemeten, biedt de mogelijkheid om de invloed van de vlakheid bij verschillende wenssnelheden te bepalen. Het is namelijk zeer aannemelijk dat bij een lage wenssnelheid de afwijking in snelheid tengevolge van het verminderen van de vlakheid kleiner zal zijn dan bij een hoge wenssnelheid. Indien de individuele benadering niet zou worden toegepast, maar gebruik zou worden gemaakt van een snelheidsverdeling op zowel het vlakke als op het onvlakke weggedeelte, zou de invloed van de wenssnelheid slechts beperkt tot uitdrukking kunnen worden gebracht.

De individuele benadering kan worden gerealiseerd door gebruik te maken van twee, aan elkaar te ijken snelheidsmeters. Op zowel het vlakke als op het onvlakke gedeelte wordt met behulp van een snelheidsmeter de snelheid gemeten. Tevens worden de voertuigen geïdentificeerd door de eerste twee symbolen van het kenteken op te nemen, waarna beide gegevens op het onderzoekformulier worden vermeld (zie bijlage 7). De metingen werden uitgevoerd in het najaar van 1984, waarbij op enkele meetpunten het snelheidsonderzoek zich over twee dagen uitstrekte. Voor de metingen werd gebruik gemaakt van een Mesta 204D en een Gatso Mark 4N radarapparaat.

In verband met de te verwachten geringe snelheidsverschillen waar het bij dit onderzoek om gaat, is bijzondere aandacht besteed aan de meetopstelling en aan de onderlinge ijking van de snelheidsmeters. Dit vooronderzoek wordt in de volgende paragraaf beschreven.

3.2. IJking snelheidsmeters

Om tijdens het snelheidsonderzoek ervan verzekerd te zijn dat de beide radarapparaten zo weinig mogelijk afwijkingen ten opzichte van elkaar vertonen, werd besloten om beide meters aan elkaar te ijken. De meetonnauwkeurigheid van de Mesta is 2 km/h bij snelheden lager dan 100 km/h en 2% bij snelheden hoger dan 100 km/h; de meetonnauwkeurigheid van de Gatso is 1 km/h. De effecten die bij het snelheidsonderzoek op zullen treden zullen naar alle waarschijnlijkheid groter zijn, waardoor de onnauwkeurigheid van de meters aanvaardbaar is. Een onderling gelijke uitslagwaarde van de meters is echter van groot belang bij het vergelij-

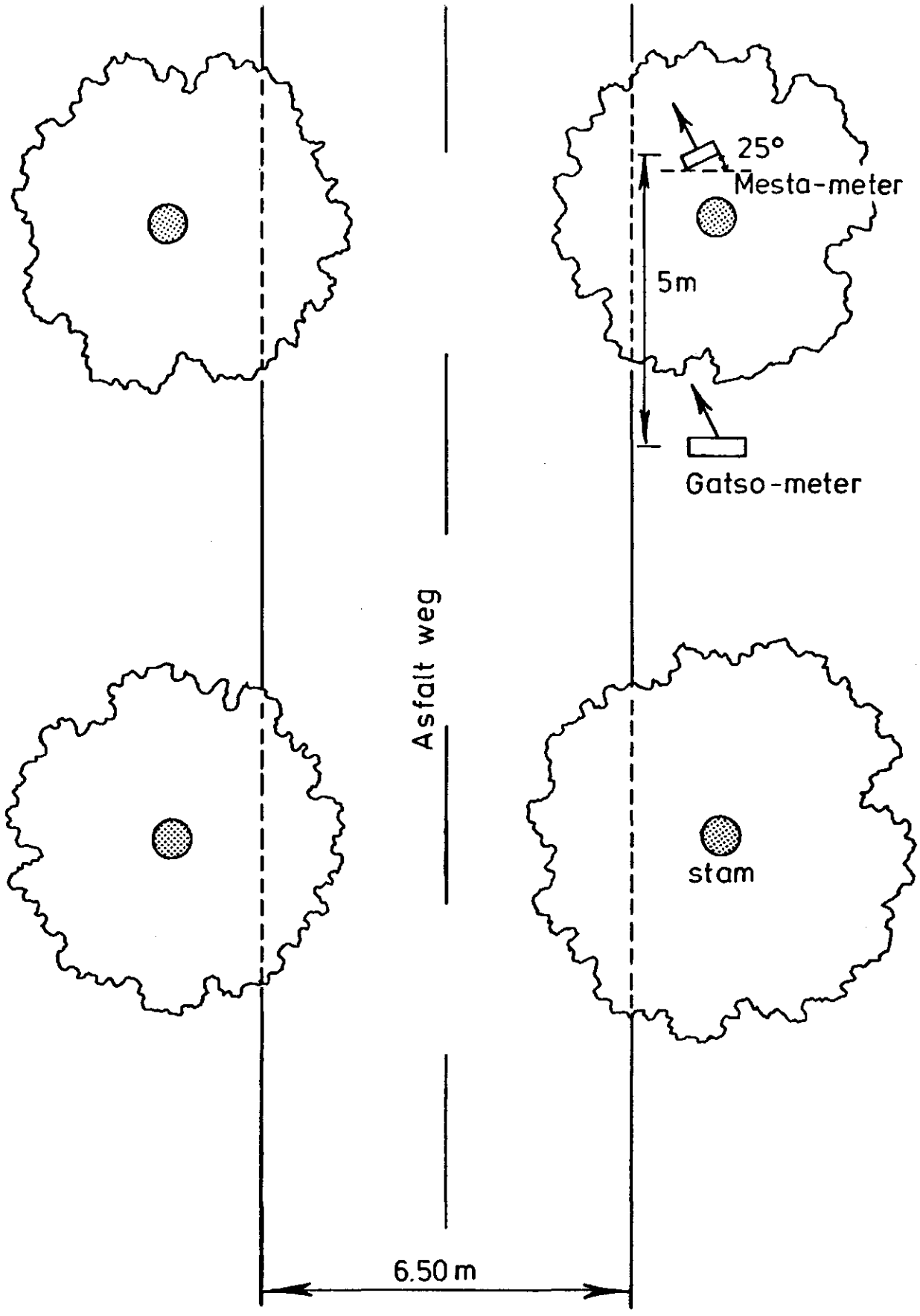


Fig. 4. De proefopstelling bij het ijken van de Mesta met de Gatso snelheidsmeter
Schaal 1:100

ken van de snelheden van het vlakke en onvlakke gedeelte; een ijking van de meters is daarvoor noodzakelijk. Dit gebeurde door middel van een proefopstelling waarbij de twee meters op korte afstand (ca 5 m) van elkaar werden geplaatst. Zoals in fig. 4 te zien is, stonden beide meters eenzelfde kant op gericht. Er werden twee soorten metingen uitgevoerd:

1. waarbij het verkeer op de dichtstbijzijnde rijstrook aan een snelheidscontrole werd onderworpen;
2. waarbij het verkeer op de tegenoverliggende rijstrook op snelheid werd gecontroleerd.

De verwachting was dat de beide metingen ofwel eenzelfde resultaat qua snelheid op de beide meters te zien zouden geven of in beide gevallen één van de meters consequent een lagere of hogere snelheid zou weergeven. Nadat de twee snelheden tegen elkaar waren uitgezet en er lineaire regressie op werd toegepast bleken in geval 1, met een betrouwbaarheid van 95%, de richtingscoëfficiënt en de constante van de regressielijn respectievelijk niet van 1 en 0 af te wijken. In geval 2 bleek de constante met een waarde van 3,039 wèl significant af te wijken van 0, evenals de richtingscoëfficiënt die met een waarde van 0,9435 significant afwijkt van 1 (zie tabel 2). Deze twee resultaten lijken op het eerste gezicht met elkaar in tegenspraak te zijn, want volgens geval 1 zijn de meters aan elkaar gelijk, terwijl volgens geval 2 de meters duidelijk van elkaar verschillen qua weergegeven snelheid.

Bekijkt men de proefopstelling met de daarbij behorende resultaten daarentegen wat nauwkeuriger dan blijkt dat de schijnbaar onlogische resultaten toch verklaard kunnen worden. Doordat de beide meters achter elkaar tussen de bomen opgesteld stonden, konden ze door het dichtstbijzijnde verkeer slechts op het laatste moment worden opgemerkt. De rij bomen werkte als een soort schild langs de weg. Kwam het verkeer

Tabel 2. Resultaten van het vergelijken van de Mesta met de Gatso snelheidsmeter in een ijkopstelling

Geval	Aantal waarnemingen	$\bar{v}$		s_v		Correlatie	Constante	$s_{constante}$	t-waarde constante	Richtingscoëfficiënt	$s_{richtingscoëfficiënt}$	t-waarde r.c.
		Mesta	Gatso	Mesta	Gatso							
1. dichtstbijzijnde rijstrook	38	81,45	81,87	13,07	13,36	0,9938	-0,83	1,56	-0,53	1,0153	0,0190	0,805
2. verafgelegen rijstrook	37	79,65	78,19	11,02	10,43	0,9970	3,039	0,991	3,07	0,9435	0,0123	4,593

daarentegen over de verafgelegen rijbaan, dan had het eerder zicht op de meters. De meters kunnen door het verkeer al in een vrij vroeg stadium bemerkt en herkend worden en brengen zo een reactie teweeg.

Die reactie bestaat daaruit, dat de bestuurder het gas 'los laat' of remt. Maar voordat door het voertuig daadwerkelijk snelheid wordt verminderd is er enige tijd verstreken. Deze verliestijd wordt veroorzaakt door de reactietijd van de bestuurder en de mechanische overbrengingstijd van het voertuig. In geval 1 is deze verliestijd blijkbaar lang genoeg geweest om de afstand tussen de twee meters met dezelfde snelheid te overbruggen; beide meters zijn met dezelfde snelheid door de voertuigen voorbij gereden. In geval 2 zorgde het betere zicht op de meters voor een eerdere signalering van de meters met als gevolg dat de verliestijd van mens en voertuig verstreken was voordat het voertuig het detectiepunt van de 2e meter (de Gatso-meter) bereikte. Het voertuig zal vanaf dat tijdstip daadwerkelijk snelheid minderen, hetgeen tot gevolg heeft dat bij het passeren van het detectiepunt van de 2e meter een lagere waarde wordt aangegeven dan bij het passeren van het detectiepunt van de 1e meter (de Mesta-meter).

Naar aanleiding van de resultaten van geval 1 zou men dus aan mogen nemen dat de beide meters dezelfde waarden aangeven. Het verschil in waarden bij geval 2 zou uit het betere zicht op de meters en de reactie van de bestuurders verklaard kunnen worden.

Blijft de vraag in hoeverre de reactie op de meters in de praktijk zal doorwerken. Bij het ijkingsonderzoek stonden de meters dicht bij elkaar (onderlinge afstand ca. 5 m), bij het in de praktijk uitgevoerde onderzoek was de afstand tussen de meters echter minimaal 200 m. Indien de meters op een dergelijke afstand van elkaar verwijderd staan, lijkt de veronderstelling gerechtvaardigd dat automobilisten de snelheidsvermindering na het passeren van de eerste snelheidsmeter binnen 100 m teniet hebben gedaan. Daarna zullen ze hun snelheid na de overgang van vlakheid binnen 100 m aan de toestand van het wegdek hebben aangepast waarna ze door de tweede snelheidsmeter worden gedetecteerd. Deze tweede meter zal naar alle waarschijnlijkheid door de automobilisten als totaal onverwacht worden ervaren, waardoor het effect zoals dat zich bij het ijkingsonderzoek voordeed hier geen rol zal spelen.

De conclusie lijkt dan ook gerechtvaardigd dat de gemeten snelheden als de werkelijk gereden snelheden mogen worden beschouwd of, zo er van enige invloed van de meting op het snelheidsgedrag sprake zou zijn, dat beide meters eenzelfde invloed hebben gehad op het snelheidsgedrag van de automobilisten. De gemeten waarden kunnen dus ongecorrigeerd bij de verwerking en analyse van de gegevens gebruikt worden.

4. VERWERKING EN ANALYSE VAN DE GEGEVENS

Bij de metingen werd gestreefd naar minimaal 60 à 70 snelheidsparen per rijrichting. Deze snelheidsparen werden met behulp van de computer statistisch verwerkt. De computertaal GENSTAT bleek voor deze verwerking uitermate geschikt. GENSTAT, gebaseerd op FORTRAN, is een computertaal die speciaal voor statistische bewerkingen is ontworpen. Het is door zijn beknoptheid gemakkelijk toe te passen en biedt vele mogelijkheden op statistisch gebied.

Met behulp van een algemeen programma in GENSTAT werden na invoering van de data lineaire regressielijnen per weg en rijrichting berekend. Het programma waarin dat gebeurde kreeg steeds een naam mee die afgeleid was van de naam van de onderzochte weg (zie bijlage 8). Omdat er eveneens onderscheid werd gemaakt naar de rijrichting, was de laatste letter van de computernaam een aanduiding van de rijrichting:

- kwam het voertuig het eerst over het vlakke weggedeelte, dan kreeg de computernaam als laatste letter een 'v';
- kwam het voertuig het eerst over het onvlakke weggedeelte, dan kreeg de computernaam als laatste letter een 'o'.

Er werden in totaal op 10 wegen metingen uitgevoerd in het najaar van 1984, waarbij op enkele meetpunten twee dagen werd gemeten (zie tabel 3). Er werden zo 20 situaties gecreëerd: 10 situaties waarin de overgang van vlak naar onvlak centraal staat en 10 situaties waar de overgang van onvlak naar vlak bestudeerd werd. Deze 2 groepen van 10 afzonderlijke situaties zijn voor een eerste bewerking van de gegevens, samengevoegd tot 2 totaalbeelden van respectievelijk de overgang van een vlak naar een onvlak en van een onvlak naar een vlak weggedeelte. Deze handelwijze is geoorloofd omdat voor alle situaties als randvoorwaarde geldt dat het geconstateerde snelheidsverschil enkel het gevolg dient

Tabel 3. De onderzochte wegen met meetdata, computernaam en rijrichting

Naam van de weg	Meetdata '84	Computernaam	rijrichting
Amerongerdijk	19-10	amero	onvlak → vlak
		amerv	vlak → onvlak
Bunschoterweg	02-11	bunschoto	onvlak → vlak
		bunschotv	vlak → onvlak
Duivenbosweg	30-11	duiveno	onvlak → vlak
		duivenv	vlak → onvlak
Eemweg	01-11	eemo	onvlak → vlak
		eemv	vlak → onvlak
Hamerweg	27-11	hamero	onvlak → vlak
		hamerv	vlak → onvlak
Hellendoornseweg	15-11	helleno	onvlak → vlak
		hellenv	vlak → onvlak
Zuidelijke Meentsteeg	18-10	meento	onvlak → vlak
		meentv	vlak → onvlak
Middelbuurtseweg	17-10 en 24-10	middelo	onvlak → vlak
		middelv	vlak → onvlak
Ripseweg	29-11	ripseo	onvlak → vlak
		ripsev	vlak → onvlak
Weteringsteeg	16-10 en 03-12	wetero	onvlak → vlak
		weterv	vlak → onvlak
totaalbeeld	bovenstaande	totalonvl	onvlak → vlak
		totalvlak	vlak → onvlak

te zijn van een verschil in vlakheid van de verharding, zodat mag worden aangenomen dat voor elke individueel gemeten auto de overige wegomstandigheden geen invloed hebben op het snelheidsverschil, maar alleen op de snelheid zelf.

De algemene statistische gegevens die het programma telkens uit de ingevoerde data resumeerde zijn weergegeven in de tabellen 4 en 5.

Beschouwen we de gemiddelde snelheid bij de overgang van vlak naar onvlak weggedeelte dan zien we dat deze in het totaalbeeld evenals in 9 van de 10 afzonderlijke situaties op het vlakke weggedeelte hoger is dan op het onvlakke weggedeelte. Zien we echter de overgang van onvlak naar vlak weggedeelte dan valt op dat de gemiddelde snelheid op het onvlakke deel van de weg in het totaalbeeld en in 7 van de 10 afzonderlijke situaties hoger is dan op het vlakke deel van de weg. Uit deze

Tabel 4. Statistische gegevens van de situaties bij de overgang van vlak naar onvlak weggedeelte

Computernaam	Aantal waarnemingen	Gemiddelde snelheid in km/h		Minimum snelheid in km/h		Maximum snelheid in km/h		Standaardafwijking in km/h		Correlatie tussen V_{vlak} en V_{onvlak}
		vlak	onvlak	vlak	onvlak	vlak	onvlak	vlak	onvlak	
totalvlak	719	74,89	71,54	38	34	124	120	13,49	14,24	0,7389
amerv	67	71,85	62,84	45	36	99	102	12,81	13,08	0,6666
bunschotv	107	77,86	77,21	56	52	108	111	11,93	12,28	0,6416
duivenv	103	82,32	77,53	50	54	124	120	13,06	12,06	0,7563
eemv	51	65,69	58,06	40	36	90	90	9,96	12,63	0,5016
hamerv	74	71,99	67,00	49	50	97	99	11,51	10,78	0,6714
hellenv	82	75,72	74,22	53	52	114	109	11,52	12,36	0,5974
meentv	94	73,47	73,07	48	43	103	104	10,96	11,63	0,7517
middelv	57	68,19	62,39	38	34	101	93	14,17	12,27	0,7884
ripsev	63	83,13	83,71	56	57	115	113	14,68	12,96	0,7388
weterv	21	62,19	60,62	46	41	96	89	13,18	11,86	0,9024

Tabel 5. Statistische gegevens van de situaties bij de overgang van onvlak naar vlak weggedeelte

Computernaam	Aantal waarnemingen	Gemiddelde snelheid in km/h		Minimum snelheid in km/h		Maximum snelheid in km/h		Standaardafwijking in km/h		Correlatie tussen V_{vlak} en V_{onvlak}
		vlak	onvlak	vlak	onvlak	vlak	onvlak	vlak	onvlak	
totalonvl	789	72,84	73,92	40	31	128	127	12,89	14,56	0,6379
amero	85	68,69	74,15	47	41	99	105	11,55	14,00	0,5303
bunschoto	119	75,17	79,75	49	47	108	127	13,01	14,05	0,6354
duiveno	109	75,09	79,64	52	46	121	124	12,82	14,08	0,7421
eemo	52	72,48	60,94	49	31	112	96	13,15	14,25	0,7335
hamero	71	76,41	71,72	47	43	110	98	13,34	11,90	0,4214
helleno	96	71,95	73,56	47	46	113	112	10,41	12,14	0,7304
meento	78	68,73	69,65	51	48	99	92	10,55	9,58	0,6943
middelo	69	66,88	67,29	40	36	87	92	9,75	11,61	0,6739
ripseo	86	80,59	82,85	55	60	128	126	14,38	14,16	0,5130
wetero	24	62,08	55,13	46	41	83	75	10,44	9,04	0,6952

gemiddelde snelheden is globaal de invloed van de vlakheid op de rijsnelheid af te leiden; voor een duidelijker beeld van die invloed zal de individuele benadering worden toegepast.

Door de individuele benadering is het mogelijk de snelheden van eenzelfde voertuig op zowel het vlakke als op het onvlakke gedeelte tegen elkaar uit te zetten. Zetten we de snelheidsgegevens van alle voertuigen op een weg per richting in een grafiek, dan ontstaat daardoor een puntenzwerm. Met behulp van regressie-analyse zal door deze puntenzwerm een regressielijn kunnen worden gevonden. Omdat het effect van de onvlakheid naar verwachting evenredig zal toenemen met de hoogte

van de wenssnelheid is een lineair verloop van de regressielijn te verwachten. Tevens is het aannemelijk dat, indien de snelheid op het vlakke deel tot nul nadert, vrijwel eenzelfde snelheid kan worden verwacht op het onvlakke deel. De regressielijn zal om deze reden dan ook door de oorsprong dienen te gaan. Doordat de gemeten snelheidswaarden op het vlakke deel voor het grootste deel tussen de 50 en 100 km/h liggen en zo slechts een klein deel van het totale snelheidsgebied bestrijken, bestaat de mogelijkheid dat de regressielijn met de vergelijking $y = ax + b$ niet door de oorsprong zal gaan ($b \neq 0$). Besloten is daarom een lineaire regressie toe te passen, waarbij de regressielijn door de oorsprong wordt gedwongen. De regressielijn krijgt dan de vergelijking $y = ax$, waarin:

$y = V_{onvlak}$; de snelheid op het onvlakke deel;
$x = V_{vlak}$; de snelheid op het vlakke deel;
a = de richtingscoëfficiënt van de regressielijn.

Deze regressie is uitgevoerd op de ingevoerde data per afzonderlijke situatie en op de totale ingevoerde data voor het totaalbeeld per rijrichting. In de tabellen 6 en 7 zijn de regressiegegevens voor de totaalbeelden en de afzonderlijke situaties weergegeven.

Tabel 6. De regressiegegevens van de situaties bij de overgang van vlak naar onvlak weggedeelte bij toepassing van lineaire regressie door de oorsprong

Computernaam	Richtingscoëfficiënt a	Standaardafwijking van r.c. a	t-waarde t.o.v. 1	% verbeterde variantie
totalvlak	0,94971	0,00484	-10,39	51,9
amerv	0,8686	0,0168	- 7,82	40,9
bunschotv	0,9841	0,0125	- 1,27	31,0
duivenv	0,9359	0,0100	- 6,41	50,4
eemv	0,8784	0,0236	- 5,15	21,4
hamerv	0,9233	0,0139	- 5,52	35,0
hellenv	0,9726	0,0153	- 1,79	25,9
meentv	0,9904	0,0111	- 0,86	53,1
middelv	0,9054	0,0156	- 6,06	55,3
ripsev	0,9985	0,0151	- 0,10	38,9
weterv	0,9681	0,0190	- 1,68	78,3

Tabel 7. De regressiegegevens van de situaties bij de overgang van onvlak naar vlak weggedeelte bij toepassing van lineaire regressie door de oorsprong

Computernaam	Richtings-coëfficiënt a	Standaard-afwijking van r.c. a	t-waarde t.o.v. 1	% verbeterde variantie
totalonvlak	1,00593	0,00569	1,04	34,1
amero	1,0676	0,0200	3,38	15,5
bunschoto	1,0501	0,0143	3,50	28,7
duiveno	1,0537	0,0125	4,30	50,2
eemo	0,8394	0,0183	-8,78	53,6
hamero	0,9222	0,0200	-3,89	- 0,9
helleno	1,0190	0,0119	1,60	51,3
meento	1,0047	0,0130	0,36	30,7
middelo	1,0019	0,0157	0,12	42,5
ripseo	1,0120	0,0187	0,64	-20,8
wetero	0,8804	0,0232	-5,16	37,7

Bij nadere analyse van de regressiegegevens is het mogelijk de afwijking van de richtingscoëfficiënt van de regressielijn ten opzichte van de waarde 1 te toetsen. De waarde 1 voor de richtingscoëfficiënt impliceert namelijk dat er geen effect van de vlakheid op de snelheid is opgetreden. Aangezien snelheidsverdelingen als normaal verdeeld mogen worden beschouwd waarbij de populatie-standaardafwijking niet bekend is, werd de t-toets (toets van Student) toegepast. De nulhypothese luidt in dit geval: 'de richtingscoëfficiënt heeft een waarde die gelijk is aan 1'. Er wordt tweezijdig getoetst met een betrouwbaarheid van 95%. De kritieke waarde voor t zal in deze gevallen rond $\pm$ 2,00 liggen. De t-waarde is berekend via de formule:

$$t = \frac{\text{richtingscoëfficiënt - toetswaarde richtingscoëfficiënt (= 1)}}{\text{standaardafwijking r.c.}/\sqrt{\text{aantal richtingscoëfficienten (= 1)}}}$$

Het kritieke gebied voor t wordt: $t \leq -2{,}00$ en $t \geq 2{,}00$. Valt de t-waarde in het kritieke gebied, dan wordt de nulhypothese met een betrouwbaarheid van 95% verworpen; valt de t-waarde buiten het kritieke

gebied dat wil zeggen ligt t tussen -2,00 en 2,00 dan wordt de nulhypothese aanvaard met een betrouwbaarheid van 95%. Dit laatste houdt in dat er geen effect van de vlakheid op de snelheid kan worden aangetoond.

Bij de overgang van vlak naar onvlak (tabel 6) blijkt dat in het totaalbeeld de richtingscoëfficiënt significant verschilt van 1. Blijkbaar is hier sprake van een negatief effect van de onvlakheid op de snelheid. Bekijken we het totaalbeeld bij de overgang van onvlak naar vlak (tabel 7) dan blijkt dat de richtingscoëfficiënt in dat geval niet significant afwijkt van 1. Blijkbaar heeft de verbetering van de vlakheid niet een snelheidsverhoging tot gevolg gehad.
Voor een nauwkeuriger analyse van de invloed van de vlakheid op de rijsnelheid zullen de afzonderlijke situaties model staan.

Bij de overgang van vlak naar onvlak (tabel 6) blijken 5 van de 10 situaties een richtingscoëfficiënt te bezitten die significant afwijkt van 1; namelijk de Amerongerdijk, Duivenbosweg, Eemweg, Hamerweg en de Middelbuurtseweg. Voor alle situaties geldt echter dat ze een richtingscoëfficiënt hebben die, hoewel niet altijd significant, onder de waarde 1 ligt. Dit is te beschouwen als een indicatie van een mogelijk effect van vlakheid op de rijsnelheid. Het % verbeterde variantie geeft weer in hoeverre de variantie verminderd is tengevolge van de regressie en wel volgens de formule

$$\%\ \text{verbeterde var.} = \frac{\text{var. t.o.v. gem.} - \text{var. t.o.v. regr.}}{\text{variantie t.o.v. gemiddelde}} * 100\%$$

Een hoog percentage houdt in dat bij de regressie de variantie ten opzichte van de regressielijn in vergelijking tot de variantie ten opzichte van het gemiddelde vrij klein is, hetgeen weer betekent dat de regressielijn goed bij de puntenzwerm aansluit. Bij de overgang van vlak naar onvlak blijkt de variantie door de regressie vrij sterk af te nemen; dit ondersteunt de keuze van het lineaire model, waardoor de conclusie met betrekking tot de invloed van de vlakheid op de rijsnelheid meer betekenis krijgt. De bijzonderheden per weg zoals die in tabel 1 staan weergegeven, blijken bij de overgang van vlak naar onvlak geen ingrijpende gevolgen te hebben gehad. Mogelijkerwijs heeft de bochtigheid op het vlakke deel van de Bunschoterweg (fig. 5 en 6) ervoor gezorgd dat de invloed van de vlakheid niet volledig tot zijn recht is gekomen. Evenzo kunnen de verkeerslichten op de Ripseweg de snelheden

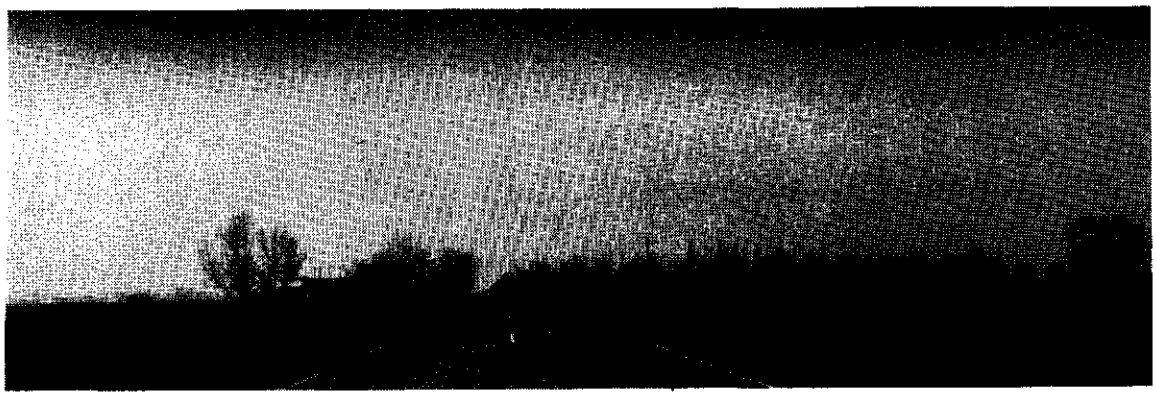


Fig. 5. Het vlakke deel van de Bunschoterweg, zoals die door een automobilist rijdend van het vlakke naar het onvlakke deel zal worden waargenomen

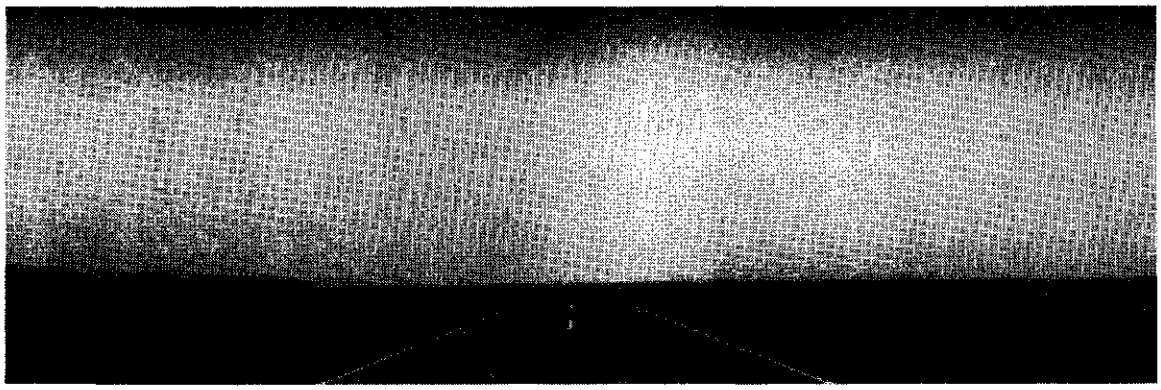


Fig. 6. Het onvlakke deel van de Bunschoterweg, zoals die door een automobilist rijdend van het vlakke naar het onvlakke deel zal worden waargenomen

bij de meetpunten beïnvloed hebben als een soort gelijkrichter, waardoor de snelheden op het onvlakke deel niet significant verschillen van die op het vlakke deel.

Gezien de resultaten van het onderzoek lijkt het geoorloofd de conclusie te trekken dat er bij een overgang van een vlak naar een onvlak weggedeelte sprake zal zijn van een negatief effect van de onvlakheid op de rijsnelheid. Omdat de mate van vlakheid in dit onderzoek niet betrokken is kan hierover geen uitspraak met betrekking tot de invloed op de

rijsnelheid worden gedaan. Het effect van de onvlakheid op de snelheid zal dus kunnen variëren van 0 tot 13% met een gemiddelde van 5%, bij een overgang van vlak naar onvlak, afhankelijk van de mate van onvlakheid.

In de 10 situaties waarin sprake is van een overgang van onvlak naar vlak (zie tabel 7), komen op het eerste gezicht nogal vreemde richtingscoëfficiënten voor. In 4 situaties, namelijk op de Hellendoornseweg, Zuidelijke Meentsteeg, Middelbuurtseweg en de Ripseweg, wijkt de richtingscoëfficiënt niet significant van 1 af. Van de 6 overige situaties zijn er 2 groepen van elk 3 situaties te onderscheiden die respectievelijk een richtingscoëfficiënt hebben, die significant hoger of lager is dan 1. De 3 situaties waarin de richtingscoëfficiënt hoger is dan 1 zijn de Amerongerdijk, Bunschoterweg en de Duivenbosweg. In deze situaties betekent een richtingscoëfficiënt hoger dan 1, dat op het vlakke deel langzamer wordt gereden dan op het onvlakke deel. Opvallend hierbij is het feit dat in de 4 situaties waarin de richtingscoëfficiënt niet significant van 1 afwijkt, deze in alle 4 de gevallen de neiging vertonen om een waarde hoger dan 1 aan te nemen. Blijkbaar bestaat de neiging bij de automobilisten om bij een overgang van onvlak naar vlak hun snelheid meer te bepalen door een verandering van het comfort, dan door het afnemen van het discomfort. Het is denkbaar dat een automobilist bij een verandering van het comfort als eerste reactie zijn snelheid enigszins zal minderen, als het ware om even bij te komen van het discomfort, waarna hij het op het gewenste niveau zal brengen. Het effect van de comfortverandering zal dus in deze 7 situaties meer invloed kunnen hebben gehad dan het effect van de comfortverbetering. Dit lijkt in tegenspraak met de 3 situaties waarin de richtingscoëfficiënt lager is dan 1; daarvan vallen met name de Eemweg en de Weteringsteeg op. Waarschijnlijk is in deze situaties het effect van de vlakheid versterkt door de overige wegkenmerken; bij de Eemweg door de begrenzing van het onvlakke deel door bomen en een sloot, die op het vlakke deel het wegbeeld niet in zulke mate beïnvloeden (fig. 7 en 8); bij de Weteringsteeg door de vrij korte afstand tussen het meetpunt op het onvlakke deel en de wegaansluiting. Het is mogelijk dat de voertuigen niet in alle gevallen op de Weteringsteeg in de gelegenheid zijn geweest hun snelheid op het gewenste niveau te brengen voor ze werden gedetecteerd op het onvlakke deel. In beide situatie zal dus de invloed van de onvlakheid op de rijsnelheid waarschijnlijk vertekend



Fig. 7. Het onvlakke deel van de Eemweg, zoals die door een automobilist rijdend van het onvlakke naar het vlakke deel zal worden waargenomen

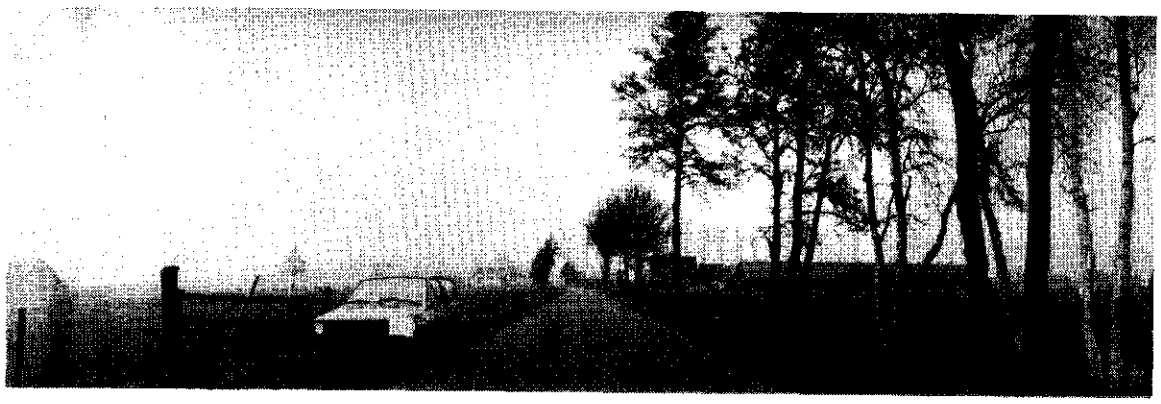


Fig. 8. Het vlakke deel van de Eemweg, zoals die door een automobilist rijdend van het onvlakke naar het vlakke deel zal worden waargenomen

zijn door de beïnvloeding door andere wegkenmerken als vrijebaanbreedte en wegaansluitingen.

Het percentage verbeterde variantie geeft bij de overgang van onvlak naar vlak 2 uitzonderingen te zien, namelijk de situaties op de Hamerweg en de Ripseweg. In deze situaties is de variantie door de regressie groter geworden; dit houdt in dat de regressielijn niet zo goed bij de puntenzwerm aansluit, dit valt ook al op te maken uit de geringe correlatie die tussen de punten onderling bestaat. De puntenzwerm is in deze gevallen slecht door een lineair model te beschrijven; aan de richtingscoëfficiënt moet om deze reden niet zoveel waarde worden

gehecht. Voor de overige 8 situaties geldt dat de variantie door de regressie wel wordt verbeterd, waardoor in het algemeen de keuze van het lineaire model niet in twijfel hoeft te worden getrokken.

Hoewel bij de overgang van een onvlak naar een vlak weggedeelte niet een eenduidig resultaat naar voren is gekomen, lijkt het geoorloofd de conclusie te trekken dat in zo een situatie geen duidelijk effect van de vlakheid op de rijsnelheid optreedt. Daar dit alleen is onderzocht over een beperkt weggedeelte (200 m) aan weerszijden van het overgangspunt, moet een beperking aan de conclusie opgelegd worden. Het is namelijk mogelijk dat de automobilisten op het vlakke deel een grotere lengte dan de 100 meter, die in het onderzoek werd gehanteerd, nodig hebben om een comfortverbetering met een snelheidsverandering te beantwoorden. Voor een prognose van de rijsnelheid op een van een nieuwe deklaag voorziene en daardoor vlakkere weg kan deze conclusie niet gebruikt worden. Daarentegen werd bij de overgang van een vlak naar een onvlak weggedeelte wel verschil in rijsnelheid geconstateerd. Het is waarschijnlijk, dat door het aanbrengen van een nieuwe deklaag, een snelheidsverschil zal optreden dat gelijk is maar tegengesteld aan het verschil bij de overgang van een vlak naar een onvlak weggedeelte. Om dit te verifiëren zal aanvullend onderzoek gewenst zijn waar, bij de overgang van een onvlak naar een vlak weggedeelte, gebruik wordt gemaakt van langere vlakke weggedeelten (b.v. 1000 m).

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Bij de overgang van een vlak naar een onvlak weggedeelte wordt er op het onvlakke deel significant langzamer gereden dan op het vlakke deel. Het afnemen van het comfort heeft vrijwel onmiddellijk een vermindering van de rijsnelheid tot gevolg. Dit negatief effect op de rijsnelheid zal, afhankelijk van de mate van onvlakheid, variëren van 0 tot 13%, waarbij een gemiddelde van 5% kan worden gehanteerd.

Bij de overgang van een onvlak naar een vlak weggedeelte is er geen duidelijk effect op de rijsnelheid vastgesteld. Op het vlakke deel werd geen significant hogere snelheid gemeten dan op het onvlakke deel; wellicht is er bij de automobilisten sprake van een 'relax-reactie' waardoor de lengte van het vlakke deel te kort is geweest om tot de

gewenste snelheidsaanpassing te komen. Aanvullend onderzoek, waarbij langere vlakke delen worden onderzocht, is hiervoor gewenst.

Het aanbrengen van een nieuwe deklaag op een weg waardoor deze vlakker wordt, zal waarschijnlijk een effect teweeg brengen dat in dezelfde orde van grootte ligt als bij de overgang van een vlak naar een onvlak gedeelte. Na een korte gewenningsperiode kan een snelheidsverhoging van gemiddeld 5% optreden. Voor verificatie zal aanvullend onderzoek noodzakelijk zijn, waarbij het onderzoek naar de overgang van een onvlak naar een vlak weggedeelte centraal dient te staan.

In het onderzoek is de mate van vlakheid niet onderzocht. Nu er is aangetoond dat de onvlakheid van een verharding van invloed is op de rijsnelheid, zal nader onderzoek naar de invloed van de mate van vlakheid op de rijsnelheid gewenst zijn. Het effect van het verbeteren van plattelandswegen op met name de snelheid zal daardoor beter te bepalen zijn. Omdat de snelheid een sleutelfunctie bezit voor de verkeersveiligheid en bij het bepalen van de voertuigkosten, zoals deze bij de HELP-procedure (Herziening Evaluatie Landinrichtingsplannen) worden gehanteerd, is een beter inzicht in deze materie aan te bevelen.

LITERATUUR

CLAFFEY, P.J., 1971. Running costs of motor vehicles as affected by road design and traffic.
NCHRP-report 111, Highway Research Board, Washington DC.

COOPER, D.R.C., P.G. JORDAN and J.C. YOUNG, 1980. The effect on traffic speeds of resurfacing a road.
TRRL-report SR 571, Crowthorne.

FOLTZ, H.L., 1980. User costs vs. road roughness in pavement management.
Pavement design branch, FHWA, Washington DC.

HEIJDEN, Th.G.C. VAN DER, 1978. De invloed van weg- en verkeerskenmerken op rijsnelheden van personenauto's. Nota ICW 1106, Wageningen.

LAMBREGTS, A., 1985. Scriptieonderzoek LH. Nota ICW in voorbereiding.

MICHELS, Th. en Th.G.C. VAN DER HEIJDEN, 1973. Snelheidsgedrag van automobilisten op wegen buiten de bebouwde kom.
Nota ICW 786, Wageningen.

——— en Th.G.C. VAN DER HEIJDEN, 1978. De invloed van enkele weg-kenmerken op de rijsnelheid op niet-autowegen. Verkeerskunde 29/6.

MOROSIUK, G. en S.W. ABAYNAYAKA, 1982. Vehicle operating costs in the Carribbean: an experimental study of vehicle performance.
TRRL-report SR 1056, Crowthorne.

SLANGEN, B., 1983. Verandering van de weg (omgeving) kan leiden tot snelheidsverlaging. Afstudeerverslag Verkeersacademie Tilburg.

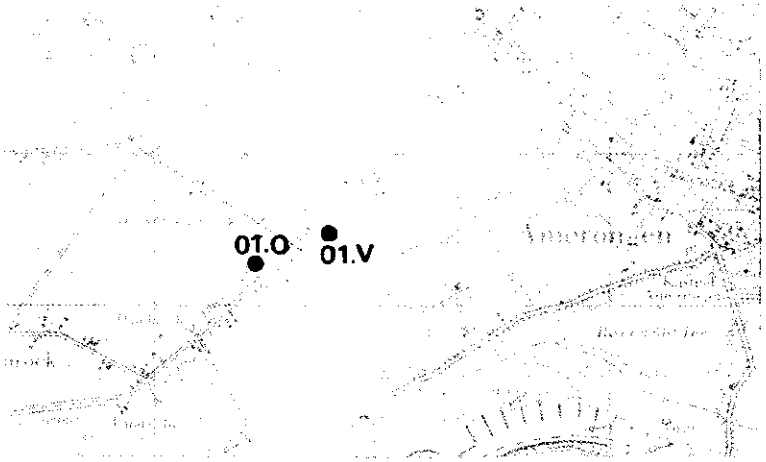
STICHTING STUDIE CENTRUM WEGENBOUW, 1980. Oppervlaktebehandeling
Werkgroep B6 'Oppervlaktebehandeling'. SCW-mededeling 50, Arnhem.

——— , 1982. Handleiding en schadecatalogus voor de visuele inspectie van wegen. Werkgroep R1 'Rationeel Wegbeheer' Arnhem.

ZANIEWSKI, J.P. c.s., 1982. Vehicle operating costs, fuel consumption, and pavement type and condition factors.
US Department of Transportation. FHWA, Washington DC.

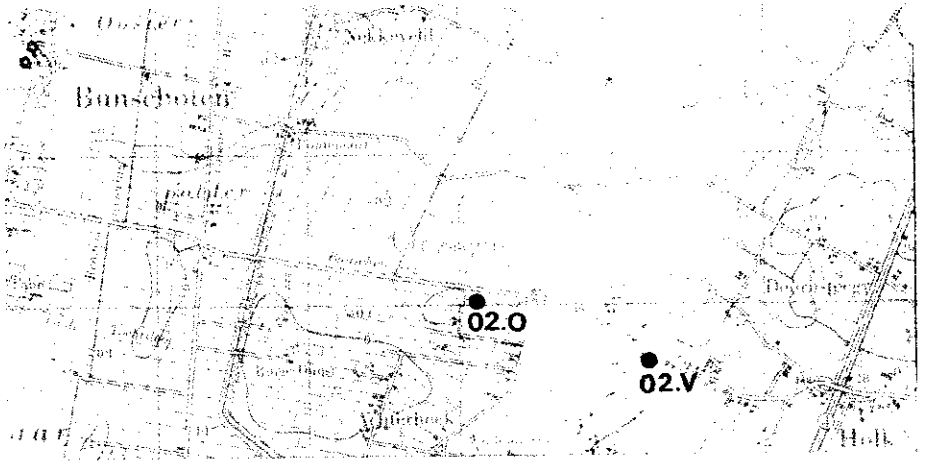
BIJLAGE 1. SITUERING MEETPUNTEN AMERONGERDIJK

SCHAAL 1:50 000



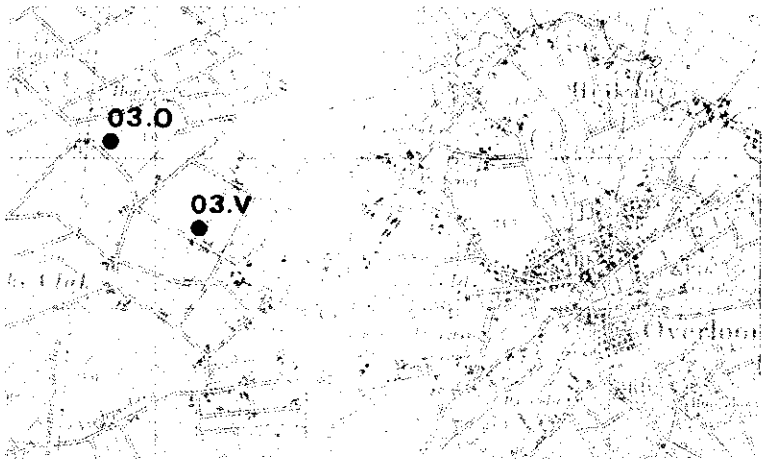
BIJLAGE 2. SITUERING MEETPUNTEN BUNSCHOTERWEG

SCHAAL 1:50 000



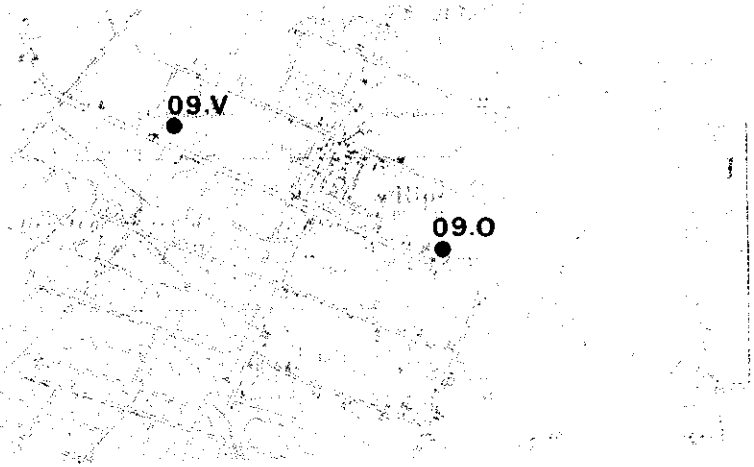
BIJLAGE 3. SITUERING MEETPUNTEN DUIVENBOSWEG

SCHAAL 1:50 000

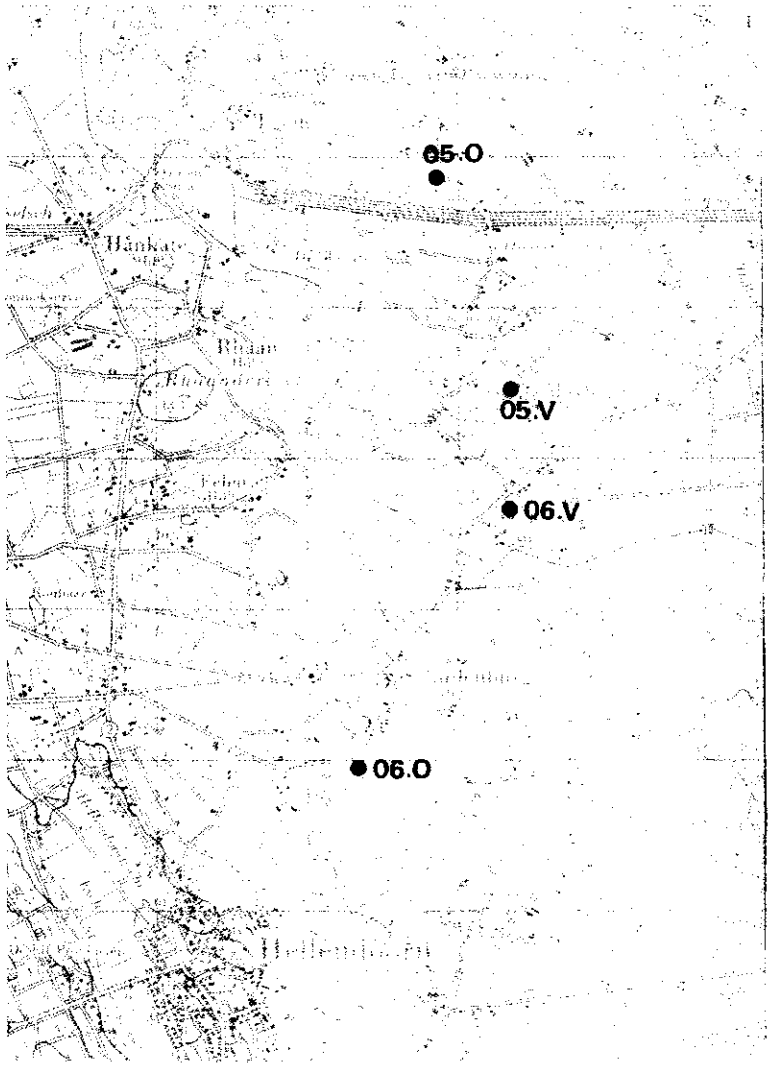


BIJLAGE 4. SITUERING MEETPUNTEN RIPSEWEG

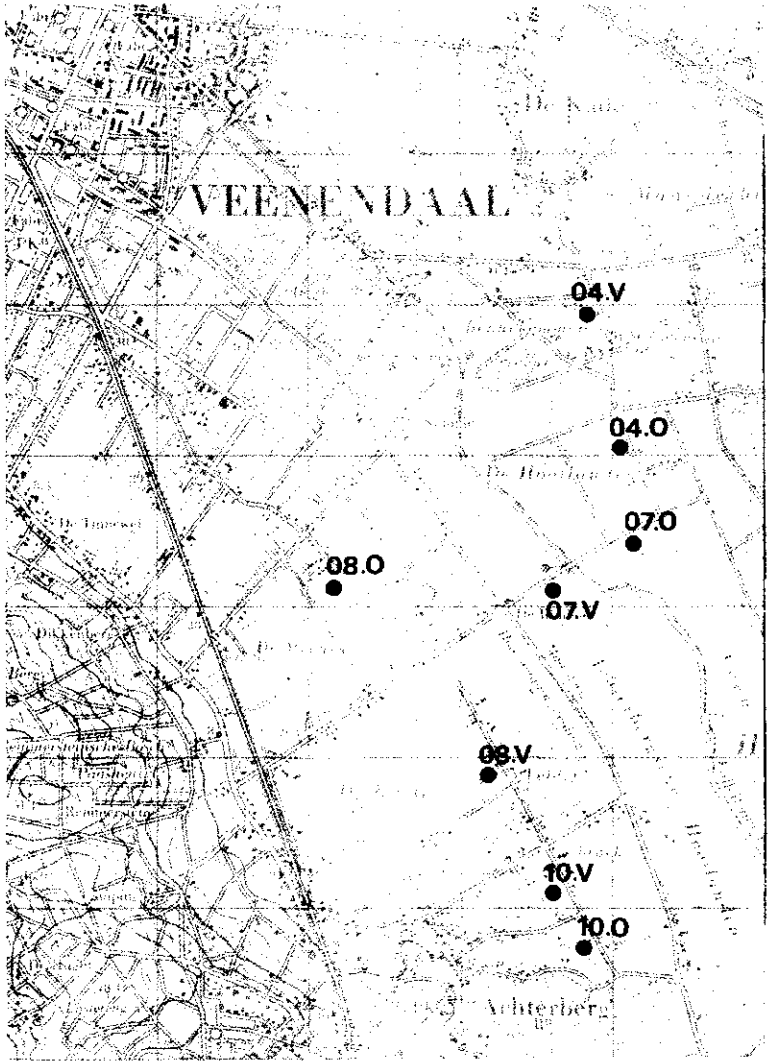
SCHAAL 1:50 000



BIJLAGE 5. SITUERING MEETPUNTEN HAMERWEG EN HELLENDOORNSEWEG
SCHAAL 1:50 000



BIJLAGE 6. SITUERING MEETPUNTEN EEMWEG, ZUIDELIJKE MEETSTEEG, MIDDELBUURTSEWEG EN WETERINGSTEEG
SCHAAL 1:50 000



BIJLAGE 7. VOORBEELD VAN EEN INGEVULD WAARNEMINGSFORMULIER

SNELHEIDSMETING NR 02.V.

I.C.W.

ONDERZOEK RUSMELHEDEN PLATTELANDSWEGEN

OP DE Tertiaire... WEG NR 8 VAN Bunschoterstraat R. Nijkerk... BJ KM.....
PLAATSELIJKE BENAMING... Bunscholerweg.....
VERKEER IN / BE / BEIDE / RICHTINGEN / VAN.....
DATUM 02-11-84 TIJDSDUUR VAN 8.55 TOT 12.30 UUR.....
GEMEENTE.....

Bunschoten ← | → Nijkerk

GS	72			BG	57			BD	64	7L	83			DS	74			KN	61
53	84			63	60			7F	84	DN	78			34	63			DT	77
FB	91			DR	87			XX	68	HX	66			BF	63			GX	73
LK	76			37	101			D2	79	KX	84			BH	58			HP	84
FY	61			58	84			HX	72	56	67			DR	75			KJ	96
LG	80			HH	92			LD	69	76	63			7K	69			DG	61
76	83			HB	70			83	56	BB	97			33	76			09	65
KS	72			GH	73			96	67	D7	100			G7	71			DD	49
LF	89			H2	85			BR	72	FX	90			BJ	68			LL	100
KY	86			KX	89			FY	84	D2	76			BJ	68			KT	86
LG	78			7S	100			BJ	54	14	75			7N	79			BD	60
DD	88			66	67			LF	76	95	85			ZK	66			7G	70
LD	75			91	78			60	58	68	89			GB	81			BK	59
BG	75			HZ	67			LG	69	JY	79			43	88			FK	57
15	77			KP	56			FH	68	31	69			LJ	88			ARR	56
37	65			78	80			HR	69	BH	69			HS	72			BH	87
85	76			FL	64			DT	66	7P	67			HH	88			LD	70
50	74			KK	102			GK	82	8P	82			7X	93			7B	77
G7	75			7G	80			KB	82	HN	66			ZB	59			66	68
86	75			DN	78			KB	71	7G	86			BS	52				
KN	68			LF	64			74	94	96	61			HH	108				
41	76			7N	77			BF	69	70	67			BJ	70				
KZ	96			DV	75			FF	75	35	83			DX	57				
HX	68			FG	70			DS	82	BJ	68			7N	89				
08	74			80	70					08	79			83	75				
BK	71			DL	82					64	87			65	108				
KG	89			HJ	63					DH	74			57	77				
BH	76			35	63					7P	84			7N	68				
HR	95			54	68					K-	69			55	66				
GH	93			BH	59					BD	62			KX	63				
00	48			FR	80					HG	85			DK	58				
FK	91			23	62					FD	65			DK	68				
FN	103			JT	75					LG	57			FG	75				
HV	65			DP	90					36	82			76	67				
93	74			BD	73					DS	78			FB	93				
KS	71			ARR	86					37	71			KS	75				
97	103			60	73					23	73			7L	67				
KF	103			FD	79					HT	73			83	63				
FK	69			KY	95					7D	64			HV	85				
HB	94			39	85					80	57			60	73				
7H	55			DS	93					BH	79			HR	55				
LH	81			14	83					20	105			KD	66				
BG	92			FS	64					FJ	94			FL	74				
98	67			FP	92					KS	64			RJ	97				
DH	84			03	82					KK	92			LR	114				
BH	76			LF	92					HJ	77			81	88				

BIJLAGE 8. VOORBEELD VAN DE UITVOER VAN EEN GENSTAT-PROGRAMMA VOOR LINEAIRE REGRESSIE

```
GENSTAT V    RELEASE 4.04B
COPYRIGHT 1984 LAWES AGRICULTURAL TRUST (ROTHAMSTED EXPERIMENTAL STATION)

  1  'REFERENCE' BUNSCHOTV
  2  'VARIATE' VLAK,ONVLAK $ 107
  3  'VARIATE' S_VLAK,S_ONVLAK $ 1
  4  'READ/PRINT=DM' VLAK,ONVLAK
  5  'HEADING' Y=''NIET VLAK''
  6  'HEADING' X=''VLAK''
  7  'RUN'


  8  80 85
  9  83 72
 10  72 75
 11  86 90
 12  88 98
 13  75 79
 14  75 71
 15  77 68
 16  65 74
 17  76 88
 18  75 69
 19  96 105
 20  76 80
 21  71 76
 22  89 91
 23  76 71
 24  95 66
 25  93 111
 26  91 66
 27  103 101
 28  65 55
 29  74 77
 30  71 67
 31  103 79
 32  69 84
 33  94 81
 34  81 71
 35  92 80
 36  87 86
 37  76 70
 38  57 58
 39  60 69
 40  87 86
 41  84 77
 42  92 77
 43  70 72
 44  85 76
 45  89 98
 46  100 72
 47  67 75
 48  78 90
 49  67 69
 50  56 55
```

BIJLAGE 8 (vervolg)

```
 116  'TERMS/PRINT=C' VLAK,ONVLAK
 117  'Y' ONVLAK
 118  'FIT/INT=N' VLAK; FVAL=F
 119  'CALCULATE' S_VLAK=SQRT(VAR(VLAK))
 120  ; S_ONVLAK=SQRT(VAR(ONVLAK))
 121  'PRINT/FORM=P' S_VLAK,S_ONVLAK $10.2
 122  'RUN'

116.....................................................................................

*** CORRELATION MATRIX ***

    DF = 105

VLAK            1   1.0000
ONVLAK          2   0.6416   1.0000
                        1        2

118.....................................................................................

***** REGRESSION ANALYSIS *****

      Y-VARIATE: ONVLAK

*** REGRESSION COEFFICIENTS ***
                  ESTIMATE         S.E.           T

VLAK                0.9841       0.0125        78.62

*** ANALYSIS OF VARIANCE ***
               DF           SS           MS

REGRESSN        1       642754     642753.7
RESIDUAL      106        11023        104.0
   TOTAL      107       653777       6110.1

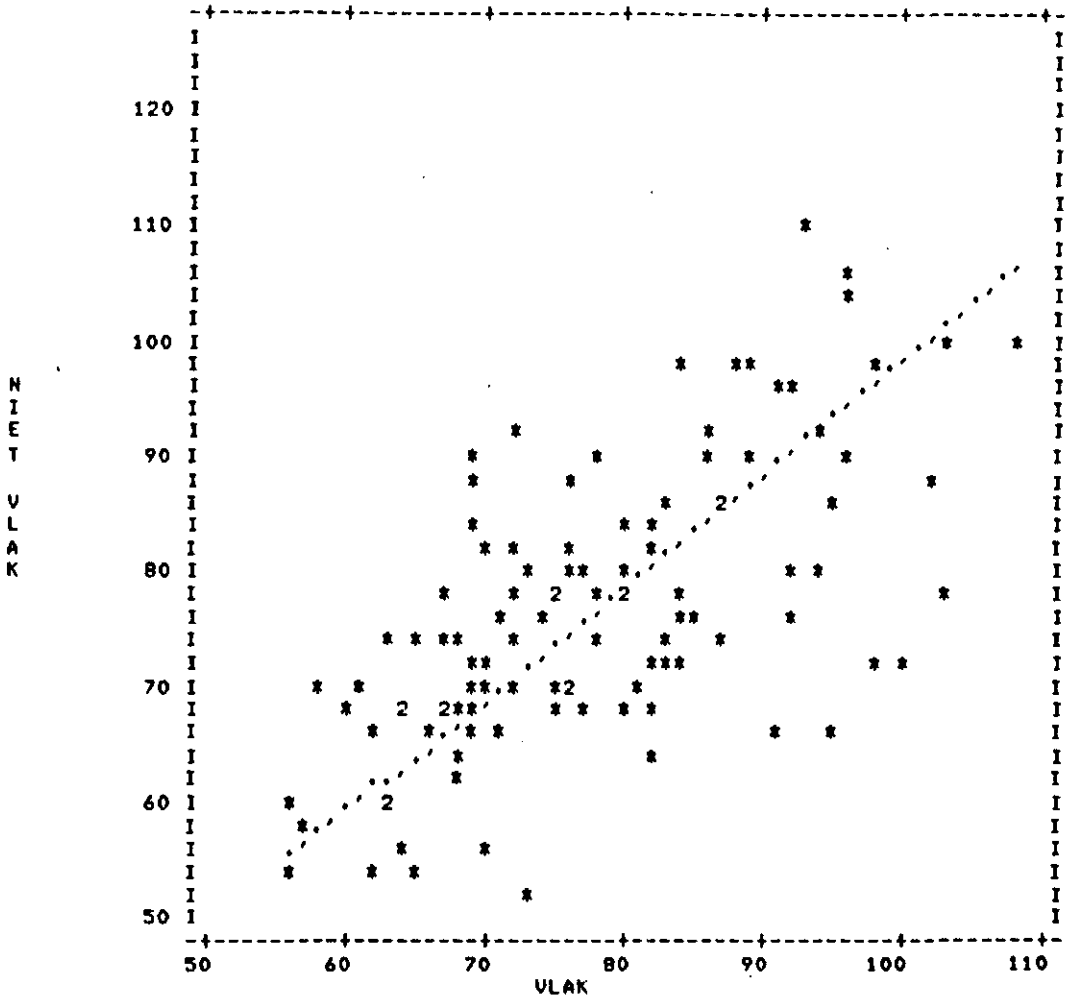
  CHANGE        *        -4958            *

PERCENTAGE VARIANCE ACCOUNTED FOR 31.0


    S_VLAK  S_ONVLAK
     11.93     12.28


 123  'HEADING' TYPE=''LP''
 124  'GRAPH/ATY=Y,ATX=X,NCF=61' F,ONVLAK;VLAK $ TYPE
 125  'RUN'

    *** WARNING: FUNCTION NAMES USED AS IDENTIFIERS -          type
```




```
 126  'CLOSE'

******** END OF RUNSCHOT.  MAXIMUM OF 2586 DATA UNITS USED AT LINE 124 (30182 LEFT)
$
```