

EXPERIMENTEEL MULTIFACTORONDERZOEK NAAR FACTOREN DIE DE
BESCHIKBARE WRIJVINGSKRACHTEN TUSSEN PERSONENAUTOWAGEN-
BANDEN EN NATTE WEGDEKKEN BEINVLOEDEN

Eerste fase: kwalificatie van de factoren

R-73-8 I

Werkgroep Banden, Wegdekken en Slipongevallen, Subcommissie I
Voorburg, 1973

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Inhoudsopgave

Inleiding.

Samenvatting

Doelstellingen Subkommissie I.

1. Opzet van het onderzoek; verwachte resultaten.

1.1. Onderzoekskriteria.

1.1.1. Beschrijving van de criteria.

1.1.2. Het meten van de criteria.

1.2. Statistische proefopzet.

1.3. Wrijvingscoëfficiënten en invloedsfactoren met hun meetmethoden.

1.3.1. Wrijvingscoëfficiënten.

1.3.2. Wegdekfactoren.

1.3.3. Bandfactoren.

1.3.4. Overige factoren.

1.4. Verwachte resultaten.

1.4.1. Algemeen.

1.4.2. Verwachte invloed van de wegdekkenmerken.

1.4.3. Verwachte invloed van de bandkenmerken.

1.4.4. Verwachte invloed van de overige factoren.

1.4.5. Verwachte invloed van het onderzoek op beleidsbeslissingen.

2. Uitvoering van het onderzoek.

2.1. Meetprogramma.

2.2. Voorbereidingen voor de metingen.

2.3. Uitvoering van de metingen.

2.4. Presentatie van de meetresultaten.

3. Resultaat van het onderzoek met interpretatie.

3.1. Resultaat van de metingen.

3.1.1. Hoofdeffekten.

3.1.2. Twee-faktor-interakties.

3.1.3. Drie-faktor-interakties.

3.1.4. Resultaten van de herhalingsmetingen.

- 3.2. Interpretatie van de meetresultaten.
 - 3.2.1. Hoofdeffekten.
 - 3.2.2. Twee-faktor-interakties.
 - 3.2.3. Drie-faktor-interakties.
- 4. Konklusies uit het onderzoek en aanbevelingen voor het tweede-fase-onderzoek.
 - 4.1. Konklusies uit de interpretatie van de meetresultaten.
 - 4.2. Evaluatie van het onderzoek
 - 4.3. Aanbevelingen ten behoeve van de volgende onderzoekfase.

Literatuurlijst in Bijlage 3.

Bijlagen.

1. Samenstelling subkommissie I van de werkgroep "Banden, wegdekken en Slipongevallen".
2. Inventarisatie van de invloedsvariabelen en hun meetmethoden.

Literatuurlijst (blz. 3-18).

- Aanhangsel: Rapport No. P 136. Laboratorium voor Voertuigtechniek, Technische Hogeschool Delft: "Metingen met het groefdoorstromingsapparaat".
3. Tabellarisch overzicht van de belangrijkste eigenschappen van de eventueel voor het experimentele onderzoek van de subkommissie I in aanmerking komende meetwagens.
 4. Rapport Instituut voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek TNO; "Rapport van de opzet en analyse betreffende het onderwerp slipongevallen weg-band".
 5. Resultaten van de metingen van wegkenmerken.
 6. Resultaten van de metingen van bandkenmerken.

- Aanhangsel 1: Resultaten van metingen van de bandkenmerken onbalans en hoogteslag.
- Aanhangsel 2: Rapport No. P 145. Laboratorium voor Voertuigtechniek, Technische Hogeschool Delft; "Stijfheden van "SWOV"-banden".
- Aanhangsel 3: Rapport No. 59/'72. Kunststoffen en Rubber Instituut TNO; "Onderzoek van stroefheidsmeetbanden".
7. Verwachte hoofdeffekten en interacties.
8. Meetprogramma en samenvatting van de meetresultaten.
9. Vereenvoudigde presentatie van de meetresultaten met betrekking op significant ($P \leq 0,01$) bevonden hoofdeffekten, twee- en drie-faktor-interacties.

Inleiding

Naar aanleiding van het verzoek dd. mei 1966 van de Minister van Verkeer en Waterstaat aan de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid een onderzoek in te stellen naar de omvang van het verschijnsel "slippen" en naar de invloed van de verschillende factoren die een rol spelen bij het slippen, is een Werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen" ingesteld.

In Slipongevallen, het eerste interimrapport (SWOV 1969) van deze Werkgroep, is onderscheid gemaakt tussen:

- a) minimaal noodzakelijke wrijvingskrachten (voor de door de bestuurder verlangde bewegingen van het voertuig) en
- b) beschikbare wrijvingskrachten.

Indien de beschikbare wrijvingskrachten groter zijn dan de minimaal noodzakelijke, zal geen slippen optreden. Om deze ideale toestand door maatregelen te kunnen bereiken is het nodig dat de grootte van de minimaal noodzakelijke wrijvingskrachten en de beschikbare wrijvingskrachten bekend is. Naar de totaliteit van het probleem "slippen" zal door de eerder genoemde Werkgroep een statistisch multifactor onderzoek met als criterium ongevallen worden ingesteld. Hiertoe zullen alle eerste-orde-factoren in het onderzoek worden betrokken. Deze eerste-orde-factoren zullen zorgvuldig gekozen moeten worden.

De Subkommissie I van de Werkgroep heeft ondermeer de opdracht deze keuze te doen voor de wegdek- en bandfactoren die van invloed zijn op de beschikbare wrijvingskrachten. Voor een gedeelte kan de Subkommissie zich baseren op bestaande kennis verworven door reeds elders uitgevoerd onderzoek. Deze onderzoekprojecten zijn echter - met een enkele uitzondering - opgezet als enkelfactoronderzoek (waarbij de invloed van één of enkele van deze factoren op de beschikbare wrijvingskrachten wordt onderzocht) waardoor de eventuele interacties tussen deze factoren niet zijn te onderzoeken.

Daarom achtte de Subkommissie I het noodzakelijk dat voor een verantwoorde keuze van de eerste-orde-factoren een experimenteel multifactor-onderzoek werd uitgevoerd, met als criterium de gemeten wrijvingscoëfficiënt.

De motivering die tot de uitvoering van dit onderzoek heeft geleid, is dus vooral gelegen in het feit dat een dergelijk experimenteel onderzoek essentieel wordt geacht om zowel op korte termijn (praktijk-gericht) als op lange termijn (theorievormend-gericht) tot een wezenlijke verbetering van de huidige inzichten te kunnen komen.

Dit rapport van de Subkommissie I van de Werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen" geeft in de eerste plaats een verslag van alle onderzoekactiviteiten over de periode van begin 1968 tot en met mei 1972 (zie voor samenstelling Subkommissie I: Bijlage 1).

Daarnaast zijn op basis van interpretatie van de meetresultaten een aantal konklusies getrokken die mede als uitgangspunten zijn te hantieren bij de volgende fasen van het onderzoek.

Naast deze konklusies spelen uiteraard ook nog een aantal andere overwegingen een rol bij het nemen van beslissingen over de verdere voortgang van het onderzoek.

Naast de leden van de Subkommissie I hebben ook nog de volgende instanties een bijdrage aan het onderzoek geleverd:

- Instituut voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek TNO, Den Haag.
- Kunststoffen en Rubber Instituut TNO, Delft.
- Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft.
- Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool te Delft.
- Technisch Fysische Dienst TNO-TH, Delft.

Dit rapport is samengesteld door ir. S.T.M.C. Janssen (SWOV).

Samenvatting

De Subkommissie I van de Werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen" heeft tot taak een experimenteel multifactoronderzoek in te stellen naar de factoren, die bepalend zijn voor de wrijvingskrachten tussen wegdek en band. De meetcriteria hierbij zijn de maximale wrijvingscoëfficiënt in langsrichting, de wrijvingscoëfficiënt in langsrichting bij blokkering van de band en de wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting. In de eerste fase, waarvan dit rapport een verslag geeft, is getracht na te gaan welke factoren kwalitatief van invloed zijn op de wrijvingscoëfficiënten.

Teneinde het aantal metingen te beperken en desondanks een zo groot mogelijke hoeveelheid informatie te verkrijgen, is gekozen voor een statistische proefopzet. Voor de eerste fase zijn in deze proefopzet 4 wegdektypen, 4 bandtypen en de factoren snelheid, waterlaagdikte, profieldiepte, bandbelasting en bandspanning, elk op 2 niveau's meegenomen.

Aan de hand van een literatuurstudie en een aantal van de gemeten wegdek- en bandkenmerken is een verwachting uitgesproken omtrent de grootte van de invloed van de factoren en interacties op de wrijvingscoëfficiënten.

Voordat de metingen konden worden uitgevoerd, zijn op wetenschappelijke en praktische gronden een aantal eisen opgesteld, waaraan de meetwagen moest voldoen. Hiermede is bij de uitvoering rekening gehouden.

Als resultaat van de eerste onderzoekfase is gebleken dat bij de gekozen niveau's de factoren bandbelasting en bandspanning geen invloed van betekenis hadden. De wrijvingscoëfficiënten zijn bij de gekozen niveau's duidelijk afhankelijk van wegdektype, snelheid, bandtype, profieldiepte en waterlaagdikte en van een aantal interacties van deze factoren.

Hierbij is de invloed van wegdektype en snelheid het grootst.

De wegdektypen leveren vrij belangrijke tweefactorinteracties op met bandtypen, snelheid en profieldiepte.

Tenslotte zijn er enkele aanbevelingen gegeven voor verder onderzoek in de tweede fase.

Doelstellingen Subkommissie I

De opdracht aan de Subkommissie I, het opzetten en uitvoeren van een experimenteel multifactoronderzoek naar de relatie tussen de beschikbare wrijvingskrachten, de wegdek- en bandeigenschappen, de snelheid en eventueel andere van belang geachte factoren, is in de volgende algemene doelstellingen omschreven:

1. Het bepalen van eerste-orde-factoren die de wrijvingskrachten tussen band en wegdek beïnvloeden, ten behoeve van een nog uit te voeren statistisch multifactoronderzoek waarbij gebruik zal worden gemaakt van gegevens betreffende verkeersongevallen.
2. Het trekken van konklusies en het opstellen van aanbevelingen betreffende in de praktijk te nemen maatregelen die van belang kunnen worden geacht voor de verkeersveiligheid.
3. Het aangeven van essentiële leemten in de bestaande kennis en het verdere onderzoek dat noodzakelijk moet worden geacht.

Specifieke doelstellingen van de eerste fase van het onderzoek zijn:

1. Kennisvermeerdering over de factoren die de beschikbare wrijvingskrachten tussen een band en een nat wegdek beïnvloeden.
2. Keuze van de eerste-orde-factoren welke zullen worden opgenomen in het statistische multifactoronderzoek. De keuze zal in deze eerste fase van het experimentele multifactoronderzoek voornamelijk gebaseerd zijn op een kwalifikatie van de factoren. In de volgende fasen van het experimentele onderzoek wordt de kwantifikatie van de factoren benadrukt.
3. De resultaten van de eerste fase van het onderzoek dienen mogelijk als basis voor adviezen aan beleidsinstanties inzake maatregelen ter vermindering van slipongevallen.

1. Opzet van het onderzoek; verwachte resultaten

De eerste fase van het experimentele multifactoronderzoek is gestart met het stellen van de onderzoekskriteria. Daarna volgde een literatuurstudie (zie bijlage 2) met als doel een inventarisatie van de invloedsvariabelen, die betrekking hebben op de beschikbare wrijvingskrachten tussen een band en een nat wegdek, en hun meetmethoden. De keuze van de variabelen die meegenomen worden in het experimentele multifactoronderzoek is geschiedtop basis van de bestaande kennis en op basis van de resultaten van het vooronderzoek dat verricht is naar de invloed van een aantal variabelen op de wrijvingskrachten en naar de meetmethoden van enkele variabelen.

Het resultaat van het experimentele onderzoek zal moeten leiden tot een definitieve keuze van de eerste-orde-factoren die betrokken worden in het statistische multifactoronderzoek (zie Slipongevallen, eerste interimrapport).

Om voldoende zekerheid te hebben dat bij de selectie aan geen der werkelijke eerste-orde-factoren wordt voorbijgezien, wordt bij dit experimentele multifactoronderzoek een groot aantal factoren betrokken. Een juiste statistische proefopzet zal er voor moeten zorgen dat ondanks het grote aantal mee te nemen factoren toch met een redelijk beperkt aantal proefnemingen kan worden volstaan. Voor het bepalen van de effectiviteit van het onderzoek is het noodzakelijk de verkregen resultaten te vergelijken met de verwachte resultaten. De evaluatie van de onderzoekresultaten wordt behandeld in hoofdstuk 4.

1.1. Onderzoekskriteria

1.1.1. Beschrijving van de criteria

Het onderzoek naar de beschikbare wrijvingskrachten die optreden tussen een band en een nat wegdek, tracht de invloed vast te leggen van verschillende variabelen op de grootte van de wrijvingscoëfficiënt. De wrijvingscoëfficiënt wordt gedefinieerd als het quotiënt van de horizontale kracht tussen een band en een wegdek (wrijvingskracht) en de verti-

kale bandbelasting.

Onderscheiden kunnen worden:

a) een wrijvingscoëfficiënt in langrichting: μ_x

- een maximum wrijvingscoëfficiënt in langrichting: $\mu_{xm} = \frac{F_x}{F_z}$,
 $\omega_r \neq 0$;

- een wrijvingscoëfficiënt in langrichting bij geblokkeerd wiel:
 $\mu_{xb} = \frac{F_x}{F_z}$, $\omega_r = 0$;

b) een wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting bij $\alpha > 8^\circ$, $\mu_y = \frac{F_y}{F_z}$
(bij deze waarde wordt de maximale wrijvingskracht
in dwarsrichting bereikt zonder dat het wiel wordt geremd).

Verklaring van de symbolen:

F_x : horizontale kracht in wielvlak (rem- of aandrijfkracht), in kgf;

F_y : horizontale kracht loodrecht op wielvlak (dwarskracht of spoor-
kracht), in kgf;

F_z : vertikale bandbelasting in kgf;

ω_r : hoeksnelheid wiel tijdens remmen, in rad/sec;

α : drifthoek in graden.

Voor meer informatie over deze grootheden wordt verwezen naar het rap-
port "Slipongevallen".

Er is veel gepubliceerd over de invloedsfactoren behorend bij elk van
de wrijvingscoëfficiënten. De grootte van de invloed van enkele factoren,
genoemd in de literatuur, is wel kwalitatief bepaald aan de hand van
enkelfactoronderzoek, maar niet bekend zijn de interacties van bepaalde
factoren. Bovendien zijn deze metingen vaak onder zeer bepaalde, vaak
extreme, omstandigheden uitgevoerd, terwijl de nauwkeurigheid van de uit-
gevoerde metingen, de meetomstandigheden en de significantie van de meet-
resultaten meestal zeer onvolledig worden vermeld. Bij het experimentele
multifactoronderzoek dat hier aan de orde is, wordt veel aandacht ge-

schonken aan de voorbereiding van het onderzoek en de meetomstandigheden om aan bovenstaande bezwaren zo veel mogelijk tegemoet te komen. Aangezien het hier een onderzoek betreft naar de beschikbare wrijvingskrachten, spelen andere voertuigfactoren dan bandfactoren en invloeden ten gevolge van het menselijke verkeersgedrag geen rol.

Uit dit onderzoek en uit het enkelfactoronderzoek naar de relatie ongevallenkans en stroefheid zullen de eerste-orde-factoren volgen voor het statistische multifactoronderzoek, waarbij deze factoren in relatie zullen worden gebracht met gegevens betreffende verkeersongevallen.

1.1.2. Het meten van de criteria

Er is een oriënterende studie verricht naar de geschikte apparatuur voor de meting van de wrijvingscoëfficiënten.

Uit de beschikbare meetapparatuur die in Nederland, Engeland, Frankrijk en Zwitserland aanwezig was, is tenslotte op wetenschappelijke en praktische gronden een keus gemaakt. Daarvoor zijn verschillende bezoeken afgelegd waarbij de meetsystemen getest en beoordeeld zijn. Een overzicht van de in aanmerking komende meetapparatuur is te vinden in bijlage 4.

De keuze is uiteindelijk gevallen op de bandenmeetwagen van het Laboratorium voor Voertuigtechniek. De meetapparatuur was niet zonder meer geschikt om het gewenste meetprogramma uit te voeren. De maximum snelheid lag te laag en de benodigde uitwerktijd van de meetsignalen was te lang. Alvorens de metingen te kunnen beginnen moest een nieuwe elektronische schakeling worden beproefd, een snellere truck worden aangeschaft en diverse modificaties worden aangebracht aan de bandenmeetwagen o.a. een regeling voor de te sproeien waterhoeveelheid.

1.2. Statistische proefopzet

De proefopzet en de statistische verwerking van de meetresultaten is als probleem voorgelegd aan het Instituut voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek TNO. In eerste instantie zijn bij de proefopzet

de volgende uitgangspunten in acht genomen:

- ca. 10 verschillende bandtypen en 10 verschillende wegdektypen worden gekozen. De belangrijke wegdek- en bandkenmerken moeten daarbij zijn gevarieerd;
- andere variabelen: snelheid, waterlaagdikte en de expliciet gemaaakte bandkenmerken; profieldiepte, bandbelasting en bandspanning moeten gevarieerd worden op tenminste drie niveau's;
- er wordt slechts één bandenmaat gebruikt.

Bij deze proefopzet is alleen rekening gehouden met twee-faktor-interakties. Voor het onderzoek zijn in dat geval nog altijd een paar duizend experimenten nodig. Deze en andere praktische problemen, o.a. de keuze van geschikte wegvakken, hebben de argumenten geleverd voor een beperking van het aantal wegdek- en bandtypen en het aantal niveau's van de vijf overige factoren. Besloten is bij de metingen de factoren snelheid, waterlaagdikte, profieldiepte, bandbelasting en bandspanning op twee niveau's in te stellen.

Verder is besloten dat de metingen slechts met vier bandtypen op vier wegdektypen worden uitgevoerd. Onder een meting wordt verstaan het bepalen van de waarden van de drie wrijvingscoëfficiënten: μ_{xm} , μ_{xb} en μ_y , en wel bij één gekozen instelling van de factoren. Voor elk van de drie genoemde wrijvingscoëfficiënten wordt een afzonderlijke analyse uitgevoerd. Wanneer alle combinaties van variabelen gemeten moeten worden, bestaat het meetprogramma uit $4^2 \times 2^5 = 512$ metingen plus ongeveer 20% herhalingen, dus ongeveer 620 metingen. Dit is een te groot aantal om in redelijk korte tijdaaf te werken. Het meetsysteem van de bandenmeetwagen is gekompliceerd zodat rekening gehouden moet worden met storingen bij een zo omvangrijk meetprogramma. In verband met het noodzakelijke onderhoud van de meetwagen en eventuele storingen in de apparatuur kan een dergelijk meetprogramma zeker drie tot vier maanden in beslag nemen. Dit nog afgezien van organisatorische en verkeerstechnische storingen (het niet continu beschikbaar zijn van de meetvakken bijvoorbeeld). Gekozen moet worden voor een statistische proefopzet waarbij reeds zeer veel informatie wordt verkregen met hoogstens de helft van het aantal metingen.

Voor de verantwoording van de uiteindelijk gekozen proefopzet wordt verwezen naar bijlage 4.

1.3. Wrijvingskoëfficiënten, invloedsvariabelen en hun meetmethoden

1.3.1. Wrijvingskoëfficiënten

Als meetkriterium voor het experimentele onderzoek is gekozen de wrijvingskoëfficiënt tussen band en nat wegdek uitgedrukt in de drie grootheden:

- a) de maximale wrijvingskoëfficiënt in langsrichting μ_{xm} ;
- b) de wrijvingskoëfficiënt bij geblokkeerd wiel: μ_{xb} ;
- c) de wrijvingskoëfficiënt in dwarsrichting bij drifthoeken groter dan 8° : μ_y .

Als uiteindelijke waarde van elke wrijvingskoëfficiënt geldt de gemiddelde waarde van vier meetuitkomsten. Dit betekent dat per meting vier keer geremd en vier keer gedrift wordt.

Er is uitgegaan van de verwachting dat enige relaties tussen de verschillende factoren en de verschillende wrijvingskoëfficiënten kunnen worden vastgesteld. Om deze relaties te kunnen interpreteren zijn gelijktijdig met de metingen van de wrijvingskoëfficiënten een aantal kenmerken van de gekozen banden en wegdekken bepaald. Hieraanvolgend wordt de keuze toegelicht, terwijl in paragraaf 1.4. de verwachte invloed van de factoren en kenmerken uiteengezet wordt.

Eén van de belangrijkste voorwaarden is geweest dat de experimenten onder zo realistisch mogelijke omstandigheden worden uitgevoerd. De metingen hebben dan ook plaats gevonden op bestaande wegvakken met normale handelsbanden en onder normale, niet geidealiseerde omstandigheden.

1.3.2. Wegdekkfactoren

Bij de keuze van de vier meetvakken is ernaar gestreefd zoveel mogelijk de volgende vier typen van oppervlakttextuur ter beschikking te krijgen:

- wegen zonder textuur;
- wegen met alleen mikroruwe textuur;
- wegen met alleen makroruwe textuur;
- wegen met zowel mikro- als makroruwe textuur.

Een keuze uit de in aanmerking komende wegvakken werd zeer bemoeilijkt door de eisen die aan de textuur worden gesteld, gekombineerd met de praktische meettechnische eisen.

Het meten van de wrijvingscoëfficiënten heeft plaatsgevonden bij snelheden van 50 en 100 km/h. Bij 100 km/h is per meting een meettrajekt van circa 1 kilometer nodig. Over deze afstand moet het meetvak homogeen zijn voor wat betreft de konstruktie van de toplaag, stroefheid en vlakheid. Voor een ongestoorde aanloop tot 100 km/h heeft de meetwagen ongeveer 2 km nodig, verder is er een afstand vereist om af te remmen, dus in totaal wordt de lengte van een meettrajekt ongeveer 4 km. Verdere eisen hebben betrekking op horizontale en verticale bogen in het tracé, zó dat het trajekt overzichtelijk is, geen of zeer ruime bogen bevat en niet in een hellend of dalend weggedeelte ligt. Tegemoetkomend aan deze eisen en om redenen van verkeersveiligheid is besloten alleen meetvakken te gebruiken die liggen op wegen met gescheiden rijbanen of op gedurende lange tijd voor het verkeer afgesloten wegen. Het meten op twee- of driestrookswegen blijft buiten beschouwing omdat een wegafzetting over 4 km op deze wegen door de wegbeheerder slechts in uitzonderlijke gevallen kan worden toegestaan. Daar Delft de standplaats van de meetwagen was en het wenselijk werd geacht zonder veel tijdverlies eventuele storingen te kunnen opvangen, heeft men de keuze van de meetvakken moeten beperken tot wegen liggende in het midden en het westen van het land. Door deze beperkingen is het niet mogelijk gebleken vier meetvakken te kiezen met onderling grote verschillen in oppervlaktetextuur. Uiteindelijk zijn gekozen:

1. Meetvak Kesteren, gelegen op de Rijksweg nr. 15 nabij Kesteren, zuidbaan, rijstrook van kilometerpaal 79 - 81, verharding grindasfaltbeton, aangelegd in 1970; deze weg was in aanleg en niet opengesteld voor het verkeer.

2. Meetvak Leiden, gelegen op de Rijksweg nr. 4 nabij Leiden, zuidbaan, rijstrook van kilometerpaal 22 - 20, verharding grof dicht asfaltbeton, aangelegd in 1969; tijdens de metingen was de rijstrook voor het verkeer afgezet.
3. Meetvak Raamsdonkveer, gelegen op de provinciale weg Made - Raamsdonkveer (Maasroute), zuidbaan, inhaalstrook vanaf 2000 m voor tot aan de watertoren Raamsdonkveer, verharding cementbeton, aangelegd in 1969.
4. Meetvak Gorinchem, gelegen op de Rijksweg nr. 15 nabij Gorinchem, zuidbaan, inhaalstrook van kilometerpaal 32 - 34; verharding grof dicht asfaltbeton, aangelegd in 1968.

Op de meetvakken zijn door het Rijkswegenbouwlaboratorium metingen verricht naar de oppervlaktetextuur, de vlakheid en de stroefheid in het meetspoor van de bandenmeetwagens, d.i. in het rechter rijspoor van het verkeer, over een wegvak van 500 m. Zowel de uitgebreide meetresultaten als een samenvatting zijn weergegeven in bijlage 5 (tabel 1 t/m 6, resp. tabel 7).

Oppervlaktetextuur

Van elk meetvak is de textuurdiepte van het oppervlak gemeten:

- volgens de "sand patch" methode: \overline{TD} ;
- met de Text-ur meter: R.

Op elk meetvak van 500 m zijn 20 metingen uitgevoerd (één per 25 m). De resultaten van deze metingen zijn gegeven in tabellen (bijlage 5, tabel 1 en 2).

Uit de resultaten verkregen volgens de "sand-patch" methode blijkt dat tussen de meetvakken, behoudens meetvak Kesteren, het onderscheid in textuurdiepte niet groot is. Volgens het oppervlakruwheidsgetal R is er een veel duidelijker onderscheid. Uit vergelijkende metingen en correlatieberekening is gebleken dat er een significant verband (korrelatie-

koëfficiënt 0,93) bestaat tussen de resultaten verkregen volgens beide werkwijzen. Wel is hierbij opgevallen dat de Text-ur meter minder geschikt is, zowel voor het verrichten van metingen op wegdekken met een geringe oppervlakruwheid, als op wegdekken met een grote oppervlakruwheid.

Een andere methode om gegevens te verkrijgen van de oppervlakttextuur is die met behulp van replika's. Daartoe zijn van elk meetvak 20 replika's van het wegoppervlak gemaakt (één per 25 m).

In het Laboratorium voor Voertuigtechniek zullen in de toekomst drainagemetingen worden verricht op de replika's (5 per meetvak). Het analyseren van de replika's, zoals reeds bij een vooronderzoek is uitgeprobeerd, is pas mogelijk na het gereedkomen van een nieuw uitleesapparaat. De volgende gegevens kunnen daarbij worden verkregen:

- de afstand tussen de hoogste "top" en de diepste "kuil";
- de standaardafwijking van de oneffenheden;
- de "profile ratio", zowel van de hele profiellijn als van de bovenste 10% en 5% (alleen de toppen);
- de autokorrelatiefunctie (levert het energiespektrum van de profiel-
lijn) en de eventuele fouriertransformatie daarvan.

Uit elk meetvak zijn verder nog drie cilinders (diameter 25 cm) geboord, teneinde een aantal metingen in het laboratorium te kunnen uitvoeren. Bovendien zijn ter illustratie van het wegdekoppervlak van elk meetvak een aantal foto's genomen (bijlage 5, figuur 2 t/m 20).

Vlakheid

De vlakheid van de betrokken wegdekken is bepaald teneinde eventueel optredende grote spreidingen of afwijkingen, die door een onvoldoende vlakheid kunnen worden veroorzaakt, te verklaren. De wegvakken zijn gemeten met een schokmeter en een viagraaf. Uit de resultaten van de vlakheidsmetingen, (bijlage 5, tabel 3 en 4) zowel met de schokmeter als met de viagraaf, blijkt dat de vlakheid van de meetvakken goed is en dat er weinig onderscheid is tussen de vlakheid van de vier meetvakken.

De stroefheid

Voor het meten van de stroefheid zijn twee meetmethoden gevolgd. Als eerste een stroefheidsmeting over de gehele lengte van het meetvak met de meetwagen van het Rijkswegenbouwlaboratorium volgens de standaardmeetmethode "vertraagd wiel" (bijlage 5, tabel 5). Het meetvak bij Leiden blijkt matig stroef te zijn en net te voldoen aan de minimum waarde van 0,51 door het RWL bepaald. Het wegdek is vrij nieuw, echter door het zeer intensieve verkeer reeds gepolijst. Het behoort tot klasse B van figuur 1 uit bijlage 2 en is dus voornamelijk makroruw. Het meetvak bij Kersteren heeft bij lage snelheid een vrij hoge stroefheid. Beziat men echter de stroefheidsdaling bij een snelheidstoename (zie bijlage 5, figuur 1) dan is deze groot t.o.v. normale waarden. Dit meetvak behoort tot de klasse C van figuur 1 en is dus voornamelijk mikroruw. De twee overige meetvakken zijn vrij stroef en de waarden van de stroefheidsdaling zijn normaal. Beide vakken kan men tot de klasse A van figuur 1 rekenen; zij hebben een makroruwe en min of meer mikroruwe textuur.

De stroefheid van de meetvakken is tevens bepaald met het SRT toestel. De resultaten van de metingen zijn gegeven in bijlage 5. De gegevens in de tabel 6 van deze bijlage zijn de gemeten waarden bij een temperatuur van 6 tot 8°C. Volgens het Road Research Laboratory dient dan een temperatuurcorrectie te worden toegepast, deze zou hier voor alle waarden - 4 punten moeten bedragen. De vier meetvakken liggen boven de minimaal toelaatbare waarde, gehanteerd door RWL zelfs als temperatuurcorrectie wordt toegepast. Uit deze resultaten en de resultaten verkregen met de meetwagen blijkt dat in het onderzoek geen meetvak met een "lage" stroefheidswaarde is opgenomen, hetgeen wel de bedoeling was. De oorzaak hiervan ligt voornamelijk in de beperkingen in de keuze van de meetvakken.

1.3.3. Bandfactoren

De bandfactoren profieldiepte, bandbelasting en bandspanning zijn als afzonderlijke invloedsfactoren in het onderzoek opgenomen en komen aan de orde in paragraaf 1.3.4. "Overige factoren".

De eerste fase van het onderzoek is alleen gericht op banden van personenauto's.

Keuze van de bandtypen

Vier bandtypen zijn gekozen op grond van eigenschappen ten aanzien van de konstruktie en de profilering. De keuze is beperkt gebleven tot radiaalbanden, omdat de verwachting bestaat dat de konstruktiemethode van deze banden in de toekomst op grote schaal zal worden toegepast (nu reeds + 80% van de produktie). Bij de keuze heeft dus de praktische relevantie van het onderzoek een rol gespeeld. Getracht is de onderstaande indeling naar profielbeschrijving als criterium te nemen voor de keuze van de vier bandtypen:

- langspriefiel met gesloten schouder;
- langspriefiel met open schouder;
- blokspriefiel met gesloten schouder;
- blokspriefiel met open schouder.

Alhoewel echte langspriefileringen vrijwel uitsluitend nog op diagonaalbanden worden aangetroffen, zijn op grond van bovengenoemde zichtbare kenmerken vier radiaalbanden gekozen voor het experimentele onderzoek. Bovendien is er een keuzekriterium gesteld met betrekking tot de konstruktie: twee bandtypen met staalgordel en twee met textielgordel. Uiteindelijk zijn de volgende banden gekozen:

1. Uniroyal Rallye 180
2. Michelin zX
3. Vredestein Sprint
4. Goodyear G800

Deze volgorde komt overeen met de eerder genoemde volgorde naar profielbeschrijving; de eerste twee banden hebben een staalgordel, de laatstgenoemde banden hebben een textielgordel.

De maat van alle banden is 165 SR 13, gemonteerd op een $4\frac{1}{2}$ J - 13 velg. Dit is een gebruikelijke maat voor personenautobanden.

De banden Vredestein en Goodyear zijn tubeless uitgevoerd. Foto's van de banden zijn opgenomen in bijlage 6, figuur 1.

Algemene bandkenmerken

De volgende kenmerken zijn gemeten:

- kontaktafdruk bij 330 kgf bandbelasting en 1,8 ato bandspanning (oppervlak, lengte en breedte);
- driftstijfheid bij 30 km/h meetsnelheid, 330 kgf bandbelasting en 1,8 ato bandspanning;
- axiale stijfheid over 1 cm asverplaatsing bij 1,4, 1,8, en 2,0 ato bandspanning (onafhankelijk van de bandbelasting);
- radiale stijfheid bij 1,4 1,8 en 2,0 ato bandspanning en een bandbelasting tussen 200 en 400 kgf.
- gewicht van de buitenband;
- onbalans;
- hoogteslag;

De resultaten van de meting van bovengenoemde kenmerken, vermeld in bijlage 7, blz. 2, vertonen weinig verschillen tussen bandtypen onderling voor wat betreft de kenmerken: gewicht, kontaktafdruk en axiale en radiale stijfheden.

De driftstijfheden van banden met een staalgordel (Uniroyal en Michelin) hebben een hogere waarde dan die van banden met een textielgordel (Vredestein en Goodyear). Merkbaar is dat een indicatie voor de grootte van de wrijvingscoëfficiënt in de rijrichting voor de verschillende bandtypen.

De kenmerken onbalans en hoogteslag vertonen eveneens grote verschillen maar zullen niet verder bij de interpretatie van de meetresultaten worden betrokken. De Vredestein-banden laten grote verschillen zien in hoogteslag. Voor het afslijpen is daarom afgezien van een aselekte keuze uit deze banden (zie proefopzet, bijlage 4).

Vóór en ná het inrijden zijn de wielen met banden dynamisch uitgebalanceerd zodat het kenmerk onbalans niet van invloed is.

Gemeten profielkenmerken

Van de profilering zijn voor elk bandtype bij een profiëldiepte van 7 mm en 2 mm de volgende kenmerken gemeten:

- oevergetal m.b.v. kontaktafdrukken: oeverlengte/omtrek;
- luchtgetal m.b.v. kontaktafdrukken: oppervlak van kanalen en slots/
totaal oppervlak;
- groefdoorstromingskapaciteit m.b.v. groefdoorstromingsapparaat: waterdruk, volumestroom van het water, karakteristiek oppervlak (A-waarde) en luchtinhoud van het profiel per cm kontaktlengte (de metingen zijn verricht bij 330 kgf bandbelasting en 1,8 ato bandspanning).

De resultaten van de meting van profileringskenmerken geven belangrijke verschillen te zien voor het oevergetal en de A-waarde; in mindere mate voor het luchtgetal (zie bijlage 6, blz. 3). Bij de bepaling van de verwachte invloed op de wrijvingskoefficiënten en de interpretatie van de onderzoekresultaten zullen deze drie kenmerken aan de orde komen.

Konstruktiekenmerken

Van de konstruktie van de radiaalband zijn twee onderdelen te onderscheiden: het karkas en de gordel. Hiervan zijn gemeten:

- aantal lagen van karkas en gordel;
- karkas- en gordelhoek;
- materiaal van karkas en gordel;
- aantal "ends" per inch van karkas en gordel (d.i. aantal koorden per inch).

Verder:

- sectie breedte (d.i. grootste breedtemaat, gemeten loodrecht op het bandvlak, bij 1,8 ato bandspanning);
- loopvlakstraal (gemeten loodrecht op het bandvlak, bij 1,8 ato bandspanning).

De resultaten van de meting van de konstruktiekenmerken voor de verschil-

lende bandtypen zijn wel in bijlage 6, blz. 5 opgenomen maar worden niet in verband gebracht met de grootte van de wrijvingscoëfficiënten omdat de invloed van deze kenmerken op de wrijvingscoëfficiënten misschien aanwezig is, maar moeilijk valt te voorspellen (uitgezonderd het materiaal van de gordel i.v.m. driftstijfheid).

Kenmerken van het loopvlakrubber

De volgende kenmerken zijn gemeten van het rubber in het loopvlak van elk van de vier bandtypen:

- terugveringselasticiteit (hysteresis). De metingen zijn verricht op vier ongebruikte banden met een profieldiepte van 7 mm en op vier gebruikte banden met een profieldiepte van 2 mm;
- soortelijk gewicht;
- treksterkte;
- rek bij breuk;
- modulus 300%;
- hardheid, m.b.v. methode: Shore A;
- scheursterkte;
- chemische samenstelling.

Uit de resultaten van de meting (zie bijlage 6, blz. 6 en 7) blijkt dat de onderlinge verschillen van de eigenschappen niet groot zijn. Alle banden zijn vervaardigd op basis van SBR-rubber. Van deze kenmerken geven alleen de hysteresis en de hardheid een verwachtingswaarde t.a.v. de grootte van de wrijvingscoëfficiënten.

1.3.4. Overige factoren

Snelheid

Voor de ondergrens is gekozen een meetsnelheid van 50 km/h (snelheid bij standaardmetingen); voor de bovengrens is de snelheid gekozen die nog goed te bereiken is met de bandenmeetwagen, nl. 100 km/h. Beide niveau's

liggen voldoende ver uit elkaar voor het bepalen van de kwalitatieve invloed van de snelheid op de wrijvingscoëfficiënten.

Waterlaagdikte

De gesproeide hoeveelheid water is op twee niveau's geregeld, hetgeen overeenkomt met een rekenkundige waterlaagdikte van 0,3 respectievelijk 0,6 mm. Onder een rekenkundige waterlaagdikte wordt verstaan het quotiënt van de gesproeide hoeveelheid water (in mm^3) en de nat geworden oppervlakte (in mm^2).

De waarde 0,3 mm vertegenwoordigt de minimum reproduceerbare waterlaagdikte die bereikt kan worden met de toegepaste sproei-installatie, zonder dat delen van het wegdek in het spoor van de meetband droog blijven. De waarde 0,6 mm is gekozen enerzijds omdat de waarde representatief verondersteld kan worden voor een waterlaagdikte bij een zware regenbui, anderzijds vanwege een eenvoudige instelmogelijkheid van de sproei-installatie:

- a) de waarde 0,6 mm is een verdubbeling t.o.v. 0,3 mm;
- b) de instelling van de sproei-installatie voor het geval 0,6 mm bij 50 km/h, is dezelfde als voor het geval 0,3 mm bij 100 km/h;

Profiel diepte

De faktor profiel diepte is op twee niveau's in het onderzoek meegenomen:

- nieuw profiel, variërend van 7 tot 8 mm;
- profiel van 2 mm; dit is verkregen door nieuwe banden af te slijpen tot gemiddeld 2 mm profiel diepte. Een profiel diepte kleiner dan 2 mm levert moeilijkheden ten aanzien van het inrijden na het afslijpen van de band.

De werkelijk optredende profiel diepte is gemeten op twee plaatsen, namelijk in het midden en aan de buitenzijde van het profiel.

Voor deze fase van het onderzoek liggen de beide niveau's voldoende ver uit elkaar om een kwalitatieve invloed te kunnen meten.

Bandbelasting

Bij de keuze van de niveau's voor de faktor bandbelasting zijn een onder- en bovengrens genomen waartussen in de praktijk bij personenautobanden de bandbelasting varieert. De bandbelasting is vlak voor iedere meting met de bandenmeetwagen ingesteld op respectievelijk 250 en 400 kgf.

Bandspanning

De faktor bandspanning is eveneens gevarieerd op twee niveau's binnen de praktische grenzen. De vereiste bandspanning, 1,4 resp. 2,0 kgf/cm², is op de normale wijze vóór iedere meting ingesteld.

Overige variabelen

Er zijn een aantal omstandigheden die in het onderzoek niet expliciet zijn meegenomen, maar die noodgedwongen hebben gevarieerd tijdens de metingen, zoals:

- de luchttemperatuur

- de vochtigheidsgraad

- de temperatuur van het sproeiwater

- de temperatuur van het wegdek

- de overige weersomstandigheden (zoals zon, bewolkt, regen, windsnelheid en -richting)

Getracht is deze kenmerken tijdens de metingen zo consequent en korrekt mogelijk te registreren, teneinde eventuele, anders onverklaarbare, afwijkingen van de meetresultaten te kunnen interpreteren.

1.4. Verwachte resultaten)

1.4.1. Algemeen

De verwachte grootte van de invloed van de verschillende factoren op de wrijvingscoëfficiënt in het algemeen is bij de proefopzet aan de orde gekomen (zie bijlage 4). Wegdektype, snelheid, waterlaagdikte en profiëldiepte zijn de factoren die in invloedsklasse I vallen, bandtype valt in klasse II en de beide factoren bandbelasting en bandspanning behoren tot klasse III. De factoren uit klasse I, II en III hebben resp. een relatief grote, minder grote en geringe invloed op de wrijvingscoëfficiënten.

Voor wat betreft de twee-factor-interakties zijn de interakties tussen de factoren wegdektype, snelheid, waterlaagdikte, profiëldiepte en bandtype het meest van belang geacht in de volgorde:

1. wegdektype - snelheid;
2. wegdektype - waterlaagdikte;
3. wegdektype - profiëldiepte;
4. wegdektype - bandtype;
5. snelheid - waterlaagdikte;
6. snelheid - profiëldiepte;
7. waterlaagdikte - profiëldiepte;
8. snelheid - bandtype.

Van de meer-factor-interakties is verondersteld dat alleen de interakties tussen de factoren wegdektype, snelheid, waterlaagdikte en profiëldiepte van belang zijn.

Uit het literatuuronderzoek ten behoeve van de inventarisatie van de invloedsvariabelen (zie bijlage 2) zijn tevens voorspellingen op te maken van de relatieve grootte van de invloed van de factoren op de drie afzonderlijke wrijvingscoëfficiënten. Deze voorspellingen moeten worden vergeleken met de uitkomsten van het onderzoek. Door op deze wijze alle wegdek- en bandkenmerken systematisch na te gaan, kan mogelijk een beter inzicht worden verkregen in de samenhang tussen de kenmerken en de gemeten wrijvingscoëfficiënten. Verwachtingen ten aanzien van μ_y blijken

zeer moeilijk gemotiveerd te kunnen worden. Er is in het algemeen meer kennis beschikbaar over de invloed van verschillende factoren op μ_{xm} en μ_{xb} . Ten aanzien van μ_y is er vrijwel noch empirische ervaring noch theorie aanwezig.

In bijlage 7 is schematisch de verwachting weergegeven van de grootte van de hoofdeffekten en interacties met betrekking tot de wrijvingscoëfficiënten μ_{xm} , μ_{xb} en μ_y .

1.4.2. Verwachte invloed van de wegdekkenmerken

Binnen het kader van de eerste fase van het onderzoek zijn vooral de interactie-effekten van de wegdektypen en de overige meetfactoren als belangrijk gezien.

Het wegdekkenmerk, dat duidelijk voorspellende waarde heeft ten aanzien van de wrijvingscoëfficiënten, is de oppervlaktetextuur. De vraag is nu in hoeverre oppervlaktetextuur andere kenmerken van de vier gekozen meetvakken vertaald kunnen worden in een te verwachten hogere of lagere wrijvingscoëfficiënt.

Oppervlaktetextuur

Verschillen in aard en samenstelling van de verharding van de vier wegdektypen kunnen een voorspelling leveren voor de grootte van de wrijvingscoëfficiënten μ_{xm} , μ_{xb} en μ_y . De SRT-waarde van de wegdektypen geeft alleen een verwachting van de grootte van μ_{xm} (zie bijlage 7, tabel 1).

De gemiddelde textuurdiepte ($\bar{T}\bar{D}$) kan interacties doen veronderstellen van wegdektypen met de snelheid, de profieldiepte en de waterlaagdikte, zowel voor μ_{xm} als μ_{xb} (zie bijlage 7, tabel 3, 4 en 5). Over μ_y is in het algemeen weinig te zeggen, behalve bij de interactie tussen textuurdiepte en snelheid.

Het ruwheidsgetal wordt voor verdere beschouwingen ten aanzien van een verklaring van de grootte van de wrijvingskoëfficiënten van weinig belang geacht. Het geeft in vele gevallen alleen een goede bevestiging van de visuele indruk met betrekking tot de mate van mikro-, resp. makroruwheid van het wegdek.

De verhardingssoort en de SRT-waarde zeggen iets over de volgorde waarin de wegdekken moeten worden geplaatst indien de wrijvingskoëfficiënt als beoordelingskriterium wordt gebruikt. De volgorde naar afnemende grootte van de wrijvingskoëfficiënt wordt:

- meetvak Gorinchem;
- meetvak Raamsdonkveer;
- meetvak Leiden;
- meetvak Kesteren.

Vlakheid

De vlakheid van een weg kan invloed uitoefenen op de gemeten wrijvingskoëfficiënten. De meetvakken onderling vertonen vrijwel geen variatie in vlakheid. Op grond hiervan is het daarom niet aan te nemen dat op de te meten wrijvingskoëfficiënten invloed zal worden uitgeoefend door de verschillen in vlakheid.

Stroefheid

De daling van de stroefheid in het snelheidsgebied van 50 tot 70 km/h veronderstelt een interactie met de snelheid voor μ_{xm} en μ_{xb} .

1.4.3. Verwachte invloed van de bandkenmerken

Vooraf moet worden opgemerkt dat de invloed van elk bandkenmerk op de wrijvingskoëfficiënt slechts apart zal worden bekeken. Op grond van de bestaande kennis is het niet mogelijk het effect na te gaan van een aantal combinaties van kenmerken.

Profielbeschrijving

Ten aanzien van de hoofdkenmerken van het bandtype, zoals die in paragraaf 1.3.3. zijn ingedeeld in vier klassen, wordt verwacht dat een blokprofiel hogere wrijvingscoëfficiënten zal opleveren dan een langspromiel. Dezelfde verwachting geldt voor een band met open schouder ten opzichte van een band met gesloten schouder. Op grond van de profielbeschrijving bestaat dus de verwachting dat Goodyear de gunstigste en Uniroyal de minst gunstige resultaten zal opleveren.

Gemeten profielkenmerken

Een hoog oevergetal kan resulteren in een hoge waarde van de wrijvingscoëfficiënt in langsrichting op gladde wegdekken en niet te veel water en bij hoge snelheden. Bij het bandtype Michelin is een hoge waarde gemeten voor het oevergetal (veel slots). Er wordt dan ook voor dit bandtype een grote invloed verwacht bij de interactie wegdektype - bandtype voor μ_{xm} en μ_{xb} (zie bijlage 7, tabel 6). Een laag luchtgetal is op te vatten als een aanwijzing voor lage wrijvingscoëfficiënten bij relatief grote waterlaagdikte. Hetzelfde geldt voor de A-waarde, die bovendien waarschijnlijk een interactie heeft ten aanzien van μ_{xm} en μ_{xb} . Michelin heeft zowel een ongunstige A-waarde als een laag luchtgetal.

1.4.4. Verwachte invloed van de overige factoren

Waterlaagdikte

Als hoofdeffekt wordt bij een grotere waterlaagdikte een lagere wrijvingscoëfficiënt verwacht (alleen voor μ_x). De interactie met de faktor wegdektype is voornamelijk te verklaren uit de waarde voor de gemiddelde textuurdiepte. Verder zijn er interacties verondersteld met de snelheid en de profieldiepte.

Profiel diepte

Een geringe profiel diepte heeft volgens verwachting een ongunstig effect op alle wrijvingscoëfficiënten, vooral bij hoge snelheden en gladde wegen. Het effect zal minder zijn bij μ_y dan bij μ_{xm} en μ_{xb} . De interactie met het wegdektype is voorspeld uit de waarde \overline{TD} van de vier wegdekken. Zoals al eerder is vermeld, zijn er ook interacties verwacht met de snelheid en de waterlaagdikte.

Bandbelasting en bandspanning

Hoofdeffekten en interacties van bandspanning en bandbelasting worden van weinig belang geacht.

1.4.5. Verwachte invloed van het onderzoek op beleidsbeslissingen

Bij de opzet van het onderzoek is de beleidsrelevantie impliciet opgenomen in de keuze van de meetfactoren en niveau's van de factoren. Uit de eerste fase van het experimentele onderzoek worden echter nog geen expliciete aanbevelingen verwacht voor beleidsmaatregelen betreffende gebruikstoestand van wegdekken en personenautobanden.

2. Uitvoering van het onderzoek

In dit hoofdstuk komen aan de orde: allereerst het meetprogramma zoals het door IWIS-TNO is opgezet; de voorbereidingen voor de metingen; uitvoering van de metingen met de daarbij ondervonden moeilijkheden; tenslotte de vorm waarin de meetresultaten worden gepresenteerd.

2.1. Meetprogramma

Eén van de uitgangspunten voor de proefopzet is de wens geweest dat per dag maar op één wegdek gemeten wordt. De metingen op één dag vormen daardoor een zogenaamd blok. Strengeling van enkele factoren met de blokken reduceert het aantal metingen tot 128. Bij het verdelen van de factoren over de meetdagen zijn geen factoren als "sluitpost" gebruikt, maar allemaal gelijkwaardig behandeld. Met een complete herhaling van het aantal metingen (parallel) kunnen alsnog een aantal interacties worden geschat, zij het minder nauwkeurig. Meerdere herhalingen leveren weliswaar meer informatie, maar gaan ten koste van de efficiëntie van het onderzoek.

Een volgende fase van het experimentele onderzoek kan gericht worden op het verkrijgen van die meerdere informatie. Bovendien is in een later stadium de relevantie van die informatie voor het gehele onderzoek beter te beoordelen.

Het meetprogramma is weergegeven in Bijlage 8.

2.2. Vorbereidingen voor de metingen

Alvorens het meetprogramma te kunnen aanvangen zijn met behulp van een netwerkplanning vele voorbereidende werkzaamheden uitgevoerd. Al genoemd is de aanpassing van de bandenmeetwagen van het Laboratorium voor Voertuigtechniek aan de eisen van de proefopzet. De eisen hebben betrekking op het meten bij hoge snelheden en een vlotte verwerking van de meetsignalen.

Aangezien de banden in een normale gebruikstoestand gemeten dienden te

worden, zijn ter voorbereiding zowel de banden met een "nieuw profiel" als de afgeslepen banden (tot 2 mm) over een afstand van 1000 km ingereden. Daarbij is het van belang geacht, dat de banden op een "normale" wijze worden ingereden, overeenkomend met het normale slijtagepatroon in de praktijk.

Bij de meting zelf wordt de band over een relatief grote afstand vier keer geblokkeerd en worden grote drifthoeken (tot 15⁰) ingesteld. Hierdoor zijn de profieldeeltjes aan een bepaalde slijtage onderhevig die niet overeenkomt met de normale slijtage. Het is daarom nodig gebleken de banden na elke twee metingen opnieuw in te rijden teneinde weer een min of meer normaal slijtagebeeld te verkrijgen.

Voor de beide series van 128 metingen zijn 64 banden nodig waarbij voor elk type en elke profieldiepte twee reservebanden aanwezig zijn. Totaal dus 80 banden. Van alle 80 banden zijn diverse eigenschappen gemeten zoals hoogteslag, onrondheid, onbalans e.d. (zie Bijlage 6, aanhangsel 1). Bij één type band is de hoogteslag van dien aard gebleken dat voor dit type afgezien is van een aselekte keuze van af te slijpen banden. In overleg met IWIS-TNO is besloten de banden van dit type met de grootste hoogteslag niet af te slijpen. Het inrijden van de afgeslepen banden over 1000 km heeft plaatsgevonden nadat de banden met rasp en schuurlijnen zijn voorbereid.

De aanvankelijk voldoende geachte afstand van 500 km voor het inrijden van de banden na de eerste serie metingen is niet voldoende gebleken voor de banden die voor metingen op de ruwe wegdekken gebruikt zijn (Gorinchem en Raamsdonkveer). Vooral ten gevolge van de metingen onder grote drifthoeken hebben de randen van de profieldeeltjes veel geleden en ten gevolge van de relatief lange blokkeertijden is op sommige typen banden het loopvlakrubber ingebrand (zie foto's in Bijlage 6, figuur 10 t/m 13). Dergelijke beschadigingen zijn pas na 10 tot 20.000 km verdwenen. In dit onderzoek zijn alle banden na de eerste serie metingen ingereden over een afstand van 1000 km. Een eventuele invloed van de beschadigingen is bij de uitwerking van de resultaten van dit onderzoek niet vast te stellen.

Om monteren en demonteren van banden om velgen te vermijden was het efficiënt alle banden een eigen vaste velg te geven.

Er zijn voor het type auto -Chrysler (France) 160- waarmee de banden zijn ingereden 80 extra velgen aangeschaft. Voor de montage van deze velgen op de meetnaaf diende een tussenflens voor de meetnaafas gemaakt te worden.

Na een proefmeting met de bandenmeetwagen op één van de wegdekken is het meetprogramma gestart.

De meetsnelheid van 100 km/uur is hoger dan de voor de meetcombinatie geldende snelheidslimiet. Ontheffing van de snelheidsbeperking is aangevraagd en verkregen bij de Rijksdienst voor het Wegverkeer.

2.3. Uitvoering van de metingen

Bij het realiseren van het meetprogramma is het door onvoorziene omstandigheden onmogelijk gebleken de oorspronkelijk door IWIS-TNO opgegeven volgorde van de meetdagen te handhaven. Allereerst zijn ten gevolge van een brand in de bandenmeetwagen de metingen ongeveer twee maanden uitgesteld. Daardoor is er weinig tijd overgebleven voor de uitvoering van de metingen vóór de winterperiode. Verder is in het meetprogramma een eis gesteld aan het aantal metingen dat per dag moet worden uitgevoerd.

Dit aantal van 16 metingen is gedeeltelijk ten gevolge van "inspeel" storingen de eerste dag niet haalbaar gebleken. Zo heeft tijdens de eerste meetdag de meetstrook bij dwarskrachtmetingen een vertekening te zien gegeven, maar deze fout is in de loop van die dag hersteld. De oorspronkelijk te meten rijstrook (bij Gorinchem en bij Raamsdonkveer) heeft zoveel storingen gegeven bij meetsnelheden van 100 km/uur ten gevolge van het overige langzame verkeer dat besloten is alle metingen op de inhaalstrook uit te voeren.

Behalve voor de eerste meetdag zijn er ook problemen geweest voor andere meetdagen. Op het meetvak bij Kesteren zijn door af- en aanrijden van zandauto's op de vastgestelde meetdag de metingen voor die dag onmogelijk gemaakt. Een oplossing is gevonden door alle metingen in Kesteren uit te voeren in de weekeinden. Ook hierdoor is de wille-

keurige, gelote volgorde van de meetdagen aangetast.

Op het meetvlak bij Leiden is voor een wegafzetting gezorgd zodat dat hinder is ondervonden van het overige verkeer.

Als voorwaarde is gesteld dat alleen op dinsdag tot en met donderdag gemeten kan worden tussen 10.00 uur en 16.00 uur. Bovendien is in verband met de lengte van het wegvak bij Leiden tussen de op- en afritten, om het omrijden te beperken en tijd te winnen, de achter elkaar geplande metingen van 50 en 100 km/uur in één run uitgevoerd.

Oponthoud heeft zich ook nog voorgedaan ten gevolge van een beschadiging van een velg, die onderweg niet meer te demonteren viel.

Door het mislukken van enkele meetdagen is er een keus gemaakt tussen twee mogelijkheden.

- De banden die gebruikt zijn op de mislukte meetdag opnieuw laten inrijden en alle metingen die voor de mislukte meetdag gepland zijn, vier dagen later weer uitvoeren. De kans wordt daarbij groter dat het totale meetprogramma niet op tijd kan worden uitgevoerd.
- De volgorde van de meetdagen veranderen in die zin, dat de mislukte meetdagen later worden ingehaald.

De laatste oplossing biedt meer garanties voor een goede afwerking van het hele programma binnen de beschikbare tijd en is dan ook gekozen. Zowel de volgorde van de eerste acht meetdagen als de volgorde van de tweede serie is daardoor gewijzigd.

Tijdens de metingen zijn ook belangrijke kenmerken geregistreerd die niet in het onderzoek zijn opgenomen en betrekking hebben op de weersgesteldheid (zie paragraaf 1.3.4.).

Het uitgevoerde meetprogramma is weergegeven in Bijlage 8.

2.4. Presentatie van de meetresultaten

De meetresultaten van de drie wrijvingscoëfficiënten: μ_{xm} , μ_{xb} en μ_y , zowel het gemiddelde als de standaardafwijking, met vermelding van wegdektype, bandtype, niveau's van de vijf factoren, data en weersgesteldheid zijn opgenomen in Bijlage 8.

Aan de meetresultaten die in tabellen van Bijlage 8 zijn gepresenteerd zijn de invloeden van de meetfactoren niet direkt af te lezen. Deze invloeden zijn te berekenen langs statistische weg, waarbij met een variantie-analyse de significantie van de invloeden is vast te stellen en de gemiddelde waarden opgegeven kunnen worden. Een volledige uitwerking is in het desbetreffende rapport van IWIS-TNO (Bijlage 4) te vinden. In de variantie-analyse wordt gesproken over drie metingen:

1. de meting van de maximale wrijvingscoëfficiënt in langsrichting;
2. de meting van de wrijvingscoëfficiënt bij blokkering van de band;
3. de meting van de wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting.

Hoofdeffekten en significante interacties zijn (vanwege de oriënterende aard van het onderzoek, het grote aantal factoren en de kleine restvarianties binnen dagen) getoetst bij een onbetrouwbaarheid van één procent.

Een eerste analyse is uitgegaan van het niet bestaan van vier- of meer-factorinteracties. Alle hoofdeffekten en de interacties zijn met behulp van variantie-analyse getoetst. Wat ieder van de metingen 1 en 3 betreft zijn slechts 3 van de 33 drie-factor-interacties significant gebleken.

Bij meting 2 zijn alle drie-factor-interacties niet significant uit de berekening gekomen. Nieuwe berekeningen van de variantie-analyses voor de metingen 1 en 2, onder de aanname dat de drie- en meer-factor-interacties niet bestaan, zijn gerechtvaardigd (zie bijlage 4). Deze aanpak heeft geleid tot variantie-analyses die in de bijlagen zijn opgenomen met bijbehorende tabellen van gemiddelden.

3. Resultaat van het onderzoek met interpretatie

3.1. Resultaat van de metingen

De meetresultaten zijn in verschillende presentaties opgenomen in de bijlagen.

Het resultaat van de uitgevoerde metingen, met gemiddelde waarden van de vier keer gemeten wrijvingscoëfficiënten, is weergegeven in bijlage 8. In het rapport over de proefopzet en de analyse van de meetresultaten (zie bijlage 4) staan in tabelvorm de significant bevonden hoofdeffekten en interacties. Verder is in bijlage 9 een vereenvoudigde presentatie gegeven van de significante hoofdeffekten en interacties. Hierin zijn de afwijkingen van de waarden van de wrijvingscoëfficiënten, gemeten onder bepaalde omstandigheden, ten opzichte van de gemiddelde waarden van resp. μ_{xm} , μ_{xb} , en μ_y , weergegeven.

De afwijkingen zijn in bijlage 10 weergegeven en zijn in bijlage 11 grafisch weergegeven. De afwijkingen zijn in bijlage 12 grafisch weergegeven.

3.1.1. Hoofdeffekten

De significante hoofdeffekten zijn in volgorde van grootte:

voor μ_{xm} :	voor μ_{xb} :	voor μ_y :
1. wegdektype	1. snelheid	1. wegdektype
2. snelheid	2. wegdektype	2. snelheid
3. profieldiepte	3. bandtype	3. bandtype
4. bandtype	4. profieldiepte	4. bandbelasting
5. waterlaagdikte	5. bandbelasting	5. profieldiepte
(bandbelasting en	6. waterlaagdikte	6. waterlaagdikte
bandspanning niet	7. bandspanning	(bandspanning niet sig-
signifikant)		nifikant)

3.1.2. Twee-faktor-interakties

De significante interakties zijn in volgorde van grootte:

voor μ_{xm} :

1. wegdektype - bandtype
2. bandtype - profieldiepte
3. snelheid - profieldiepte
4. wegdektype - profieldiepte
5. wegdektype - snelheid
6. snelheid - bandtype
7. profieldiepte - waterlaagdikte

voor μ_{xb} :

1. bandtype - profieldiepte
2. wegdektype - bandtype
3. snelheid - profieldiepte
4. wegdektype - snelheid
5. snelheid - bandtype
6. wegdektype - bandspanning
7. profieldiepte - bandspanning

voor μ_y :

1. wegdektype - bandtype
2. wegdektype - profieldiepte
3. bandtype - profieldiepte
4. wegdektype - snelheid
5. snelheid - bandtype
6. wegdektype - bandbelasting
7. bandtype - bandbelasting
8. profieldiepte - bandbelasting
9. snelheid - waterlaagdikte

3.1.3. Drie faktor-interakties

Alleen voor de wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting zijn de volgende interakties significant bevonden:

1. wegdektype - snelheid - profieldiepte
2. bandtype - snelheid - profieldiepte
3. bandtype - profieldiepte - bandbelasting

3.1.4. Resultaten van de herhalingsmetingen

Aan de hand van de uitkomsten van de 32 herhalingsmetingen, noodzakelijk voor het bepalen van de "achtergrondruis", kan worden gekonkludeerd dat er zeer reproduceerbaar is gemeten, waardoor ook kleine verschillen in wrijvingscoëfficiënten significant kunnen zijn. Tevens is de konklusie gerechtvaardigd dat er geen andere dan meegenomen, belangrijke invloedsgrootheden zijn die in het onderzoek zijn gevarieerd. De resultaten van de herhalingsmetingen zijn ook gebruikt voor de bepaling van de grootte van de invloed van variatie van de buitenluchttemperatuur. Aangezien de herhalingsmetingen twee à drie weken later zijn gedaan is in het algemeen een lagere temperatuur gemeten dan bij de eerste metingen.

Globaal lijkt het verband te zijn dat bij een afname van de temperatuur met 10° C de wrijvingscoëfficiënten met 0,03 toenemen.

3.2. Interpretatie van de meetresultaten

Bij de opzet van het onderzoek heeft de drie-ledige doelstelling van de eerste fase van het experimentele onderzoek als uitgangspunt gediend. De gekozen proefopzet impliceert een verwachting ten aanzien van de resultaten (zie paragraaf 1.4.). Aanloog aan de presentatie van de berekende hoofdeffekten en interakties (zie bijlage 9) zijn de verwachte hoofdeffekten en interakties weergegeven in bijlage 7. Uit de verhouding van het werkelijke resultaat en het verwachte resultaat valt de evaluatie van het onderzoek af te leiden.

In de volgende paragrafen zullen, voordat verklaringen gegeven worden van de grootte van de hoofdeffekten en de significante twee- en drie-faktor-interakties, de verwachte resultaten worden vergeleken met de meetresultaten.

Vooropgesteld wordt dat de invloed van de factoren zoals die gemeten is, niet bijzonder groot is omdat in dit onderzoek geen extreme niveau's voor de factoren gekozen zijn. De grenzen liggen duidelijk binnen het praktische gebied.

3.2.1. Hoofdeffekten

In paragraaf 1.4.1. zijn de factoren wegdektype, snelheid, waterlaagdikte en profieldiepte ingedeeld in klasse I, de faktor bandtype in klasse II en de factoren bandbelasting en bandspanning in klasse III. De volgorde binnen de klassen is willekeurig. Wordt deze indeling vergeleken met de volgorde zoals die uit de meetresultaten naar voren komt (zie paragraaf 3.1.1.), dan valt het volgende op voor de drie wrijvingskoefficiënten in het algemeen:

- de factoren waterlaagdikte en profieldiepte zijn in de verwachting hoger geklasseerd dan bij het meetresultaat;
- de faktor bandtype is in de verwachting relatief laag geklasseerd, terwijl bij het meetresultaat deze faktor een hoge plaats inneemt;
- de factoren waterlaagdikte en bandbelasting liggen bij het meetresultaat vrij dicht bij elkaar, dit in tegenstelling tot de verwachting;
- De verwachting stemt overeen met het meetresultaat voorwat betreft de factoren wegdektype, snelheid, bandbelasting en bandspanning.

Hierna worden, voor zover mogelijk, verklaringen gegeven van de grootte van de hoofdeffekten in een volgorde die overeenstemt met de grootte van de faktorinvloed.

Wegdektype

De volgorde in wrijvingskoefficiënten van de vier wegdektypen is voor μ_x dezelfde. Er is een klein verschil tussen de wegvakken Raamsdonk-

veer en Leiden bij μ_y .

Bij de meting van μ_{xm} (ca. 20% langsslip) heeft het rubber van het loopvlak van de band een snelheid ten opzichte van het wegdek in de orde van grootte van 10 à 20 km/h.

Bij de meting met het SRT-toestel wordt een rubberblokje met een snelheid van ongeveer 12 km/h over de weg bewogen. Het lijkt plausibel dat er een verband bestaat tussen de gemeten SRT-waarden van de wegdekken en de gemeten μ_{xm} voor deze wegdekken. Temeer daar de verwachting ten aanzien van de invloed van de SRT-waarde op de wrijvingscoëfficiënt μ_{xm} , in overeenstemming is met de gemeten μ_{xm} .

Op grond van de visuele waarneming van de oppervlaktetextuur (verhardingssoort) komt de gemeten volgorde tussen de wegdektypen ook redelijk overeen met de verwachting.

Snelheid

De snelheid heeft een zeer grote invloed op de wrijvingscoëfficiënten, in het bijzonder op de blokkeerwaarde. De invloed van de snelheid is het kleinst voor μ_y .

Bandtype

De bandtypen zijn gekozen op grond van de indeling naar profielvorm (langsprofiel, blokprofiel) al of niet met dwarsgroeven in de schouder. De verwachting op deze gronden, dat Goodyear (blokprofiel, open schouder) de hoogste wrijvingscoëfficiënt oplevert, is bevestigd voor wat betreft μ_x . De Uniroyal-band (langsprofiel met gesloten schouder) blijkt de laagste wrijvingscoëfficiënten op te leveren voor μ_x , hetgeen eveneens overeenstemt met de verwachting.

Op grond van deze profielbeschrijvingen kan voor wat betreft μ_y niet zo veel gezegd worden. De volgorde tussen de banden is hier precies omgekeerd. Voor μ_y spelen heel andere factoren van een band een rol, die voor μ_x van minder belang zijn.

Het lijkt bijvoorbeeld dat de driftstijfheid van de banden een belangrijke invloed heeft, die vooralsnog niet geheel te verklaren is.

Een langsprofiel kan een grotere dwarsstijfheid hebben en daarmee een gunstigeffect voor μ_y opleveren. Uniroyal en Michelin zijn staalgordelbanden die een aanzienlijk hogere driftstijfheid bezitten dan Goodyear en Vredestein (textielgordelbanden).

Misschien dat dit bij Uniroyal en Michelin de verwachte nadelige invloed van de profielvorm enigszins compenseert. Het is tevens mogelijk dat een staalgordelband vanwege het stijve loopvlak nadelig is voor μ_x . De Michelin-band heeft zeer veel slots, hetgeen resulteert in een hoog oevergetal. Dit moet vooral gunstig zijn op gepolijste wegdekken, waar een plaatselijke waterfilm door de slots onderbroken kan worden.

De vier wegen waarop gemeten is, hebben alle echter in meer of mindere mate een mikroruwe textuur waarop het effect van slots misschien minder tot uiting komt. Een gunstig effect van slots wordt in de meetresultaten niet gevonden.

Een hoger luchtgetal is mogelijk gunstig. Dit betekent dat meer water in het profiel opgenomen kan worden. Wat dit betreft wijkt alleen Michelin enigszins af van de andere banden, in die zin dat het luchtgetal duidelijk lager ligt.

Op het groefdoorstromingsapparaat is de A-waarde, een maat voor een doorstroomhoeveelheid water, voor Michelin ook lager dan voor de andere banden.

Gemiddeld over beide profieldiepten wijken de andere banden onderling niet veel af. Voor de Michelin-band zijn ook lage wrijvingscoëfficiënten gemeten (De laagste echter voor Uniroyal).

De hysteresis van het loopvlakrubber verschilt nogal sterk tussen de vier banden. Een hogere hysteresis is gunstig voor de wrijvingscoëfficiënten. Goodyear heeft de hoogste hysteresis wat mede bepalend kan zijn geweest voor de hoge gemeten wrijvingscoëfficiënten. De Vredestein-band heeft de laagste hysteresis, terwijl deze band toch op de tweede plaats komt wat de wrijvingscoëfficiënten betreft. Kennelijk zijn andere effecten van overwegend belang.

Een grotere hardheid van de loopvlakrubber blijkt volgens Amerikaanse metingen gunstig te zijn voor μ_y . Goodyear heeft de grootste hardheid maar geeft voor μ_y juist de laagste waarden. Een grotere hardheid van het loopvlakrubber zal meestal een grotere stijfheid (modulus) betekenen en daardoor gunstig kunnen zijn voor μ_y . Goodyear heeft echter wel een hoge hardheid, maar een minder hoge modulus.

Profiel diepte

Bekend is uit o.a. een onderzoek van het Laboratorium voor Voertuigtechniek dat de invloed van de profiel diepte op de wrijvingscoëfficiënten, vooral bij profiel diepten kleiner dan 2 mm, groot is.

Bij metingen is een profiel diepte van 2 mm en 7 mm (nieuwe band) gekozen en de invloed van deze profiel dieptevariatie is dan ook niet zo groot gebleken.

Als verklaring voor het feit dat 2 mm profiel diepte een iets hoger μ_y oplevert, kan men denken aan een grotere stijfheid van het profiel bij een lagere profiel diepte.

In het algemeen echter wordt bij andere onderzoeken voor μ_y een lagere wrijvingscoëfficiënt gevonden bij afnemende profiel diepte, hoewel de invloed kleiner is dan bij μ_x .

Waterlaagdikte

In het algemeen is het te verwachten dat een grotere waterlaag ongunstig is voor alle drie de wrijvingscoëfficiënten. Dit wordt in de metingen bevestigd, hoewel de invloed van deze variatie van waterlaagdikte gering blijkt te zijn. Dit is begrijpelijk, gezien de textuur diepten van de gemeten wegdekken en de niveau's van de profiel diepten en snelheden. Bij grotere waterlaagdikten dan 0,6 mm kan een veel grotere invloed verwacht worden, maar voor vlakke, normaal verkante wegen zonder rijspoorvorming zal een waterlaagdikte groter dan 1 mm extreem zijn.

Bandbelasting

In de literatuur wordt geen duidelijke invloed van de belastingvariatie tussen de gemeten niveau's gevonden. Ook in de meetresultaten is slechts een geringe invloed waar te nemen, die niet direkt verklaarbaar is.

Bandspanning

De invloed van de bandspanning blijkt voor μ_{xm} en μ_y niet significant te zijn en voor μ_{xb} zeer klein. Ook op grond van de bekende literatuur is geen grote invloed te verwachten binnen de gevarieerde niveaus.

3.2.2. Twee-faktor-interakties

Wanneer de van belang veronderstelde twee-faktor-interakties (zie paragraaf 1.4.1) worden vergeleken met de gemeten interakties zijn grote verschillen te konstateren:

- de belangrijke interactie bandtype-profiel diepte is niet verwacht;
- over het algemeen zijn de interacties van bandtype van minder belang verondersteld dan uit de metingen blijkt.
- de interacties van waterlaagdikte zijn daarentegen van meer belang verondersteld dan blijkt uit de gemeten interacties; de interactie wegdektype - waterlaagdikte is als tweede geplaatst in de verwachting en blijkt in het resultaat niet significant te zijn.
- opmerkelijk is de grootte van de gemeten interacties ten opzichte van de verwachte interacties:
wegdektype - bandtype, wegdektype - snelheid en snelheid - waterlaagdikte.

In volgorde van grootte worden de gemeten twee-faktor-interakties toegelicht.

Wegdektype-bandtype

Bij de gemeten interacties valt op dat de Uniroyal-band op het meetvak Kesteren een lage waarde voor μ_{xm} en μ_y oplevert en op het meetvak Gorinchem een relatief hoge waarde; voor de Vredestein-band is dit precies omgekeerd. Hier is geen verklaring voor te vinden. De verwachte interactie van de Michelin-band en het wegdektype van meetvak Kesteren, vanwege het hoge oevergetal van de Michelin-band (veel slots), blijkt

niet te bestaan.

Bandtype-profiel diepte

De grootte van het effect van deze interacties is niet voorspeld.

Zeker de interactie voor μ_y is niet verwacht gezien de in het algemeen minder sterke invloed van de profiel diepte op μ_y .

Op grond van de resultaten van het groefdoorstromingsapparaat (A-waarde) is mogelijk de gunstige resp. ongunstige invloed op de wrijvingscoëfficiënten μ_{xm} en μ_{xb} , bij 2 mm profiel diepte van de Goodyearband resp. de Uniroyalband te verklaren, onverklaarbaar is evenwel de grotere gunstige resp. ongunstige invloed op de μ_y van de Vredestein-band resp. Michelin-band bij 2 mm profiel diepte, in vergelijking met de Goodyear- en Uniroyal-band.

Snelheid - profiel diepte

Bij 100 km/h en 2 mm profiel diepte wordt een negatief effect van deze interactie verwacht op grond van de overweging dat onder deze omstandigheden een maximale hoeveelheid water afgevoerd moet worden en een sterk dalende wrijvingscoëfficiënt hiervan het gevolg zal zijn. Deze verwachting wordt bevestigd door de meetresultaten voor wat betreft μ_x . De invloed blijkt het grootst voor μ_{xm} .

Geen interactie is gevonden voor μ_y , maar zoals al eerder ter sprake is gekomen, is de invloed van de profiel diepte voor μ_y als hoofdeffect ook al erg klein.

Wegdektype-profiel diepte

Voor μ_{xb} is geen significante interactie gevonden. Op grond van de textuur diepten van de wegen is een interactie verwacht die voor Kesteren een verlaging van de wrijvingscoëfficiënt μ_x oplevert voor 2 mm profiel diepte ten opzichte van de gemiddelde waarden.

Voor μ_{xm} is deze interactie inderdaad gevonden. Uit ander onderzoek is gebleken dat de profiel diepte voor wat betreft de μ_y minder sterk beïnvloed wordt door het wegdek dan μ_x . Toch wordt hier dezelfde interactie gevonden als bij μ_{xm} .

Wegdektype - snelheid

Hierbij valt op dat Kesteren bij 100 km/h extra lage wrijvingscoëfficiënten oplevert. Op grond van de gemeten textuurdiepten en de gemeten daling van de stroefheid tussen 50 en 70 km/h is dit ook verwacht. Zelfs de geringe verschillen tussen de overige wegdekken kunnen op grond van de textuurdiepte grotendeels verklaard worden. Dit geldt voor de drie wrijvingscoëfficiënten.

Snelheid - bandtype

De bandtypen Uniroyal en Goodyear liggen duidelijk tegenover elkaar. Zowel voor μ_x als μ_y geeft de Uniroyal-band bij 100 km/uur een ongunstiger waarde dan de gemiddelde; de Goodyear-band geeft een gunstiger waarde. Het effect van de interactie voor μ_{xb} is betrekkelijk klein. Een verklaring voor deze meetresultaten is moeilijk te geven.

Overige twee-faktor-interakties

De interacties

wegdektype - bandbelasting
profiel diepte - waterlaagdikte
bandtype - bandbelasting
wegdektype - bandspanning
profiel diepte - bandbelasting
snelheid - waterlaagdikte
profiel diepte - bandspanning

zijn klein en in alle gevallen slechts voor één wrijvingscoëfficiënt (meestal μ_y) significant bevonden. Deze interacties lijken van weinig belang te zijn, temeer daar de hoofdeffekten van de factoren waterlaagdikte, bandbelasting en bandspanning eveneens klein zijn. Het feit dat van de vier gekozen wegdektypen er geen bij was zonder mikro-en makroruwheid kan de oorzaak zijn van de wel verwachte, doch niet als belangrijk gemeten interacties van de faktor waterlaagdikte.

3.2.3. Drie-faktor-interakties

De interacties tussen de factoren wegdektype, snelheid, waterlaagdikte en profieldiepte zijn van belang verondersteld (zie paragraaf 1.4.1.) Gebleken is echter dat de waterlaagdikte geen significante drie-faktor-interakties veroorzaakt heeft; dit is wel het geval met de andere bovengenoemde factoren en de niet voorspelde factoren bandtype en bandbelasting.

In volgorde van grootte zijn, alleen voor μ_y , significant bevonden de drie-faktor-interakties:

Wegdektype - snelheid - profieldiepte

Deze drie-faktor-interactie geeft alleen voor μ_y een negatief effect aan voor het meetvak Kesteren bij 100 km/h en 2 mm profieldiepte. De μ_y geeft in het algemeen weinig invloed van de profieldiepte te zien, in tegenstelling tot μ_x . Onder de bovengenoemde omstandigheden wordt de hoeveelheid te verwerken water kennelijk voor μ_y ook zo kritiek dat nu op het meetvak Kesteren een grote invloed van de profieldiepte is te zien.

bandtype - snelheid - profieldiepte

Deze interactie heeft alleen voor μ_y een vrij groot effect, in die zin dat de Uniroyal-band bij 100 km/h en 2 mm profieldiepte een iets lagere waarde oplevert dan uit de hoofdeffekten en de twee-faktor-interacties kan worden verwacht. Hierbij moet bedacht worden dat de twee-faktor-interactie snelheid - profieldiepte voor μ_y net niet significant is bevonden, zodat dit effect nu in een drie-faktor-interactie tot uiting komt. Op zich is deze interactie van minder belang. Een verklaring voor deze interactie is moeilijk te vinden.

bandtype - profieldiepte - bandbelasting

Deze interactie is klein en wordt van minder belang geacht. Het lijkt dan ook niet zinvol deze interactie verder toe te lichten.

4. Konklusie uit het onderzoek en aanbevelingen voor het tweede-fase onderzoek

De rapportage over de eerste fase van het experimentele multifactoronderzoek wordt besloten met enerzijds konklusies uit de meetresultaten van het onderzoek en anderzijds aanbevelingen ten behoeve van de volgende onderzoekfase en ten behoeve van eventuele praktische maatregelen.

4.1. Konklusie uit de interpretatie van de meetresultaten

Met nadruk wordt hier gewezen op het feit dat de konklusies betrekking hebben op het gebied, waarbinnen de niveau's van de factoren gekozen zijn. In dit gebied blijkt de invloed van het wegdektype op de wrijvingscoëfficiënten het grootst te zijn.

Ook de invloed van de snelheid is groot.

De invloed van de profieldiepte is vrij klein, hetgeen waarschijnlijk is te wijten aan de toch nog vrij hoge waarde van 2 mm. De factoren bandbelasting en bandspanning blijken van zeer kleine invloed te zijn en kunnen derhalve bij volgende metingen een konstante waarde hebben. De invloed van de waterlaag blijkt vrij klein te zijn binnen de gekozen niveau's.

De wegdektypen leveren belangrijke interacties op in combinatie met de bandtypen, de snelheid en de profieldiepte.

Op grond van de textuurdiepte en de SRT-waarde blijken veel invloeden van het wegdek verklaard te kunnen worden, evenals een aantal gemeten interacties. De optredende effecten zijn opvallend overeenkomstig voor μ_x en μ_y voor wat betreft de wegdektypen.

De snelheid heeft ook grote invloed in interacties met de bandtypen. Dit is moeilijk op grond van bandgegevens te verklaren. Een hoge snelheid gekombineerd met een lage profieldiepte levert een extra lage μ_x op.

De bandtypen leveren onderling wel verschillen op maar deze blijven van beperkte grootte. De verklaring voor de optredende verschillen is erg moeilijk te geven door het zeer grote aantal kenmerken waarin de banden onderling verschillen. Als alle bekende invloeden van variaties in kenmerken in ogenschouw genomen worden, blijkt dat verwacht kan worden dat

het bandtype Goodyear de hoogste wrijvingskoëfficiënten in langsrichting zal opleveren. Dit wordt door de metingen bevestigd.

Voor de andere bandtypen geldt dat bepaalde kenmerken een tegengestelde invloed hebben waarvan de grootte niet bekend is, zodat een uiteindelijke volgorde in gemeten wrijvingskoëfficiënten niet eenduidig verklaard kan worden.

Het lijkt dat de driftstijfheid van banden een vrij grote invloed heeft op μ_y . Waarom is overigens nog niet duidelijk.

Interakties tussen bandtypen en profieldiepten blijken in verband te staan met de metingen op het groefdoorstromingsapparaat voor wat betreft μ_x .

4.2. Evaluatie van het onderzoek

Wanneer de werkelijke resultaten worden vergeleken met de verwachte resultaten kan een grote mate van overeenkomst worden gekonkludeerd. Evaluerend kan gezegd worden dat met dit onderzoek kennisvermeerdering over de invloedsgrootheden van de wrijvingskoëfficiënten tussen band en wegdek is verkregen (conform de specifieke doelstelling 1, zie blz. 8). Eveneens zijn uit de eerste fase van dit experimentele onderzoek de eerste-orde-factoren bepaald, die in het statistische multifactoronderzoek naar de oorzaak van slipongevallen worden meegenomen. Uit het resultaat van de herhalingsmetingen kan men nl. afleiden, dat er geen andere dan de meegenomen factoren van invloed zijn geweest op de gemeten wrijvingskoëfficiënten (conform specifieke doelstelling 2). Uit de eerste fase van het onderzoek zijn nog geen duidelijke beleidsadviezen te geven (specifieke doelstelling 3). Het geven van adviezen aan beleidsinstanties zal in de tweede fase meer benadrukt worden.

4.3. Aanbevelingen ten behoeve van de volgende onderzoekfase

Metingen die volgens een statistische proefopzet uitgevoerd worden, kunnen zeer veel informatie geven, mits er geen metingen noodgedwongen achterwege blijven. Het systeem is zeer gevoelig voor storingen en als de metingen onverwachts voortijdig afgebroken moeten worden is de te verkrijgen informatie gering. Van te voren moet daarom voldoende garantie

voor de uitvoering van de metingen gegeven kunnen worden. Dit kan vooral van belang zijn voor de te benutten meettrajekten. Deze moeten gedurende de geplande meettijd ter beschikking staan, maar in verband met eventuele storing ook na de geplande meettijd nog enige tijd beschikbaar blijven. Het is duidelijk dat hiervoor een afgesloten proefterrein de meeste mogelijkheden biedt. Bovendien staan de wegvakken dan veel langer ter beschikking en kunnen ook volgende proeven op dezelfde wegvakken gedaan worden.

Tijdens de meting op de Rijksweg 4a bij Leiden heeft de Rijkswaterstaat voor een afzetting gezorgd van een rijstrook over een afstand van 4 km. Deze medewerking kan in de meeste gevallen niet worden verleend en bovendien door allerlei bijkomstigheden (te veel wind, andere bezigheden aan de weg, niet beschikbaar zijn van personeel of materieel) kan een dergelijke wegafzetting niet doorgaan. Een ander belangrijk voordeel van een ter beschikking staand proefterrein is het in goede konditie blijven van de meetvakken. Een bepaalde textuur zal niet door het verkeer gepolijst worden. Ook kan het overige verkeer de metingen niet storen en omgekeerd. Het kan echter ook als een nadeel worden beschouwd dat het wegvak niet door normaal verkeer bereden is. De kwaliteit van de proefopzet van de eerste fase zou beter zijn geweest als op de wegdekken in willekeurige volgorde gemeten was. Dit is zonder meer onmogelijk als er geen proefterrein beschikbaar is. Het vinden van de geschikte meetvakken is erg moeilijk geweest en de gekozen trajekten zijn vrij ver van de basis (Delft) komen te liggen.

Storingen kunnen het al snel nodig maken naar de basis terug te keren, hetgeen een verloren kostbare meetdag betekent.

Het is gebleken dat de beschadigingen aan de loopvlakken van banden, gemeten op ruwe wegen, erger zijn dan was voorzien. Hoewel de invloed van de beschadigingen niet gebleken is, is het van belang hiermee rekening te houden en desnoods meer nieuwe banden ter beschikking te stellen en ze slechts één keer te meten.

Bij andere dan statistische proefopzetten zal het gewenst zijn eerst te meten op de minst ruwe wegdekken, teneinde de beschadigingen aan het loopvlak voor de meting zo gering mogelijk te houden.

Het aantal van 16 metingen per dag is, wanneer er geen bijzonderheden optreden, geen probleem. Na een zekere inspeeltijd is het meetprogramma van de eerste fase vrij vlot verlopen.

De eerste-orde-factoren die in de tweede fase van het onderzoek opgenomen dienen te worden, zijn: wegdektype, bandtype, snelheid, profieldiepte en waterlaagdikte.

Bijlagen 1 t/m 4

bij

EXPERIMENTEEL MULTIFACTORONDERZOEK NAAR FACTOREN DIE DE
BESCHIKBARE WRIJVINGSKRACHTEN TUSSEN PERSONENAUTOWAGEN-
BANDEN EN NATTE WEGDEKKEN BEINVLOEDEN

Eerste fase: kwalificatie van de factoren

R-73-8111

Werkgroep Banden, Wegdekken en Slipongevallen, Subcommissie I
Voorburg, 1973

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Bijlage 1

Samenstelling Subkommissie I van de Werkgroep "Banden, Wegdekken en slipongevallen".

De heer J.C. de Bree (vanaf 17 december 1968)
Rijkswegbouwlaboratorium.

Ir. J. v.d. Burg (van 17 december 1968 tot 22 december 1969)
N.V. Nederlandsch-Amerikaansche Autobandenfabriek Vredestein.

De heer J.C.A. Carlquist, voorzitter (vanaf 29 oktober 1969)
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.

Ir. A. Dijks (vanaf 15 oktober 1969)
Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool te Delft.

Ir. P.M.W. Elsenaar (vanaf 28 februari 1968)
Rijkswegbouwlaboratorium.

Ir. J.T. Groennou (vanaf 24 maart 1972)
Instituut voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek TNO.

Ir. B.T. Han (vanaf 28 februari 1968)
Laboratorium voor Wegen en Spoorwegen van de Technische Hogeschool te Delft.

Ir. S.T.M.C. Janssen (vanaf 24 maart 1972)
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.

Ir. H.G. Paar, sekretaris (vanaf 28 februari 1968)
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.

Dr.Ir. H.B. Pacejka (van 28 februari 1968 tot 3 februari 1971)
Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool te Delft.

Ir. L.H.M. Schlösser (vanaf 1 januari 1973)
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.

Ir. M. Slop, voorzitter (vanaf 28 februari 1968 tot 29 oktober 1969)
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.

Ir. F.X.M. Verhulst (vanaf 25 juni 1969)
N.V. Nederlandsch-Amerikaansche Autobandenfabriek Vredestein.

Bijlage 2

1. Inventarisatie van de invloedsvariabelen en hun meetmethoden

Achtereenvolgens worden behandeld de invloeden van de wegdek- en band-kenmerken en overige van belang geachte factoren, zoals de rijsnelheid en waterlaagdikte.

2. Literatuurlijst (blz. 18).

3. Aanhangsel: 2-1. Rapport No. P 136

Laboratorium voor Voertuigtechniek

Technische Hogeschool Delft

"Metingen met het groefdoorstromingsapparaat".

1. Wegdekfactoren

Uit literatuurstudie is gebleken dat de aard en de samenstelling van het wegoppervlak, met name de wegdektextuur, een zeer belangrijke invloed hebben op de wrijvingscoëfficiënten [3, 4, 31 e.a.]. Bij de verschillende onderzoekprojecten wordt het wegdek waarop de metingen van de wrijvingscoëfficiënten plaatsvinden, gevarieerd op minstens twee niveau's. Meestal betreft het dan metingen op een "gladde" weg en op een "stroeve" weg. Zo heeft het Road Research Laboratory in haar onderzoek de wegen in vier klassen ingedeeld aan de hand van het al of niet aanwezig zijn van een makro- en/of mikroruwheid [3]. De makroruwheid is verantwoordelijk voor een snelle waterafvoer uit de contactzone tussen band en nat wegdek. Ten gevolge van de mikroruwheid wordt de resterende waterfilm op een voldoende aantal plaatsen doorbroken ten einde adhesiekrachten tussen bandrubber en wegdek te laten optreden. Als er alleen sprake is van makroruwheid, zullen de wrijvingscoëfficiënten bij lage snelheid laag zijn en relatief langzaam dalen bij toenemende snelheid. In geval er alleen mikroruwheid aanwezig is in de textuur van het wegdek, zullen de wrijvingscoëfficiënten bij lage snelheid hoog zijn maar snel dalen bij toenemende snelheid. Indien er geen mikro- en makroruwheid aanwezig is, zullen de wrijvingscoëfficiënten bij elke snelheid relatief laag zijn. Dit geldt voor wrijvingscoëfficiënten in langsrichting zowel als in dwarsrichting maar in de literatuur wordt meestal alleen over de wrijvingscoëfficiënt in langsrichting gesproken.

Verschillende publikaties zijn verschenen waarin getracht wordt aan de hand van eenvoudige metingen de invloed van de wegdektextuur op de wrijvingscoëfficiënten te voorspellen [15, 16, 21]. Meestal is de korrelatiecoëfficiënt met wegmetingen slechts hoog onder bepaalde omstandigheden. De wrijvingscoëfficiënt van puur bitumineus bindmiddel is zeer laag en van het aggregaat is deze sterk afhankelijk van de scherpte en de grootte van de deeltjes. Voor een goede wrijvingscoëfficiënt en om de daling van de wrijvingscoëfficiënt bij toenemende snelheid klein te doen zijn, is het gewenst dat er in het wegoppervlak veel scherpe delen aanwezig zijn en dat dit oppervlak een grove textuur bezit; het oppervlak moet makro- en mikroruw zijn; zie klasse A in figuur 1 [41]. De scherpte van de weg-

dekruwheden is van belang voor de wrijvingscoëfficiënt in verband met het doorbreken van de waterfilm. De vervuiling van het wegdek (olie, stofdeeltjes, slijtagedeeltjes van band en wegdek) en vooral de mate waarin het wegdek de vervuiling vasthoudt, kan de scherpte van de ruwheden van het wegdek aanzienlijk doen dalen en daarmee een nadelige invloed uitoefenen op de wrijvingscoëfficiënten. Enigszins van belang voor de wrijvingscoëfficiënt is de viscoëlasticiteit van het wegdek (vooral bij bitumen), met name de verschillen in viscoëlasticiteit ten gevolge van temperatuurverschillen.

De mate van ruwheid van de oppervlakttextuur wordt al naar gelang de meetmethoden, gekarakteriseerd door: de gemiddelde textuurdiepte \overline{TD} , het ruwheidsgetal R, de drainagecoëfficiënt, de "profile ratio", e.d. De gemiddelde textuurdiepte, gemeten volgens de Sand-patch methode [52] wordt dikwijls als wegkenmerk gehanteerd voor de daling van de wrijvingscoëfficiënt bij toenemende snelheid.

Van een wegdek kan de textuurdiepte van het oppervlak gemeten worden

- a) volgens de "sand patch" methode: \overline{TD} ;
- b) met de text-ur meter: R.

ad a.

Een vaste hoeveelheid zand met ronde korrelvorm, fractie tussen de zeven 0,3 mm en 0,15 mm, wordt op het wegdek gebracht, met een platte messing schijf, diameter 65 mm, aan de onderzijde (wrijfzijde) bekleed met een schijf van hard rubber (dikte 1,6 mm). Men verspreidt het zand door draaiende bewegingen te maken over het wegoppervlak. Er ontstaat zo een cirkelvormige zandvlek, waarbij de diepten in het oppervlak zijn opgevuld tot het niveau van de hoogste punten. Uit volume zand en diameter vlek bepaald men nu de gemiddelde textuurdiepte \overline{TD} . Bij veel onderzoeken is een verband aangetoond tussen de \overline{TD} en de daling van de wrijvingscoëfficiënt [1, 4, 7, 8, 9, 10]. Alhoewel nog weinig onderzoek in deze is verricht, is het zeer aannemelijk dat er ook een significant verband bestaat tussen de \overline{TD} en de drainagecoëfficiënt W, gemeten met het apparaat van Moore [10].

ad b.

De text-ur meter, een in Amerika ontwikkeld toestel bestaat uit 29 tastnaalden, waarvan de onderlinge afstand bijna 8 mm bedraagt en die bevestigd zijn tussen 2 referentiepenen. De afstand tussen de referentiepenen is 250 mm. Drukt men het instrument op het wegdek dan geven de 29 tastnaalden, die onder veerspanning staan, dezelfde hoogteverschillen aan als die het wegdek ter plaatse van de meetpunten heeft. Een koordje dat de bewegingen van de tastnaalden meemaakt neemt de vorm aan van het wegprofiel ter plaatse van de meetpunten.

Het oppervlakruwheidsgetal R is nu het verschil in lengte van het koordje, dat in 0,001 inch kan worden afgelezen, t.o.v. de lengte als het toestel op een vlakke metalen plaat is geplaatst.

Voor het klassificeren van de oppervlaktextuur gemeten volgens de "sand patch" methode wordt in Nederland veelal de franse klassificatie aangehouden; deze is:

gemiddelde textuurdiepte \overline{TD} in mm	oppervlaktextuur
$\overline{TD} \leq 0,2$	zeer fijn
$0,2 < \overline{TD} \leq 0,4$	fijn
$0,4 < \overline{TD} \leq 0,8$	middel
$0,8 < \overline{TD} \leq 1,2$	grof
$\overline{TD} > 1,2$	zeer grof

Voor autosnelwegen wordt veelal als toelaatbare minimum textuurdiepte de waarde 0,5 mm gehanteerd, hiermede komt een oppervlakruwheidsgetal R van ongeveer 20 overeen.

Uit onderzoek [50] blijkt een significant verband te bestaan tussen \overline{TD} en R. Daar bij de text-ur meter het wegoppervlak wordt gemeten in punten met een interval van ongeveer 8 mm, is de verkregen waarde minder

geschikt om als wegdekkenmerk te hanteren. Meer gegevens over de oppervlakttextuur kunnen worden verkregen uit analyse van foto's, boorcilinders en zgn. replika's van het wegdek. Bij de foto's op ware grootte en bij de boorcilinders is de oppervlakttextuur van verschillende wegdekken te onderscheiden en komen de afmetingen van het aggregaat tot uiting. Van de meetvakken kunnen replika's worden gemaakt van het wegoppervlak. Hierbij wordt een cirkelvormige negatieve afdruk (diameter 15 cm) van het wegoppervlak gemaakt van een silopreen (koudhardende siliconenrubber). Van een negatief kunnen meerdere positieve afdrukken worden vervaardigd van een mengsel van epoxyhars en teer. Op de replika's kunnen drainagemetingen worden verricht. In vooronderzoek zijn verschillende replika's geanalyseerd alsmede ruheidsmetingen uitgevoerd waarbij 33 wegmonsters, afkomstig van 11 wegen zijn verwerkt. De replika's leveren middels eenvoudige apparatuur gegevens over de profiellijn: gemiddelde golflengte, gemiddelde amplitude en spreiding hiervan, dit zowel voor de makroruwheid (10^{-3} tot 10^{-2} m) als de mikroruwheid (10^{-4} tot $5 \cdot 10^{-4}$ m). De mikroruwheid is alleen bepaald op de toppen van de makroruwheid (= aanrakingsoppervlak met de band). De "puntigheid" van de mikroruwheid kan eveneens met behulp van replika's worden bepaald.

Een andere methode voor de bepaling van de profiellijn is het aftasten van het wegdek. Er is echter geen taster bekend waarbij alle ruheden binnen het meetbereik vallen. Veelal zal het onmogelijk zijn de mikroruheden met behulp van een taster te bepalen, daar de mikroruwheid gesuperponeerd is op de makroruwheid. Ook zal de "zachtheid" van het bindmiddel bij bitumineuze wegdekken een probleem zijn. De taster kan daarin gedeeltelijk wegzakken.

Voor de meting van de mikroruwheid is gedacht aan de carbonproef en een slijtageproef. Bij de carbonproef worden een velletje carbon en papier samen met een gelijkmatige druk op het wegdek gedrukt. De "puntjes" van de mikroruwheid zullen dan afdrukken geven op het papier. De mate van zwarting, de grootte en de vorm van de afdrukken kunnen dienen als een maat voor de vorm van de mikroruheden op de toppen van de makroruheden.

De slijtageproef berust op de veronderstelling dat meer (scherpe) mikroruwheid meer slijtage zal veroorzaken aan een blokje materiaal dat over

het oppervlak wordt gewreven. Het is de vraag of de gegevens van de geometrische eigenschappen van het wegdek, zoals verkregen uit de bovenomschreven meetmethoden, voldoende zijn voor het volledig bepalen van de drainerende eigenschappen van het wegdek. Voor de drainage van het wegdek is het namelijk wenselijk dat de makroruwheid niet uit "kommetjes" maar uit "kanaaltjes" bestaat, waardoor het water kan wegstromen. Door middel van metingen met de drainage-meter van het Laboratorium voor Voertuigtechniek kunnen gegevens over de drainage verkregen worden.

Ook de vlakheid van het wegdek (gedefinieerd in de orde van één meter tot enkele centimeters) is van belang voor de beschikbare wrijvingskrachten, in verband met plasvorming op het wegdek en met het optreden van dynamische veranderingen in wielbelasting. Deze vlakheid van het wegdek kan gemeten worden door middel van de viagraaf en de schokmeter. De resultaten kunnen worden uitgedrukt in de gemiddelde amplitude en de golflengte van de oneffenheden.

De schokmeter bestaat in principe uit een zwaar rechthoekig frame, dat gedragen wordt door één wiel (figuur 2). De as van het wiel is bevestigd aan de middens van twee slappe éénbladige veren, als demping worden met olie gevulde schokdempers gebruikt. Bij het meten wordt de schokmeter met een constante snelheid van 50 km/h voortgetrokken en worden de amplitudes van het trillend systeem (wiel + veren) t.o.v. het frame gemeten en gesommeerd. De schokmeterwaarde wordt gedefinieerd als de som (uitgedrukt in inches) van de opgaande verticale bewegingen van de wielas ten opzichte van het frame per kilometer weglengte.

Voor de kwalificering van de vlakheid van wegen is door het RWL de volgende norm vastgesteld:

schokmeterwaarde	< 55	vlakheid goed		
"	"	55 - 95	"	voldoende
"	"	95 - 140	"	matig
"	"	> 140	"	slecht

De viagraaf bestaat in principe (figuur 3) uit 4 kleine bruggen, 2 grotere bruggen en een hoofdframe. Elke kleine brug wordt gedragen door 2 wieltjes en is scharnierend verbonden met een uiteinde van een grotere

brug. De middens van de 2 grotere bruggen zijn weer scharnierend verbonden met het hoofdframe. De wieltjes liggen in één lijn, de totale lengte van het instrument is ongeveer 10 m. In het midden van het hoofdframe is een meetwiel gebouwd, waarvan de verticale bewegingen t.o.v. het hoofdframe worden geregistreerd op een hoogteschaal van 1:1 en een lengteschaal van 1:100.

Om tot een waardering van het gemeten langsprofiel te komen wordt door het geregistreerde profiel een rechte lijn getrokken, de zgn. nullijn, die te beschouwen is als het theoretisch gemiddelde langsprofiel. Evenwijdig met deze nullijn, in het gebied tussen nullijn en profiellijn, worden voor zover nodig lijnstukken getrokken, die gelegen zijn op afstanden van 5, 10, 15 mm enz. onder en boven de nullijn. De lengte van deze lijnstukken wordt opgemeten; de som van de lengten van de lijnstukken vermenigvuldigd met 100 en gedeeld door de nullijnlengte van het beschouwde vlak is het afwijkingspercentage C5. Worden bovengenoemde lijnstukken getrokken op afstanden, die gelegen zijn op 3, 6, 9 mm enz. onder en boven de nullijn dan kan verder op gelijke wijze als boven is vermeld het afwijkingspercentage C3 worden bepaald.

Voor de kwalificering van de vlakheid van wegen gemeten met de viagraaf wordt voornamelijk het afwijkingspercentage C5 gebruikt, de kwalificatie:

afwijkingspercentage C5	< 7,5	vlakheid goed
"	"	7,5 - 20 vlakheid voldoende
"	"	20 - 40 vlakheid matig
"	"	> 40 vlakheid slecht

Onder de stroefheid van een wegdek wordt verstaan de wrijvingscoëfficiënt tussen een band of rubberblokje en een wegdek, gemeten volgens een gestandaardiseerde meetmethode. Stroefheidsmetingen van het Rijkswegenbouwlaboratorium worden uitgevoerd met een meetwagen volgens de gestandaardiseerde meetmethode "vertraagd wiel". Hierbij wordt een meetwiel (drifthoek 0°) met een konstante snelheid voortgetrokken, het meetwiel krijgt een opgedrongen hoeksnelheid zodanig dat met een wiel slip van 86% wordt gemeten.

Verdere standaardisaties zijn: er wordt gemeten op een nat wegdek bij een gesproeide waterlaagdikte van 0,5 mm, met een standaardmeetband, een loopvlak van natuurrubber, het profiel V 83, de bandenmaat 5.60/13, een bandbelasting van 200 kgf en een bandspanning van 2 kg/cm²; de standaardmeetsnelheid is 50 km/h. De verhouding tussen de horizontale wrijvingskracht en de verticale bandbelasting geeft de wrijvingscoëfficiënt. Voor de beoordeling van de stroefheid wordt de wrijvingscoëfficiënt gemeten bij 50 km/h gebruikt en het percentage stroefheidsdaling bij snelheidstoename van 50 tot 70 km/h (percentage daling = $\frac{f_{50} - f_{70}}{f_{50}} \times 100\%$).

Stroefheidsdaling bij toenemende snelheid is behoudens bandfactoren voornamelijk afhankelijk van de waterlaagdikte op de oppervlakttextuur van de weg. De daling van de stroefheid in relatie met de oppervlakttextuur is in vele landen onderzocht [1, 4, 7, 8, 9, 10]. Hierbij is veelal de gemiddelde textuurdiepte of de profielratio als wegdekkenmerk gehanteerd. Een inzicht in de gemiddelde daling van de stroefheid bij toenemende snelheid op wegdekken is gegeven in [10].

Voor een beoordeling van de wrijvingscoëfficiënten gemeten bij 50 km/h heeft het RWL een kwalifikatienorm opgesteld, waarbij de klasse 0,51 t/m 0,55 als "matig stroef" en de klasse 0,56 t/m 0,70 als "stroef" wordt aangegeven en als toelaatbare minimum waarde 0,51 wordt geadviseerd.

De stroefheid van wegdekken kan tevens bepaald worden met het SRT toestel (British Portable Skid Resistance Tester), een door het Engelse Road Research Laboratory ontwikkeld instrument. Het meetprincipe is: aan het uiteinde van een slinger is een rubberblokje bevestigd dat tijdens een slingering over het te meten (vooraf nat gemaakte) oppervlak glijdt. De hierbij verbruikte energie, te bepalen uit de opslingerhoogte, wordt van een op het instrument bevestigde schaal afgelezen en wordt in de SRT-waarde uitgedrukt in een getal van 0 tot 100. Per meetpunt wordt ongeveer 100 cm² wegooppervlak gemeten en op elk meetpunt worden tenminste 5 slingeringen (wanneer er geen uitschieters zijn) genomen, de gemiddelde waarde hiervan is de SRT-waarde voor het meetpunt.

De zo verkregen SRT-waarde wordt soms gebruikt als een maat voor de mikroruwheid van het wegoppervlak. In [11] is gegeven dat er een significant verband is tussen de SRT-waarde en de Engelse "side way force coefficient" bij 30 mijl per uur en tevens tussen de SRT-waarde en de koëfficiënt van een geblokkeerd wiel bij 30 mijl per uur. Bij Nederlandse onderzoeken is er geen duidelijk verband gevonden tussen de SRT-waarde en de stroefheid gemeten met het standaardapparaat van het Rijkswegenbouwlaboratorium [10].

Andere wegkenmerken zoals lengteprofiel en dwarsprofiel beïnvloeden de afvoer van het water naar de zijkanten van de weg (statische drainage) en kunnen daarom van belang zijn voor de optredende wrijvingskrachten tussen de autoband en het wegdek.

Een kwalifikatienorm voor de SRT-waarden is in Nederland nog niet volledig vastgesteld. In Engeland wordt wel een norm gehanteerd; hier wordt voor soortgelijke wegvakken als de meetvakken een toelaatbare minimum waarde van 65 aangehouden.

2. Bandfactoren

De beschrijving van een aantal eigenschappen van de band (hier betreft het voornamelijk personenautobanden) die relevant zijn voor de beschikbare wrijvingskrachten zal naast geometrische eigenschappen zoals profilering, ook andere eigenschappen omvatten: bandkonstruktie, rubbersamenstelling, bandenmaat, bandbelasting en bandspanning.

Profilering

De profilering van de band dient voor het verdringen c.q. opnemen van het water uit het contactvlak tussen de band en het wegdek. Hiertoe zal het water eerst van onder de rubber naar de kanalen en "slots" (kleine insnijdingen) van de profilering moeten stromen. Bij een normaal over het loopvlak verdeelde profilering kan ter karakterisering van de afstand van een willekeurig punt van het contactvlak tot het dichtsbijzijnde kanaal of slot worden gekozen het quotiënt;

totale "oeverlengte" van alle kanalen en slots

omtrek van het kontaktoppervlak bij verwaarlozing van de profilering

Dit quotiënt, het oevergetal, is tevens een maat voor het "veegeffekt" (het doorbreken van een waterlaagje) van de randen van de insnijdingen. Deze randen kunnen gemakkelijker door de waterfilm heendringen.

De oeverlengte en de omtrek van het kontaktoppervlak worden met behulp van een curvimeter opgemeten van een kontaktafdruk van de band op papier.

Het water zal voor een deel in een slot of kanaal kunnen worden opgenomen. De opnamecapaciteit kan worden uitgedrukt in het percentage dat het gezamenlijk oppervlak van de kanalen en slots deel uitmaakt van het totale kontaktoppervlak. Het quotiënt van de oppervlakken is het luchtgetal. Met behulp van een planimeter kunnen de oppervlakken van de kontaktafdruk van de band worden opgemeten. In dit luchtgetal komt het belang van de slots onvoldoende tot zijn recht. De slots verlagen namelijk plaatselijk de hydrodynamische druk van het water onder de band, zodat contact tussen de band en het wegdek mogelijk wordt. Van de slots zijn daarom de volgende gegevens van belang: breedte, lengte, aantal en het open of gesloten zijn (wel of niet uitmonden in een kanaal).

Het water dat niet kan worden opgenomen zal uit het contactvlak moeten worden afgevoerd. Ter karakterisering van de afvoerkapaciteit van de profilering is oorspronkelijk getracht langs analytische weg een be-

schrijving te geven van de geometrie van de profilering omdat dit overeenkomt met de toegepaste klassifikatiemethode voor wegdekeigenschappen. Een aantal proeven met banden hebben echter uitgewezen dat hierbij zoveel veronderstellingen moeten worden gemaakt, dat een redelijke uitkomst niet te verwachten is. Om dezelfde reden is afgezien van een elektrisch analogon van de geometrie van de profilering waaruit de afvoerkapaciteit voorspeld zou kunnen worden.

Uiteindelijk is besloten de afvoerkapaciteit langs experimentele weg te bepalen, hoewel dit minder goed overeenkomt met de gevolgde methode voor de klassifikatie van wegdekken. Hiertoe is een "groefdoorstromingsapparaat" ontworpen waarmee het mogelijk is op een aantal plaatsen in het contactvlak het profiel "aan te stromen" met een voor de praktijk realistische hoeveelheid water (bv. tussen 1 en 10 liter per seconde). De daarvoor benodigde druk kan worden gemeten en is een maat voor de weerstand tegen doorstromen die het profiel bezit. Zie verder rapport no. P 136 van het Laboratorium voor Voertuigtechniek (Aanhangsel 2-1). Een loopvlakprofiel met veel fijne insnijdingen zal een relatief hoge wrijvingscoëfficiënt in langsrichting opleveren op gladde wegdekken bij niet te veel water [1, 3, 11, 27] en vooral bij hoge snelheden (100 km/h) [4]. Bij grote hoeveelheden water verliezen de slots hun effect, evenals op ruwe wegen [1, 3]. Een verhoging van het aantal groeven bij konstante groefbreedte levert hogere waarden op voor de wrijvingscoëfficiënt in langsrichting [1, 3]. In een enkel geval [1] wordt een lagere waarde, maar meestal een hogere waarde [3, 10] van de wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting gevonden.

Bij een groter aantal groeven en een konstant luchtgetal wordt de groefbreedte kleiner. De invloed op de wrijvingscoëfficiënt in langsrichting is daarbij gering [14], terwijl voor de wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting een verhoging gevonden wordt [3]. Een toename van de breedte van de groeven bij een konstant luchtgetal resulteert in een hogere wrijvingscoëfficiënt. Bij verbreding tot grotere waarden dan 5 mm wordt geen effect gevonden [3]. Dwarsgroeven in het loopvlakprofiel, een kenmerk van radiaalbanden, geven een sterke verbetering te zien van de wrijvingscoëfficiënt gemeten met geblokkeerd wiel en blijken weinig invloed te hebben op de wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting [1, 10].

Een "tread wear indicator", een dammetje van 1,6 mm hoogte in de groeven van het profiel zou nadelig kunnen werken voor de blokkeringswaarde van de wrijvingscoëfficiënt bij kleine profieldiepten.

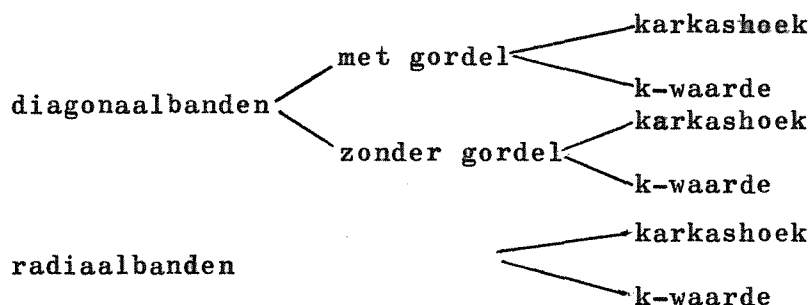
Profiel diepte

De invloed van de profieldiepte op de wrijvingscoëfficiënten is afhankelijk van de rijsnelheid, de dikte van de waterlaag, de geaardheid van het wegdek en de konstruktie en de profilering van de band. In de literatuur wordt de grote invloed van de profieldiepte meestal aangetoond door metingen met gladde en geprofileerde banden [3, 4, 10, 11, 31 e.a.] De invloed van een op meer niveau's variërende profieldiepte is nagegaan bij [10, 37, 38 en 39]. Hierbij is gebleken dat in het algemeen bij afnemende profieldiepte de wrijvingscoëfficiënt aanvankelijk vrij geleidelijk zal dalen. Bij een profieldiepte die minder wordt dan 2 à 3 mm zal de wrijvingscoëfficiënt sterk progressief lager worden [37]. Bij hoge snelheden en gladde wegen is dit effect het grootst. De invloed van de profieldiepte blijkt op de wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting minder te zijn dan op die in langsrichting en de blokkeringswaarde [37].

Bandkonstruktie

Onder bandkonstruktie wordt meestal de opbouw van het karkas verstaan. Voor Europa zijn twee typen van belang, de radiaalband en de diagonaalband. De bias-belted band wordt vrijwel alleen in de Verenigde Staten toegepast. Radiaalbanden geven door de grotere loopvlakstijfheid meer vrijheid in de vormgeving van het profiel zonder direkt in konflikt te komen met problemen betreffende de duurzaamheid van de banden. Dwarsgroeven blijken met deze banden minder problemen op te leveren dan bij diagonaalbanden en in het profiel van de radiaalbanden zijn dan ook vrijwel altijd dwarsgroeven aanwezig, die gunstig zijn voor de wrijvingscoëfficiënten. Door de grotere stijfheid van de gordel bij radiaalbanden worden de groeven in het contactvlak van de band en het wegdek nauwelijks dichtgedrukt [22], zodat voor radiaalbanden in het algemeen hogere wrijvingscoëfficiënten worden gevonden [3, 7, 13, 25].

Een indeling van de banden naar karkassoorten is mogelijk volgens:



De karkashoek is gedefinieerd als de helft van de hoek die de koorden van de verschillende koordlagen in het midden met elkaar maken.

Vooraf bij diagonaalbanden is de invloed van deze karkashoek vrij groot. Een grotere hoek zal in het algemeen grotere wrijvingscoëfficiënten, maar een geringere stabiliteit geven.

De hoogte-breedte verhouding wordt voor een belangrijk deel bepaald door de karkashoek, zodat deze verhouding niet als aparte faktor behoeft te worden aangemerkt.

De k-waarde is een maat voor de stijfheid van het karkas die gevonden wordt door het verband uit te zetten tusschen de bandbelasting en de bandspanning. Indien men de lijnen voor de verschillende bandindrukkingen in deze grafiek extrapoleert, blijken ze elkaar te snijden in het punt waar de belasting nul is. De daarbij behorende (negatieve) bandspanning is de bedoelde k-waarde.

Het materiaal van het karkas is zeer belangrijk voor de eigenschappen van de band, doch een probleem bij de klassifikatie is dat bij elk materiaal een bepaalde rubbersoort (voor het karkas) de beste combinatie vormt. Hierdoor zal de invloed van het karkasmateriaal niet kunnen worden geïsoleerd. Het is wellicht beter de invloed van het karkasmateriaal en rubbersoort van het karkas uit te drukken in een resultante daarvan, de karkasstijfheid.

De aan- of afwezigheid van een breker (verstijvingsgordel onder het loopvlak) bij een diagonale band heeft ook invloed op de wrijvingscoëfficiënten. Verder heeft de loopvlakradius een geringe invloed op de wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting binnen de variatie van 8 - 12 inch. Er is

wat dit betreft geen invloed op de blokkeringswaarde van de wrijvingskoëfficiënt.

Rubbersamenstelling van het loopvlak

Hoewel de in de praktijk gebruikte rubbersoorten in het algemeen niet sterk differentiëren kan het toch van belang zijn de rubbersamenstelling als aparte faktor te onderkennen. Door middel van standaardtestmethodes kan de rubbersamenstelling worden uitgedrukt in twee grootheden: de "rebound" (een funktie van de hysteresis) en de hardheid.

Bij onderzoek naar de invloed van de rubbersamenstelling op de slipweerstand zijn meestal zeer sterk uiteenlopende rubbermengsels gemeten, zoals butadieenrubber (BR), natuurrubber (NR), styreen-butadieenrubber (SBR), Butylrubber.

De rubbersamenstellingen van normale produktiebanden voor personenwagens zullen slechts in geringe mate onderling verschillen. De slechts geringe variaties rond de SBR-samenstelling kunnen echter wel een verschil in hardheid en hysteresis opleveren. De vier bovengenoemde rubbersoorten zullen in de genoemde volgorde een toenemende hysteresis vertonen en een toenemende wrijvingskoëfficiënt. Butylrubber wijkt wat dat betreft iets af. De wrijvingskoëfficiënt van deze rubbersoort is sterker temperatuurafhankelijk dan die van de andere soorten, wat bij hogere snelheden en dus hogere temperaturen zal resulteren in relatief lage wrijvingskoëfficiënten [2, 3, 4, 8, 9].

De invloed van de hysteresis van de loopvlakrubber wordt in het algemeen groot genoemd. De hysteresis wordt vaak uitgedrukt in een reboundpercentage (lage rebound betekent een hoge hysteresis). Bij een rebound van 30% en 50% wordt een groot verschil in wrijvingskoëfficiënten gevonden [20]. Meestal wordt echter gesproken over hoge en lage hysteresis [4, 9, 31]. De invloed van de hysteresis is op zeer gladde wegdekken gering of verwaarloosbaar [20, 31], maar bij enige mikroruwheid toch ook duidelijk aanwezig [20]. Een hoge hysteresis is gunstig voor de slipweerstand en duidelijk ongunstig voor de slijtageweerstand [9, 23]. Een hogere hardheid van de loopvlakrubber blijkt gunstig te zijn voor de wrijvingskoëfficiënt in dwarsrichting [2].

De rubbersamenstelling voor bedrijfswagenbanden wijkt door de sterk afwijkende gebruiksomstandigheden nogal af. Hierbij zal voornamelijk NR gebruikt worden, wat een duidelijk ongunstig effect is voor de wrijvingscoëfficiënten [22]. De invloed van de rubbersoort op de slijtageweerstand van de band is voor het onderzoek naar de wrijvingscoëfficiënten van minder belang geacht.

Bandenmaat

Het onderzoek naar de beschikbare wrijvingskrachten is in de eerste fase alleen gericht op de banden van personenauto's. De variatie in bandenmaat bij personenauto's is meestal gering. In een later stadium is mogelijk de invloed van de bandenmaat op de wrijvingscoëfficiënten te onderzoeken wanneer er een uitbreiding plaatsvindt van het onderzoek over de banden van bedrijfswagens.

Bandbelasting en bandspanning

De invloed van de bandbelasting en de bandspanning op de wrijvingscoëfficiënten is in het praktische gebied waarschijnlijk klein. Toch is het wenselijk deze invloedsgrontheden in het experimentele onderzoek mee te nemen omdat in de auto de invloed van bandbelasting en -spanning wel degelijk is te merken door verandering van de stabiliteit. De stabiliteit van het voertuig is overigens een aspect dat een rol speelt bij het ontstaan van slipongevallen en dient om die reden wel ingevoerd te worden in de totale opzet van het onderzoek: "Banden, Wegdekken en Slipongevallen". De invloed van de belasting blijkt niet groot te zijn [7, 11]. Op zeer gladde wegdekken heeft een verhoging van de belasting een gunstig effect op de wrijvingscoëfficiënt gemeten met geblokkeerd wiel [1]. Bij een variatie in de belasting tot het niveau van de zware bedrijfswagens blijkt een toenemende belasting (samen met de daarbijbehorende sterk verhoogde bandspanning) erg ongunstig te zijn [22, 24]. De bandspanning wordt vaak bekeken in verband met aquaplanen. Veelal wordt de aquaplaningssnelheid alleen afhankelijk van de bandspanning beschouwd [7, 17, 18, 19]. Dit is slechts ten dele en alleen onder extreme omstandigheden

juist, zoals op meerdere plaatsen is aangetoond [3, 33, 34]. Onder normale omstandigheden, bij niet extreme waterlaagdikten, wordt in het algemeen een zeer geringe invloed van de bandspanning gevonden [7, 11, 10]. Soms wordt op een gladde weg een optimum gevonden, maar de verschillen zijn gering [1]. Dit geldt voor een variatie in het gebied van ongeveer 1, 2 tot 2,2 ató. In de klasse van de zware bedrijfswagens blijken de hogere bandspanningen (5 - 8 ató) ongunstig te zijn voor de wrijvingskoëfficiënten [22].

3. Overige invloedsvariabelen

Snelheid

De invloed van de snelheid op de wrijvingscoëfficiënten is sterk afhankelijk van de eigenschappen van de band en het wegdek, zoals al eerder is vermeld. Het verband tussen de wrijvingscoëfficiënten en de rijnsnelheid heeft dan ook vaak een niet-lineair karakter en is niet apart na te gaan omdat de invloed van de snelheid te veel verweven is met de invloed van de andere variabelen. In diverse onderzoeken is de snelheid op minstens twee niveau's gevarieerd.

Waterlaagdikte

Voor wat betreft de invloed van de waterlaag kan onderscheid gemaakt worden in "normale" en "grote" waterlaagdikten. Op een vlakke weg met normale verkanting (1,5 en 2%) zullen waterlaagdikten van 1 mm al extreem zijn [29, 31]. Als een weg echter niet vlak is, kunnen plassen ontstaan waarin ook grotere waterlaagdikten aanwezig zijn. Hetzelfde geldt in het geval van spoorvorming in een wegdek. In die gevallen kan aquaplanen optreden. Voor een gladde band op een normaal wegdek is bij 130 km/h al minstens 3 à 4 mm water nodig voor het optreden van aquaplaning [35]. Voor geprofileerde banden 4 tot 7 mm water. In de literatuur wordt meestal de invloed van "grote" waterlaagdikten bekeken (tot ~10 mm waterlaagdikte) [2, 3, 10, 31]. Echter voor een "net natte" weg en een weg met 1 mm waterlaagdikte kan al een vrij grote invloed op de wrijvingscoëfficiënten gevonden worden [31]. De "normale" waterlaagdikten zijn nauwelijks te voorkomen; een juiste verkanting, een vlakke weg en een slijtvaste toplaag op het wegdek kunnen waterlaagdikten groter dan 1 mm echter wel voorkomen.

Temperatuur

In het algemeen blijkt een toename van de temperatuur gepaard te gaan met een afname van de wrijvingscoëfficiënten. Dit wordt voornamelijk ver-

oorzaakt door een afname van de hysteresiskomponent. De adhesiecomponent van de wrijvingscoëfficiënt zal veel minder van de temperatuur afhangen en kan ook toenemen bij toenemende temperatuur [12]. Er bestaat een vrij grote overeenkomst in de numerieke invloed van de temperatuur. De temperatuursinvloed op de wrijvingscoëfficiënten blijkt ongeveer 0,04 per 10°C temperatuurstijging te zijn [1, 6, 11, 36]. Een moeilijkheid is, dat meestal de buitenluchttemperatuur wordt opgegeven maar de van belang zijnde temperatuur is die in het contactvlak band-wegdek. Deze hangt o.a. af van de temperatuur van het wegdek, de band, het gesproeide water enz. Mede om deze redenen zal er bij de bepaling van de invloed van de temperatuur nogal wat spreiding in de meetresultaten worden gevonden.




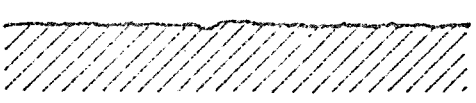
wegoppervlak		oppervlak - textuur	
		macro- schaal	micro- schaal
A		grof	ruw
B		grof	gepolijst
C		fijn	ruw
D		fijn	gepolijst

fig. 1 overzicht oppervlakt texturen

Bij de macroschaal wordt gedacht aan afmetingen in de grootte - orde van ongeveer 1 tot 10 à 20 mm en bij microschaal van ongeveer 0,1 tot 1 mm.

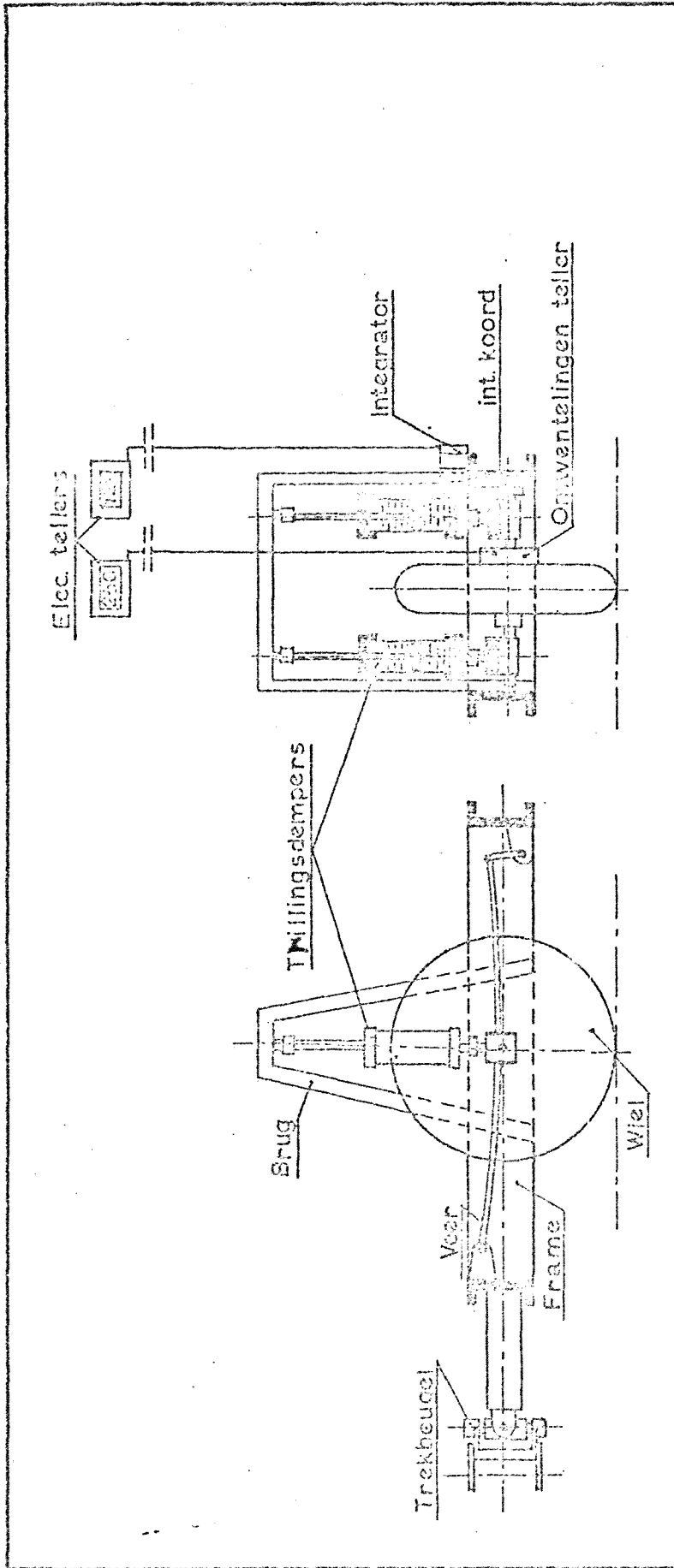
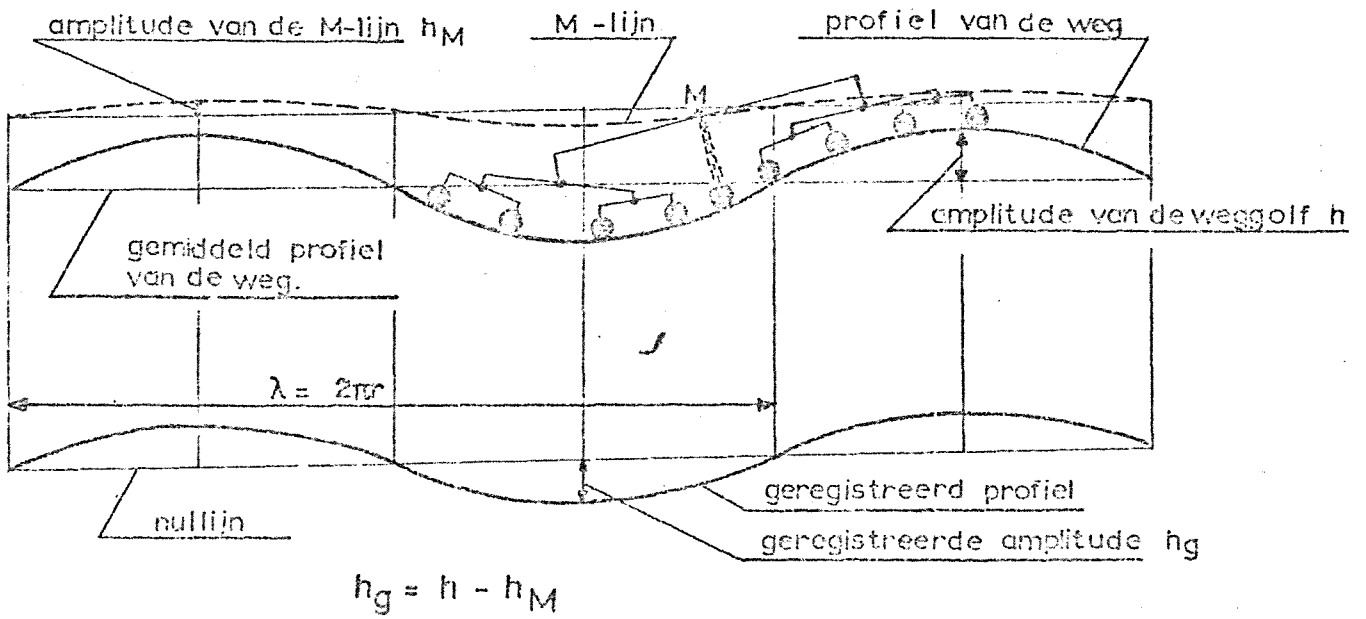


fig.2 Schema van de schokmeter



3. Schema van de viagraaf rijdend over een sinusoid.

Literatuurlijst

1. J.D. Kelley jr. (Firestone). Factors affecting passenger tire traction on the wet road. SAE 680138.
2. A.G. Veith (Goodrich). Measurements of wet cornering traction of tires. Rubber Chemistry and Technology. Sept. 1971 vol. 44 nr. 4.
3. B.J. Allbert and J.C. Walker (Dunlop). Tyre to wet road friction. First Paper - Tyre to wet road friction at high speeds. Proc. Instn. Mech. Engrs. 1965 - 66 Vol. 180 Pt 2A no. 4.
4. G. Maycock (R.R.L.). Tyre to wet road friction. Second Paper - Studies on the skidding resistance of passenger-car tyres on wet surfaces.
5. A.H. Neill (NBS). Claims that siping increases wet traction of tires not borne out by NBS-tests. SAE journal, July 1971 Vol 79 no. 7.
6. State of the art of skid resistance research. Highway Research Board HRB special report 95, 1968.
7. W.E. De Vinney (Goodyear). Factors affecting tire traction. SAE 670461.
8. G. Jones. The skidding behaviour of motor vehicles. Proc. Instn. Mech. Engrs. (A.D.) no. 1 1962 - 1963.
9. Kunio Sasake. Studies on tyre wear. Journal of the Institute of Rubber Industries IRI 5 (1971 - 06) no. 3.
10. Gengenbach. Experimentelle Untersuchung von Reifen auf nasser Fahrbahn. A.T.Z. 70 (1968) nr. 3, 8 und 9.
11. Proc. First Intern. Skid Prevention Conference. Virginia Council of highway investigation and research. Charlottesville Virginia, aug. 1959

12. W.E. Meyer & H.W. Kummer (Pennsylvania State Univ.). Pavements friction and temperature effects. Highway Research Board, Special Report 101, 1969.
13. J.K. Meades. The effects of tyre construction on braking force coefficients. R.R.L. - L.R. 224 (1969).
14. G. Maycock. Experiments on tyre tread patterns. R.R.L. - L.R. 122 (1967).
15. Kraemer. Zahlmässiger Zusammenhang zwischen der Raubeit der Strassenoberfläche und ihrer Griffigkeit bei Nässe. Strasse und Tiefbau 9/71 p. 663, sept. 1971.
16. Schulze. Tijdschrift: Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, artikelen over ruwheid van wegen. Heft 103.
17. W.B. Horne & R.C. Dreher. Phenomena of pneumatic tire hydroplaning. Nasa Technical Note TN-D-2056. Langley Research Center.
18. W.B. Horne; T.J. Yager & G.R. Taylor (NASA). Recent Research on ways to improve tire traction on water, slush of ice. De Ingenieur, nr. 39, 30 sept. 1966 - L39.
19. W.B. Horne & U.T. Joyner (NASA). Pneumatic tire hydroplaning and some effects on vehicle performance. SAE 970 C.
20. C.G. Giles (R.R.L.). Factors influencing the friction between tyre and road under wet conditions. Symposium on control of vehicles - Instn. Mech. Engrs. (1964).
21. a) H. Danghaday & G.G. Balmer. A theoretical analysis of hydroplaning phenomena. Highway Research Record nr. 311 (1970). Highway Research Board.
b) R. Schonfeld. Photo-interpretation of skid resistance. Highway Research Record nr. 311 (1970). Highway Research Board.

22. H.C.A. van Eldik Thieme & A. Dijks. Het gedrag van banden op natte wegdekken. De Ingenieur 24, 25 (1971).
23. W.J. Dobie (Uniroyal). Problems of obtaining multiple optima in passenger-car tire performance. SAE 690511.
24. F.T.W. Lander & T. Williams. The skidding resistance of wet runway surfaces with reference to surface texture and tyre conditions. R.R.L. - L.R. 184.
25. J.K. Meades. Braking force coefficients obtained with a sample of currently available radial ply and crossed ply car tyres. R.R.L. - L.R. 73.
26. T. Williams. The skid resisting properties of lorry tyres. R.R.L. - Technical Note TN 314 (1968) (not for publication).
27. V.E. Gough, D.W. Badger (Dunlop), 1966. Tyres and road safety. Paper presented at the Fifth World Meeting of the International Road Federation.
28. Aquaplaning, cars and commercial vehicles. Dunlop publikatie.
29. H.J. Höcker. Nasse Fahrbahnoberflächen - Definition und Einflussfaktoren. Strasse und Autobahn 10/1971 p. 452.
30. W.N. Edwards. Ministry of Technology - Material division - Report no. 157. Proc. of the conf. on "Friction and wear in tyres". June 1969.
31. B.E. Sabey; T. Williams & G.N. Lupton (R.R.L.). Factors affecting the friction of tires on wet roads.
32. R. Lamm & H.E. Herring (Karlsruhe). Der radiale Kraftschlussbeiwert in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. Strasse und Autobahn 11/1970 p. 435.

33. W. Gengebach. Das Verhalten von Kraftfahrzeugreifen auf trockener und insbesondere nasser Fahrbahn. Dissertation, Karlsruhe, 1967.
34. W. Gengenbach. Experimentelle Untersuchungen über das Aufschwimmen von Kraftfahrzeugreifen auf nasser Fahrbahn. Automobil-Industrie 4/67.
35. Permanent International Association of Road Congresses. XIV Congress Prague 1971 - Technical Committee on Slipperiness.
36. A. Dijks. Experimenteel multifactoronderzoek naar de wrijvingscoëfficiënten band-wegdek. Eerste fase - wegmetingen. Rapport Laboratorium Voertuigtechniek P143 (1971).
37. A. Dijks. Minimum profieldiepte? Rapport Laboratorium Voertuigtechniek P146 (1971).
38. G.C. Stanghton. The effect of tread pattern depth on skidding resistance. R.R.L. - L.R. 323 (1970).
39. A study of relationships between tire tread depth and the likelihood of accidents involvement. Highway Safety Foundation (1971).
40. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1969. Slipongevallen, Eerste interimrapport van de SWOV Werkgroep Banden, Wegdekken en Slipongevallen.
41. H. Schram en J.M. Arnst. Textuurdieptemetingen op rijkswegen. Publikatie nr. 1, Rijkswegenbouwlaboratorium, 1970.
42. J.C. de Bree. Stroefheidsmetingen op wegdekken. Wegen, juli en september 1966.
43. P.M.W. Elsenaar. Stroefheid van wegdekken. Pre-advies Ned. Wegencongres, Congresdag 1970.

44. XIV Congrès Mondial Prague 1971. Rapport Comité de la glissance, hoofdstuk 3.
45. B.E. Sabey; T. Williams & G.N. Lupton. Factors affecting the friction of tyres on wet roads. R.R.L. Report.
46. G. Kuhlverg. Influence of the amount of water on a pavement upon the coefficient of friction. National Swedish Road Research Institute.
47. B.E. Sabey. Road surfaces characteristics and skidding resistance. Journal of British Granite and Whinstone Federation. Vol. 5, nr. 2, Autumn 1965.
48. B. Torchet et B. Lajoine. Corrélation entre frottement longitudinal route bloquée et frottement transversal a dérive élevée. Laboratoire Central des Poids et Chaussées.
49. B.E. Sabey. Wet road resistance at high speeds on a variety of surfaces on A1. R.R.L. Report 131.
50. Verslag der Werkzaamheden. Rapporten en grafieken van het Rijkswegenbouwlaboratorium.
51. Development and performance of the portable skid-resistance tester. Road Research Technical Paper No. 66.
52. The measurement of texture depth by the sand patch method. Road Note No. 27, Road Research Laboratory, 1969.

Aanhangsel 2-1

TECHNISCHE HOOGESCHOOL

DELFT

Laboratorium voor Voertuigtechniek

Rapport No. P 136

Metingen met het groef-
doorstroomapparaat.

G.K. Groels november 1970



LABORATORIUM VOOR VOERTUIGTECHNIEK
TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

Telefoon 01730-33222, toestel 6644

Mekelweg 2 Delft

Rapport No. P 136

○ de werp. Metingen met het groefdoorstroomapparaat.

Uitgevoerd door G.K. Groels

Datum en uitvoering: november 1970

Opdrachtgever: Prof.Ir. H.C.A. van Eldik Thieme

Dit rapport mag geheel of gedeeltelijk slechts worden gepubliceerd of voor reklamedoeleinden worden gebruikt met schriftelijke toestemming van de Technische Hogeschool te Delft.
Aanvragen om advies worden alleen behandeld op voorwaarde, dat de aanvrager afstand doet van ieder recht op aansprakelijkheid terzake van het gegeven of te geven advies.

Metingen met het groefdoorstroomapparaat t.b.v. de S.W.O.V.

Inhoud

1. Inleiding. -2-
Definities van de gebruikte begrippen.
 2. Ontwerp van de proefopstelling voor het groefdoorstroomapparaat -3-
t.b.v. de S.W.O.V.
 3. Uitvoering der metingen. -7-
 4. Het uitwerken der meetgegevens. -9-
 5. Overzicht meetresultaten. -10-
- Grafiek 1. De karakteristieke grootheden P_{\max} , $\phi_{v \max}$ en A.
- Grafiek 2. Verzamelgrafiek van de krommen $P = f(\phi_v)$.
- Grafiek 3. $P = f(\phi_v)$ voor Vredestein sprint banden met verschillende profieldiepten.
- Grafiek 4. $P_{\max} = f(\phi_{v \max})$ voor radiale banden met zijdelingse uitstroming.

1. Inleiding.

Naar aanleiding van proefnemingen voor de S.W.O.V. met het door hun ontworpen groefdoorstroomapparaat, waarmee de drainagecapaciteit van autobanden moest worden bepaald, is een onderzoek gedaan naar de correlatie tussen bij deze proeven naar voren gekomen "karakteristieke" grootheden.

Definities van de gebruikte begrippen.

- P = De "statische" druk van het water, gemeten vlak voordat het door de spleetvormige opening van het groefdoorstroomapparaat stroomt.
- ϕ_v = De volumestroom, die het gevolg is van de ingestelde waterdruk P .
- $P = f(\phi_v)$ = Aanduiding van de karakteristiek die het verloop weergeeft van de druk P bij een toenemende stationaire volumestroom ϕ_v .
- P_{\max} = De druk waarbij de eerste punten van de band, in het contactvlak gelegen, loskomen van het groefdoorstroomapparaat.
- $\phi_{v \max}$ = De bij P_{\max} behorende volumestroom.
- A = Karakteristiek-oppervlak.

2. Ontwerp van de proefopstelling voor het groefdoorstroomapparaat
t.b.v. de S.W.O.V.

In verband met uit te voeren metingen met het groefdoorstroomapparaat is het nodig dit toestel in een proefopstelling op te nemen.

Als eis werd door de S.W.O.V. gesteld dat, aan het groefdoorstroomapparaat een volumestroom ϕ_v van $10 \text{ dm}^3/\text{sec}$ bij een druk P van 8 ato zal worden toegevoerd.

Gedaacht werd om aan deze eis te voldoen door gebruik te maken van een pomp.

Eisen te stellen aan deze pomp:

$$\phi_v = 10 \text{ dm}^3/\text{sec}$$

Opvoerhoogte 80 m WK

met N pomp \approx 15 PK

Een pomp van een dergelijke grootte was echter niet op korte termijn te verkrijgen.

Dit oorspronkelijke voorstel van de S.W.O.V. is daarom niet overgenomen, zodat een andere methode ontwikkeld moest worden. Deze bestaat nu uit een buffervat, dat via een reduceerventiel, gevoed, het water met een konstante druk laat uitstromen. Het hiervoor benodigde reduceerventiel, loosco-safety super regulator voor lucht code Nr. 60260, was op korte termijn te verkrijgen. Met dit reduceerventiel kan bij een voedingsluchtdruk van 200 ato en een secundaire druk van 8 ato, een volumestroom van $78 \text{ Nm}^3/\text{sec}$ onderhouden worden.

Dit zou overeenkomen met ongeveer $10 \text{ dm}^3/\text{sec}$ lucht van 8 ato, hetgeen voldoende is om de druk in het buffervat konstant te houden.

Voor het verkrijgen van de vereiste primaire druk van 200 ato en voldoende grote luchtstroom is men dan aangewezen op de luchtvoorziening van het Laboratorium voor Aero- en Hydrodynamica. Maximaal te verkrijgen luchtdruk 300 ato bij een capaciteit van $2000 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Het meten van de volumestroom geschiedt door een vaste hoeveelheid water (20 dm^3) uit het buffervat te laten stromen en de hiervoor benodigde tijd te meten. De waterhoeveelheid wordt afgelezen met

behulp van een peilglas. De tijd wordt gemeten met een stopwatch, die op 0,1 sec nauwkeurig kan worden afgelezen.

De belasting op de band wordt ingesteld met behulp van een vijzel, waarop een dynamometer is gemonteerd die geschikt is voor belastingen tot 1000 kg. De band en de vijzel zijn gemonteerd op het juk dat ook ook is gebruikt voor de luchtlagerproefstand (zie tek. 27-114).

Figuur 1 geeft schematisch de proefopstelling weer, terwijl fig. 2 een totaalbeeld van de opstelling laat zien. Fig. 3 toont het groefdoorstroomapparaat tijdens een meting.

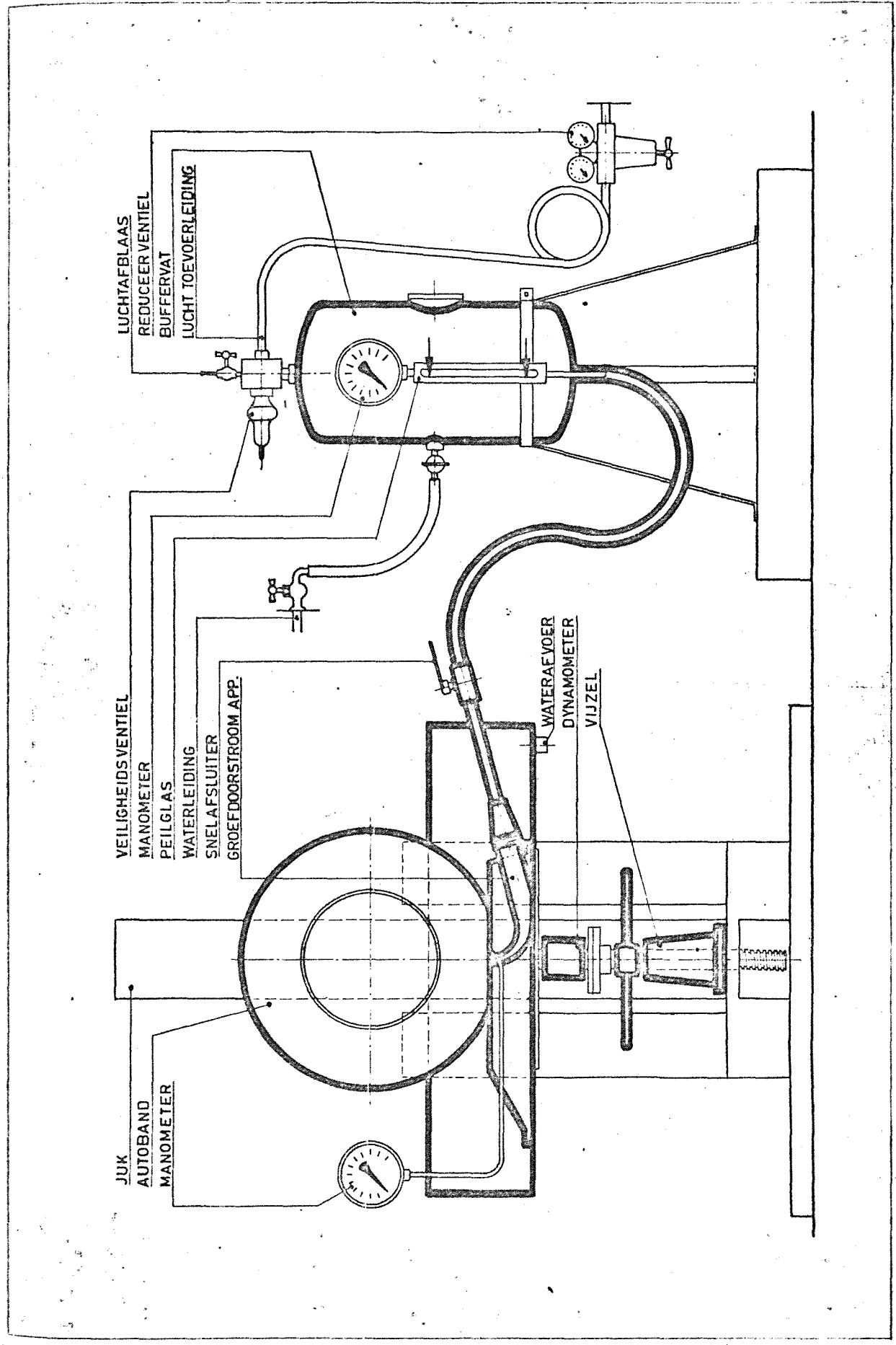


fig.1

Schematische weergave van de
PROEFOPSTELLING.

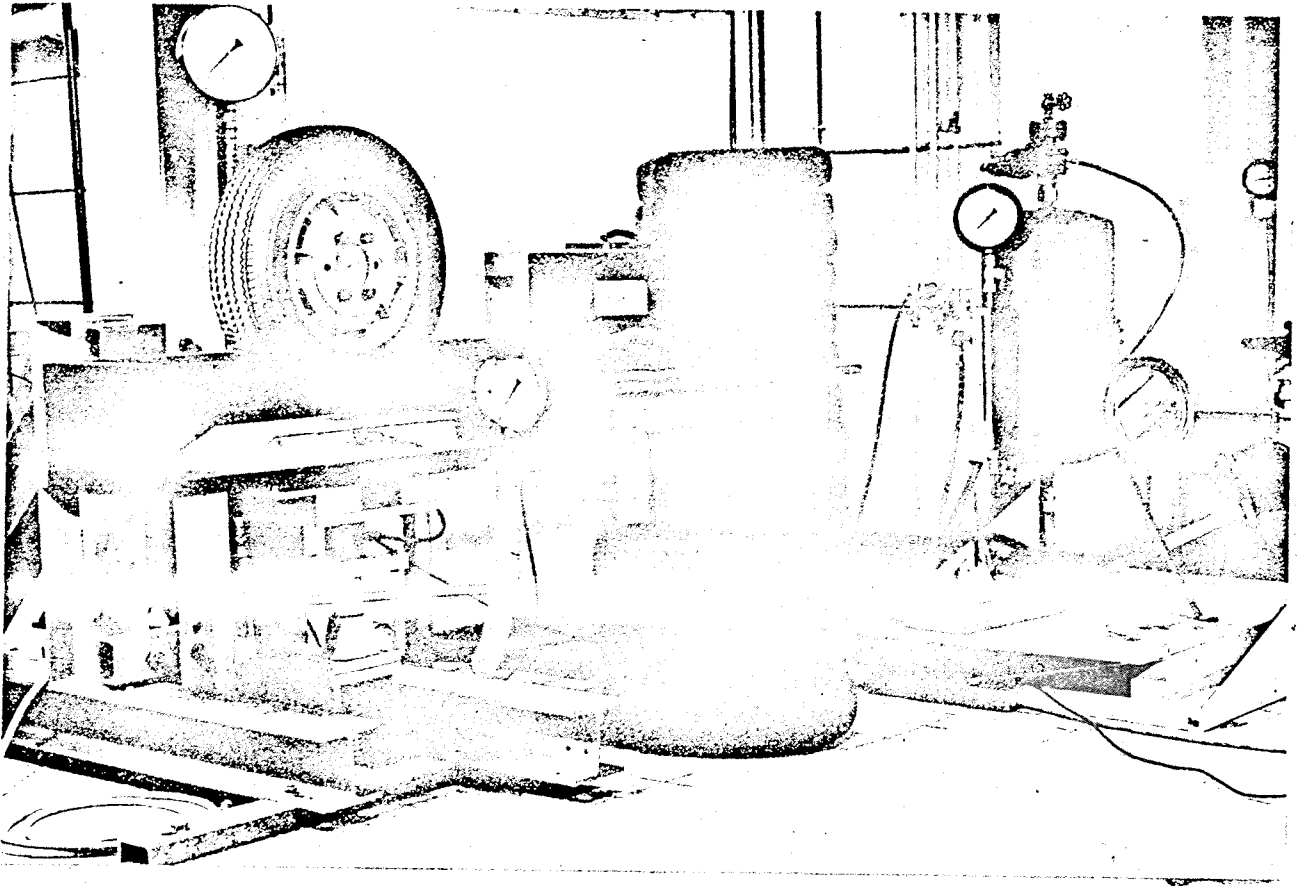


Fig. 2. Meestopstelling

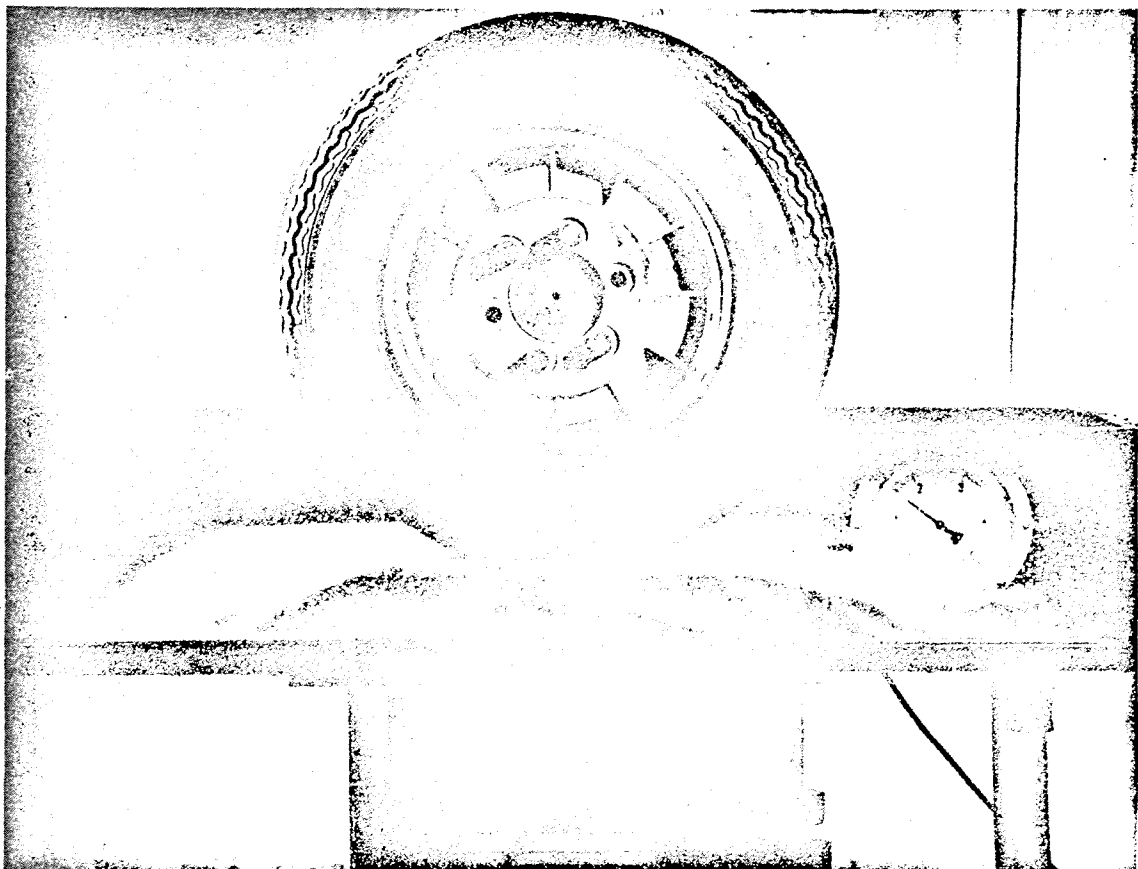


Fig. 3. Groefdoorstroomapparaat tijdens een meting

3. Uitvoering der metingen.

Om reproduceerbaar te kunnen meten, moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan.

3.1. De bandspanning.

Deze moet nauwkeurig worden ingesteld. Voor de proefnemingen is gebruik gemaakt van een precisiemanometer met een meetbereik van 5 kg/cm^2 en een schaalverdeling in $0,05 \text{ kg/cm}^2$.

De bandspanning bedroeg voor de beproefde banden:

Radiaalbanden: 165 R 13
165 SB 13 1,8 ato bij een belasting van 330 kgf
165 HR 13
165 SR 13

Diagonale band: 590 - 13 ; 1,7 ato bij belasting van 330 kgf

3.2. Het plaatsen van de band boven de spleet van het groefdoorstroomapparaat.

De band moet steeds zodanig boven de spleet worden geplaatst, dat het hart van het contactvlak samenvalt met het hart van de spleet.

Ook moet steeds hetzelfde punt van de band in het hart van het contactvlak worden gekozen om een serie waarnemingen bij toenemende druk P reproduceerbaar te kunnen doen. Bij banden met een onregelmatig profiel moet voor verschillende punten op de omtrek van de band de functie $P = f(\phi_v)$ worden bepaald. Als karakteristiek wordt dan de gemiddelde $P = f(\phi_v)$ opgegeven.

3.3. Het aanbrengen van de belasting.

De belasting wordt aangebracht met behulp van een schroefvijzel en wordt gemeten met een dynamometer die een gevoeligheid heeft van $4/3 \mu \text{ rek/kgf}$. De rekmeter heeft een schaalverdeling in stappen van $10 \mu \text{ rek}$.

Tussen twee metingen moet de band steeds worden ontlast, om de invloed van kruip op de meetresultaten te elimineren.

Ook moet de belasting steeds regelmatig en niet te snel worden opgevoerd. Tijdens de meting neemt de belasting t.g.v. kruip langzaam af. Ze wordt daarom opgevoerd tot 340 kgf bij het begin van de meting.

Aangenomen is dat de gemiddelde belasting voldoet aan de gestelde eis van 330 kgf.

3.4. Het meten van de waterdruk P.

Het meten van de ingestelde waterdruk gebeurt met een precisieanometer die een meetbereik heeft van 5 kgf/cm² en die afleesbaar is tot op 0,05 kgf/cm². Voor het instellen van de druk kan het verschil maken of de snel-afsluiter (fig. 1) langzaam of snel wordt geopend (zie grafiek 1). Het openen moet steeds snel gebeuren, dit om $P = f(\phi_v)$ reproduceerbaar te kunnen bepalen.

3.5. Het meten van de volumestroom ϕ_v .

Deze wordt gemeten door de tijd te meten die nodig was voor het uitstromen van een vaste hoeveelheid water (20 dm³). De stroming moet stationair zijn. Op het peilglas (fig. 1) zijn 2 merkstrepen aangebracht. Passeert het waterniveau de bovenste merkstreep, dan wordt de tijdmeting gestart. Passeert het waterniveau de onderste merkstreep, dan wordt de tijd gestopt. Het volume tussen de twee merkstrepen is 20 dm³. De tijd kan met een stopwatch tot 0,1 sec nauwkeurig worden afgelezen. De metingen zijn voor elk meetpunt 2 à 3 maal herhaald, afhankelijk van het goed of minder goed reproduceren van het meetresultaat.

De grootte van ϕ_v wordt berekend uit:

$$\phi_v = \frac{20}{t} \text{ dm}^3/\text{sec}$$

4. Het uitwerken van de meetgegevens.

4.1. Voor alle beproefde banden, zijn de krommen $P = f(\phi_v)$ getekend, zie de grafiek 2.

Tevens zijn de functies $P = f(\phi_v)$ opgenomen voor Vredestein-Sprint banden met verschillende profielhoogten. Deze karakteristieken zijn weergegeven in grafiek 3.

Uit deze karakteristieken zien we dat voor de Vredestein-Sprint band $\phi_{v \max}$ lineair toeneemt met de profieldiepte.

In grafiek 4 is een mogelijk verband tussen P_{\max} en $\phi_{v \max}$ aangegeven.

4.2. Uit de krommen $P = f(\phi_v)$ zijn P_{\max} en A op de volgende manier bepaald.
=====

Het vlakke stuk van de kromme $P = f(\phi_v)$, zie grafiek 1, behorende bij de eerste degressieve toename van P, wordt verlengd in de richting van de P-as. Vanuit de oorsprong trekken we de raaklijn aan de kromme $P = f(\phi_v)$. Het snijpunt van de raaklijn met de rechte heeft de coördinaten P_{extreem} , $\phi_{v \text{ extreem}}$.

Door het punt $0,9 P_{\text{extreem}}$, $\phi_{v \text{ extreem}}$, trekken we een rechte lijn, evenwijdig aan het vlakke gedeelte van $P = f(\phi_v)$.

Het snijpunt van deze evenwijdig getrokken lijn met de kromme $P = f(\phi_v)$ heeft de coördinaten:

P_{\max} , $\phi_{v \max}$, die we als karakteristiek voor het verloop van de kromme zullen beschouwen.

Het karakteristieke oppervlak A wordt begrensd door de P-as, P_{\max} en de functie $P = f(\phi_v)$.

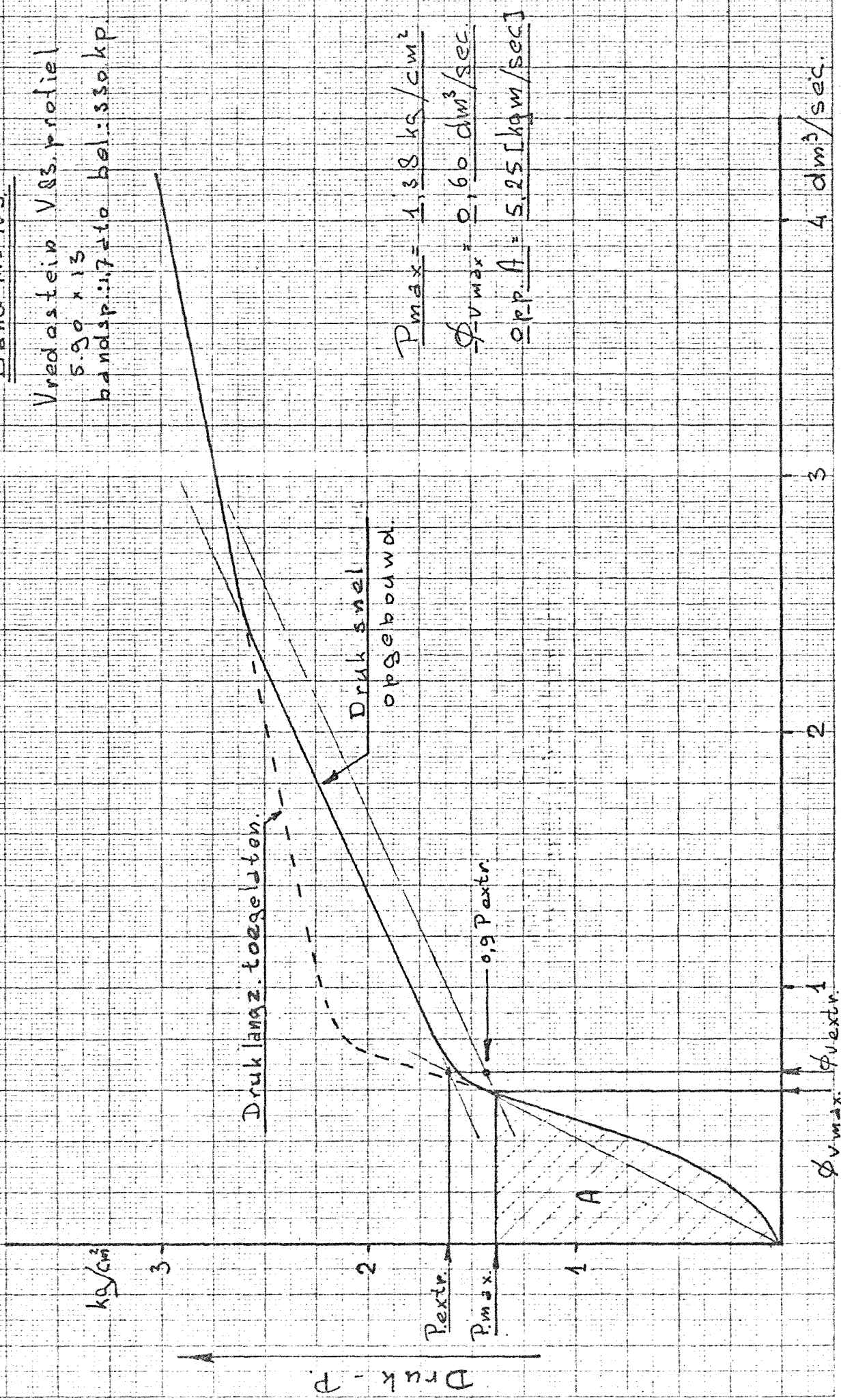
5. OVERZICHT METREESULTATEN

<u>Bandnr.</u>	<u>Fabriekaart</u>	<u>Maat</u>	<u>Uitvoering:</u> R = Radiaal D = Diagonaal	$\frac{P_{max}}{kgf/cm^2}$	$\frac{v_{max}}{dm^3/sec}$	$\frac{A}{kgf.m/sec}$
13	B.F. Goodrich	165-SR-13	R	3,38	2,70	59,25
97	Vredestein	165- R-13	R	2,27	2,08	30,50
98	Michelin	165-SR-13	R	1,80	0,78	7,22
99	Kleber Colombes	165-SR-13	R	2,46	1,47	23,11
100	Continental	165-SR-13	R	2,28	1,31	18,75
101	Uniroyal	590 - 13	D	1,52	1,24	11,58
102	Good-Year	590 - 13	D	1,45	0,71	5,71
103	Vredestein	590 - 13	D	1,38	0,60	5,25
104	Good-Year	165-SR-13	R	2,63	2,07	32,65
105	Dunlop	165-HR-13	R	2,32	1,78	25,40
106	Vredestein	165-SR-13	R	2,42	1,74	25,01
				2,15	1,07	14,65
				1,95	0,61	7,26
		165-SR-3		1,98	0,26	3,22
				1,84	0,17	1,82

Karakteristieke grootheden.

P_{max} ; ϕ_{vmax} ; A
 Band N^o 103.

Vredastein VSS. profiel
 5.90 x 13
 bandsp. 17 ato bel. 330 kp



Volumestroom ϕ_v

Druk - P

kg/cm²

ϕ_{vmax} ; $\phi_{vextr.}$

$P_{extr.}$
 P_{max}

$P_{max} = 1.38 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi_{vmax} = 0.60 \text{ dm}^3/\text{sec}$
 $opp. A = 5.25 \text{ [kgw/sec]}$

Druk langz. toegelaten.

Druk snel opgebouwd.

A

$Q_{v \text{ max}} = 1,14 \text{ l/min}$
 $P_{\text{max}} = 0,6784 \text{ Q}_{v \text{ max}} + 1,23$

$P = f(\phi v)$

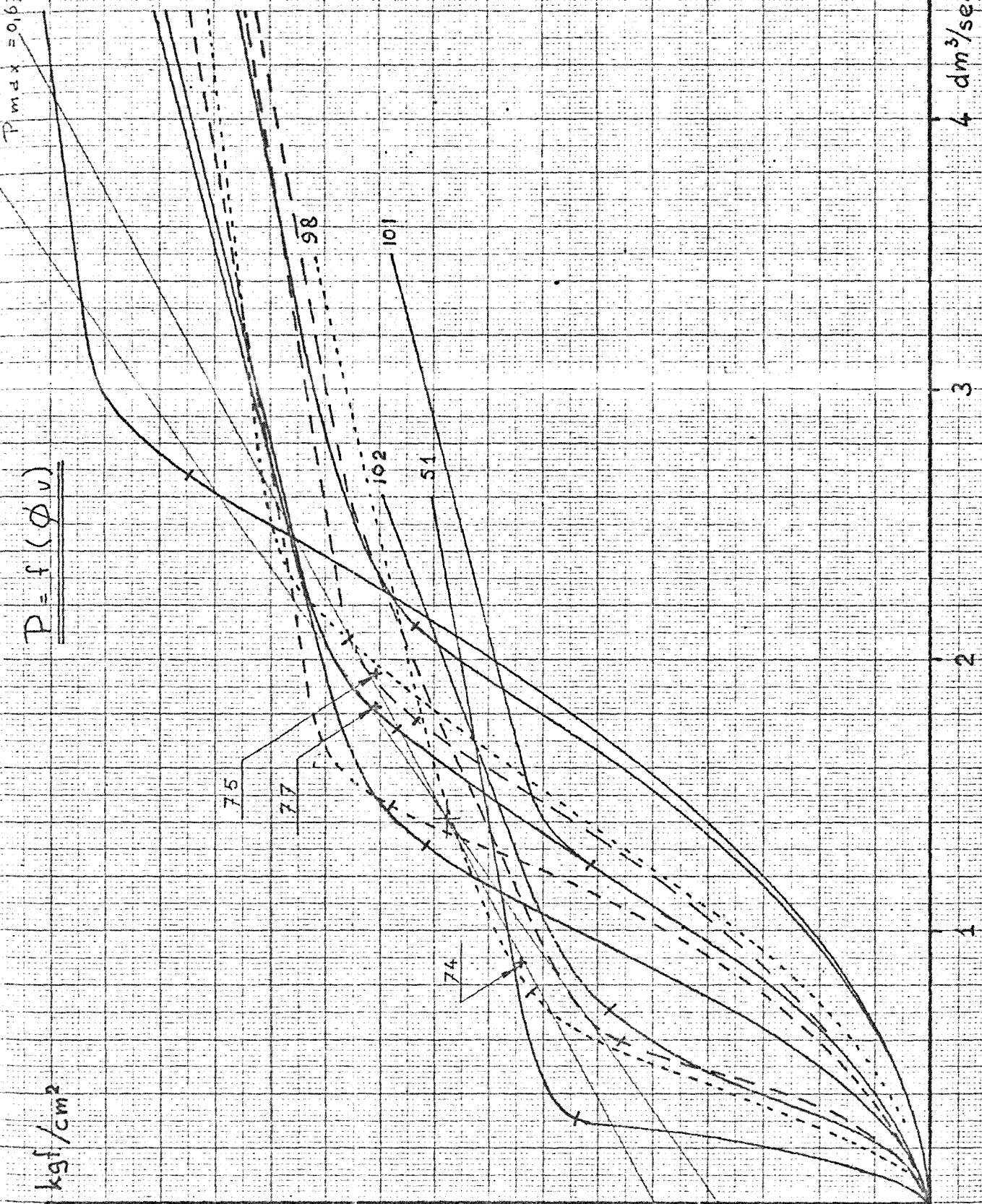
4 kgf/cm²

3

2

1

Statische crup P



4 dm³/sec.

3

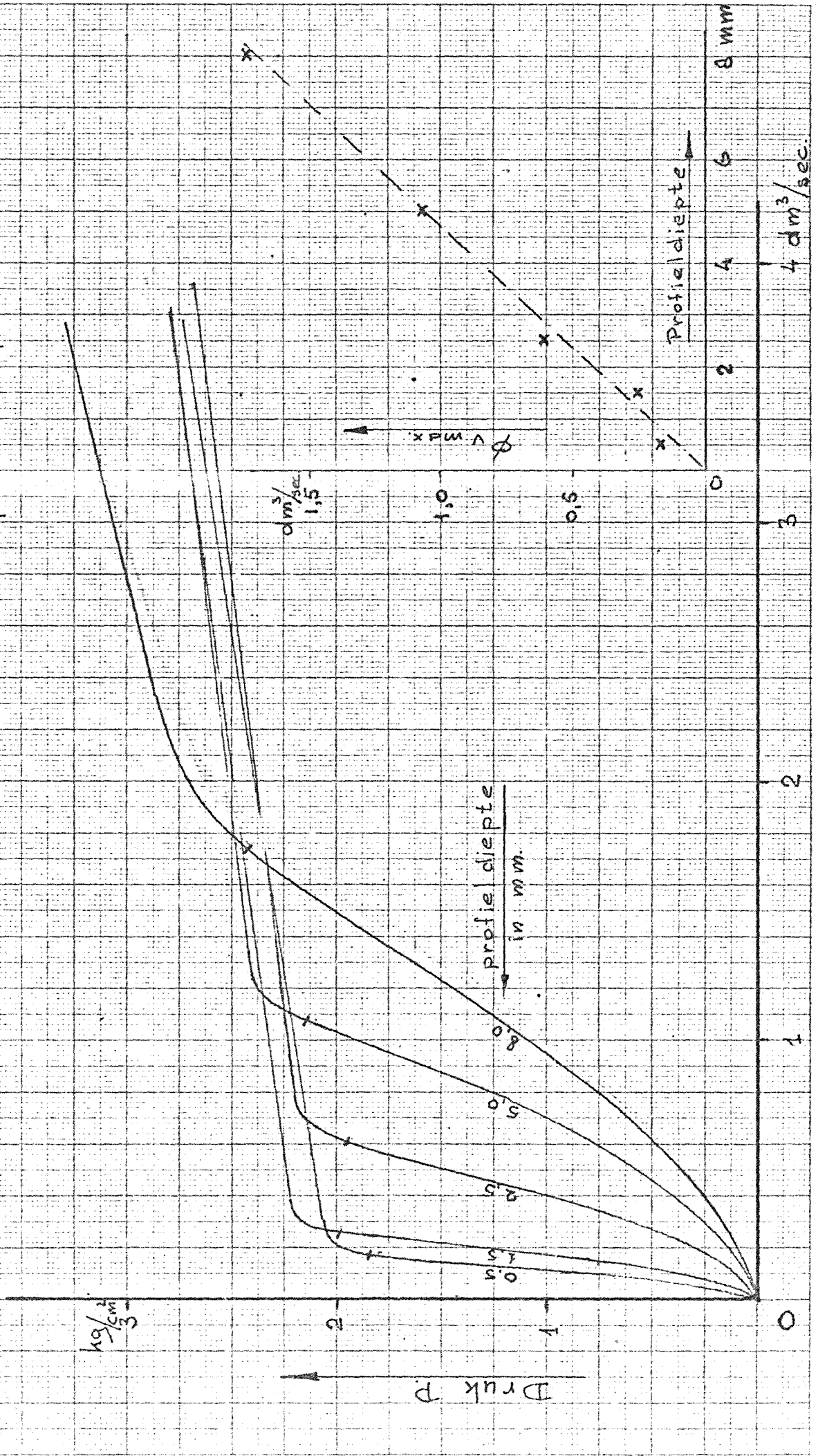
2

1

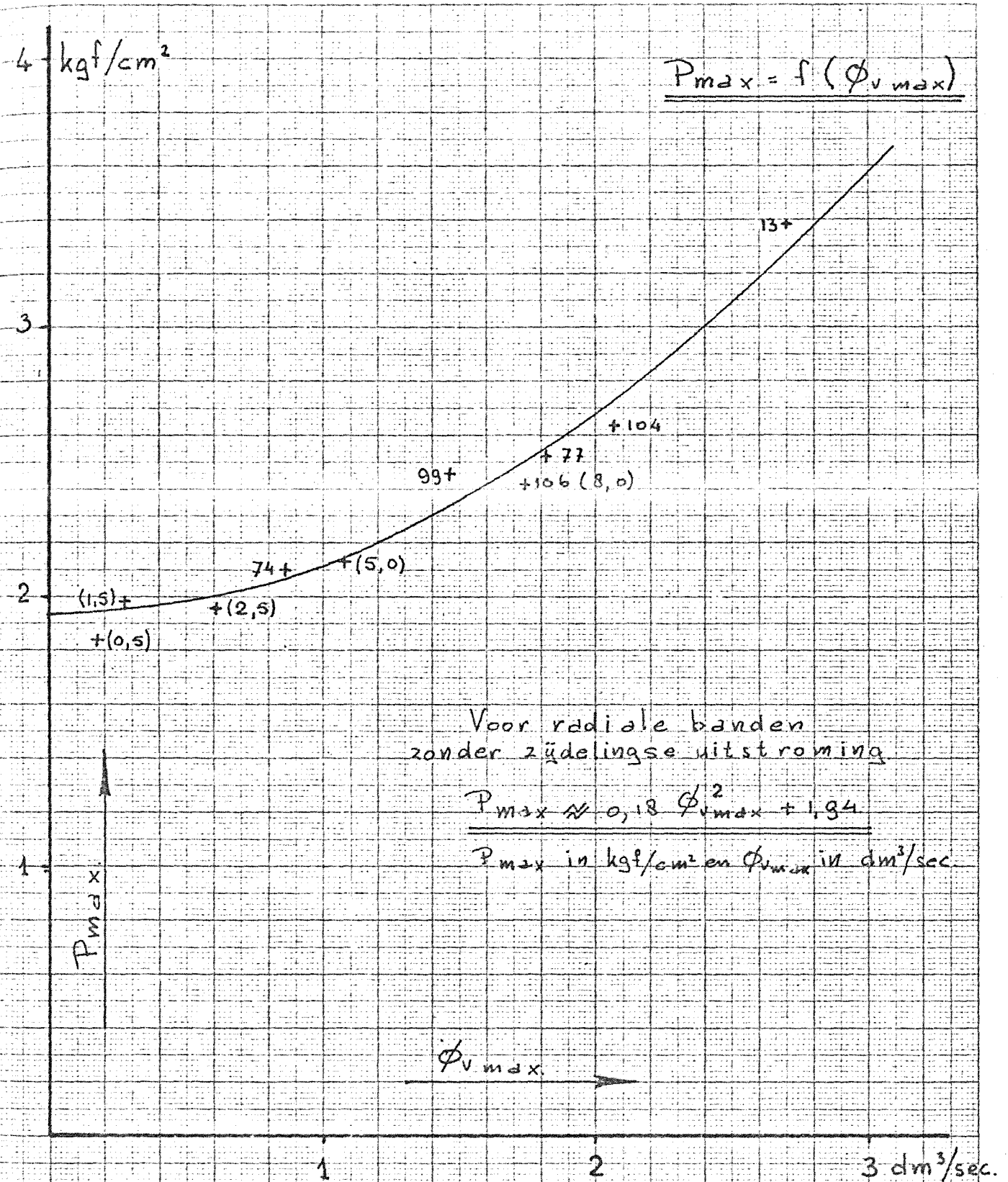
Volumestroom ϕv

Vredstein Sprint

Banden met verschillende
profiel-diepten.



Volumestroom Φ_v



+ (0,5); (1,5); (2,5) en (5,0) Meetpunten behorende bij afgeslepen
Vredestein-Sprint-banden met
profiel diepten; 0,5; 1,5; 2,5; 5 mm.

Bandspanning; 1,8 kgf/cm²

Belasting; 330 kgf

Bijlage 3

Tabellarisch overzicht van de belangrijkste eigenschappen van de eventueel voor het experimentele onderzoek van de Subkommissie I van de Werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen" in aanmerking komende meetwagens.

	Stradograph Parijs Frankrijk	R.R.L. Crowthorne Engeland	Kant. Technikum Biel Zwitserland	Lab. V.T.-T.H. Delft Nederland	Gewenst
--	------------------------------------	----------------------------------	--	--------------------------------------	---------

I. Gegevens meetwagen

lengte	m	3,0	10,0	16,0	-
breedte	ca	5,0	10,0	16,0	-
hoogte	ca	1,9	2,5	2,5	-
gewicht	ca	1,5	3,5	3,5	-
specifiek vermogen	tonf	2,3	14,0	20,0	-
max. snelheid	pk/tonf	50	36	7 à 7,5 ¹⁾	hoog
max. verticale bel.meetwiel	km/h	160	100	70	hoog
min. verticale bel.meetwiel	kgf	350	1000	1000	min. 600
onafgeveerd gew.meetwiel	kgf	150	ruim 200	180	laag
waterhoeveelheid	l	ca ? (laag)	ruim 200	180	laag
water onder druk, evt. onder welke druk	ato	nee/2	2000	2000	ca. 4000
max. te sproeien waterhoeveelheid/waterlaagdikte	l/sec. resp. mm	0,7	7	8	?
te monteren bandenmaten	inches	15(en 16?)	15 en 16	alle	13
speciale meetvelgen noodzakelijk	-	ja	nee	ja	mag
indien nee, is automatische correctie mogelijk	-	nee	ja	-	ja

II. Gegevens meetstelsysteem

meting M_{xm} mogelijk	nee	ja	ja	ja	ja
meting M_{xb} mogelijk	ja	ja	ja	ja	ja
meting M_y mogelijk	ja	ja	ja	ja	ja
aandrijven mogelijk	nee	ja	ja	nee	hoeft niet
perc. slip instelbaar	nee	ja	nee	nee	hoeft niet

wijze van variatie van
drifthoek

stapsgewijs	kontinu	kontinu	kontinu	kontinu
-------------	---------	---------	---------	---------

langzaam afremmen mo-
gelijk

nee	ja	ja	ja (beperkt)	ja
-----	----	----	--------------	----

vertikale bel. konstant

nee	nee	ja	ja	ja
-----	-----	----	----	----

vertikale bel. te meten

nee	7)	ja	nee	ja
-----	----	----	-----	----

befluoeding in meetstelsysteem

ja	ja	nee	nee	nee
----	----	-----	-----	-----

zo ja, automatisch correctie

nee	nee	-	-	ja
-----	-----	---	---	----

III. Registratie meetgegevens

langskracht en dwarskracht

ja	ja	ja	ja	ja
----	----	----	----	----

coëfficiënten (Fx/Fz en Fy/Fz)

nee	nee	nee	ja	ja
-----	-----	-----	----	----

gebruikte registratie

UV-recorder	Transp. film	UV-recorder	UV-recorder, di-	-
		x-y schrijver	gitale printer	

eenvoudig te verwerken

nee	nee	nee	ja	ja
-----	-----	-----	----	----

IV. Organisatie

aantal metingen per dag

20(x2) ⁸⁾	15	15	15	veel
----------------------	----	----	----	------

aantal benodigde mensen

3	2	3	3	weinig
---	---	---	---	--------

extra voertuigen noodzakelijk

ja, tankauto	nee	nee	nee	nee
--------------	-----	-----	-----	-----

kosten per dag

f1600+kosten tankauto	?	f1700	?	laag
--------------------------	---	-------	---	------

- 1) Indien een andere trekker wordt gebruikt, kan dit naar keuze worden verhoogd.
- 2) De praktische ervaring gaat maar tot 50 km/h.
- 3) Bij andere overbrengingsverhouding kan dit hoger worden.
- 4) Bij andere trekker hogere snelheid mogelijk.
- 5) 250 l., waarvan 40 l. onder druk.
- 6) Kan bij nieuwe trekker naar behoefte worden vergroot.
- 7) De verticale belasting wordt wel gemeten, echter niet de beïnvloeding daarvan door langskrachten.
- 8) In principe is het mogelijk gelijktijdig twee verschillende banden, onder overigens dezelfde omstandigheden, te meten.

2. Samengevat komt dit op het volgende neer:

a. Stradograph

voordelen:

- hoge snelheid mogelijk
- hoog specifiek vermogen (dus snel op hoge snelheid)
- lage niet afgeveerde massa van het meetwiel
- mogelijkheid tot het gelijktijdig meten van twee banden

nadelen:

- lage maximale verticale belasting van het meetwiel
- alleen 15" en misschien 16" banden te meten
- μ_{xm} met huidige konstruktie niet te meten (dit is wellicht te wijzigen, maar dan waarschijnlijk ten koste van de meetmogelijkheden bij hoge snelheid)
- de verticale belasting is niet goed te meten, terwijl deze toch sterk wordt beïnvloed door de langskracht (hiervoor is wel een korrektieprogramma mogelijk)
- er is een extra tankwagen noodzakelijk

b. R.R.L.

voordelen:

- lage niet afgeveerde massa van het meetwiel
- langzaam afremmen goed mogelijk

nadelen

- lage maximale verticale belasting van het meetwiel
- 13" banden niet eenvoudig te monteren (deze moeten met de bolling naar buiten worden gemonteerd, waardoor beïnvloeding optreedt en een correctieprogramma noodzakelijk is)
- verwerking van de gegevens is zeer omslachtig door
 - .registratie op transparante film
 - .noodzaak om min of meer met de hand ponsband te maken
 - .digitaal verwerken met correctieprogramma's
 (dit is te verbeteren door magneetbandregistratie, waarschijnlijk ten koste van veel komputertijd).

Opmerking.

De wagen is de laatste 3 à 4 jaar niet meer gebruikt. Er is nooit gemeten boven de 50 km/h.

c. Kantonales Technikumvoordelen

- vrij hoog specifiek vermogen
- langzaam afremmen goed mogelijk
- goed meetsysteem zonder beïnvloeding

nadelen

- groot niet afgeveerd gewicht van het meetwiel
- (dynamische) verticale belasting is niet te meten

Opmerking

Indien de verticale belasting konstant wordt verondersteld (wat hij afgezien van de dynamische variaties ook is) is de verwerking in principe eenvoudig te automatiseren.

d. Lab.Voertuigtechniekvoordelen

- goed meetsysteem zonder beïnvloeding
- continue meting van coëfficiënten
- verwerking van de meetgegevens eenvoudig

nadelen

- groot niet afgeveerd gewicht van het meetwiel
- door beperkt motorvermogen lage maximale snelheid, echter te onder-
vangen door aanschaf van nieuwe trekker.

3. Conclusie

Uit de voorgaande tabel en beschouwingen blijkt wel dat de meetwagens van het Lab. voor Voertuigtechniek TH-Delft en van het Kantonales Technikum - Biel het meest geschikt zijn. Bij deze wagens is de snelheid echter tot ca. 100 km/h beperkt (waarbij dan voor Delft een nieuwe trekker moet worden aangeschaft).

Voor de meetwagen van het Laboratorium voor Voertuigtechniek geldt dan nog het belangrijke voordeel dat het een Nederlandse wagen is, waarvoor het onderhoud e.d. eenvoudiger en sneller is.

De uiteindelijk door de Subkommissie en de Werkgroep te maken keuze zal mede worden bepaald door de kosten van het meten met de wagen van het Laboratorium voor Voertuigtechniek.

Bijlage 4

Rapport van de opzet en analyse
betreffende het onderwerp
Slipongevallen weg-band

J.T. Groennou
A. Heyting

IWIS-TNO
Den Haag
oktober 1972

nr. 02.3.03348

Rapport van de opzet en analyse
betreffende het onderwerp
Slipongevallen weg-band

J.T. Groennou
A. Heyting

IWIS-TNO
Den Haag
oktober 1972

Inhoud

	blz.
I. Doelstelling	1
II. Informatie verstrekt door de onderzoekers	2
III. Overwegingen bij de proefopzet	3
IV. Proefopzet	5
V. Opmerkingen betreffende de bewerkingen van de waarnemingsuitkomsten	8
VI. Statistische analyse van de waarnemingsuitkomsten	9
VII. Regels voor het berekenen van standaardafwijkingen tussen verschillen	17
VIII. Literatuur	20
IX. Bijlagen	

I. Doelstelling.

Het bepalen van de invloed van een aantal factoren en de belangrijkste wisselwerkingen daarvan op respectievelijk

- de maximale wrijvingscoëfficiënt in langsrichting
- de wrijvingscoëfficiënt in langsrichting bij blokkering van de band
- de wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting

Voor elk van de drie genoemde wrijvingsmaten wordt een afzonderlijke analyse uitgevoerd.

De factoren, welke in het onderzoek zullen worden betrokken, zijn

- bandtype
- wegdektype
- snelheid
- waterlaagdikte
- bandbelasting
- bandspanning
- profieldiepte

II. Informatie verstrekt door de onderzoekers.

1. Het gebruik van de banden.

Een band wordt ingereden en gebruikt voor drie metingen. Deze cyclus kan per band drie of vijf maal worden herhaald, afhankelijk van de profieldiepte. Onder een meting wordt verstaan het gelijktijdig bepalen van de waarden van de drie bovengenoemde wrijvingscoëfficiënten en wel bij één gekozen instelling van de factoren.

2. Aantal metingen per dag.

Wanneer er niet van wegvak wordt gewisseld, kunnen er per dag twaalf tot vijftien metingen worden verricht.

Onder een wegdek wordt verstaan een gedeelte van een weg, die over de benodigde lengte eenzelfde structuur heeft.

3. Interacties.

De interacties van drie of minder factoren moeten in ieder geval kunnen worden geschat. Interacties van meer dan drie factoren zijn nauwelijks te interpreteren.

4. Te verwachten invloed van de factoren.

Ten aanzien van de vermoede grootte van de invloed op de wrijvingscoëfficiënten is de volgende partiële ordening der factoren van toepassing:

- 1 - wegdektype, snelheid, waterlaagdikte en profieldiepte
- 2 - bandtype
- 3 - bandbelasting en bandspanning

Over de volgorde van de achter één nummer geplaatste factoren bestaat voorshands geen oordeel. De nummering is geschied in volgorde van afnemende (verwachte) invloed.

5. Prioriteit bij detectie.

Met betrekking tot het belang dat men hecht aan de bepaling van de invloed van de verschillende factoren geldt - analoog aan II-4 - de partiële ordening:

- 1 - wegdektype, bandtype en profieldiepte
- 2 - snelheid en waterlaagdikte
- 3 - bandbelasting en bandspanning

III. Overwegingen bij de proefopzet.

1. Bij de proefmetingen zal worden nagegaan of een cyclus vier metingen kan bevatten. Tevens zal worden onderzocht of er zestien metingen per dag kunnen worden verricht.

Het aantal te verrichten metingen wordt mede bepaald door het aantal niveaus van de te onderzoeken factoren en de mogelijkheden tot strengelen van hogere orde interacties tussen bovengenoemde factoren. Het begrip "strengelen" wordt toegelicht in III.3.

Bij het strengelen kunnen bepaalde vergelijkingen tussen behandelingen alleen in combinatie met andere worden gemaakt en niet afzonderlijk. Om doeltreffend te kunnen strengelen is het wenselijk om een groot aantal factoren op eenzelfde aantal niveaus te kiezen. In overleg met de onderzoekers is besloten bij de proefnemingen de factoren

 snelheid
 waterlaagdikte
 bandspanning
 bandbelasting
 profiel diepte

op twee verschillende niveaus in te stellen.

Voor elk van de twee nog niet genoemde factoren worden vier niveaus in de proef opgenomen, dus vier bandtypen en vier wegdektypen.

Daar het aantal niveaus van de kwantitatieve factoren twee bedraagt, dienen deze niveaus zorgvuldig te worden gekozen om een eventueel aanwezig effect te kunnen detecteren.

2. Indeling in blokken.

Het doel van het indelen van het materiaal in blokken is het elimineren van mogelijke bronnen van heterogeniteit. Gehoopt wordt dat de experimentele eenheden binnen blokken (een experimentele eenheid is de verzameling van materiaal waarop via een lotingsprocedure een bepaalde behandeling wordt toegepast) zo homogeen mogelijk zijn.

Daartoe is de eenheid dag als blok gekozen.

Binnen een blok zou men alle metingen willen doen. Aangezien in dit geval zulks niet uitvoerbaar is, zal men over moeten gaan tot strengeling van één of meer factoren met de blokken.

Als gevolg van de keuze van het aantal niveaus per factor, zal het aantal metingen per blok een macht van twee moeten zijn, met een minimum van vier metingen.

3. Het strengelen.

Strengelen van een factor met blokken houdt in dat het effect van de factor niet kan worden onderscheiden van de blokeffecten. Met de blokken worden gestrengeld de factor wegdektype en de factor exemplaren van één bandtype.

Het wegdektype wordt met de blokken gestrengeld omdat dan het aantal metingen per dag het grootst kan zijn.

De afzonderlijke exemplaren van een bandtype worden gestrengeld om eventuele verschillen, die er binnen het type tussen de verschillende banden bestaan, te laten samenvallen met de verschillen tussen de dagen. Om verschillen tussen wegdektype toch te kunnen schatten, worden de vier verschillende wegdektypen op aselechte wijze - elk type even vaak (minstens twee keer) - aan de dagen toegewezen.

4. Mogelijke proefopzetten.

Na beschouwing van een aantal mogelijkheden zijn varianten van de volgende twee proefopzetten nader bestudeerd.

a) Proef met halve herhaling en acht blokken van acht metingen, meerdere malen achtereen uitgevoerd.

Een mogelijk schema is afkomstig uit Lit (1) (plan 6 A. 13) en beschrijft een proef met zeven factoren op twee niveaus. De vier bandtypen worden hierin voorgesteld door combinaties van twee letters. Bij een beperkte opzet zijn er in dit schema één 2-factor interactie en minstens zeven 3-factor interacties per halve herhaling niet schatbaar.

b) Complete proef met acht blokken van zestien metingen.

Het basisschema hiervan is afkomstig uit Lit (2) (14.4.2 voorbeeld 2) en betreft eveneens een 2^7 -proef. Ten aanzien van het effect "bandtype" geldt hetzelfde als onder a genoemd. Alle 2-factor interacties blijven echter schatbaar, terwijl bij een beperkte opzet minimaal drie 3-factor interacties niet schatbaar zijn.

5. Keuze van de proefopzet.

In overweging nemend dat men zoveel mogelijk interacties van twee of drie factoren wil kunnen schatten, verdient III-4-b de voorkeur. Dit houdt in dat er zestien metingen per dag moeten worden verricht. In IV wordt deze proefopzet nader omschreven. Blijkt het niet mogelijk te zijn zestien metingen per dag te verrichten, dan zal alsnog de ongunstige proefopzet sub III-4-a worden uitgewerkt.

IV. Proefopzet.

1. Het schema.

Het basisschema voor de proefopzet is weergegeven in bijlage A1. De aanwezigheid van een kleine letter geeft aan dat voor de onderhavige proefneming de factor, welke wordt voorgesteld door de corresponderende hoofdletter, op een daarvoor gekozen niveau is ingesteld. Het andere niveau wordt bedoeld indien de letter niet voorkomt. Bij dit schema zijn de volgende interacties gestrengeld met het blok-effect:

ABC, DEF, ABCDEF, BDG, ACDG, BEFG, ACEFG.

2. Het toepassen van het schema op de gevraagde proefopzet.

Er is sprake van acht blokken en vier wegdektypen. Dit betekent dat aan elk wegdektype twee blokken zullen worden toegewezen. Voor de strengeling bestaat daarom de mogelijkheid een deel van de zeven onder IV-1 genoemde wisselwerkingen te strengelen met het wegdektype en de andere met de dagen binnen het niveau van deze factor.

Aangezien het wegdektype een proeffactor is, moet het effect hiervan zo zuiver mogelijk kunnen worden geschat. Hiertoe moet de invloed van de strengeling zo klein mogelijk worden gehouden. Daar het voor de hand ligt te veronderstellen dat de grootte van een interactie lager is naarmate de orde hoger is, worden met de factor "wegdektype" gestrengeld ABCDEF, BEFG en diensgevolge ACDG (odd-even principe $ABCDEF \times BEFG = ACDG$). Het kiezen van de interactie ACEFG in plaats van BEFG impliceert tevens het kiezen van BDG, wegens $ACEFG \times ABCDEF = BDG$, hetgeen een minder gunstige keuze is.

Resumerend betekent dit dat gestrengeld zijn met de wegdektypen: ABCDEF, BEFG en ACDG.

Met de dagen binnen de niveaus van de factor "wegdektype": ABC, DEF, BDG en ACEFG.

Er wordt aangenomen dat interacties tussen meer dan drie factoren niet bestaan. In verband met het aantal te schatten factoren en interacties is het desalniettemin niet voldoende te volstaan met één proefserie (128 metingen). Het is wel mogelijk een analyse te verrichten, indien twee parallelle series proefnemingen worden gedaan. Door voor iedere parallel een andere codering van de factoren toe te passen, kunnen bovendien de interacties, welke met dagen binnen de niveaus van het effect "wegdektype" zijn gestrengeld, worden geschat.

3. Codering.

Per proefserie moeten aan de letters van het schema factoren worden toegekend.

De volgende overwegingen spelen bij de codering een rol.

3.1 Per parallel kunnen de drie factor interacties ABC, DEF en BDG niet worden geschat. Ze moeten daarom zo klein mogelijk worden gehouden. Er wordt verondersteld dat kleine hoofdeffecten kleine interacties tot gevolg hebben. Van de factoren bandbelasting en bandspanning wordt verwacht dat ze een kleine invloed hebben (zie II-4). Daarom worden deze twee factoren verwerkt in de genoemde interacties. De codering geschiedt zodanig dat deze factoren hierin het meest voorkomen. Dit houdt in dat de letters B en D voor de factoren bandbelasting en bandspanning gereserveerd zullen worden.

3.2 Alle twee factor interacties moeten kunnen worden geschat en mogen daarom niet gestrengeld zijn. De factor bandtype bestaat uit twee letters (zie III-4-a), welke dus niet gezamenlijk mogen voorkomen in een van de gestrengelde drie factor interacties. Dit betekent mede in verband met de conclusie sub 3.1 dat de lettercombinaties AC en EF niet in aanmerking komen voor de factor bandtype.

De gestrengelde vier factor interacties BEFG en ACDG mogen niet worden gereduceerd tot drie factor interacties, daar deze schatbaar moeten zijn. Derhalve mogen ook de lettercombinaties AG, CG en EG EN FG niet worden gebruikt om de factor bandtype te coderen.

De volgende combinaties blijven over: AE, CF, AF en CE.

Voor de eerste serie wordt AF genomen en voor de tweede CE.

De overblijvende letters worden zodanig toegekend dat in de twee series overeenkomstige factoren een andere codering hebben.

Op grond van deze overwegingen is er als volgt gecodeerd:

factor	parallel I	parallel II
bandtype	A, F	C, E
bandbelasting	B	D
bandspanning	D	B
snelheid	C	G
waterlaagdikte	E	F
profiel diepte	G	A

4. Opmerkingen.

- De in het onderzoek opgenomen banden binnen een type moeten op basis van een aselechte procedure worden gekozen.
- De uit te voeren analyses zijn er op gebaseerd dat de proefnemingen geheel en al conform de in dit verslag aangegeven voorschriften plaatsvinden. Afwijkingen hiervan vallen geheel en al buiten de verantwoordelijkheid van het IWIS.
- De instelling van de niveaus moet bij elke meting opnieuw plaatsvinden. Dit houdt bijvoorbeeld in dat de bandspanning iedere keer moet worden ingesteld door de "lege" band op de vereiste spanning te brengen.
- Het IWIS zal een draaiboek leveren, waarbij de metingen per dag per wegdek zijn gespecificeerd. Als voorbeeld zijn in bijlage A3 de instellingen voor de eerste dag weergegeven.

V. Opmerkingen betreffende de bewerkingen van de waarnemingsuitkomsten.

Naar aanleiding van diverse praktische problemen zijn enkele besprekingen gevoerd met de onderzoekers. De op grond van deze praktische problemen gekozen werkwijze heeft consequenties voor de proeven, die hieronder puntsgewijs worden uiteengezet.

1. Bij het merk Vredestein zijn, ten gevolge van het afslijpen van de banden met de kleinste hoogteslag, de niet afgeslepen banden de meest ovale. Dit kan - mits althans de wrijvingscoëfficiënt in een gegeven richting afhankelijk is van de hoogteslag - er mede de oorzaak van zijn dat een eventueel verschil in wrijvingscoëfficiënt tussen afgeslepen en niet afgeslepen banden bij Vredestein mogelijk anders is dan bij de overige merken.
2. De metingen in Kesteren zijn in parallel I verricht op twee opeenvolgende dagen in het weekend. Om dit te bereiken is in het lotingsschema ingegrepen. De metingen in Leiden zijn ook steeds op opeenvolgende dagen uitgevoerd, maar hiervoor behoefde het lotingsschema niet te worden gewijzigd. De overige meetdagen in de proef zijn echter niet noodzakelijkerwijs aansluitend. Een mogelijke consequentie van de procedures voor Leiden en Kesteren is dat de schatter van de rest-variantie systematisch kleiner is dan de "relevante" rest-variantie.
3. Aanvankelijk was aangenomen dat de effecten van de verschillende behandelingen dezelfde zouden zijn bij zowel eerste als tweede gebruik van een band. Uit praktische overwegingen (in verband met inrijden van banden) is in de gekozen proefopzet het eerste of tweede gebruik van een band onlosmakelijk verbonden (gestrengeld) met de parallellen. Ten gevolge van de achteraf gebleken sterke verslechtering van de banden, die voor de eerste keer zijn gemeten op ruwe wegdekken, kunnen interacties tussen eerste of tweede gebruik en andere factoren niet meer onaannemelijk worden geacht. Deze interacties zijn niet schatbaar; immers, zij zijn gestrengeld met de "interactie" parallellen \times behandelingen, welke de rest-variantie binnen dagen vormt. Een mogelijk gevolg is derhalve dat de schatter van deze rest-variantie systematisch groter uitvalt dan de relevante rest-variantie.

VI. Statistische analyse van de waarnemingsuitkomsten.

Teneinde de betekenis van de diverse bij het onderzoek betrokken variatie-bronnen (effecten) te onderzoeken, is op elk van drie relevant geachte eigenschappen een variantie-analyse toegepast, uiteraard gebaseerd op de tevoren zorgvuldig gekozen proefopzet.

De drie eigenschappen, waarop deze analyse is toegepast, zijn:

- 1) De maximale wrijvingscoëfficiënt in langsrichting.
- 2) De wrijvingscoëfficiënt in langsrichting bij blokkering van de band.
- 3) De wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting.

In het kader van deze rapportering zullen wij deze eigenschappen aanduiden als eigenschap 1, eigenschap 2 en eigenschap 3.

Het statistische model, waarop de analyse steunt, kan als volgt in formule worden gebracht:

$$\begin{aligned} \underline{Y}_{ijklmnop} = & \mu + P_i + W_j + \eta_{ijk} + M_l + B_m + C_n + D_o + E_p + \\ & + G_q + (WM)_{jl} + \dots + (WG)_{jq} + (MB)_{lm} + \dots + (MG)_{lq} + \dots \\ & \dots + (EG)_{pq} + (WMB)_{jlm} + \dots + (WMG)_{jlq} + \dots \\ & \dots + (DEG)_{opq} + R + \varepsilon_{ijklmnop} \end{aligned}$$

waarbij

$\underline{Y}_{ijklmnop}$ is de waarnemingsuitkomst van de desbetreffende eigenschap verkregen in parallel i, bij wegdektype j, op dag k binnen wegdektype j, met merk l, bandbelasting m, snelheid n, bandspanning o, waterlaagdikte p en proefieldiepte q.

- μ is het algemeen gemiddelde.
- P_i is een constante behorende bij parallel i .
- W_j is een constante behorende bij weg j .
- η_{ijk} is een stochastische grootte ter beschrijving van de variabiliteit van dagen binnen wegdektype binnen parallellen.
- M_l is een constante behorende bij merk l .
- B_m is een constante behorende bij bandbelasting m .
- C_n is een constante behorende bij snelheid n .
- D_o is een constante behorende bij bandspanning o .
- E_p is een constante behorende bij waterlaagdikte p .
- G_q is een constante behorende bij profieldiepte q .
- $(WM)_{jl}$ is een constante behorende bij wegdektype j en merk l .
- $(EG)_{pq}$ is een constante behorende bij waterlaagdikte p en profiel-
diepte q .
- $(WMB)_{jlm}$ is een constante behorende bij wegdektype j , merk l en
bandbelasting m .
- $(DEF)_{opq}$ is een constante behorende bij bandspanning o waterlaagdikte p
en profieldiepte q .
- R is een constante grootte die niet afschatbare componenten
van de twee- en drie factor interacties bevat.
- $\epsilon_{ijklmnopq}$ is een stochastische grootte ter beschrijving van de
variabiliteit van meeteenheden binnen lagen binnen wegdektypen
binnen parallellen.

Naast de veronderstellingen die tot de gekozen proefopzet hebben geleid is voor de variantie analyse tevens verondersteld dat

η_{ijl} en $\epsilon_{ijklmnopq}$ normaal verdeeld zijn, beide met verwachtingswaarde 0 en met varianties respectievelijk $\frac{\sigma_\eta^2}{2}$ en $\frac{\sigma_\epsilon^2}{2}$ en dat alle η en alle ϵ van elkaar en onderling afhankelijk zijn.

- de neven voorwaarden zijn:

$$\begin{aligned} \sum_i P_i &= \sum_j W_j = \sum_l M_l = \sum_q G_q = \sum_j (WM)_{jl} = \sum_l (WM)_{jl} = \\ &= \sum_j (WMB)_{jlm} = \sum_l (WMB)_{jlm} = \sum_m (WMB)_{jlm} = 0 \end{aligned}$$

Alle effecten zijn, vanwege de oriënterende aard van het onderzoek, het grote aantal factoren en de kleine restvarianties binnen dagen getoetst bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van één procent.

Het toetsen van de hoofdeffecten vond op de gebruikelijke wijze plaats. Het toetsen op aanwezigheid van twee- en drie- factor interacties is geschied op een wijze welke rekening houdt met de in het schema voorkomende strengelingen.

De lijsten met significante effecten en de bijbehorende tabellen van objectgemiddelden zijn in bijlage 1 vermeld. Vanwege de structuur van de proef zijn de tabellen voor objectgemiddelden geconstrueerd deels m.b.v. gegevens die uitsluitend uit de eerste parallel afkomstig zijn, deels m.b.v. gegevens die uitsluitend uit de tweede parallel afkomstig zijn en deels m.b.v. gegevens die uit beide parallellen afkomstig zijn. Ieder geschat verschil tussen objectgemiddelden dient daarom vergezeld te gaan van de bijbehorende geschatte standaardafwijking van het geschatte verschil.

Het berekenen van deze standaardafwijkingen kan bij de onderhavige proefopzet niet d.m.v. een eenvoudig regeltje geschieden.

Bij elk van de eigenschappen 1 en 3 waren slechts 3 van de 33 drie-factor interacties significant aanwezig. Bij eigenschap 2 was geen van de drie-factor interacties significant aanwezig. Bij het bestuderen van de tabellen voor objectgemiddelden blijkt bij eigenschap 1 dat de significante drie-factor interacties een ondergeschikte rol spelen, in de zin dat de desbetreffende twee-factor-interactie tabellen voor de trappen van de derde factor een overeenkomstig verloop vertonen.

Anders gezegd: de grootte van de drie-factor-interacties is ondergeschikt aan die van de twee-factor-interacties.

Bij eigenschap 3 verschillen, bij elk van de drie significante drie-factor interacties, de twee factor interactie tabellen wezenlijk over de verschillende trappen van de bijbehorende derde factor. In dit geval zijn de drie-factor-interacties niet ondergeschikt aan de twee-factor-interacties. Op grond van het voorgaande lijkt het niet onredelijk op de eigenschappen 1 en 2 opnieuw variantie-analyses toe te passen nu echter onder de aanname dat de drie-en meer-factor interacties niet bestaan. Het statistisch model dat dan wordt gehanteerd is:

$$\begin{aligned}
 Y_{ijklmnopq} = & \mu + P_i + W_j + \mu_{ijk} + M_l + B_m + \dots + E_p + G_q + (WM)_{jl} \\
 & + (WB)_{jm} + \dots + (WG)_{jq} + \dots + (EG)_{pq} + C_{ijklmnopq}
 \end{aligned}$$

De verklaring van de symbolen is analoog aan die voor het eerste model. Hetzelfde geldt voor de veronderstellingen met betrekking tot de variantie analyse zij het, dat er nu minder nevenvoorwaarden zijn.

Dit model geeft aanleiding tot een orthogonale variantie analyse. Alle componenten van de twee-factor interacties kunnen nu worden geschat.

De grootte R komt nu te vervallen.

Deze aanpak is aantrekkelijk omdat de resultaten zich eenvoudig laten presenteren. De tabellen voor objectgemiddelden kunnen worden geconstrueerd m.b.v. gegevens die uit het totaal afkomstig zijn.

Het is nu wel mogelijk om de tabellen van objectgemiddelden vergezeld te doen gaan van de relevante standaardafwijkingen. Eenvoudig te hanteren regels voor het berekenen van deze standaardafwijkingen worden in dit verslag gegeven.

Daar bij eigenschap 3 de tabellen voor de drie significante drie-factor interacties alle wezenlijk interessante en grote effecten weergeven, wordt voor deze eigenschap uitgegaan van een model waarbij rekening wordt gehouden met de significante drie-factor interacties. De overige drie en meer factor interacties worden in de restterm opgenomen. De variantie analyse tabel per eigenschap en de bijbehorende tabellen voor objectgemiddelden worden in bijlage 2 gegeven.

Het feit dat niet alle drie-factor-interacties te verwaarlozen zijn, gekoppeld aan het strengelingsschema, heeft tot gevolg dat de tabellen voor twee-factor interacties t.w. wegdektype x bandbelasting en wegdektype x snelheid, ten dele geconstrueerd zijn m.b.v. gegevens die uitsluitend uit de eerste parallel afkomstig zijn. Om dezelfde reden is voor de constructie van de tabellen voor de significante drie-factor interacties een deel van de effecten op grond van de gegevens uit parallel 1 en een ander deel van de effecten uitsluitend op grond van de gegevens uit parallel 2. Voor de bovengenoemde tabellen voor objectgemiddelden kunnen de standaardafwijkingen voor verschillen tussen gemiddelden niet volgens de genoemde regels worden verkregen. Indien interesse bestaat voor specifieke verschillen voor deze tabellen kunnen deze per geval worden berekend.

Bij bestudering van de twee achtereenvolgens toegepaste variantie analyses blijkt dat voor elk der drie eigenschappen geen verschillen van betekenis in de splitsingsresultaten optreden. De afwijkingen, die ons opvielen, worden hieronder per eigenschap beschreven.

Eigenschap 1.

De enige afwijking is dat de interactie bandspanning x profieldiepte niet langer significant is. De reden hiervoor is dat in de oorspronkelijke analyse (in het vervolg fase 1 genoemd) de toetsing uitsluitend gebaseerd was op de gegevens uit parallel 2, terwijl bij de analyse met het

gewijzigde model (hierna fase 2 genoemd) alle gegevens zijn gebruikt. In parallel 1 viel de interactie namelijk samen met één vrijheidsgraad van de drie-factor interactie wegdektype \times bandtype \times snelheid. Deze drie-factor interactie viel op zijn beurt in parallel 2 samen met een zes factor interactie. Het F - quotient voor de toets op dit effect in parallel 2 is kleiner dan één. Derhalve is er weinig reden om te veronderstellen dat het berekende bandspanning \times profieldiepte effect in parallel 1 in belangrijke mate is beïnvloed door het drie-factor-interactie-effect.

Nu geeft de onderstaande tabel voor parallel 2 geen indicatie voor het bestaan van een interactie bandspanning \times profieldiepte. Dit in tegenstelling tot parallel 1.

PARALLEL 1.

BANDSPANNING				
PROFIEL	1.4 kgf/cm ²		2.0 kgf/cm ²	Gemiddeld
	2 mm	81.5	82.3	81.9
DIEPTE	Nieuw	86.1	86.9	86.5
Gemiddeld		83.8	84.6	84.2

PARALLEL 2.

BANDSPANNING				
PROFIEL	1.4 kgf/cm ²		2.0 kgf/cm ²	Gemiddeld
	2 mm	79.6	82.9	81.2
DIEPTE	Nieuw	88.1	89.4	88.8
Gemiddeld		83.8	86.2	85.0

TOTAAL

BANDSPANNING				
PROFIEL	1.4 kgf/cm ²		2.0 kgf/cm ²	Gemiddeld
	2 mm	80.6	82.6	81.6
DIEPTE	Nieuw	87.1	88.2	87.9
Gemiddeld		83.8	85.4	84.7

Het verschil tussen de twee tabellen voor parallel 1 en 2 kunnen wij niet verklaren. Opvallend is wel dat de tabel voor de interactie bandspanning x profieldiepte van eigenschap 2 (gemiddelde over beide parallellen) grote overeenkomst vertoont met de tabel van eigenschap 1 in parallel 2. Op grond hiervan en gezien de correlatie tussen deze twee eigenschappen zou men voorzichtig kunnen veronderstellen dat de tabel van eigenschap 1 in parallel 1 een "buitenbeentje" is.

Eigenschap 2.

De enige belangrijke verschillen tussen de beide fasen zijn het significant worden in fase 2 van de interacties wegdektype x bandspanning en profieldiepte x bandspanning. De reden hiervoor is gelegen in het feit, dat bij de variantieanalyse "in fase 2" het onderscheidingsvermogen voor toetsing van dit effect groter is dan bij de variantieanalyse "in fase 1". Een geringe wijziging treedt nog op in de interactie-tabel voor wegdektype x bandtype. In de oorspronkelijke tabellen toonde Goodyear het geringste verschil tussen Kesteren en Gorkum en Vredestein het op een na geringste verschil. Bij de nieuwe tabellen zijn wat dit betreft de rollen Goodyear en Vredestein omgekeerd.

Eigenschap 3.

Het belangrijkste verschil tussen de beide fasen is dat alleen in fase 2 de interacties bandtype x bandspanning en snelheid x waterlaagdikte significant zijn. Dit is een gevolg van de toeneming van het onderscheidingsvermogen in fase 2 t.o.v. fase 1.

VII. Regels voor het berekenen van standaardafwijkingen tussen verschillen.

Voor de eigenschappen 1 en 2 in zijn geheel en voor eigenschap 3, op de reeds eerder genoemde twee- en drie- factor interacties na, is het mogelijk standaardafwijkingen (in het vervolg afgekort tot S.A.) voor verschillen tussen gemiddelden op eenvoudige wijze te berekenen. Hieronder worden enige regels gegeven waarmee dit kan geschieden.

De symbolen E_a en E_b vertegenwoordigen schattingen voor de restvarianties van de fluctuaties tussen dagen resp. binnen dagen.

In bijlage 3 wordt voor enkele gevallen de S.A. als voorbeeld uitgerekend.

1. Interactie tabel wegdektype x bandtype

a) S.A. van het verschil tussen twee wegdektype randgemiddelde =

$$\sqrt{\left(\frac{E_a}{32}\right)}$$

b) S.A. van het verschil tussen twee merk randgemiddelden =

$$\sqrt{\left(\frac{E_b}{32}\right)}$$

c) S.A. van het verschil tussen twee merk-gemiddelden op eenzelfde wegdektype =

$$\sqrt{\left(\frac{E_b}{8}\right)}$$

d) S.A. van het verschil tussen twee wegdektype gemiddelden bij eenzelfde merk of bij verschillende merken =

$$\sqrt{\left(\frac{E_a + 3 E_b}{32}\right)}$$

2. Interactie tabel wegdektype x (factor met 2 trappen) (bijvoorbeeld merken x profieldiepte).

a) de S.A. van het verschil tussen twee wegdektype randgemiddelden is reeds gegeven in 1a).

b) de S.A. van het verschil tussen de twee profieldiepte randgemiddelde =

$$\sqrt{\left(\frac{E_b}{64}\right)}$$

c) de S.A. van het verschil tussen 2 profieldiepte gemiddelden bij eenzelfde wegdektype

$$\sqrt{\left(\frac{E_b}{16}\right)}$$

d) de S.A. van het verschil tussen twee wegdektype gemiddelden bij eenzelfde of bij verschillende profieldiepten =

$$\sqrt{\left(\frac{E_a + E_b}{32}\right)}$$

3. Interactie tabel merken x (factor met 2 trappen), bijvoorbeeld merken x profieldiepte.

Ieder willekeurig contrast $C = \sum_i \sum_j C_{ij} Y_{ij}$ kan hier gemakkelijk worden

voorzien van een S.A.

De C_{ij} zijn constanten onder de restrictie $\sum_i \sum_j C_{ij} = 0$ en Y_{ij} is het gemiddelde van merk i bij profieldiepte j .

De S.A. van C = gelijk aan $\sqrt{\frac{(\sum_i \sum_j C_{ij}^2 E_b)}{32}}$

De S.A. van het verschil tussen twee gemiddelden Y_{ij} is bijvoorbeeld

$$\sqrt{\left(\frac{E_b}{16}\right)}$$

De S.A. van verschillen tussen 2 profieldiepte of tussen 2 merk-randgemiddelde zijn reeds gegeven in 2b en 1c hierboven.

4. Interactie tabel van twee factoren elk op twee trappen.

ook hier kan voor elk willekeurig contrast

$$\sum_i \sum_j C_{ij} Y_{ij}$$

de S.A. gemakkelijk worden berekend. Hier is Y_{ij} het gemiddelde van trap i van de eerste factor en trap j van de tweede factor. De S.A. is gelijk aan

$$\sqrt{\frac{(\sum_i \sum_j C_{ij}^2 E_b)}{64}}$$

De S.A. van het verschil tussen 2 gemiddelden Y_{ij} is in dit geval dus

$$\sqrt{\left(\frac{E_b}{32}\right)}$$

De S.A. van het verschil tussen 2 randgemiddelden zijn reeds opgegeven in 2b hierboven.

VIII. Literatuur.

- Lit (1): Cochran, W.G. and Cox, G.M. (1957)
Experimental Designs, New York, John Wiley and Sons, Inc.
- Lit (2): Kempthorne, O. (1952)
The Design and Analysis of Experiments, New York,
John Wiley and Sons, Inc.

BLOCK STRUCTURE FOR 2⁷ EXPERIMENT

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
(1)	a	b	d	e	g	ad	ae
ac	c	abc	acd	ace	acg	cd	ce
ef	acf	def	def	f	efg	def	af
acef	cef	abcef	acdef	acf	acefg	edef	cf
abg	bg	ag	abdg	ahcg	ab	bdg	beg
bcg	abcg	cg	bcdg	hceg	bc	abcdg	abreg
abcf	befg	acfg	abdefg	ahfg	abef	bdefg	bf
bcef	abcefg	cefg	bcdefg	befg	bcef	abcdefg	abefg
deg	adeg	bdeg	cg	dg	de	acg	ahg
acdeg	cdg	abcdeg	acg	adg	acde	ceg	cdg
dfg	adfg	bdfg	fg	defg	df	afg	adefg
acdfg	cdfg	abcdfg	acfg	acdefg	acdf	efg	cdefg
abde	bde	ade	abe	abd	abdeg	be	bd
bde	abede	cde	bce	bcd	bcdeg	abce	abcd
abdf	bdf	adf	abf	abdef	abdfg	bf	bdef
bcdf	abcdf	cdf	bcf	bcdef	bcdfg	abcf	abcdef

codering PARALLEL I, II

bandtype	A, F
bandbelasting	B
bandspanning	D
snelheid	C
waterlaagdikte	E
profiel diepte	G

1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	1	3	1	4	4	3
b c d e f g	c d e g	a b e f g	b	a b c f	a b d e g	a b c d	d e f g
b c f	b g	a b g	a g	a d e f	a c d e	a d e f g	a b f g
a c f g	b e f g	a c	a e f g	b e	e f g	c e	a b d
a b f	c e f	(1)	a d e	c f g	a c e f g	a d g	a c f
a c d e f	b d f	b c d f	a b c	a b c e	d f	c d e f g	d g
a b d e f g	a d e g	a b d f	a b c d f g	c e g	a c d f	b d e f	a c d g
d e f	a	d f g	c d f	c d e f	b c	b e g	b c f g
a b e	a b o g	a c d e g	o g	a b c d g	b c d f g	b d	a b d e f
f g	a b o d e	a b d e	b d f g	a f g	b c e f	c f	b c d
a b d g	b d e	b c e f g	a b c d e g	b d g	a b d f g	a e	b c d e f
d	c	b c d e	b e f	a e g	b c d e g	a b c e e g	b c e g
b c d g	a b c e f g	b c g	a b c e f	a b c d e f g	a b	a f	a c e
a c e g	a d f g	a c d f g	c d e	b f	d e	b f g	f
a c d	c d f g	d e g	c e f g	a d	a c g	c d g	a c d e f g
e g	a b o d f	e f	b d e g	c d	a b e f	a b c d e f	a b e g
b c e	a e f	a c e f	a d f	b d e f g	g	a b c f g	e

dag	1	2	3	4	5	6	7	8
wegdek- type	2	1	1	3	2	3	4	4
	f c g	f c e b d g	f b d	a f g	a f c b g	f b g	b d	a f b g
	b g	a c b d	c d	a e g	a c d	a f e d g	c e d	a f c e e g
	a e d g	a b g	g	a f c e b g	f e	f c e g	c b g	a f c b d
	a b	a c d	c e b g	a c b g	c e b	a e b	a f e b d g	a c g
	a f c e b d g	b	a f c e d g	c b	a f c e d	a c	e g	e b
	a c e	a f c g	a	f c e b	(1)	c g	a c b	a d
	a f c	c e	f c b g	e	a e b d	d	a b d g	c e b d g
	e d	a c e g	f c e d	a f c d	c d g	a f c e	a c e d g	c
	c e g	f e b	a c e b	c e d g	a f b d	a c e b d g	f g	a c e b d
	a c b d g	c b d g	a f e	a c e d	a g	a f b	a f c d g	f c e
	f d	f d g	a f b d g	f c d g	f c b	f c b d	a e	a e b g
	c b d	e d g	a c d g	a b d	e b d g	f e d	a f c e b	a f e d
	a f e b	f c	f e g	f	f c e d g	a d g	f e b d	d g
	a f d g	a f c e b d	a f c b	b d g	a f e g	c e b d	a f	f c b d g
	f c e b d	a f e b g	e b d	a f e b d	f b d g	a f c b d g	f c d	f e d g
	f e b g	a f d	a e b d g	f e b d g	a c e b g	e b g	f c e b g	f b

P A R A L L E L
II

Bijlage 1

Bevat per eigenschap de bij de variantie analyse significant bevonden hoofdeffecten en interacties, met de daarbij horende tabellen voor objectgemiddelden.

Eigenschap 1

Hieronder volgen de bij de variantie analyse significant gevonden hoofdeffecten en interacties:

Hoofdeffecten	wegdektype		
	bandtype		
	bandbelasting		
	snelheid		
	waterlaagdikte		
	profiel diepte		
Twee-factor-interacties	wegdektype	x bandtype	
	wegdektype	x snelheid	
	wegdektype	x profiel diepte	
	bandtype	x snelheid	
	bandtype	x profiel diepte	
	snelheid	x profiel diepte	
	bandspanning	x profiel diepte	
	waterlaagdikte	x profiel diepte	
Drie-factor-interacties	wegdektype	x bandtype	x bandbelasting
	wegdektype	x snelheid	x profiel diepte
	bandtype	x snelheid	x profiel diepte

TABELLEN VOOR OBJECTGEMIDDELLEN

WEGDEKTYPE				
KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEMIDDELDE
70.4	84.6	88.8	93.4	84.3

BANDTYPE				
UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD	GEMIDDELDE
82.0	82.4	85.8	87.0	84.3

BANDBELASTING		
250 kgf	400 kgf	GEMIDDELDE
85.1	83.6	84.3

SNELHEID		
50 km/uur	100 km/uur	GEMIDDELDE
90.6	78.0	84.3

WATERLAAGDIKTE		
0.3 mm	0.6 mm	GEMIDDELDE
86.1	82.7	84.3

PROFIELDIEPTE		
2 mm	nieuw	GEMIDDELDE
81.5	87.2	84.3

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
WEGDEK- TYPE	KESTEREN	63.5	67.3	76.1	74.9	70.4
	LEIDEN	80.8	83.3	86.3	83.2	84.6
	RAAMSDONKSVEER	88.8	87.7	88.9	89.9	88.8
	GORKUM	95.4	91.4	92.1	94.9	93.4
GEMIDDELDE		82.1	82.4	85.8	87.0	84.3

		WEGDEKTYPE				
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	73.8	92.5	94.0	97.1	90.6
	100 km/uur	62.0	76.8	83.7	89.8	78.1
GEMIDDELDE		70.4	84.6	88.8	93.4	84.3

		WEGDEKTYPE				
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEM.
PROFIEL	2 mm	64.0	81.6	87.2	93.3	81.5
DIEPTE	NIEUW	76.9	87.7	90.4	93.6	87.2
GEMIDDELDE		70.4	84.6	88.8	93.4	84.3

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	91.1	88.7	91.3	91.4	90.6
	100 km/uur	73.2	76.2	80.4	82.6	78.1
GEMIDDELDE		82.1	82.4	85.8	87.0	84.3

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH	VRED.	GOOD	GEM.
PROFIEL- DIEPTE	2 mm	75.4	80.9	82.1	87.7	81.5
	NIEUW	88.8	83.9	89.6	86.3	87.2
GEMIDDELDE		82.1	82.4	85.8	87.0	84.3

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEM.
SNEL- HEID	50 km/uur	91.2	90.0	90.6
	100 km/uur	71.8	84.4	77.1
GEMIDDELDE		81.5	87.2	84.3

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEM.
BAND- SPANNING	1.4 kgf/cm ¹	80.1	87.5	83.8
	2.0 kgf/cm ²	83.0	86.8	84.9
GEMIDDELDE		81.5	87.2	84.3

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEM.
WATER- LAAG DIKTE	0.3 mm	85.2	87.0	86.1
	0.6 mm	77.9	87.4	82.6
GEMIDDELDE		81.5	87.2	84.3

Bandbelasting 250 kgf

		BANDTYPE				GEM.
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	
WEGDEK- TYPE	KESTEREN	62.9	66.8	75.9	78.0	70.9
	LEIDEN	82.2	83.5	89.5	88.5	85.9
	RAAMSDONKSVEER	86.1	86.2	92.0	91.5	88.9
	GORKUM	100.6	93.7	90.0	93.6	94.5
GEMIDDELDE		83.0	82.6	86.9	88.0	85.1

Bandbelasting 400 kgf

		BANDTYPE				GEM.
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	
WEGDEK- TYPE	KESTEREN	64.0	67.8	76.2	71.9	70.0
	LEIDEN	79.4	83.1	83.0	87.9	83.4
	RAAMSDONKSVEER	91.5	89.1	85.9	88.4	88.7
	GORKUM	90.1	89.1	94.2	96.3	92.4
GEMIDDELDE		81.3	82.3	84.8	86.1	83.6

LEIDEN

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEMIDDELDE
SNELHEID	50 km/uur	93.0	91.9	92.5
	100 km/uur	70.1	83.5	76.8
GEMIDDELDE		81.6	87.7	84.6

KESTEREN

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEMIDDELDE
SNELHEID	50 km/uur	78.1	79.6	78.8
	100 km/uur	50.0	74.1	62.0
GEMIDDELDE		64.0	76.9	70.4

GORKUM

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEMIDDELDE
SNELHEID	50 km/uur	99.1	95.0	97.1
	100 km/uur	87.4	92.2	89.8
GEMIDDELDE		93.3	93.6	93.4

RAAMSDONKSVEER

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEMIDDELDE
SNELHEID	50 km/uur	94.7	93.3	94.0
	100 km/uur	79.8	87.6	83.7
GEMIDDELDE		87.2	90.4	88.8

GOODYEAR G-800

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEMIDDELDE
SNELHEID	50 km/uur	94.1	88.6	91.4
	100 km/uur	81.2	84.0	82.6
GEMIDDELDE		87.7	86.3	87.0

VREDESTEIN-SPRINT

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEMIDDELE
SNELHEID	50 km/uur	91.1	91.5	91.3
	100 km/uur	73.2	87.6	80.4
GEMIDDELDE		82.1	90.0	85.8

UNI-ROYAL RALLY 180

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEMIDDELDE
SNELHEID	50 km/uur	89.6	92.6	91.1
	100 km/uur	61.2	85.1	73.2
GEMIDDELDE		75.4	88.8	82.1

MICHELIN 2 x

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEMIDDELDE
SNELHEID	50 km/uur	90.2	87.2	88.7
	100 km/uur	71.7	80.7	76.2
GEMIDDELDE		80.9	83.9	82.4

Eigenschap 2

Hieronder volgen de bij de variantie analyse significant gevonden hoofdeffecten en interacties:

Hoofdeffecten

wegdektype
 bandtype
 bandbelasting
 bandspanning
 snelheid
 waterlaagdikte
 profieldiepte

Twee-factor-interacties

wegdektype	x	bandtype
wegdektype	x	snelheid
bandtype	x	snelheid
bandtype	x	profieldiepte
snelheid	x	profieldiepte

TABELLEN VOOR OBJECTGEMIDDELLEN

WEGDEKTYPE				
KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEMIDDELDE
44.6	50.8	51.0	56.0	50.6

BANDTYPE				
UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEMIDDELDE
48.6	49.1	50.3	54.3	50.6

BANDBELASTING		
250 kgf	400 kgf	GEMIDDELDE
51.3	49.9	50.6

BANDSPANNING		
1.4 kgf/cm ²	20 kgf/cm ²	GEMIDDELDE
51.1	50.1	50.6

SNELHEID		
50 km/uur	100 km/uur	GEMIDDELDE
60.2	41.0	50.6

WATERLAAGDIKTE		
0.3 mm	0.6 mm	GEMIDDELDE
51.1	50.1	50.6

PROFIELDIEPTE		
2 mm	nieuw	GEMIDDELDE
47.0	54.2	50.6

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
WEGDEK- TYPE	KESTEREN	40.6	41.8	44.9	51.0	44.6
	LEIDEN	49.1	49.2	51.2	53.5	50.8
	RAAMSDONKSVEER	48.6	51.1	50.7	53.5	51.0
	GORKUM	56.1	54.3	54.3	59.1	55.9
GEMIDDELDE		48.6	49.1	50.3	54.3	50.6

		WEGDEKTYPE				
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	55.9	60.5	59.6	64.8	60.2
	100 km/uur	33.3	41.0	42.4	47.1	41.0
GEMIDDELDE		44.6	50.8	51.0	55.9	50.6

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	59.2	59.3	59.3	62.9	60.2
	100 km/uur	38.0	38.9	41.2	45.7	41.0
GEMIDDELDE		48.6	49.1	50.3	54.3	50.6

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
PROFIEL- DIEPTE	2 mm	42.6	46.2	45.6	53.4	47.0
	NIEUW	54.6	52.0	55.0	55.1	54.2
GEMIDDELDE		48.6	49.1	50.3	54.3	50.6

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	NIEUW	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	58.4	61.9	60.2
	100 km/uur	35.5	46.4	41.0
GEMIDDELDE		47.0	54.2	50.6

Eigenschap 3

Hieronder volgen de bij de variantie analyse significant gevonden hoofdeffecten en interacties.

Hoofdeffecten	wegdektype		
	bandtype		
	bandbelasting		
	snelheid		
	waterlaagdikte		
	profiel diepte		
Twee-factor-interactie	wegdektype	x bandtype	
	wegdektype	x bandbelasting	
	wegdektype	x snelheid	
	wegdektype	x profiel diepte	
	bandtype	x snelheid	
	bandtype	x profiel diepte	
	bandbelasting	x profiel diepte	
	snelheid	x profiel diepte	
Drie-factor-interactie	wegdektype	x snelheid	x profiel diepte
	bandtype	x bandbelasting	x profiel diepte
	bandtype	x snelheid	x profiel diepte

TABELLEN VOOR OBJECTGEMIDDELDEN

WEGDEKTYPE				
KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEMIDDELDE
69.0	80.6	79.7	85.6	78.7

BANDTYPE				
UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEMIDDELDE
80.9	79.0	77.8	77.2	78.7

BANDEBELASTING		
250 kgf	400 kgf	GEMIDDELDE
79.9	77.6	78.7

SNELHEID		
50 km/uur	100 km/uur	GEMIDDELDE
83.0	74.5	78.7

WATERLAGDIKTE		
0.3 mm	0.6 mm	GEMIDDELDE
79.2	78.2	78.7

PROFELDIEPTE		
2 mm	NIEUW	GEMIDDELDE
79.7	77.8	78.7

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
WEGDEK- TYPE	KESTEREN	67.0	69.5	69.8	69.8	69.0
	LEIDEN	84.3	80.5	79.5	77.9	80.5
	RAAMSDONKSVEER	82.4	79.8	78.8	77.9	79.8
	GORKUM	90.0	86.3	83.1	83.1	85.6
GEMIDDELDE		80.9	79.0	77.8	77.2	78.7

		WEGDEKTYPE				
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEM.
BANDBE- LASTING	250 kgf	68.5	81.9	81.0	88.2	79.9
	400 kgf	69.5	79.2	78.5	83.1	77.6
GEMIDDELDE		69.0	80.5	79.8	85.6	78.7

		WEGDEKTYPE				
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	75.5	84.8	83.6	88.0	83.0
	100 km/uur	62.5	76.3	75.9	83.3	74.5
GEMIDDELDE		69.0	80.6	79.7	85.6	78.7

		WEGDEKTYPE				
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEM.
PROFIEL- DIEPTE	2 mm	66.6	82.7	80.9	88.7	79.7
	NIEUW	71.5	78.4	78.5	76.6	77.8
GEMIDDELDE		69.0	80.6	79.7	85.6	78.7

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	87.1	83.6	81.4	79.8	83.0
	100 km/uur	74.7	74.5	74.2	74.6	74.5
GEMIDDELDE		80.9	79.0	77.8	77.2	78.7

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
PROFIEL- DIEPTE	2 mm	80.8	77.5	81.2	79.3	79.7
	NIEUW	81.0	80.6	74.4	75.1	77.7
GEMIDDELDE		80.9	79.0	77.8	77.2	78.7

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
BANDBE- LASTING	250 kgf	80.2	79.6	79.9
	400 kgf	79.3	75.8	77.6
GEMIDDELDE		79.7	77.7	78.7

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
SNELHEID	50 km/uur	86.0	80.0	83.0
	100 km/uur	73.5	75.5	74.5
GEMIDDELDE		79.7	77.7	78.7

KESTEREN

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
SNELHEID	50 km/uur	76.9	74.1	75.5
	100 km/uur	56.1	68.9	62.5
GEMIDDELDE		66.5	71.5	69.0

LEIDEN

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
SNELHEID	50 km/uur	88.5	81.1	84.8
	100 km/uur	76.7	75.7	76.2
GEMIDDELDE		82.6	78.4	80.5

RAAMSD ONKSVEER

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
SNELHEID	50 km/uur	85.7	81.3	83.5
	100 km/uur	76.1	75.7	75.9
GEMIDDELDE		80.9	78.5	79.7

GORKUM

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
SNELHEID	50 km/uur	92.6	83.2	87.9
	100 km/uur	84.8	81.8	83.3
GEMIDDELDE		88.7	82.5	85.6

UNI ROYAL RALLYE 180

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
BANDBE-	250 kgf	79.2	83.7	81.4
LASTING	400 kgf	82.5	78.2	80.3
GEMIDDELDE		80.8	81.0	80.9

MICHELIN 2 x

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
BANDBE-	250 kgf	78.1	83.2	80.6
LASTING	400 kgf	77.0	77.9	77.4
GEMIDDELDE		77.5	80.6	79.0

VREDESTEIN SPRINT

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
BANDBE-	250 kgf	83.1	75.6	79.3
LASTING	400 kgf	79.3	73.3	76.3
GEMIDDELDE		81.2	74.4	77.8

GOODYEAR G 800

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
BANDBE-	250 kgf	80.3	76.1	78.2
LASTING	400 kgf	78.4	74.0	76.1
GEMIDDELDE		79.4	75.0	77.2

UNI ROYAL RALLYE 180

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
SNELHEID	50 km/uur	90.5	83.7	87.1
	100 km/uur	71.1	78.3	74.7
GEMIDDELDE		80.8	81.0	80.9

MICHELIN 2 x

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
SNELHEID	50 km/uur	84.1	83.1	83.6
	100 km/uur	70.9	77.9	74.4
GEMIDDELDE		77.5	80.5	79.0

VREDESTEIN SPRINT

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
SNELHEID	50 km/uur	86.4	76.4	81.4
	100 km/uur	76.0	72.4	74.2
GEMIDDELDE		81.2	74.4	77.8

GOODYEAR G 800

		PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
		2 mm	NIEUW	
SNELHEID	50 km/uur	82.9	76.7	79.8
	100 km/uur	75.7	73.5	74.6
GEMIDDELDE		79.3	75.1	77.2

Bijlage 2

Bevat per eigenschap de variantie analyse tabel en de tabellen voor objectgemiddelden van de significant bevonden hoofdeffecten en interacties (in de variantie analyse tabel aangegeven met ***).

MAXIMALE WRIJVINGSCOEFFICIENT IN LANGSRICHTING GEMETEN

VARIANTIE ANALYSE TABEL

ORZAAK VAN VARIATIE	VG	SS	MSS	F
Niveau	1	1821023.7365		
Parallellen	1	5.7750		
Wegdektypes (W)	3	18955.8989	6318.6330	151.57 ***
Rest tussen dagen	11	458.5693	41.6881	
Totaal tussen dagen	15	19420.2432		
Merken (M)	3	1143.5756	381.1914	13.00 ***
Bandbelasting (B)	1	135.1648		4.61
Bandspanning (D)	1	77.9358		2.66
Snelheid (C)	1	10006.4594		341.38 ***
Waterlaagdikte (E)	1	756.3868		25.80 ***
Profiel diepte (G)	1	2037.6760		69.52 ***
WM	9	1488.9016	165.4335	5.64 ***
WB	3	94.2648	31.4216	1.07
WC	3	881.3804	293.7934	10.02 ***
WD	3	52.7786	17.5928	.60
WE	3	76.7665	25.5888	.87
WG	3	1242.6018	414.2006	14.13 ***
MB	3	42.9688	14.3229	.49
MC	3	704.3817	234.7939	8.01 ***
MD	3	99.2846	33.0949	1.13
ME	3	64.4369	21.4790	.73
MG	3	1925.2502	641.7501	21.89 ***
BC	1	5.0017		.17
BD	1	9.5906		.33
BE	1	8.4766		.29
BG	1	9.1317		.31
CD	1	1.8592		.06
CE	1	117.4740		4.01
CG	1	3253.3952		110.99 ***
DE	1	3.8719		.13
DG	1	49.0146		1.67
EG	1	442.0944		15.08 ***
Rest	183	5364.1064	29.3121	
TOTAAL	256	1870538.2103		

TABELLEN VOOR OBJECTGEMIDDELLEN

WEGDEKTYPE				
KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEMIDDELDE
70.4	84.6	88.8	93.4	84.3

BANDTYPE				
UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEMIDDELDE
82.0	82.4	85.8	87.0	84.3

SNELHEID		GEMIDDELDE
50 km/uur	100 km/uur	
90.6	78.0	84.3

WATERLAAGDIKTE		GEMIDDELDE
0.3 mm	0.6 mm	
86.1	82.7	84.3

PROFIELDIEPTE		GEMIDDELDE
2 mm	nieuw	
81.5	87.1	84.3

		BANDTYPE				GEM.
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	
WEGDEK- TYPE	KESTEREN	63.0	66.9	76.4	75.3	70.4
	LEIDEN	81.0	83.7	85.9	87.8	84.6
	RAAMSDONKSVEER	88.9	87.8	88.7	89.8	88.8
	GORKUM	95.1	91.2	92.2	95.1	93.4
GEMIDDELDE		82.0	82.4	85.8	87.0	84.3

		WEGDEKTYPE				GEM.
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	
SNELHEID	50 km/uur	79.1	91.9	93.4	97.8	90.6
	100 km/uur	61.7	77.3	84.2	89.0	78.0
GEMIDDELDE		70.4	84.6	88.8	93.4	84.3

		WEGDEKTYPE				GEM.
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	
PROFIEL- DIEPTE	2 mm	64.2	81.5	87.5	92.7	81.5
	nieuw	76.6	87.7	90.1	94.1	87.1
GEMIDDELDE		70.4	84.6	88.8	93.4	84.3

		BANDTYPE				GEM.
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	
SNELHEID	50 km/uur	90.8	88.8	91.4	91.2	90.6
	100 km/uur	73.2	76.0	80.2	82.8	78.0
GEMIDDELDE		82.0	82.4	85.8	87.0	84.3

		BANDTYPE				GEM.
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	
PROFIEL-	2 mm	75.2	81.0	82.0	87.6	81.5
DIEPTE	nieuw	88.8	83.8	89.6	86.4	87.1
GEMIDDELDE		82.0	82.4	85.8	87.0	84.3

		PROFIELDIEPTE		GEM.
		2 mm	nieuw	
SNĒLHEID	50 km/uur	91.3	89.9	90.6
	100 km/uur	71.7	84.3	78.0
GEMIDDELDE		81.5	87.1	84.3

		PROFIELDIEPTE		GEM.
		2 mm	nieuw	
WATERLAAG-	0.3 mm	84.6	87.6	86.1
DIKTE	0.6 mm	78.5	86.8	82.7
GEMIDDELDE		81.6	87.2	84.3

WRIJVINGSCOEFFICIENT IN LANGRICHTING GEMETEN BIJ BLOKKERING

VARIANTIE ANALYSE TABEL

OORZAAK VAN VARIATIE	VG	SS	MSS	F
Niveau	1	654529.8780		
Parallellen	1	5.1899		
Wegdektypes (W)	3	4145.6996	1381.8998	41.79
Rest tussen dagen	11	363.7094	33.0644	
Totaal tussen dagen	15	4514.5989		
Merken (M)	3	1273.5291	424.5097	49.91
Bandbelasting (B)	1	119.8797		14.10
Bandspanning (D)	1	72.8000		8.56
Snelheid (C)	1	23570.2455		2771.37
Waterlaagdikte (E)	1	76.6902		9.02
Profiel diepte (G)	1	3338.3117		392.51
WM	9	417.4946	46.3883	5.45
WB	3	9.1364	3.0455	0.36
WC	3	288.5351	96.1784	11.31
WD	3	111.7507	37.2502	4.38
WE	3	77.1819	25.7273	3.03
WG	3	82.4742	27.4914	3.23
MB	3	2.5475	0.8492	0.10
MC	3	172.6047	57.5349	6.76
MD	3	35.0086	11.6695	1.37
ME	3	27.0799	9.0266	1.06
MG	3	955.9334	318.6445	37.47
BC	1	0.8007		0.09
BD	1	18.4631		2.17
BE	1	33.9428		3.99
BG	1	11.4822		1.35
CD	1	1.8536		0.22
CE	1	0.7674		0.09
CG	1	886.3645		104.22
DE	1	0.2346		0.33
DG	1	66.3037		7.80
EG	1	3.4495		0.41
Rest	183	1556.4175	8.5050	
TOTAAL	256	692255.7597		

TABELLEN VOOR OBJECTGEMIDDELDEN

WEGDEKTYPE				
KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEMIDDELDE
44.6	50.8	51.0	56.0	50.6

BANDTYPE				
UNTR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEMIDDELDE
48.6	49.1	50.3	54.3	50.6

BANDBELASTING		
250 kgf	400 kgf	GEMIDDELDE
51.3	49.9	50.6

BANDSPANNING		
1.4 kgf/cm ²	20 kgf/cm ²	GEMIDDELDE
51.1	50.1	50.6

SNELHEID		
50 km/uur	100 km/uur	GEMIDDELDE
60.2	41.0	50.6

WATERLAAGDIKTE		
0.3 mm	0.6 mm	GEMIDDELDE
51.1	50.1	50.6

PROFIELDIEPTE		
2 mm	nieuw	GEMIDDELDE
47.0	54.2	50.6

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
WEGDEK- TYPE	KESTEREN	40.7	41.6	46.5	49.5	44.6
	LEIDEN	48.9	49.4	49.7	55.1	50.8
	RAAMSDONKSVEER	49.5	50.2	51.6	52.6	51.0
	GORKUM	55.3	55.2	53.4	60.0	56.0
GEMIDDELDE		48.6	49.1	50.3	54.3	50.6

		WEGDEKTYPE				
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	55.9	60.5	59.6	64.8	60.2
	100 km/uur	33.3	41.1	42.4	47.2	41.0
GEMIDDELDE		44.6	50.8	51.0	56.0	50.6

		WEGDEKTYPE				
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEM.
BAND- SPANNING	1.4 kgf/cm ²	44.1	51.5	51.6	57.4	51.1
	2.0 kgf/cm ²	45.1	50.1	50.4	54.6	50.1
GEMIDDELDE		44.6	50.8	51.0	56.0	50.6

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	59.2	59.3	59.3	62.9	60.2
	100 km/uur	38.0	38.9	41.3	45.7	41.0
GEMIDDELDE		48.6	49.1	50.3	54.3	50.6

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
PROFIEL-	2 mm	42.6	46.2	45.6	53.4	47.0
DIEPTE	nieuw	54.6	52.0	55.0	55.2	54.2
GEMIDDELDE		48.6	49.1	50.3	54.3	50.6

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	58.5	61.9	60.2
	100 km/uur	35.5	46.5	41.0
GEMIDDELDE		47.0	54.2	50.6

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
BAND-	1.4 kgf/cm ²	47.0	55.2	51.1
SPANNING	2.0 kgf/cm ²	47.0	53.2	50.1
GEMIDDELDE		47.0	54.2	50.6

EIGENSCHAP 3

WRIJVINGSCOEFFICIENT IN DWARSRICHTING GEMETEN

VARIANTIE ANALYSE TABEL

OORZAAK VAN VARIATIE	VG	SS	MSS	F	
Niveau	1	1587075.0434			
Parallellen	1	1.1601	1.1601	0.04	
Wegdektypes(W)	3	9371.7046	3123.9015	116.54	***
Rest tussen dagen	11	294.	26.8056		
Totaal tussen dagen	15	9667.7269			
Merken (M)	3	512.8695	170.9565	19.57	***
Bandbelasting (B)	1	347.5117	347.5117	39.79	***
Bandspanning (D)	1	15.8338	15.8338	1.81	
Snelheid (C)	1	4575.9588	4575.9588	523.94	***
Waterlaagdikte (E)	1	64.1668	64.1668	7.35	**
Profiel diepte (G)	1	249.9034	249.9034	28.61	***
WM	9	740.0710	82.2301	9.42	***
WB	3	245.0777	81.6925	9.35	***
WC	3	596.6912	198.8970	22.77	***
WD	3	32.2496	10.7499	1.23	
WE	3	78.0964	26.0321	2.98	
WG	3	954.1806	318.0602	36.42	***
MB	3	116.1819	38.7273	4.43	**
MC	3	455.5797	151.8599	17.39	***
MD	3	55.9630	18.6543	2.14	
ME	3	23.8511	7.9504	0.91	
MG	3	921.4803	307.1601	35.16	***
BC	1	44.5000	44.5000	5.10	
BD	1	0.0417	0.0417	0.00	
BE	1	2.1695	2.1695	0.25	
BG	1	133.2101	133.2101	15.25	***
CD	1	1.3129	1.3129	0.15	
CE	1	67.2058	67.2058	7.69	**
CG	1	1048.4104	1048.4104	120.04	***
DE	1	0.8595	0.8595	0.10	
DG	1	0.3959	0.3959	0.05	
EG	1	42.4398	42.4398	4.86	

ORZAAK VAN VARIATIE	VG	SS	MSS	F
WCG	3	475.4553	158.4851	18.15
MBG	3	128.3449	42.7816	4.90
MCG	3	196.7569	65.5856	7.51
Aliases	3	367.5381	122.5127	14.03
Rest	171	1493.4635	8.7337	
TOTAAL	256	1610730.5411		

TABELLEN VOOR OBJECTGEMIDDELLEN

WEGDEKTYPE				
KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEMIDDELDE
69.0	80.6	79.7	85.6	78.7

BANDTYPE				
UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEMIDDELDE
80.9	79.0	77.8	77.2	78.7

BANDBELASTING		
250 kgf	400 kgf	GEMIDDELDE
79.9	77.6	78.7

SNELHEID		
50 km/uur	100 km/uur	GEMIDDELDE
83.0	74.5	78.7

WATERLAAGDIKTE		
0.3 mm	0.6 mm	GEMIDDELDE
79.2	78.2	78.7

PROFIELDIEPTE		
2 mm	nieuw	GEMIDDELDE
79.7	77.8	78.7

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
WEGDEK- TYPE	KESTEREN	66.5	69.1	70.3	70.2	69.0
	LEIDEN	84.7	81.0	79.1	77.5	80.6
	RAAMSDONKSVEER	82.9	80.3	78.3	77.4	79.7
	GORKUM	89.5	85.8	83.7	83.6	85.6
GEMIDDELDE		80.9	79.0	77.8	77.2	78.7

		WEGDEKTYPE				
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEM.
BAND-	250 kgf	68.7	82.1	80.8	88.0	79.9
BELASTING	400 kgf	69.3	79.0	78.7	83.2	77.6
GEMIDDELDE		69.0	80.6	79.7	85.6	78.7

		WEGDEKTYPE				
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	75.2	85.5	83.3	88.0	83.0
	100 km/uur	62.9	75.6	76.2	83.3	74.5
GEMIDDELDE		69.0	80.6	79.7	85.6	78.7

		WEGDEKTYPE				
		KESTEREN	LEIDEN	RAAMSDONKSVEER	GORKUM	GEM.
PROFIEL-	2 mm	66.9	82.9	80.7	88.4	79.7
DIEPTE	nieuw	71.2	78.2	78.8	82.8	77.8
GEMIDDELDE		69.0	80.6	79.7	85.6	78.7

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
BAND-	250 kgf	81.0	80.2	79.8	78.6	79.9
BELASTING	400 kgf	80.8	77.9	75.9	75.7	77.6
GEMIDDELDE		80.9	79.0	77.8	77.2	78.7

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	87.1	83.5	81.4	79.8	83.0
	100 km/uur	74.7	74.5	74.3	74.6	74.5
GEMIDDELDE		80.7	79.0	77.8	77.2	78.7

		BANDTYPE				
		UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	GEM.
PROFIEL-	2 mm	80.9	77.5	81.2	79.4	79.7
DIEPTE	nieuw	80.9	80.6	74.5	75.0	77.8
GEMIDDELDE		80.9	79.0	77.8	77.2	78.7

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
BAND-	250 kgf	80.2	79.6	79.9
BELASTING	400 kgf	79.3	75.9	77.6
GEMIDDELDE		79.7	77.8	78.7

		WATERLAAGDIKTE		
		0.3 mm	0.6 mm	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	83.0	83.0	83.0
	100 km/uur	75.5	73.5	74.5
GEMIDDELDE		79.2	78.2	78.7

<u>KESTEREN</u>		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	77.0	74.1	75.6
	100 km/uur	56.1	68.9	62.5
GEMIDDELDE		66.6	71.5	69.0

<u>LEIDEN</u>		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	88.5	81.1	84.8
	100 km/uur	76.8	75.7	76.2
GEMIDDELDE		82.6	78.4	80.5

<u>RAAMSDONKSVEER</u>		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	85.8	81.4	83.6
	100 km/uur	76.1	75.7	75.9
GEMIDDELDE		80.9	78.6	79.8

<u>GORKUM</u>		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	92.7	83.2	88.0
	100 km/uur	84.8	81.8	83.3
GEMIDDELDE		88.8	82.5	85.6

<u>UNIROYAL RALLYE 180</u>		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	90.5	83.6	87.0
	100 km/uur	71.2	78.2	74.2
GEMIDDELDE		80.8	81.0	80.9

MICHELIN ZX

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	84.1	83.1	83.6
	100 km/uur	70.9	78.1	74.5
GEMIDDELDE		77.5	80.6	79.0

VREDESTEIN SPRINT

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	86.4	76.4	81.4
	100 km/uur	75.9	72.5	74.2
GEMIDDELDE		81.2	74.4	77.8

GOODYEAR G 800

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
SNELHEID	50 km/uur	82.9	76.6	79.8
	100 km/uur	75.8	73.4	74.6
GEMIDDELDE		79.4	75.0	77.2

UNIROYAL RALLYE 180

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
BAND-	250 kgf	79.2	83.7	81.4
BELASTING	400 kgf	82.5	78.2	80.4
GEMIDDELDE		80.8	81.0	80.9

MICHELIN ZX

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
BAND-	250 kgf	78.1	83.2	80.6
BELASTING	400 kgf	77.0	77.9	77.4
GEMIDDELDE		77.5	80.6	79.0

VREDESTEIN SPRINT

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
BAND-	250 kgf	83.1	75.6	79.4
BELASTING	400 kgf	79.3	73.3	76.3
GEMIDDELDE		81.2	74.4	77.8

GOODYEAR G 800

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	GEM.
BAND-	250 kgf	80.3	76.1	78.2
BELASTING	400 kgf	78.4	74.0	76.2
GEMIDDELDE		79.4	75.0	77.2

Bijlage 3

Bevat de gegevens, die nodig zijn voor het berekenen van S.A. van verschillen, interacties en andere contrasten. Aan de hand van twee voorbeelden is toegelicht hoe de S.A. wordt berekend.

In onderstaande tabel worden, voor de drie eigenschappen, de waarden gegeven van de grootheden die in II staan vermeld.

Grootheid	Eigenschap 1	Eigenschap 2	Eigenschap 3
E_a	41.69	33.06	26.81
E_b	29.31	28.50	8.73
$\sqrt{E_a/32}$	1.14	1.02	0.92
$\sqrt{E_b/32}$	0.96	0.52	0.52
$\sqrt{E_b/8}$	1.91	1.03	1.04
$\sqrt{(E_a + 3E_b)/32}$	2.01	1.35	1.29
$\sqrt{E_b/64}$	0.68	0.36	0.37
$\sqrt{E_b/16}$	1.35	0.72	0.74
$\sqrt{(E_a + E_b)/32}$	1.49	1.14	1.05

Hieronder worden twee voorbeelden uitgewerkt om aan te tonen hoe de S.A. wordt berekend.

		PROFIELDIEPTE		
		2 mm	nieuw	gemiddelde
SNEL- HEID	50 km/uur	$y_{11} = 91.3$	$y_{12} = 89.9$	$y_{1.} = 90.6$
	100 km/uur	$y_{21} = 71.7$	$y_{22} = 84.3$	$y_{2.} = 78.0$
gemiddelde		$y_{.1} = 81.5$	$y_{.2} = 87.1$	$y_{..} = 84.3$

Voorbeeld 1.

Van de hierboven gegeven interactie tabel profiel diepte \times snelheid van eigenschap 1 is het mogelijk de S.A. te berekenen van het verschil tussen twee randgemiddelden, b.v. $V = y_{.2} - y_{.1}$

De S.A. van V wordt gegeven door:

$$\text{S.A. (V)} = \sqrt{E_b/64} = 0.68 \sim 0.7$$

Het verschil wordt gegeven door:

$$V = 87.1 - 81.5 = 5.6$$

dus

$$V = 5.6 \pm 0.7$$

Voorbeeld 2.

Het is ook mogelijk om de S.A. van de interactie profiel diepte \times snelheid te berekenen. De interactie wordt gegeven door:

$$I = \frac{1}{4} (y_{21} - y_{11} - y_{22} + y_{12})$$

De interactie kan worden opgevat als een contrast met $c_{ij} = \pm \frac{1}{4}$.

De S.A. van I wordt dan gegeven door:

$$\text{S.A. (I)} = \sqrt{\frac{(\sum_{ij} c_{ij}^2) E_b}{64}} = \frac{1}{2} \sqrt{E_b/64} = 0.34 \quad 0.3$$

$$I = \frac{1}{4} (71.7 - 91.3 - 84.3 + 89.9) = -3.5$$

dus

$$I = -3.5 \pm 0.3$$

Bijlagen 5 t/m 9

bij

EXPERIMENTEEL MULTIFACTORONDERZOEK NAAR FACTOREN DIE DE
BESCHIKBARE WRIJVINGSKRACHTEN TUSSEN PERSONENAUTOWAGEN-
BANDEN EN NATTE WEGDEKKEN BEINVLOEDEN

Eerste fase: kwalificatie van de factoren

R-73-8 III

Werkgroep Banden, Wegdekken en Slipongevallen, Subcommissie I
Voorburg, 1973

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Bijlage 5

Resultaten van de metingen van wegdekkenmerken.

De metingen van wegdekkenmerken zijn verricht op de volgende vier meetvakken:

1. Meetvak Kesteren, gelegen op Rijksweg nr. 15 nabij Kesteren, zuidbaan, rijstrook van kilometerpaal 79 - 81, verharding grindasfaltbeton, aangelegd in 1970; deze weg was in aanleg en niet opengesteld voor het verkeer.
2. Meetvak Leiden, gelegen op Rijksweg nr. 4 nabij Leiden, zuidbaan, rijstrook van kilometerpaal 22 - 20, verharding grof dicht asfaltbeton, aangelegd in 1969; tijdens de metingen was de rijstrook voor het verkeer afgezet.
3. Meetvak Raamsdonkveer, gelegen op de provinciale weg Made - Raamsdonkveer (Maasroute), zuidbaan, inhaalstrook vanaf 2000 m voor tot aan de watertoren Raamsdonkveer, verharding cementbeton, aangelegd in 1969.
4. Meetvak Gorinchem, gelegen op Rijksweg nr. 15 nabij Gorinchem, zuidbaan, inhaalstrook van kilometerpaal 32 - 34; verharding grof dicht asfaltbeton, aangelegd in 1968.

Grof dicht asfaltbeton is een mengsel van steenslag 5 - 15 mm en steenslag 2 - 5 mm, zand, middelsoort vulstof en asfaltbitumen 80/100, met de volgende samenstelling:

35 gew.%	steenslag	5,6	- -	15	mm
22 gew.%	steenslag	2,4	-	5,6	mm
35 gew.%	zand	0,075	-	2,4	mm
8 gew.%	vulstof	0	-	0,075	mm
7,0% asfaltbitumen 80/100					

Grindasfaltbeton is een mengsel van grind 5 - 30 mm, zand, zwakke of zeer zwakke vulstof en asfaltbitumen 50/60, met de volgende samenstelling:

50 gew.%	grind	2,4	-	32	mm
44 gew.%	zand	0,075	-	2,4	mm
66 gew.%	vulstof	0	-	0,075	mm
5,5% asfaltbitumen 50/60					

Cementbeton is een mengsel van cement (+ water), grind 5 - 30 mm en zand, waarin verwerkt 400 kg cement per m³ beton en een samenstelling van de toeslagmaterialen:

60 - 63 gew.% grind 5,6 - 32 mm

37 - 40 gew.% zand 0 - 5,6 mm

Tabel 1 Meetresultaten van de "sand patch" metingen

gemiddelde textuurdiepte \overline{TD} in mm				
meetpunt	meetvak Leiden meetdat: 14-12-'71	meetvak Kesteren meetdat: 16-11-'71	meetvak Gorinchem meetdat: 17-11-'71	meetvak Raamsdon vee meetdat: 4-1-'72
1	0,6	0,2	0,8	1,3
2	0,6	0,3	0,6	0,5
3	0,6	0,3	0,9	0,6
4	0,6	0,3	0,5	0,9
5	0,7	0,2	0,8	0,7
6	0,6	0,3	0,7	0,7
7	0,6	0,3	0,8	1,0
8	0,6	0,3	0,7	0,9
9	0,7	0,3	0,8	0,6
10	0,6	0,3	0,8	0,7
11	0,7	0,3	0,7	0,9
12	0,6	0,3	0,6	0,9
13	0,7	0,3	0,7	0,8
14	0,6	0,3	0,6	1,0
15	0,7	0,3	0,8	0,9
16	0,7	0,3	0,7	0,8
17	0,8	0,3	0,9	1,0
18	0,6	0,3	0,7	0,6
19	0,6	0,3	0,8	1,1
20	0,6	0,3	0,6	0,9
em. waarde	0,6	0,3	0,7	0,8
tandaard afwijking	0,02	0,01	0,11	0,20

Tabel 2 Meetresultaten van de text-ur meter

oppervlakruwheidsgetal R x 0,001 inch

meetpunt	meetvak Leiden meetdat: 14-12-'71	meetvak Kesteren meetdat: 16-11-'71	meetvak Gorinchem meetdat: 17-11-'71	meetvak Paamsdonk vee meetdat: 4-1-'72
1	6	27	28	50
2	11	10	16	100
3	24	7	36	75
4	14	7	21	26
5	9	12	14	52
6	17	17	31	102
7	14	11	33	69
8	16	9	45	52
9	20	0	30	73
10	16	8	30	82
11	11	8	50	43
12	20	13	26	63
13	23	5	27	99
14	33	5	14	72
15	30	5	20	55
16	27	7	42	57
17	18	8	32	47
18	20	5	24	85
19	19	8	28	78
20	12	4	13	127
em. waarde.	18	9	28	70
tandaar afwijking	7,0	5,6	10,2	23,1

Tabel 3. Resultaten van de metingen met de schokmeter.

De resultaten van de metingen, verricht op 12 november 1971, zijn gegeven in onderstaande tabel.

meetvak	schokmeterwaarde	kwalifikatie
Kesteren	57 inches/km	voldoende
Leiden	51 " "	goed
Raamsdonkveer	79 " "	voldoende
Gorinchem	45 " "	goed

Voor de kwalificering van de vlakheid van wegen is door het RWL de volgende norm vastgesteld:

schokmeterwaarde	< 55	vlakheid	goed	
"	"	55 - 95	"	voldoende
"	"	95 - 140	"	matig
"	"	> 140	"	slecht

Tabel 4 Resultaten viagraafmetingen

meetvak	ligging van de meetraai	afwijkingpercentage C3	afwijkingpercentage C5
Leiden meetdatum: 14-12-'71	van km 22,0 - 21,9	13	3
	" 21,9 - 21,8	8	1
	" 21,8 - 21,7	5	0
	" 21,7 - 21,6	6	0
	" 21,6 - 21,5	3	0
	gem. waarde standaard afwijking	7 3,8	1 1,3
Nesteren meetdatum: 16-11-'71	van km 80,0 - 80,1	12	2
	" 80,1 - 80,2	13	2
	" 80,2 - 80,3	8	1
	" 80,3 - 80,4	9	1
	" 80,4 - 80,5	13	4
	gem. waarde standaard afwijking	11 2,3	2 1,2
Gorinchem meetdatum: 17-11-'71	van km 33,0 - 33,1	10	1
	" 33,1 - 33,2	15	2
	" 33,2 - 33,3	11	1
	" 33,3 - 33,4	24	4
	" 33,4 - 33,5	10	1
	gem. waarde standaard afwijking	14 5,9	2 1,3
Raamsdonksveer meetdatum: 4-1-'72	van 1000-900 m voor watertoren	10	1
	van 900 -800 m voor watertoren	4	0
	van 800 -700 m voor watertoren	17	4
	van 700 -600 m voor watertoren	7	0
	van 600 -500 m voor watertoren	22	4
	gem. waarde standaard afwijking	12 7,4	2 2,1

tabel 5: meetresultaten stroefheidsmetingen verricht met de meetwagen RWL.

meetdata: 15 november 1971, gemeten de meetvakken Kesteren, Gorinchem en Raamsdonksveer,
luchttemperatuur tijdens de metingen 8°C, wegdek voor de
metingen vochtig

16 november 1971, gemeten meetvak Leiden, luchttemperatuur tijdens de metingen
8°C, wegdek voor de metingen droog

	meetsnelheid 30 km/h			meetsnelheid 50 km/h			meetsnelheid 70 km/h		
	gem. f	min. f	max. f	gem. f	min. f	max. f	gem. f	min. f	max. f
meetvak Leiden									
van km 22,0 - 21,9	0,59	0,57	0,62	0,52	0,49	0,53	0,45	0,43	0,47
" 21,9 - 21,8	0,58	0,55	0,61	0,51	0,49	0,53	0,43	0,41	0,46
" 21,8 - 21,9	0,59	0,57	0,61	0,50	0,48	0,52	0,43	0,42	0,46
" 21,7 - 21,6	0,59	0,56	0,61	0,50	0,48	0,52	0,45	0,43	0,48
" 21,6 - 21,5	0,61	0,59	0,64	0,52	0,50	0,55	0,46	0,43	0,50
gem. waarde over 500 m	0,59	0,57	0,62	0,51	0,49	0,53	0,44	0,42	0,48
meetvak Kesteren									
van km 80,0 - 80,1	0,68	0,63	0,71	0,57	0,55	0,62	0,45	0,42	0,48
" 80,1 - 80,2	0,68	0,64	0,72	0,57	0,55	0,60	0,44	0,42	0,47
" 80,2 - 80,3	0,68	0,65	0,71	0,57	0,55	0,60	0,43	0,41	0,47
" 80,3 - 80,4	0,70	0,66	0,73	0,58	0,56	0,61	0,45	0,42	0,48
" 80,4 - 80,5	0,70	0,68	0,75	0,59	0,56	0,62	0,46	0,43	0,50
" 80,0 - 80,1 1e herhaling	0,67	0,62	0,74	0,57	0,54	0,60	0,44	0,42	0,48
" 80,1 - 80,2 1e herhaling	0,69	0,62	0,73	0,58	0,54	0,60	0,44	0,41	0,47
" 80,2 - 80,3 1e herhaling	0,68	0,63	0,72	0,57	0,55	0,61	0,44	0,41	0,47
" 80,3 - 80,4 1e herhaling	0,72	0,68	0,76	0,58	0,56	0,61	0,46	0,43	0,50
" 80,4 - 80,5 1e herhaling	0,73	0,68	0,76	0,59	0,56	0,61	0,47	0,44	0,50
" 80,0 - 80,1 2e herhaling	0,69	0,65	0,74						
" 80,1 - 80,2 2e herhaling	0,70	0,65	0,74						
" 80,2 - 80,3 2e herhaling	0,70	0,65	0,75						
" 80,3 - 80,4 2e herhaling	0,72	0,68	0,76						
" 80,4 - 80,5 2e herhaling	0,74	0,70	0,78						
gem. waarde over 500 m	0,70	0,65	0,74	0,58	0,55	0,61	0,45	0,42	0,48

vervolg tabel 5

	meetsnelheid 30 km/h			meetsnelheid 50 km/h			meetsnelheid 70 km/h		
	gem. f	min. f	max. f	gem. f	min. f	max. f	gem. f	min. f	max. f
meetvak Gorinchem									
van km 33,0 - 33,1	0,74	0,71	0,78	0,67	0,65	0,68	0,59	0,55	0,61
" 33,1 - 33,2	0,72	0,68	0,76	0,65	0,63	0,68	0,58	0,56	0,61
" 33,2 - 33,3	0,71	0,68	0,74	0,66	0,64	0,68	0,58	0,55	0,61
" 33,3 - 33,4	0,71	0,67	0,74	0,65	0,62	0,67	0,57	0,54	0,60
" 33,4 - 33,5	0,70	0,67	0,73	0,64	0,62	0,66	0,57	0,52	0,60
" 33,0 - 33,5 herh.	0,72	0,70	0,75						
" 33,1 - 33,2 "	0,72	0,70	0,75						
" 33,2 - 33,3 "	0,74	0,72	0,76						
" 33,3 - 33,4 "	0,74	0,72	0,76						
" 33,4 - 33,5 "	0,75	0,72	0,76						
gem.waarde: over 500 m	0,73	0,70	0,75	0,65	0,63	0,67	0,58	0,54	0,61
meetvak Raamsdonksveer									
1e 100 m	0,70	0,66	0,74	0,58	0,56	0,61	0,52	0,49	0,54
2e "	0,67	0,63	0,71	0,57	0,53	0,61	0,51	0,47	0,54
3e "	0,67	0,63	0,71	0,60	0,55	0,63	0,52	0,59	0,55
4e "	0,68	0,64	0,71	0,59	0,54	0,63	0,53	0,50	0,55
5e "	0,66	0,61	0,70	0,59	0,54	0,62	0,53	0,50	0,56
1e 100 m herhaling				0,59	0,57	0,61			
2e " "				0,58	0,53	0,62			
3e " "				0,59	0,54	0,62			
4e " "				0,59	0,54	0,62			
5e " "				0,59	0,54	0,61			
gem.waarde: over 500 m	0,68	0,64	0,72	0,59	0,54	0,62	0,52	0,49	0,55

Tabel 6 Resultaten stroefheidsmetingen met het SRT toestel

meetpunt	SRT waarde			
	meetvak Leiden meetdat: 14-12-'71 temp. 6°C	meetvak Kesteren meetdat: 16-11-'71 temp. 8°C	meetvak Gorinchem meetdat: 17-11-'71 temp. 8°C	meetvak Raamsdonk vee meetdat: 4-1-'71 temp. 6°C
1	77	74	75	85
2	74	70	76	80
3	73	68	76	72
4	74	68	79	75
5	75	72	80	72
6	74	69	77	75
7	72	70	81	77
8	75	68	79	80
9	79	65	82	77
10	77	65	81	78
11	75	69	80	75
12	73	67	82	81
13	71	67	78	84
14	75	69	80	69
15	76	67	78	75
16	77	70	80	84
17	71	73	76	78
18	74	70	78	79
19	71	74	80	72
20	71	69	77	75
gem. waarde	74	69	79	77
standaard afwijking	2,3	2,6	2,1	4,4

Tabel 7. Samenvatting van de meetresultaten van wegdekkenmerken.

Kenmerk	Kesteren	Leiden	Raamsdonkv.	Gorinchem
<u>textuur</u>				
makrottextuur	fijn	fijn	grof	grof
mikrottextuur	ruw	gepolijst	gepolijst	ruw
gem. TD in mm	0,3 (S=0,01)	0,6 (S=0,02)	0,8 (S=0,20)	0,7 (S=0,11)
ruwheidsgetal R	9 (S=5,6)	18 (S=7,0)	70 (S=23,1)	28 (S=10,2)
<u>vlakheid</u>				
schokmeter inch/km	57	51	79 (voegen)	45
viagraaf afw. % C3	11	7	12	14
agraaf afw. % C5	2	1	2	2
<u>stroefheid: f gemeten met slipwagen RWL</u>				
bij 30 km/h	0,70	0,59	0,68	0,73
bij 50 km/h	0,58	0,51	0,59	0,65
bij 70 km/h	0,45	0,44	0,52	0,58
daling f in % - 30-50 km	17	14	13	11
daling f in % - 50-70 km	22	14	12	11
daling f in % - 30-70 km	36	25	24	21
SRT waarde	69	74	77	79
<u>rharding</u>				
bouwjaar	1970	1969	1969	1968
bindmiddel	grindasfaltbeton	grof dicht asfaltbeton	cementbeton	grof dicht asfaltbeton
samenstelling aggregaat	asfaltbitumen 50/60	asfaltbitumen 80/100	cement	asfaltbitumen 80/100
	50% grind	35% steensl.	60% grind	35% steensl.
	2,4 - 32 mm	5,6 - 15 mm	5,6 - 32 mm	5,6 - 15 mm
	44% zand	22% steensl.	40% zand	22% steensl.
	0,075 - 2,4 mm	2,4 - 5,6 mm	0 - 5,6 mm	2,4 - 5,6 mm
	6% vulstof	35% zand		35% zand
	0 - 0,075 mm	0,075 - 2,4 mm		0,075 - 2,4 mm
		8% vulstof		8% vulstof
		0 - 0,075 mm		0 - 0,075 mm

	gem. f gemeten bij een meetsnelheid in km/h van			daling f in % bij een snelheidstoename van			verharding
	30	50	70	30-50	50-70	30-70	
vak Leiden	0,59	0,51	0,44	14	14	25	grof dicht asfaltbeton
vak Kesteren	0,70	0,58	0,45	17	22	36	grindasfalt beton
vak Gorinchem	0,73	0,65	0,58	11	11	21	grof dicht asfaltbeton
vak Raams- donksveer	0,68	0,59	0,52	13	12	24	cementbeton

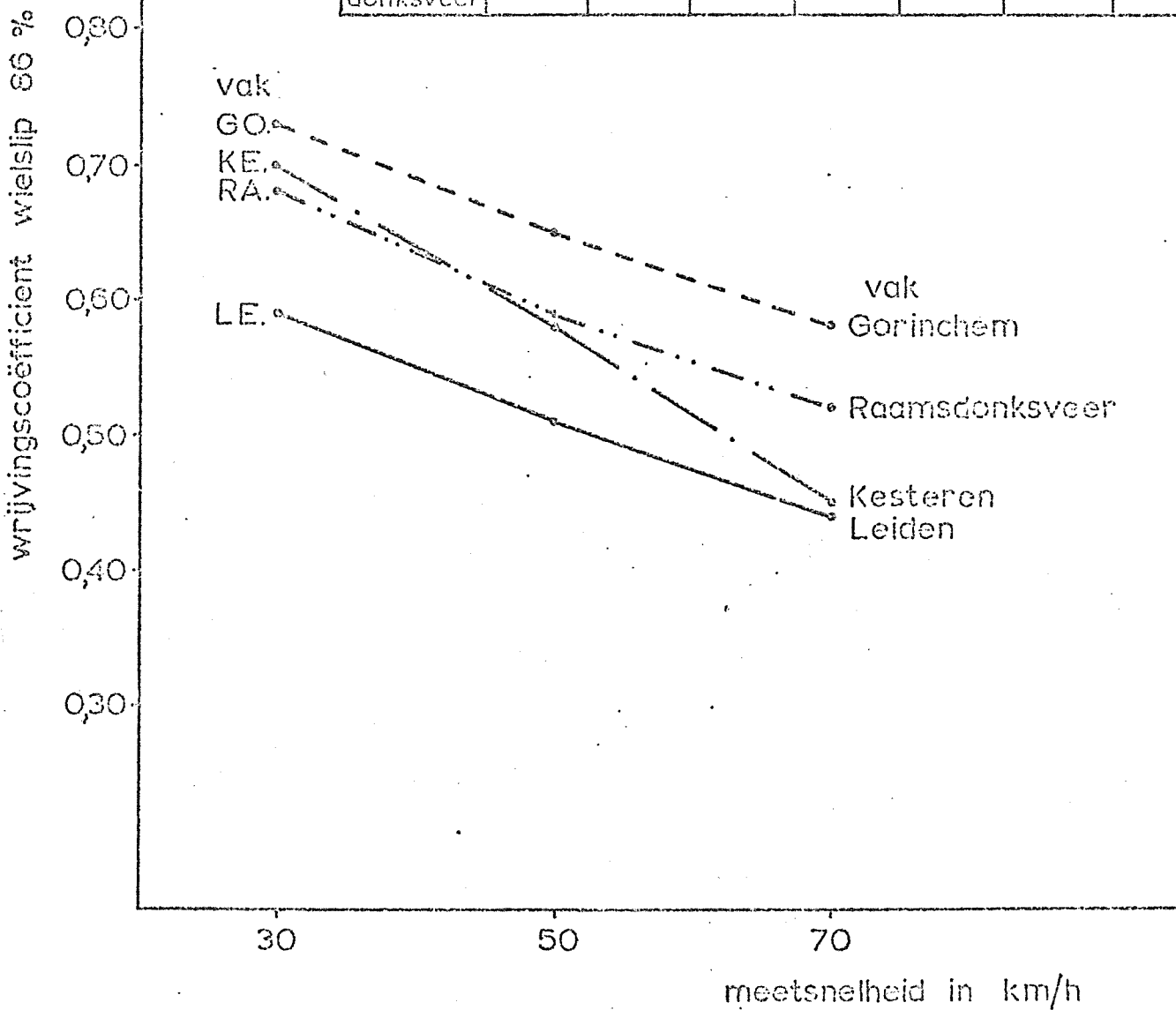


fig 1 overzicht resultaten stroefheidsmetingen

MEENTVAK LEIDEN

fig. 2

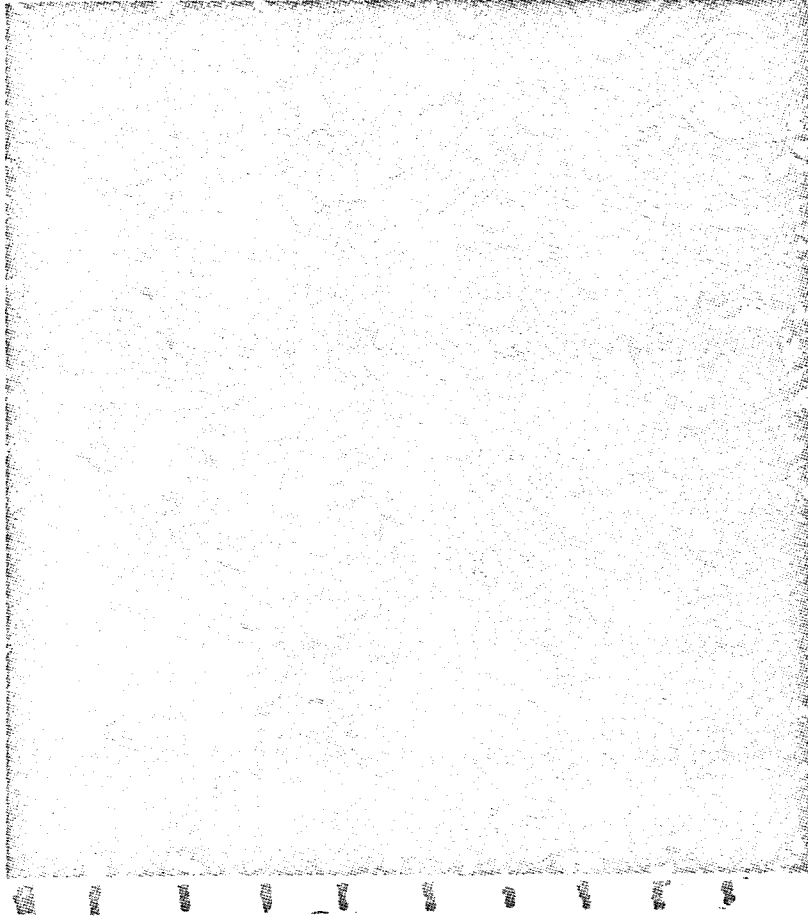
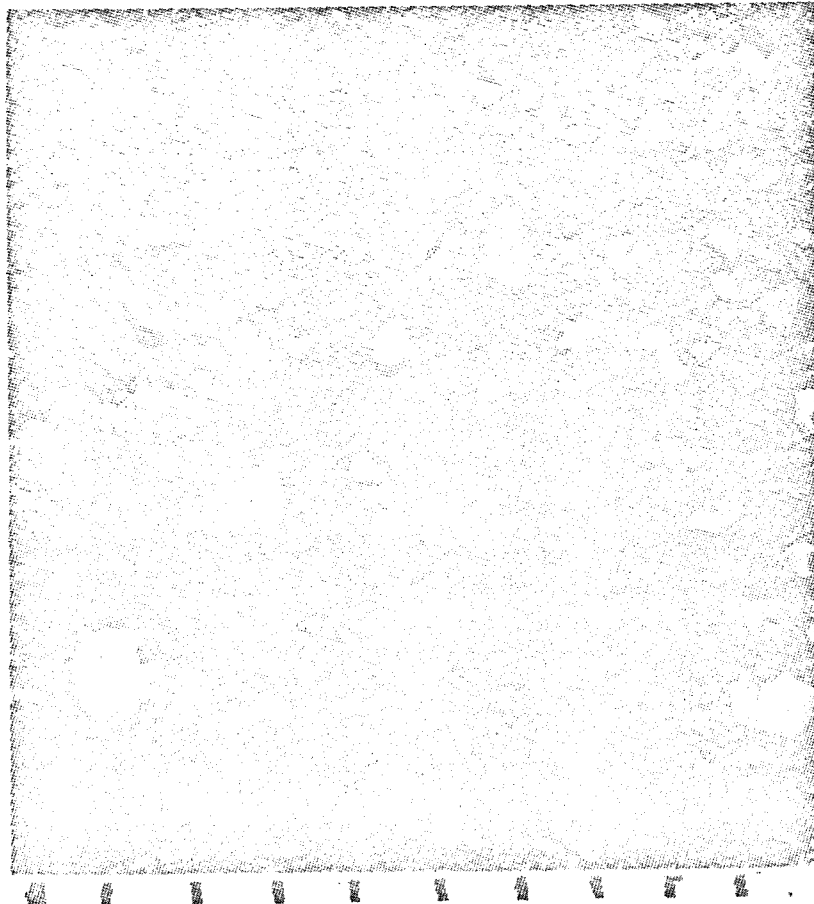


fig. 3



MEETVAK LEIDEN

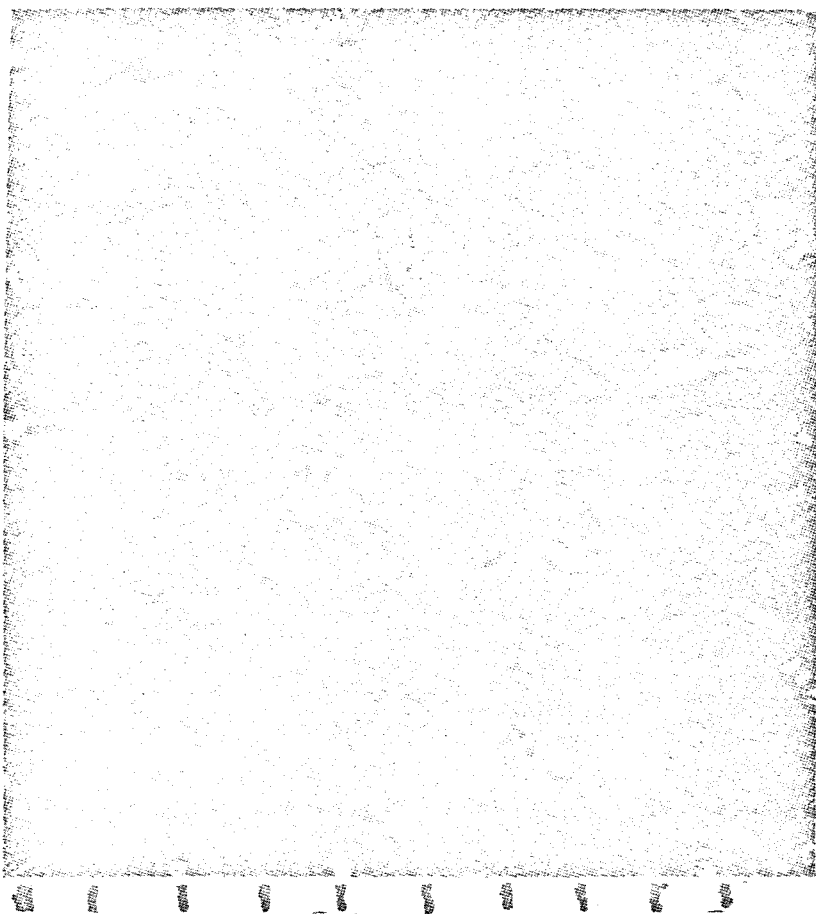


fig. 4

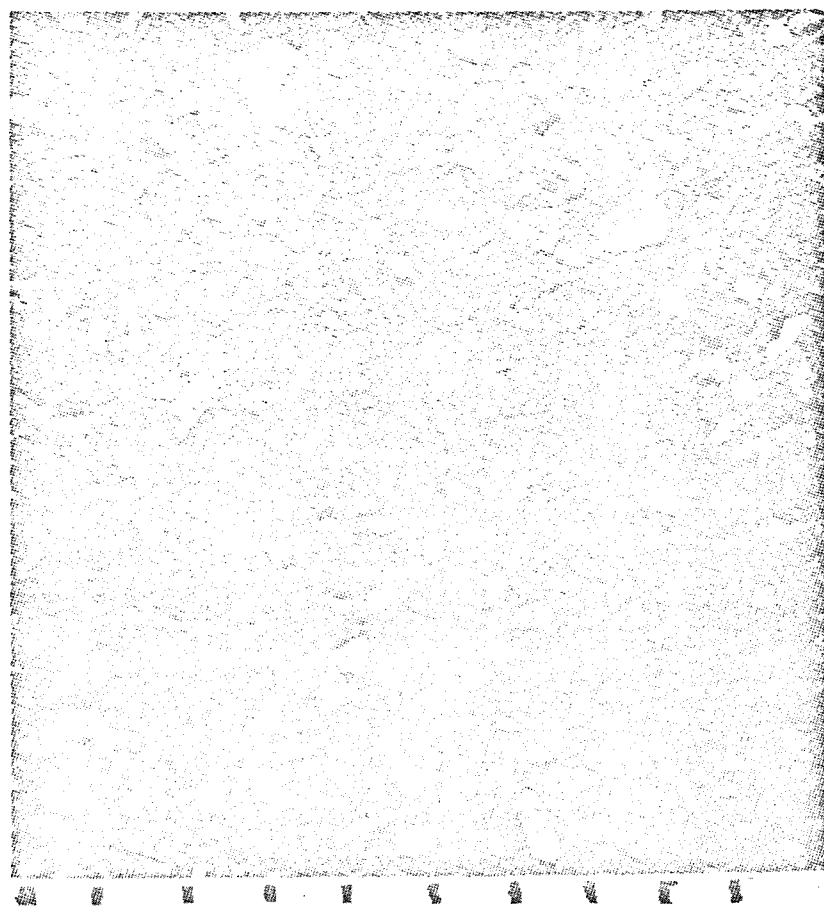


fig. 5

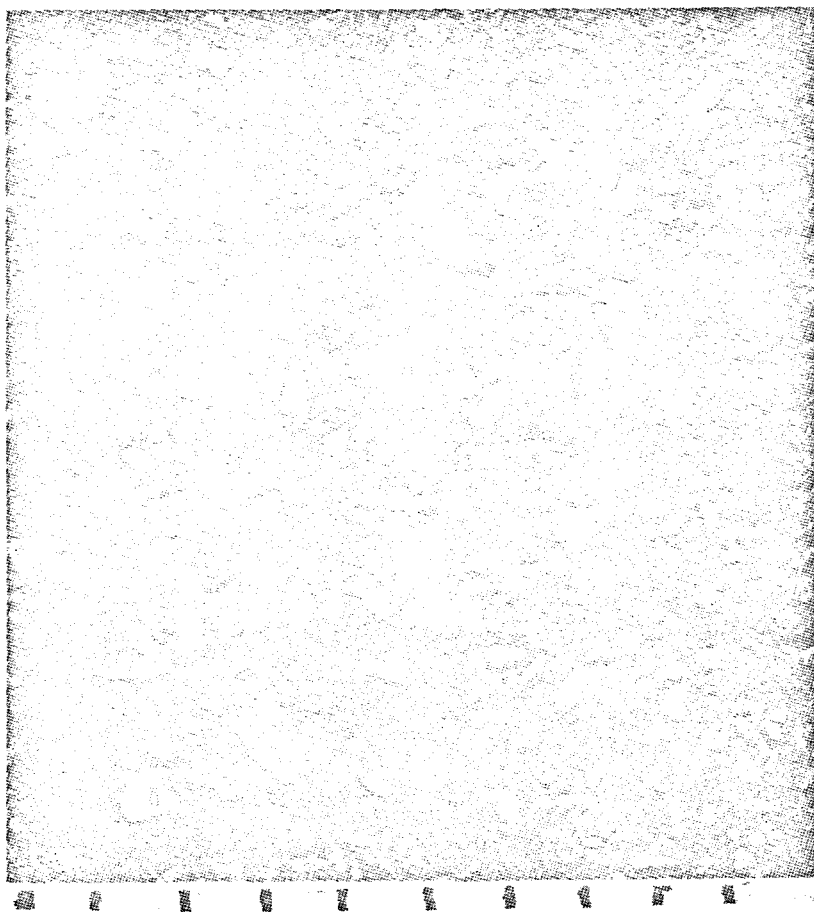


fig. 6

MEETVAK KESTEREN

fig. 7

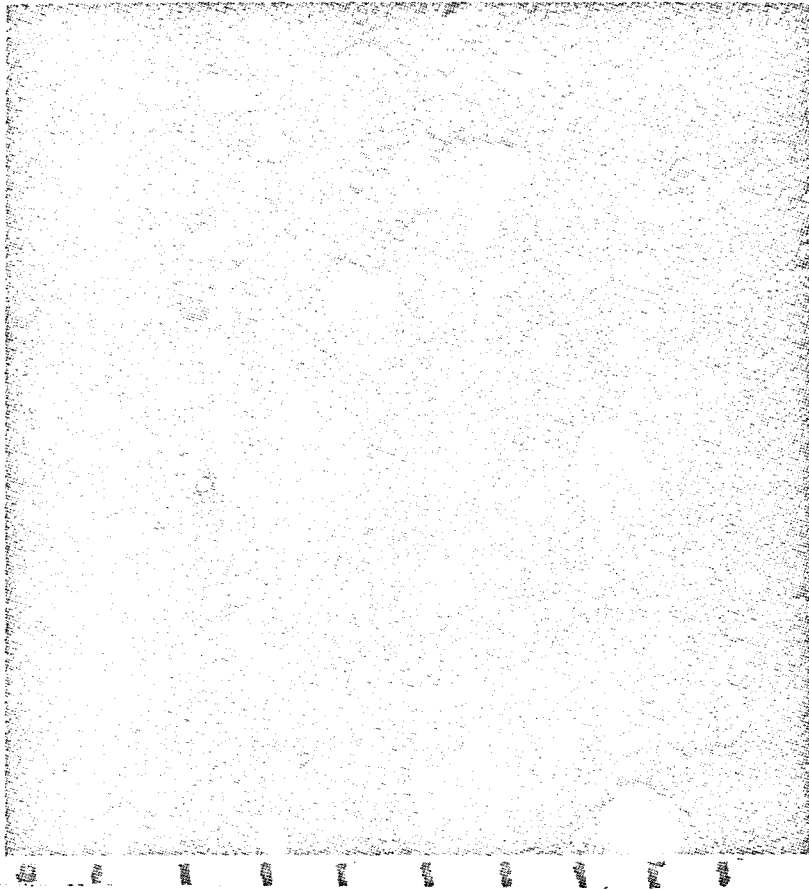
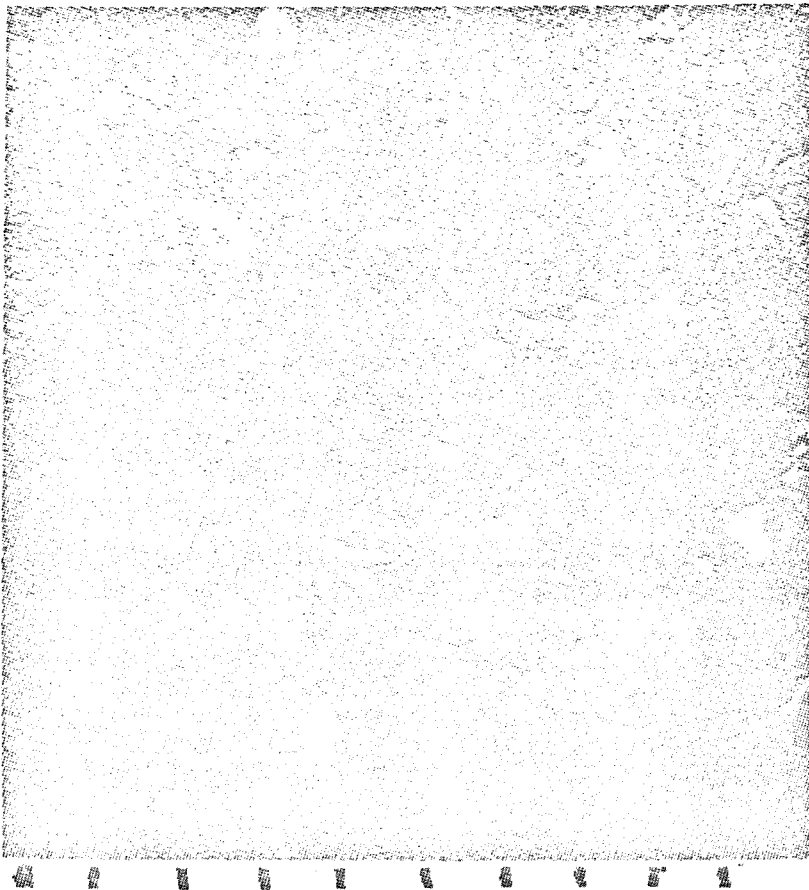


fig. 8



MEETVAK KESTEREN

fig. 9

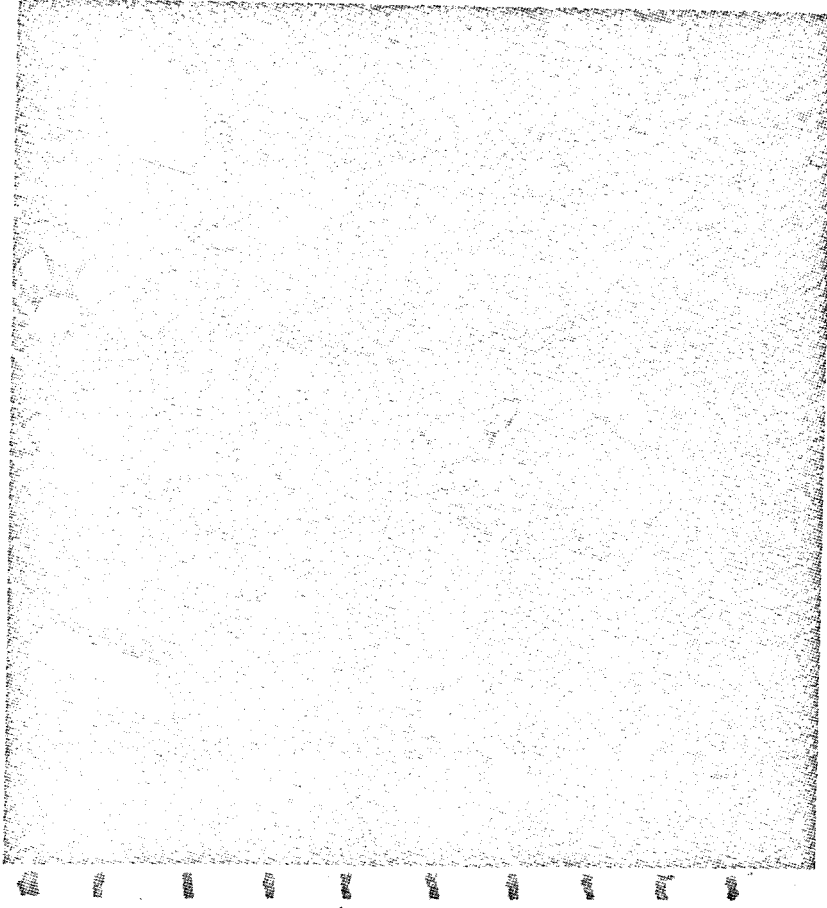


fig. 10

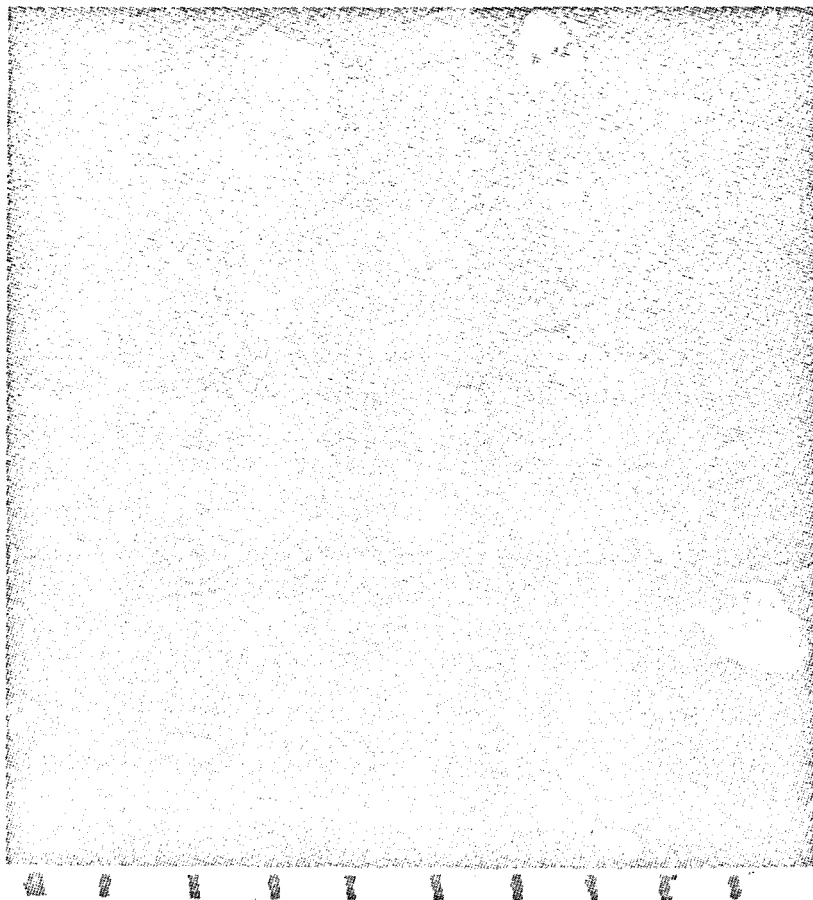


fig. 11



fig. 12



fig. 13

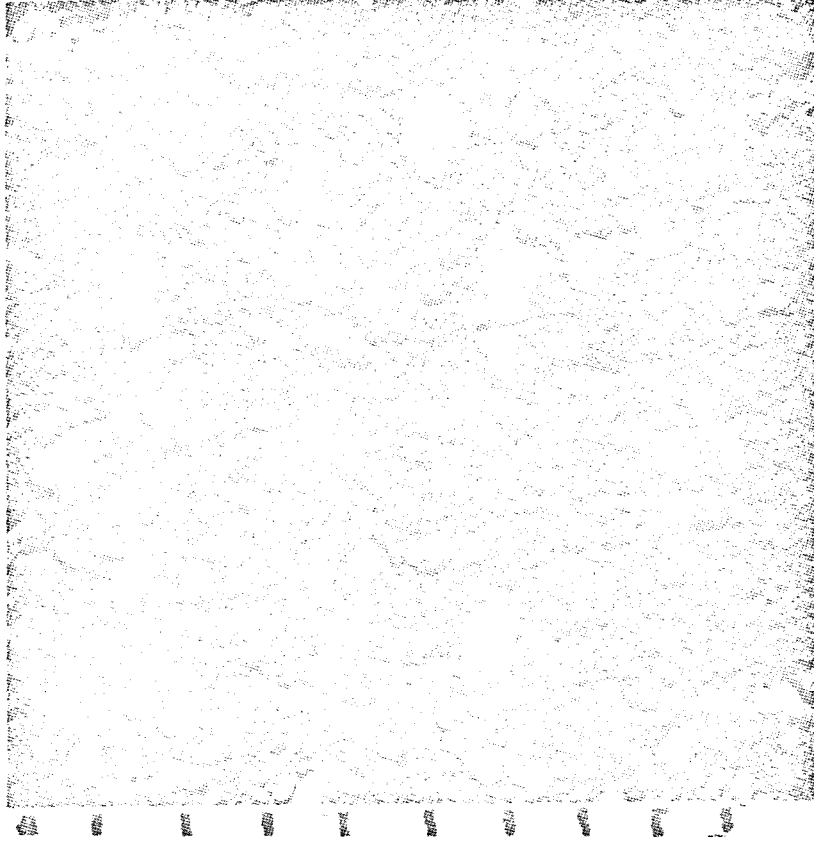


fig. 14

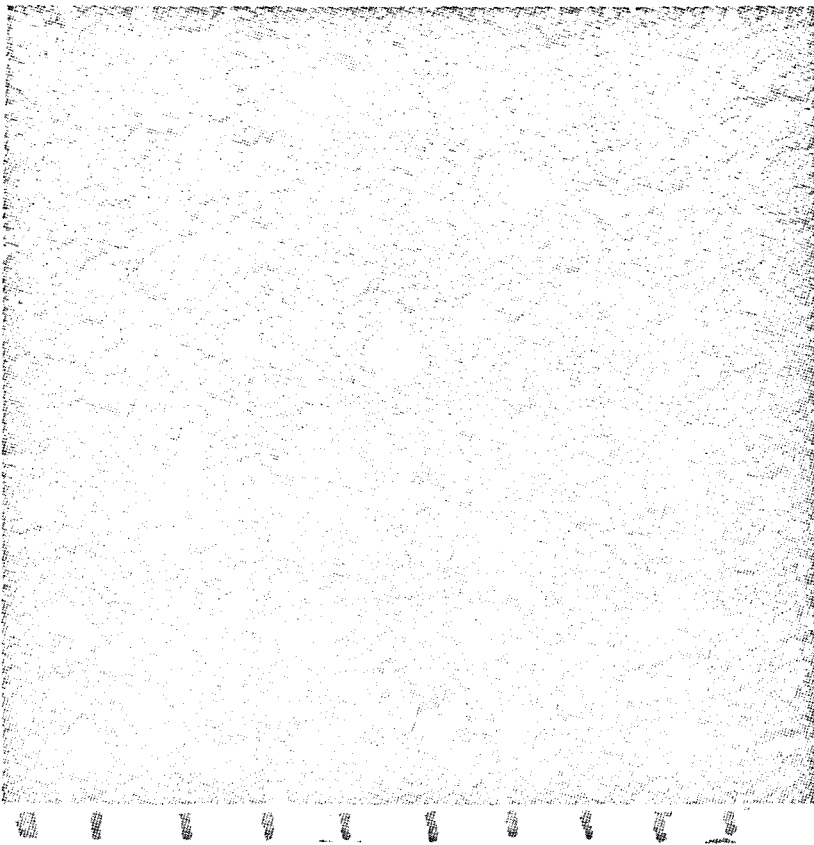


fig. 15

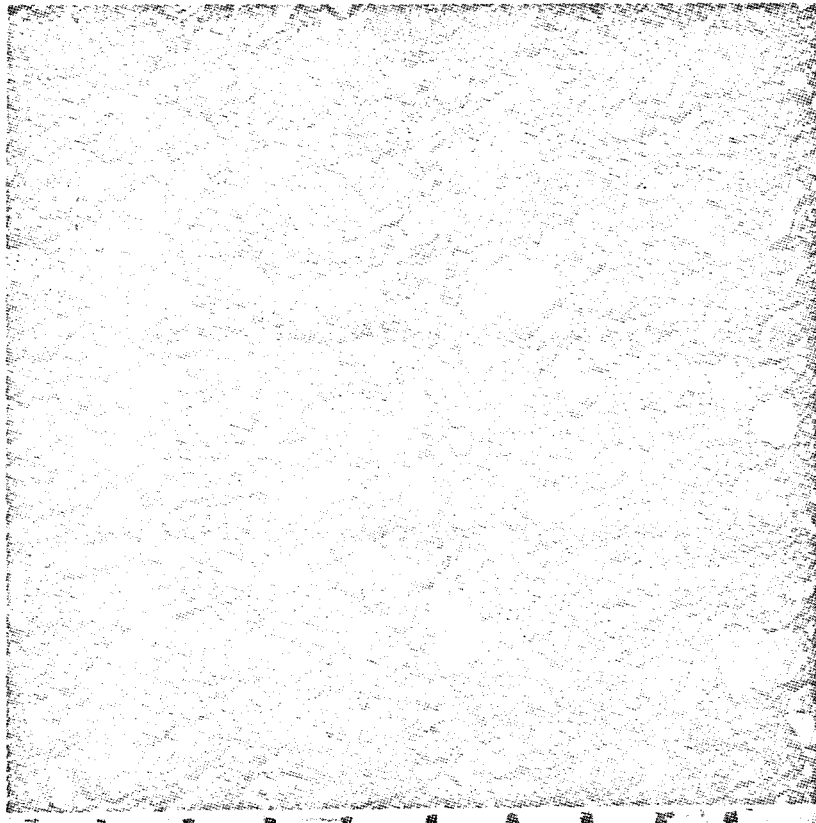


fig. 16

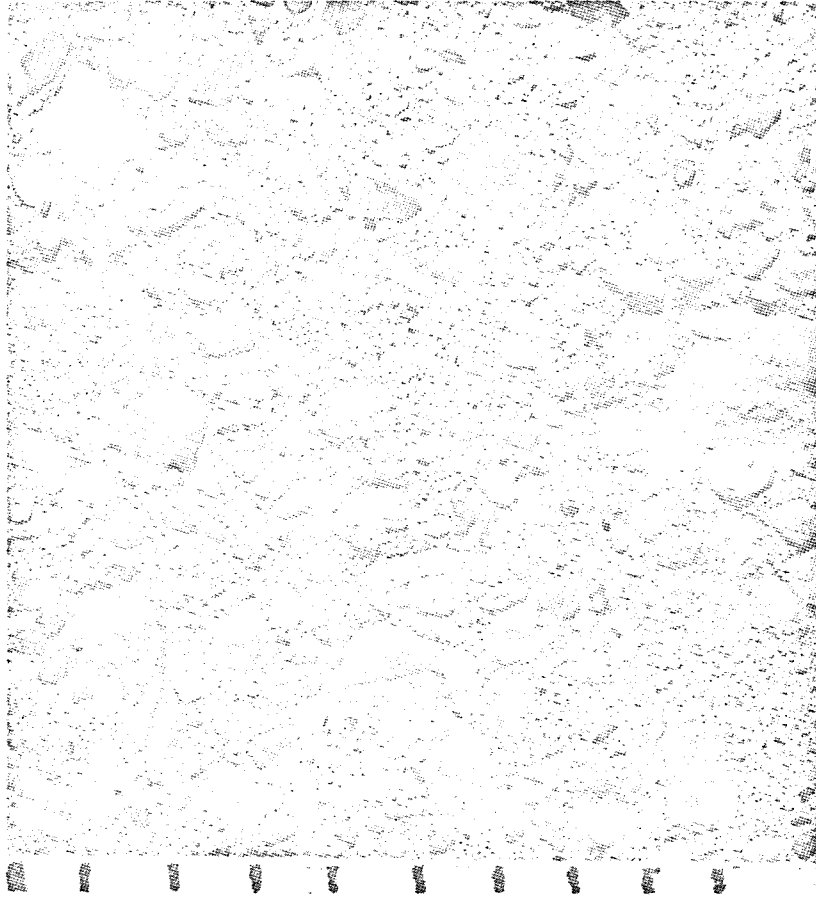


fig. 17



MEETVAK RAAMSDONKSVEER

fig. 18



fig. 19



MEETVAK RAAMSDONKSVEER

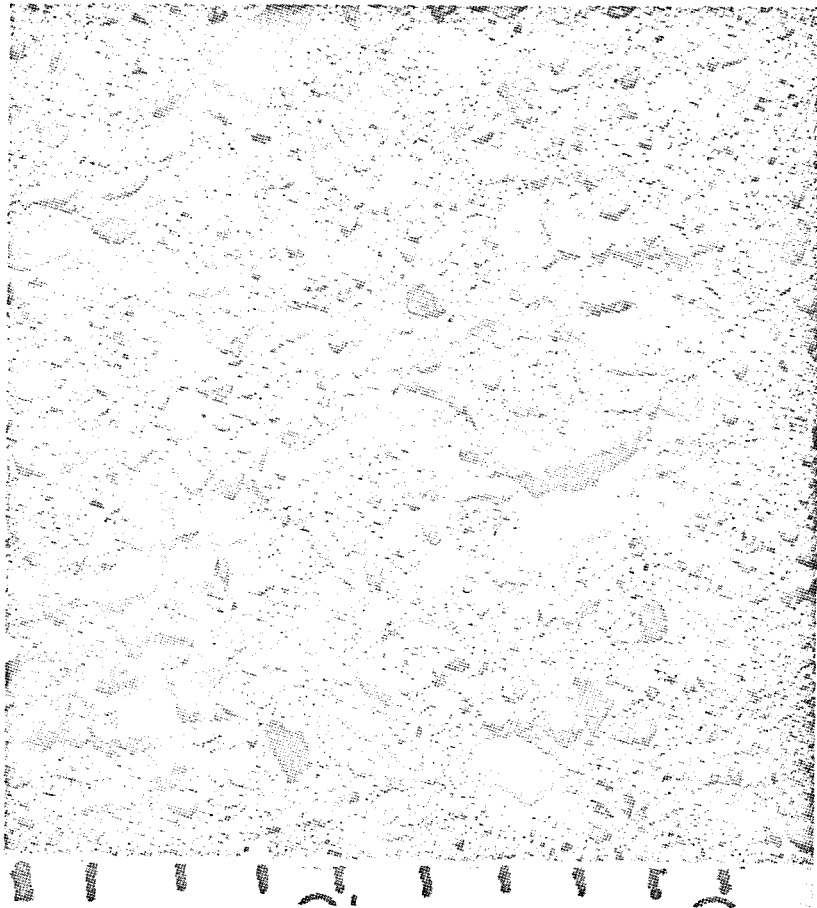


fig. 20

Bijlage 6

1. Resultaten van de metingen van bandkenmerken.
2. Aanhangsel 6-1: Resultaten van metingen van de bandkenmerken onbalans en hoogteslag.
3. Aanhangsel 6-2: Rapport No. P 145
Laboratorium voor Voertuigtechniek
Technische Hogeschool Delft
"stijfheden van "SWOV"-banden.
4. Aanhangsel 6-3: Rapport No. 59/'72
Kunststoffen en Rubber Instituut TNO
"Onderzoek van stroefheidsmeetbanden".

De metingen van bandkenmerken zijn verricht op de volgende vier bandtypen (allen radiaalbanden):

1. Uniroyal Rallye 180 , staalgordel, maat 165 SR 13, langsprofiel met gesloten schouder;
2. Michelin zX , staalgordel, maat 165 SR 13, langsprofiel met open schouder;
3. Vredestein Sprint , textielgordel, maat 165 SR 13, blokprofiel met gesloten schouder;
4. Goodyear G800 , textielgordel, maat 165 SR 13, blokprofiel met open schouder, tubeless.

1. De profiel diepte van de banden bij de metingen is bepaald op twee niveau's:

1. nieuw profiel, variërend van 7 tot 8 mm;
2. profiel diepte van 2 mm.

2. De bandbelasting is ingesteld op 250 resp. 400 kgf.

3. De bandspanning is gevarieerd op twee niveau's: 1,4 resp. 2,0 kgf/cm².

4. Algemene bandkenmerken

	UNIR.	MICH.	VRED.	GOOD.	DIM.
a) <u>Gewicht</u> (alleen buitenland) (velg 5,90 kgf, binnenband 0,75 kgf)	7,65	7,35	6,90	7,70	kgf
b) <u>Onbalans</u> ¹⁾ (gemiddelde van 20)	96	42	78,5	54	gr.
c) <u>Hoogteslag</u> ¹⁾ (gemiddelde van 20)	0,74	0,65	1,39	0,74	mm
d) <u>Kontaktafdruk</u> ²⁾ 330 kgf, 1,8 ato					
oppervlak	173	153	159	150	cm ²
lengte 7 mm profiel	171	167	177	171	mm
breedte	118	103	107	104	mm
oppervlak	184	169	177	186	cm ²
lengte 2 mm profiel	159	172	168	171	mm
breedte	132	117	125	126	mm
e) <u>Driftstijfheid</u> ³⁾ C_{Foc} (30 km/h - 330 kgf - 1,8 ato)	76	80	65	63	kgf/gr
f) <u>Axiale stijfheid</u> ³⁾ (over 1 cm)					
1,4 ato onafhankelijk	70	66	59	77	kgf/cm
1,8 ato van	78	76	67	83	kgf/cm
2,0 ato belasting	85	80	75	93	kgf/cm
g) <u>Radiale stijfheid</u> ³⁾					
1,4 ato tussen	129	125	117	126	kgf/cm
1,8 ato 200 - 400 kgf	148	149	140	148	kgf/cm
2,0 ato belasting	161	155	148	161	kgf/cm

1) Voor uitgebreide gegevens wordt verwezen naar Aanhangsel 1.

2) Zie figuur 2 t/m 9.

3) Voor uitgebreide gegevens wordt verwezen naar Aanhangsel 2, Rapport No. P 145 van het Laboratorium voor Voertuigtechniek, Technische Hogeschool Delft.

5. Gemeten profielkenmerkena. Oevergetal en luchtgetal

Met behulp van kontaktafdrukken (zie figuur 2 t/m 9) is van een oppervlakte over een kontaktlengte van 10 cm en 5 cm uit het midden van iedere band het oevergetal en het luchtgetal gemeten.

Oevergetal = de totale oeverlengte van alle kanalen en slots gedeeld door de omtrek van het contactvlak.

Luchtgetal = de oppervlakte van alle kanalen uitgedrukt in een percentage van het totale kontaktoppervlak.

Profielentiepte	Uniroyal	Rallye 180	Michelin zX		Vredestein Sprint		Goodyear G800	
	7 mm	2 mm	7 mm	2 mm	7 mm	2 mm	7 mm	2 mm
Oeverlengte: kanalen	128,8	131,6	112,3	140,2	161,8	200,6	151,3	177,6
slots	80,1	90,3	215,7	172,0	47,1	12,8	70,0	33,0
TOTAAL	208,9	221,9	328,0	312,2	208,9	213,4	221,3	210,6
Omtrek contactvlak	42,90	46,0	40,00	43,30	40,2	44,8	39,5	44,6
OEVERGETAL	4,89	4,82	8,20	7,21	5,19	4,75	5,60	4,7
Oppervlakte kanalen	34,2	34,2	23,4	19,0	31,0	35,2	29,2	33,9
Kontaktoppervlakte	114,5	130	100	116,5	101	124	97,5	123
LUCHTGETAL	29,7	26,3	23,4	16,2	30,6	28,4	30,6	27,6

b. Groefdoorstromingscapaciteit e.d.

Met behulp van het groefdoorstromingsapparaat zijn een aantal metingen verricht die beschreven zijn in rapport P136 van het Laboratorium voor Voertuigtechniek (aanhangsel 2-1 bij bijlage 2).

De metingen zijn verricht bij:

- bandspanning : 1,8 kgf/cm²
- bandbelasting : 330 kgf

De gemeten grootheden zijn:

- Pd. (in mm) = de werkelijke profieldiepte op de plaats waar gemeten is.
- P_{\max} (in kgf/cm^2) = de waterdruk waarbij de eerste punten van de band, in het contactvlak gelegen, loskomen van het groefdoorstromingsapparaat.
- $\phi_{v \max}$ (in dm^3/sec) = de bij P_{\max} behorende volumestroom van het water.
- A (in $\text{kgf m}/\text{sec}$) = Karakteristiek-oppervlak.
- Prof. Inh. (in cm^3/cm) = de "luchtinhoud" van het profiel per cm kontaktlengte, gemeten met siliconrubber.

Gem. profieldiepte		Rallye		Michelin zX		Vredes- tein Sprint		Goodyear G800	
		Uniroyal 180							
		7 mm	2 mm	7 mm	2 mm	7 mm	2 mm	7 mm	2 mm
	dimensie								
Pd	mm	7,4	2,1	7,2	2,5	7,0	1,9	7,5	1,9
P_{\max}	kgf/cm^2	2,42	1,90	1,92	1,70	2,45	1,92	2,26	2,12
$\phi_{v \max}$	dm^3/sec	2,03	0,63	0,71	0,22	1,95	0,49	1,23	0,90
A	$\text{kgf m}/\text{sec}$	2,96	0,70	0,72	0,20	2,87	0,54	1,67	1,20
Porf. Inh.	cm^3/cm	1,40	0,50	1,00	0,54	1,30	0,60	1,12	0,46

6. Konstruktiekenmerken

	Unirgyal Rallye 180	Michelin zX	Vredestein Sprint	Goodyear G800
karkas	2 lagen 90°	1 laag 90°	2 lagen 90°	2 lagen 90°
materiaal van het karkas	dtex 1220/2 rayon	dtex 1840/3 rayon	dtex 1840/2 rayon	dtex 1220/2 rayon
ends per inch van het karkas	21	17	15	18
gordelkonstruktie	2 lagen	2 lagen	4 lagen	4 lagen
materiaal van de gordel	5 x 0,25 staal	3x3x0,20 + 1x0,10 staal	dtex 1840/2 rayon	dtex 1220/2 rayon
ends per inch van de gordel	19	16	26	38,5
gordelhoek	19°	21,5°	14,5°	14,9°
sektiebreedte	166 mm	162 mm	165 mm	165 mm
loopvlakstraal	9"	8"	9½"	7¾"

7. Kenmerken van het loopvlakrubbera) Terugveringselasticiteit meetbanden

De terugveringselasticiteit is gemeten op het Rijkswegenbouwlaboratorium met de gemodificeerde B.S. Lupke resiliometer bij de gekonditioneerde temperatuur van 20°C, meetdata 3-2-1972 en 14-2-1972. De metingen zijn verricht op 4 ongebruikte meetbanden (profiel diepte 7 mm), die zijn ontvangen van KRI-TNO en op 4 gebruikte banden (profiel diepte 2 mm), die zijn ontvangen van LVT.

De terugveringselasticiteit wordt gewoonlijk op 4 plaatsen op het midden van het loopvlak van de band gemeten. Bij de ongebruikte meetbanden kon slechts op 3 plaatsen worden gemeten, daar KRI-TNO voor andere onderzoeken, een gedeelte uit de banden had gesneden. De resultaten van de metingen zijn gegeven in onderstaande tabel.

Profiel diepte	Uni- Rallye		Michelin zX		Vredes- tein Sprint		Goodyear G800	
	royal 7 mm	180 2 mm	7 mm	2 mm	7 mm	2 mm	7 mm	2 mm
Plaats 1	36	36	39	38	42	43	31	33
Plaats 2	35	36	39	38	42	42	31	33
Plaats 3	36	36	40	38	43	41	31	32
Plaats 4		36		38		41		33
Gem. waarde	36	36	39	38	42	42	31	33

b) Soortelijk gewicht, Treksterkte, Hardheid en Scheursterkte

Voor een toelichting op deze meetgegevens zie het rapport van KRI-TNO (Aanhangsel 3).

	Uniroyal Rallye 180	Michelin zX	Vredestein Sprint	Goodyear G800
Soortelijk gewicht g/cm ³	1.16	1.15	1.14	1.18
Treksterkte kg/cm ²	151	189	223	189
Rek bij breuk %	400	380	600	560
Modulus 300% kg/cm ²	104	134	90	99
Hardheid Shore-A	59	62	59	64
Scheursterkte kg/cm ²	60	60	62	66

	Uniroyal	Rallye 180	Michelin zX	Vredestein Sprint	Goodyear G800
Vrije zwavel (Na_2SO_3 meth.)	0,02%		0,03%	0,08%	0,02%
Acetonextract	24,5 %		17,6 %	18,7 %	22,6 %
Totaal vulstofgehalte (N_2 dest. meth.)	33,9 %		34,6 %	31,5 %	37,7 %
Asghehalte	2,2 %		2,6 %	1,5 %	2,3 %
Identificatie van het rubbertype:					
Infrarood spectrum van het pyroly- saat	SBR		SBR	SBR	SBR
Gaschromatografisch	SBR + geringe hoev. NR (min- der dan 5%)		SBR	SBR	SBR

	Uni- Rallye			Miche-		Vre-		Goodyear		
	royal	180		lin	zX	destein	Sprint	G 800		
	%	dln	dln	%	dln	%	dln	%	dln	dln
SBR	44,3	100		51,3	100	53,5	100	42,2	100	
Oil extended SBR (100:37,5)			137,5							137,5
Vulk. ingrediënten	21,5	49	11	14,0	27	14,9	28	19,8	47	10
Zinkoxide	1,9	4	4	2,2	4	1,1	2	2,0	5	5
Roet	31,3	71	71	31,5	62	29,5	55	35,0	83	83
Zwavel (aangenomen)	1,0	2	2	1,0	2	1,0	2	1,0	2	2

8. Slijtage van enkele banden na de 1e serie van 128 metingen

Band nr. 46 (figuur 10 + 11)

Goodyear - gemeten in Raamsdonkveer.

Door het zeer ruwe wegdek bij Raamsdonkveer lijkt plaatselijk het loopvlak "ingebrand". Op de ene foto (figuur 10) zijn duidelijke krassen in langsrichting (remmen) en dwarsrichting (driften) te zien. Dit laatste is bij alle banden in meer of minder ernstige mate het geval. Het "inbranden" van het loopvlak is ook bij de andere merken soms te zien, vooral bij de banden die in Raamsdonkveer of Gorkum zijn gemeten.

Band nr. 22 (figuur 12)

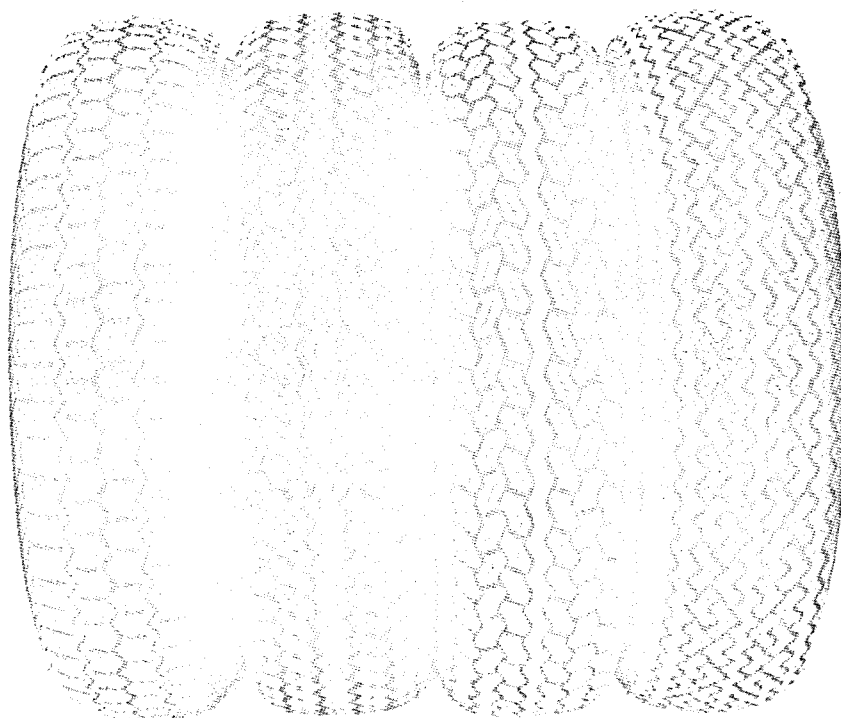
Deze foto geeft een vorm van matiger slijtage te zien, die ook veel voorkomt (Gorkum - Leiden).

Na de metingen in Kesteren is er van een zichtbare slijtage nauwelijks sprake.

Band nr. 6 (figuur 13)

Deze foto geeft aan wat de gevolgen zijn van een vrij grote hoogteslag van een band voor hij afgeslepen wordt (in dit geval is dit laatste echter ook niet zo erg nauwkeurig gedaan).

Bandtypen



Michelin zX

Uniroyal
Rallye 180

Goodyear G800

Vredestein
Sprint

Figuur 1

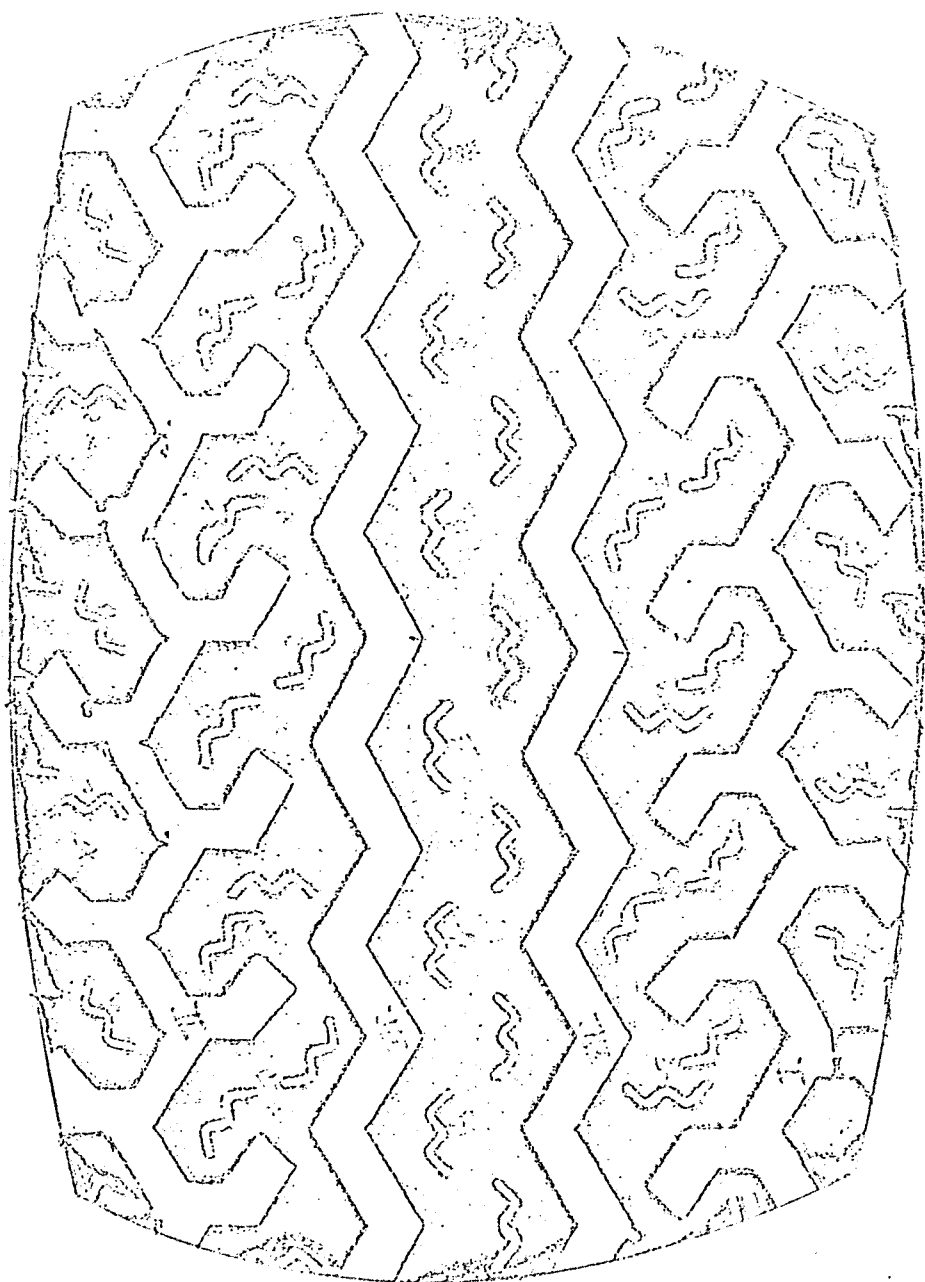
Figuur 2

Uniroyal Rallye

165 SR 13

"86mm"

SWOV No. 68



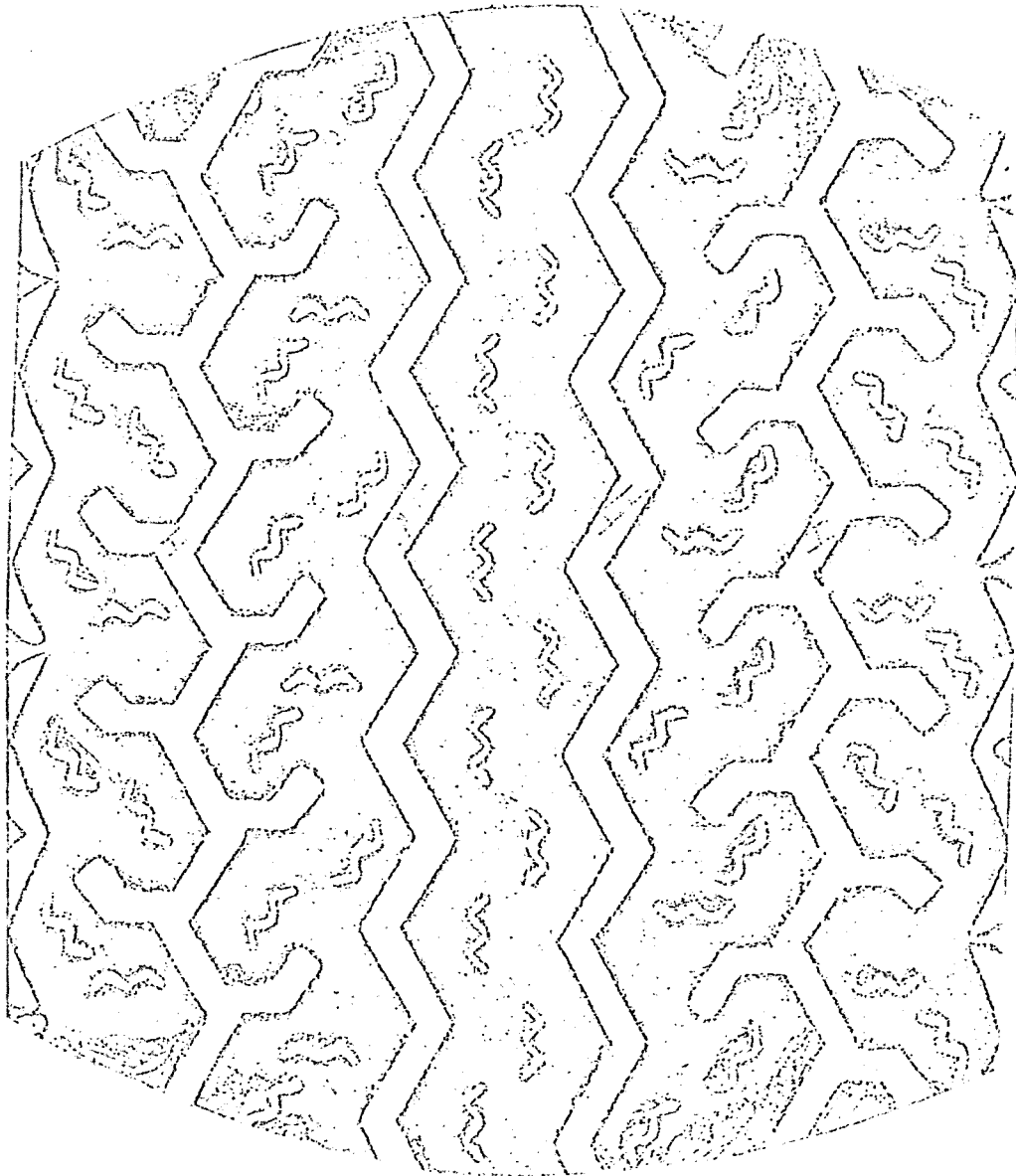
Figuur 3

Uniroyal Rallye

165 SR 13

"2 mm"

SWOV No. 61



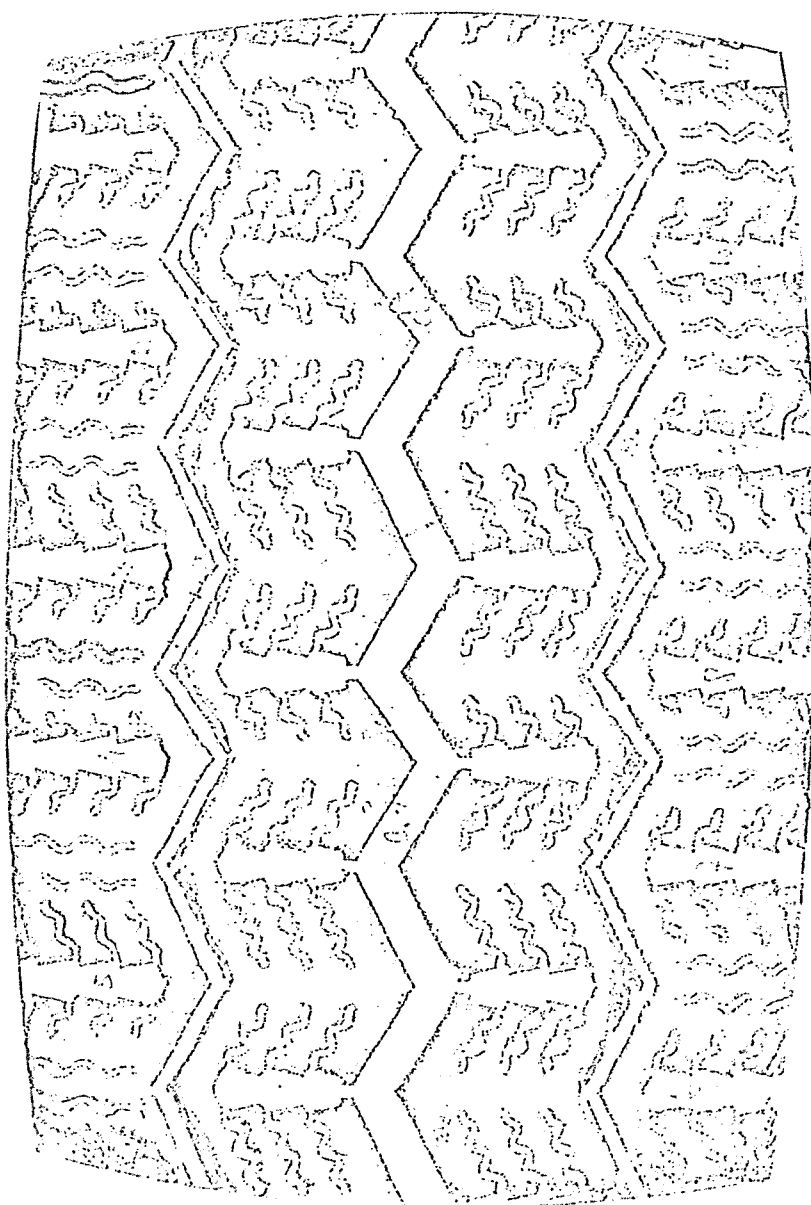
Figuur 4

Michelin zX

165 SR 13

"8 mm"

SWOV No. 23



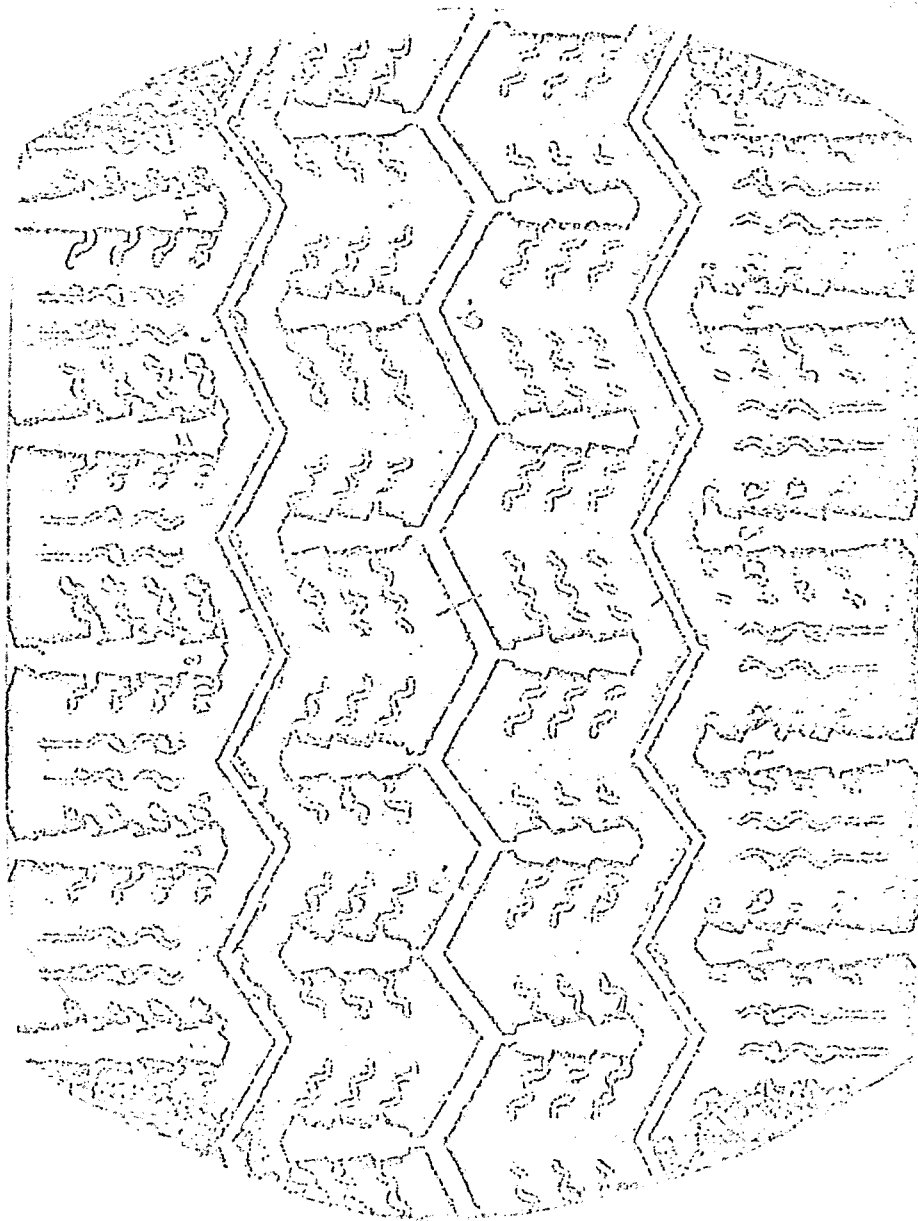
Figuur 5

Michelin zX

165 SR 13

"2 mm"

SWOV No. 33



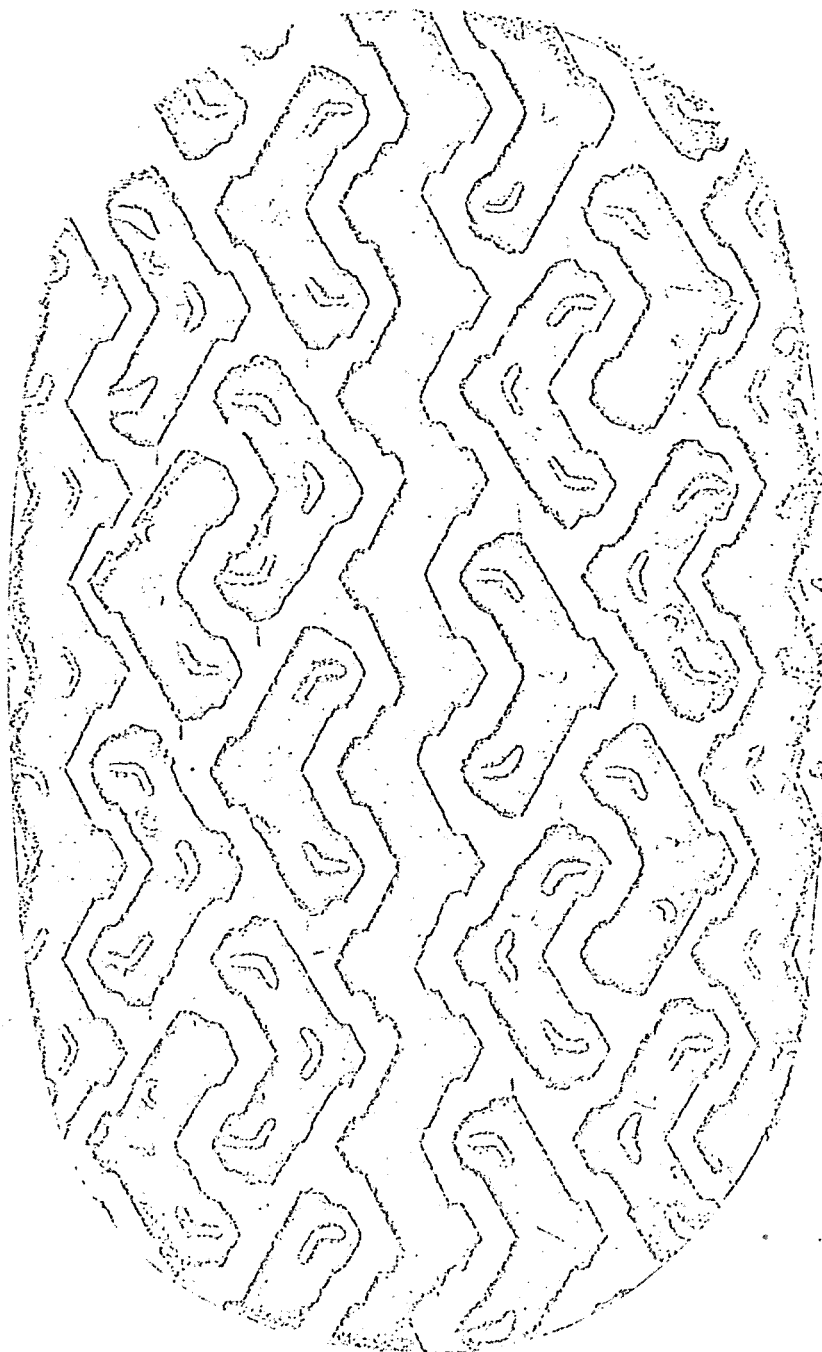
Figuur 6

Vredestein Sprint

165 SR 13

"8 mm"

SWOV No. 20



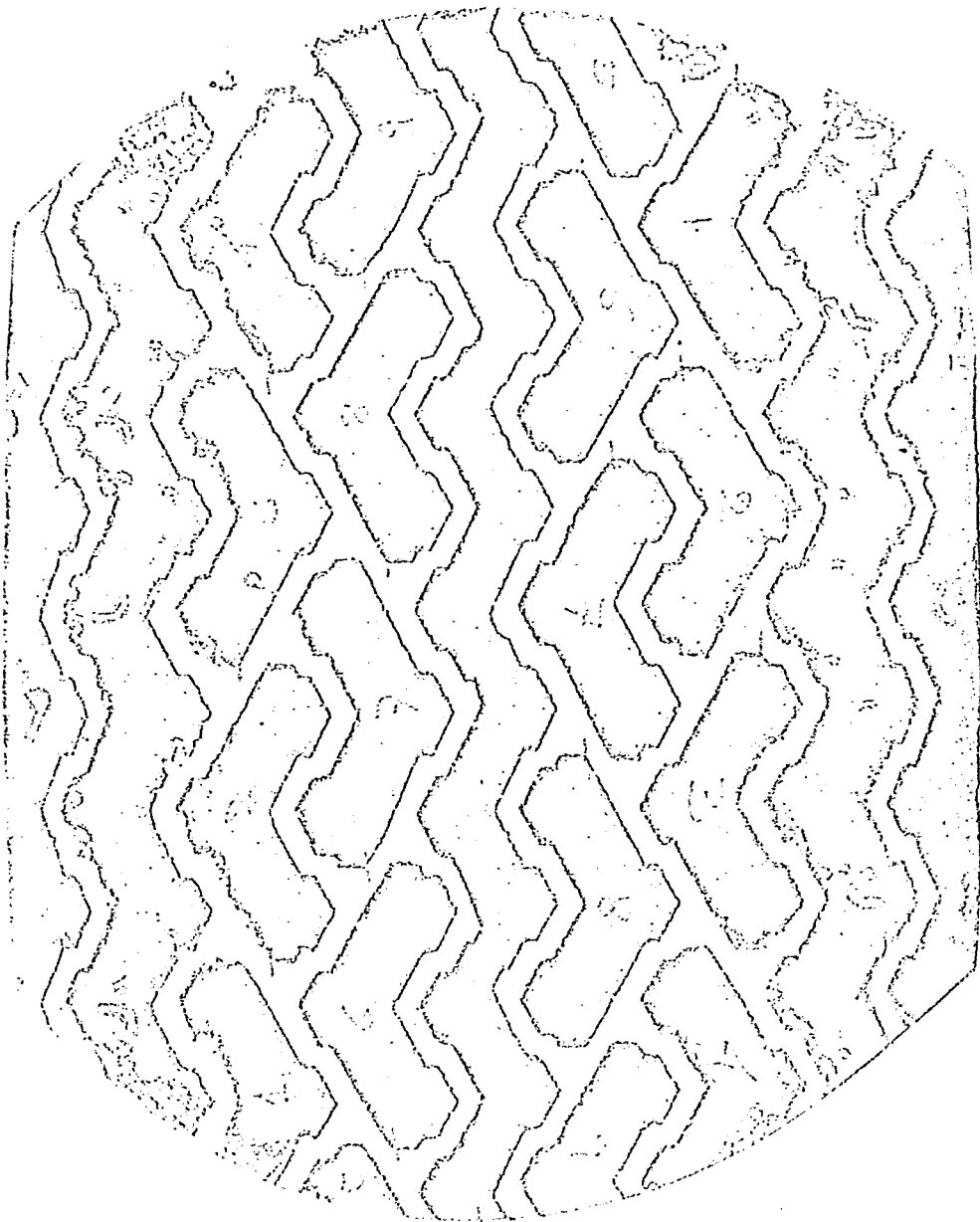
Figuur 7

Vredestein Sprint

165 SR 13

"2 mm"

SWOV No. 10



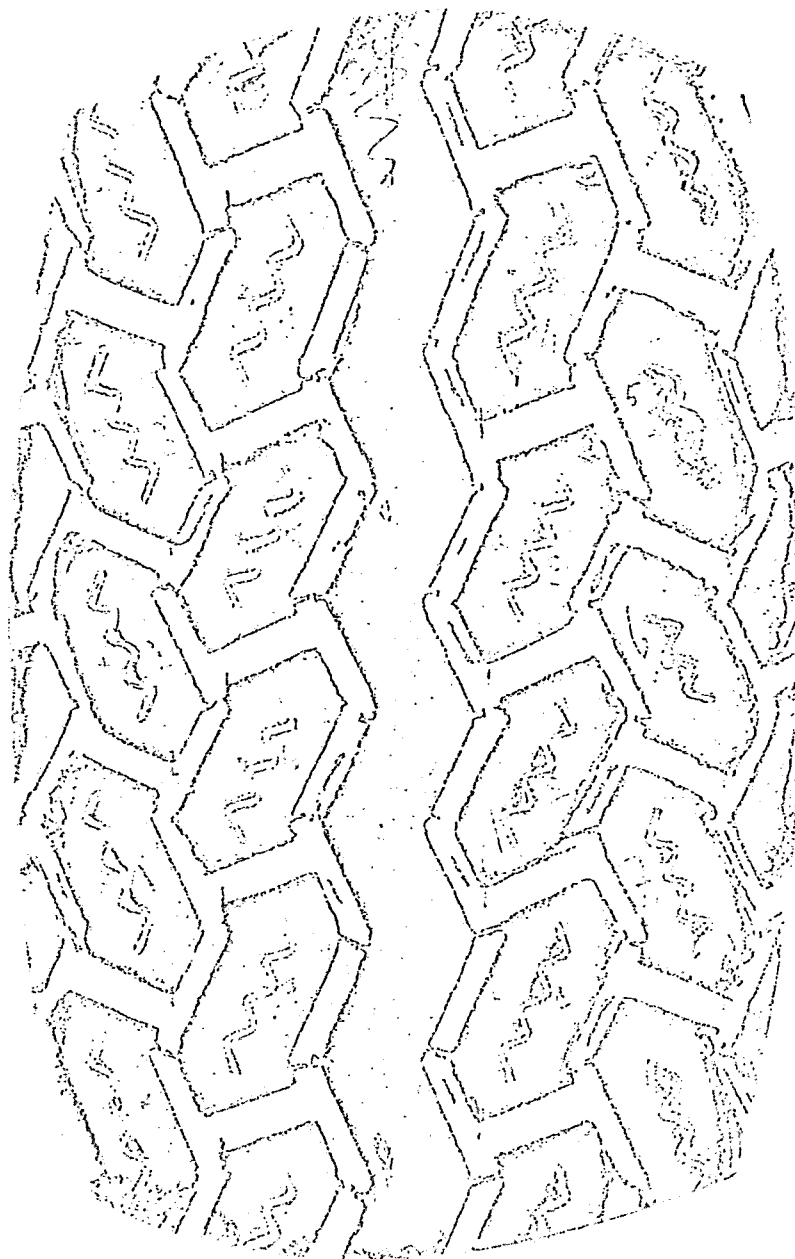
Figuur 8

Goodyear G800

165 SR 13

"8 mm"

SWOV No. 49



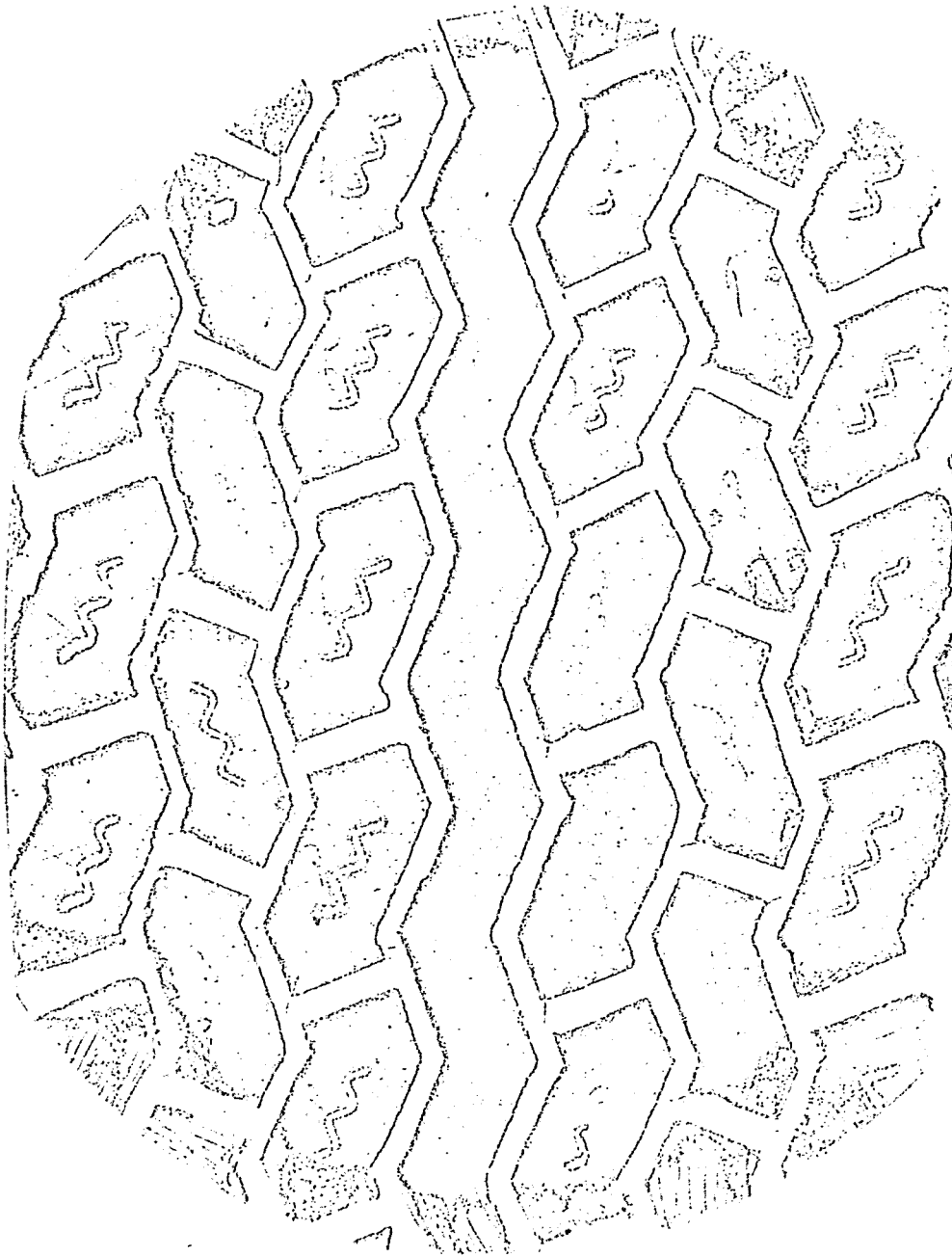
Figuur 9

Goodyear G800

165 SR 13

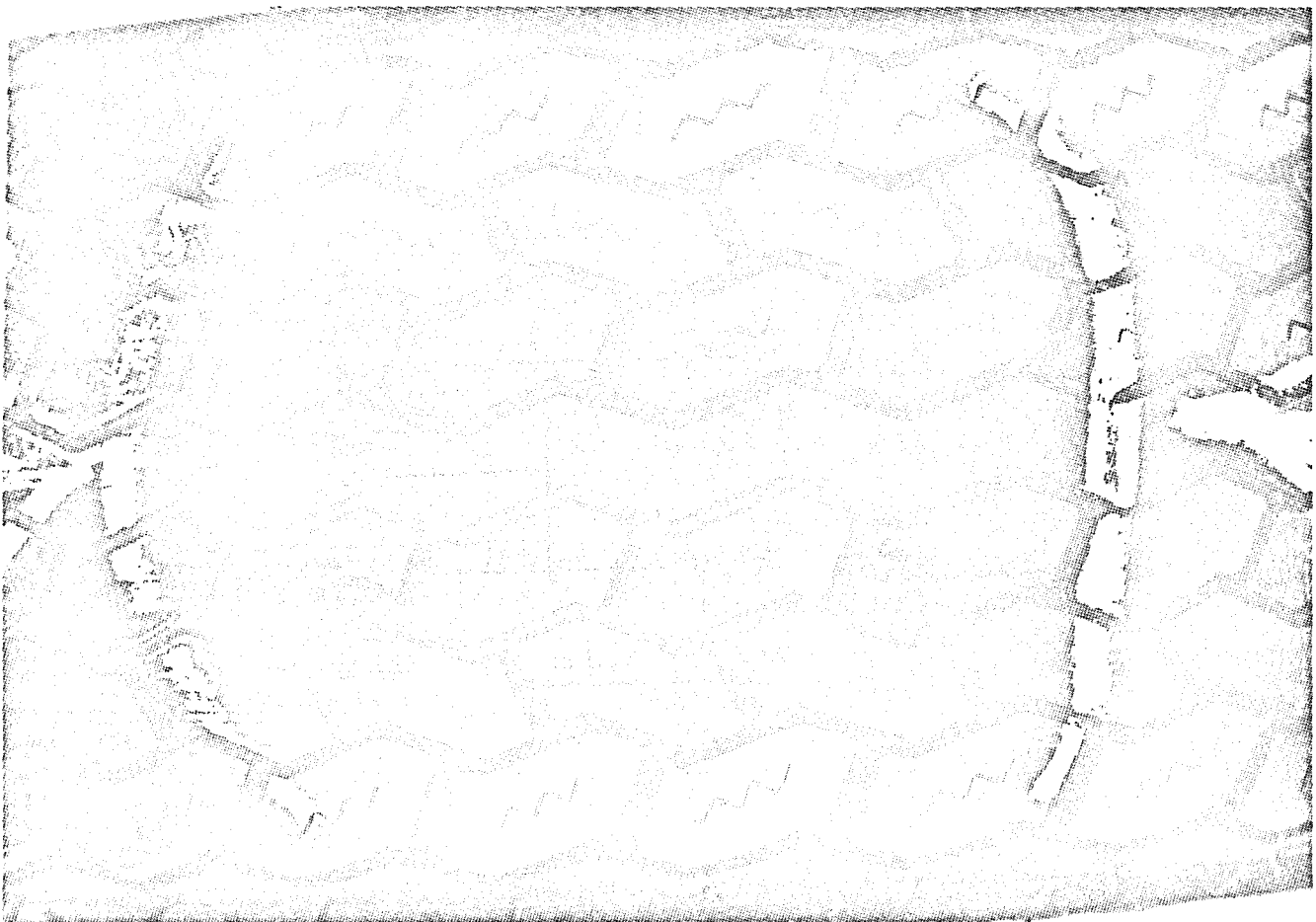
"2 mm"

SWOV No.





Figuur 11. Band nr. 46



Figuur 10. Band nr. 46



Figure 13. Band nr. 6



Figure 12. Band nr. 22

Aanhangsel 6-1

Resultaten van metingen van de bandkenmerken onbalans en hoogteslag voor de bandtypen:

- Uniroyal Rallye 180
- Michelin zX
- Vredestein Sprint
- Goodyear G800

BANDTYPE: UNIROYAL RALLYE 180

Bandnr.	Onbalans (gram)	Hoogteslag (mm)	Afgeslepen	Bijzonderheden
61	45	0,6	ja	
62	35	0,6	ja	
63	50	0,7	ja	
64	45	0,9		
65	70	1,1 *		* plaatselijke bul
66	20			
67	35	0,6		
68	80	0,9		
69	25	0,7		
70	60	0,5	ja	
71	50	0,9		
72	60	1,0 *		* plaatselijke bult
73	50	0,2		
74	110	1,0 *		* plaatselijke bult
75	15	0,7		
76	30	1,0	ja	
77	55	0,7	ja	
78	25	0,5	ja	
79	55	0,8	ja	
80	110	0,6	ja	
	gemid- deld 96,3	gemid- deld 0,74		

BANDTYPE: MICHELIN zX

Bandnr.	Onbalans (gram)	Hoogteslag (mm)	Afgeslepen
21	10	0,6	ja
22	15	1,0	
23	35	0,5	
24	15	0,4	ja
25	15	0,7	ja
26	0	0,5	
27	30	0,7	
28	25	0,8	ja
29	15	0,9	
30	10	0,8	
31	15	0,5	
32	10	1,0	
33	45	0,6	ja
34	10	0,9	
35	7	0,7	
36	15	0,3	ja
37	20	0,5	ja
38	10	0,6	ja
39	25	0,3	ja
40	20	0,8	ja
gemiddeld	42,1	gemiddeld 0,65	

BANDTYPE: VREDESTEIN SPRINT

Bandnr.	Onbalans (gram)	Hoogteslag (mm)	Afgeslepen
1	40	1,0	ja
2	0	1,0	ja
3	10	0,8	ja
4	60	2,0	ja
5	50	1,0	
6	40	1,0	ja
7	7	2,7	ja
8	10	1,9	ja
9	45	1,9	
10	35	1,3	
11	45	1,7	
12	30	1,9	ja
13	80	0,9	
14	60	0,9	
15	30	1,4	
16	20	1,0	
17	75	1,0	ja
18	15	1,4	
19	110	1,5	
20	20	1,5	ja
	gemid- deld 78,6	gemid- deld 1,39	

BANDTYPE: GOODYEAR G 800

Bandnr.	Onbalans (gram)	Hoogteslag (mm)	Afgeslepen	Bijzonderheden
41	30	1,0	ja	
42	30	0,6	ja	
43	20	1,2	ja	
44		0,6	ja	made in G.B. USA- uitvoering(i.p.v. Italië)
45	15	0,9	ja	
46	15	1,2	ja	
47	10	0,7		made in G.B.(i.p.v Italië) USA-uitvoe ring
48	65	0,7		idem
49	25	0,7		
50	30	0,2		
51	0	0,6		
52	7	0,7		
53	0	1,1	ja	
54	15	0,6		
55	0	0,4		
56	10	0,7		
57	35	0,7		
58	20	0,7		
59	35	0,5	ja	
60	45	1,0	ja	
	gemid- 54 deld	gemid- deld	0,74	

AANHANGSEL 6.2

TECHNISCHE HOGESCHOOL
DELFT
Laboratorium voor Voertuigtechniek

Rapport No. P 145

Stijfheden van "S.W.O.V." banden

D.A. Timan

J.H.M. Rooney

januari '72



LABORATORIUM VOOR VOERTUIGTECHNIEK
TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

Telefoon 01730-33222, toestel 6644

Mekelweg 2 Delft

Rapport No. P 145

O. de worp. Stijfheden van "S.W.O.V." banden.

Uitgevoerd door: D.A. Timan J.H.M. Rooney

Datum an uitvoering: januari 1972.

Opdrachtgever:

Dit rapport mag geheel of gedeeltelijk slechts worden gepubliceerd of voor reclamedoelinden worden gebruikt met schriftelijke toestemming van de Technische Hogeschool te Delft.
Aanvragen om advies worden alleen behandeld op voorwaarde, dat de aanvrager afstand doet van ieder recht op aansprakelijkheid terzake van het gegeven of te geven advies.

Inhoud:

1. Inleiding
2. Doel
3. Gevraagde eigenschappen
4. Dimensies
5. Meetapparatuur
6. Tabel
7. Grafieken

1. Inleiding.

Ten bate van het voor de S.W.O.V. uitgevoerde meetprogramma aan een aantal personenwagenbanden, werden ook enkele statische en kwasiestatische eigenschappen van de betrokken banden bepaald.

2. Doel.

Doel van de metingen was om meer gegevens van de banden te verkrijgen teneinde na te kunnen gaan of en in welke mate de in dit rapport opgenomen eigenschappen invloed uitoefenen op de in rapport P 143 verzamelde meetresultaten.

3. Gevraagde eigenschappen.

- A. Driftstijfheid,
- B. Axiale stijfheid,
- C. Radiale stijfheid.

4. Dimensies.

A. Driftstijfheid:

De driftstijfheid wordt gevonden door in de grafiek van de axiale kracht tegen de drifthoek, deraaklijn aan deze grafiek te trekken in het punt waar de axiale kracht = 0 is.

De driftstijfheid wordt uitgedrukt in kgf graad en geldt voor de 4 gemeten banden blijkbaar tot 1 graad, omdat tussen 1 graad en -1 graad de grafiek voor de axiale kracht recht is.

B. Axiale stijfheid:

De axiale stijfheid wordt gevonden door in de grafiek van de axiale kracht tegen de axiale verplaatsing de kracht te meten die uitgeoefend moet worden om het wiel bij belaste band in axiale richting te kunnen verplaatsen; hierbij treedt geen zichtbare slijpen in het contactvlak.

Bij grotere axiale verplaatsingen treedt wel zichtbare slip op in het contactvlak.

De toename van de axiale kracht is niet lineair met de axiale verplaatsing, maar de afwijking blijkt gering, dat geen grote fout gemaakt wordt door de toename lineair te stellen.

De axiale stijfheid kan dan gedimensioneerd worden als kgf/cm .

C. Radiale stijfheid:

De radiale stijfheid wordt gevonden als de extra kracht die nodig is om bij een radiale belasting van 250 kgf de band 1 cm verder in te drukken.

De radiale stijfheid is lineair tussen 250 kgf en 400 kgf, en is in dit gebied gedefinieerd, omdat hierbinnen de in de automobielwereld gebruikelijke belastingen voor banden 165sr13 liggen.

De dimensie is kgf/cm .

N.B. De axiale en de radiale stijfheid worden gemeten bij stilstaand wiel.

Meetapparatuur:

- A. Glasplaatapparaat met meetnaaf Y1 en hulpflens voor S.W.O.V. wielen.
- B. Rekmeter 5-kanaals no 1. door ir. de Vries.
- C. Sanborn verplaatsingsopnemer serieno. 7DCDT-3000 3"
- D. XY-schrijver HP Moseley 7035B

Tabel:

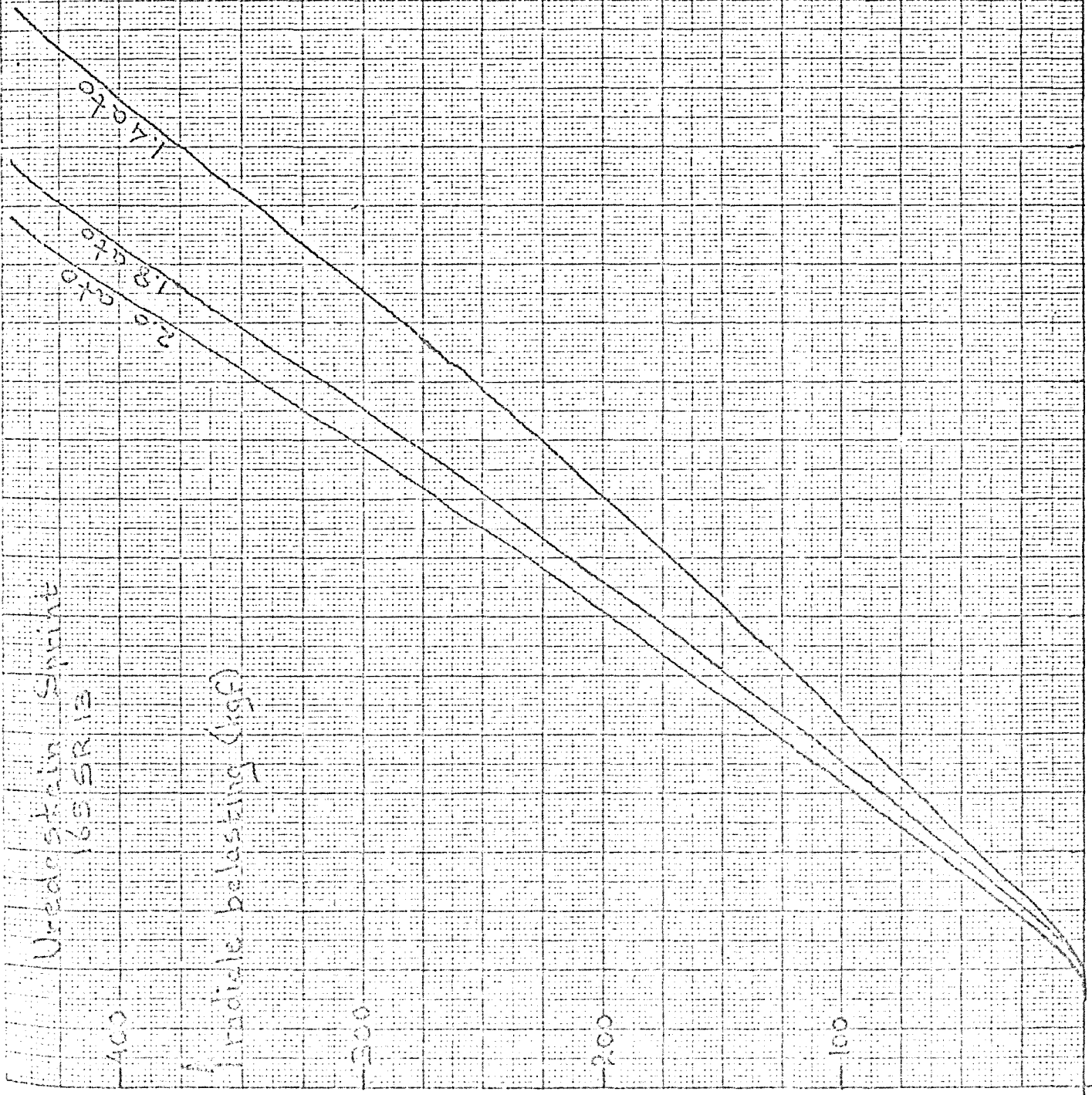
S.W.O.V. banden 165SR13 4 $\frac{1}{2}$ J13 velg.

	bandsp. ato.	Vred.	Unir.	Mich.	Goody.	eenh.
driftstijfheid						
30 km/h; 330 kgf	1,8	67,5	74	82	63	kgf/ graad
axiale stijfheid						
onafhankelijk van belasting over de eerste cm. verplaatsing	1,4	59	70	66	77	kgf/cm.
	1,8	67	78	76	83	
	2,0	75	85	80	93	
radiale stijfheid						
tussen 250 en 400 kgf	1,4	117	129	125	126	kgf/cm.
	1,8	140	148	149	148	
	2,0	148	161	155	161	

Uredo skin Sprint
165 SR 12

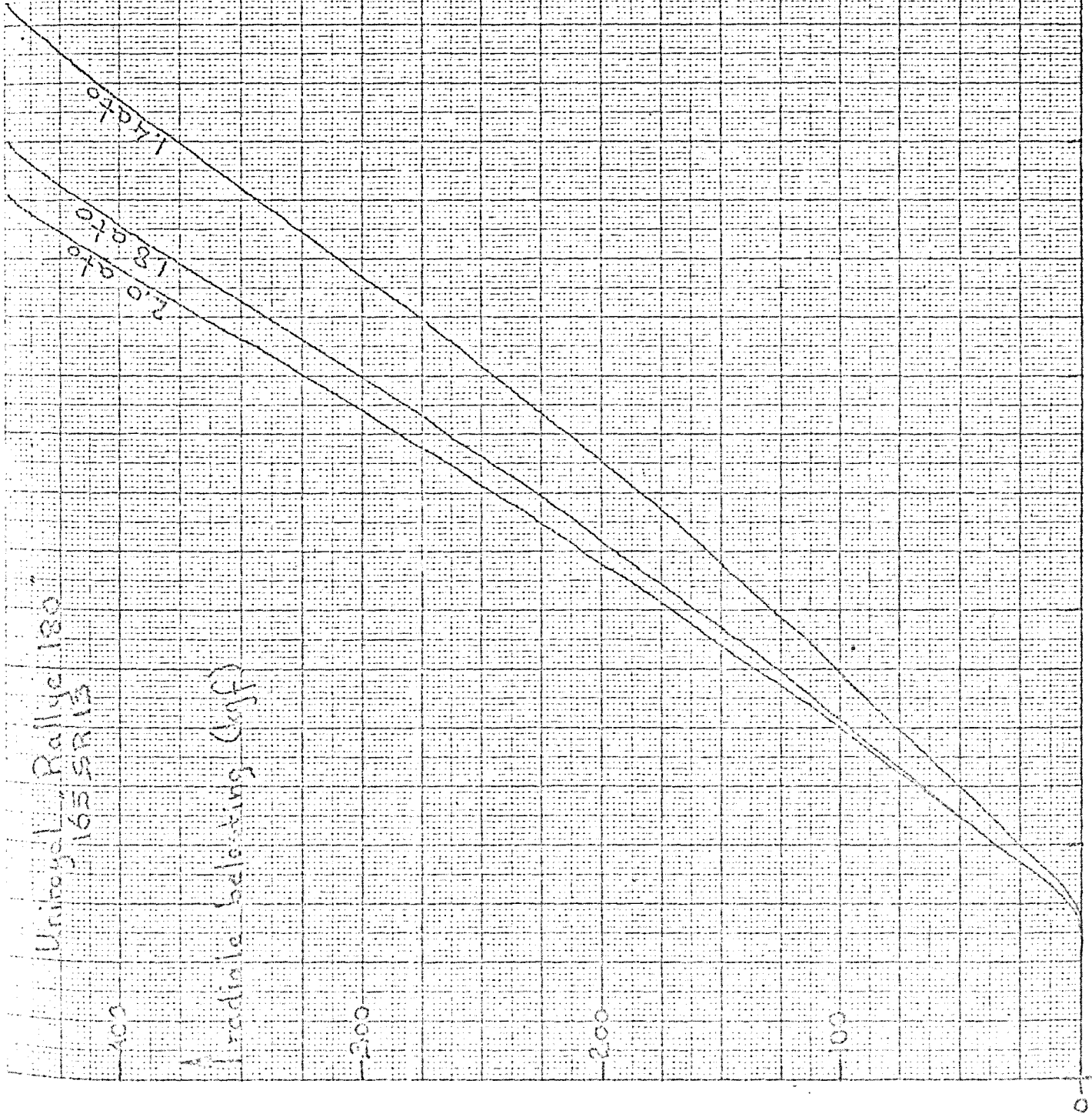
Graduale belasting (kgf)

→ asbestgehalte (mm)



Unitogel Rallye 130
165 SR 13

Gradiale Selektion (gff)



ashogte (mm)

267 257 247 237 227

Michelin ZX
165 SR13

400

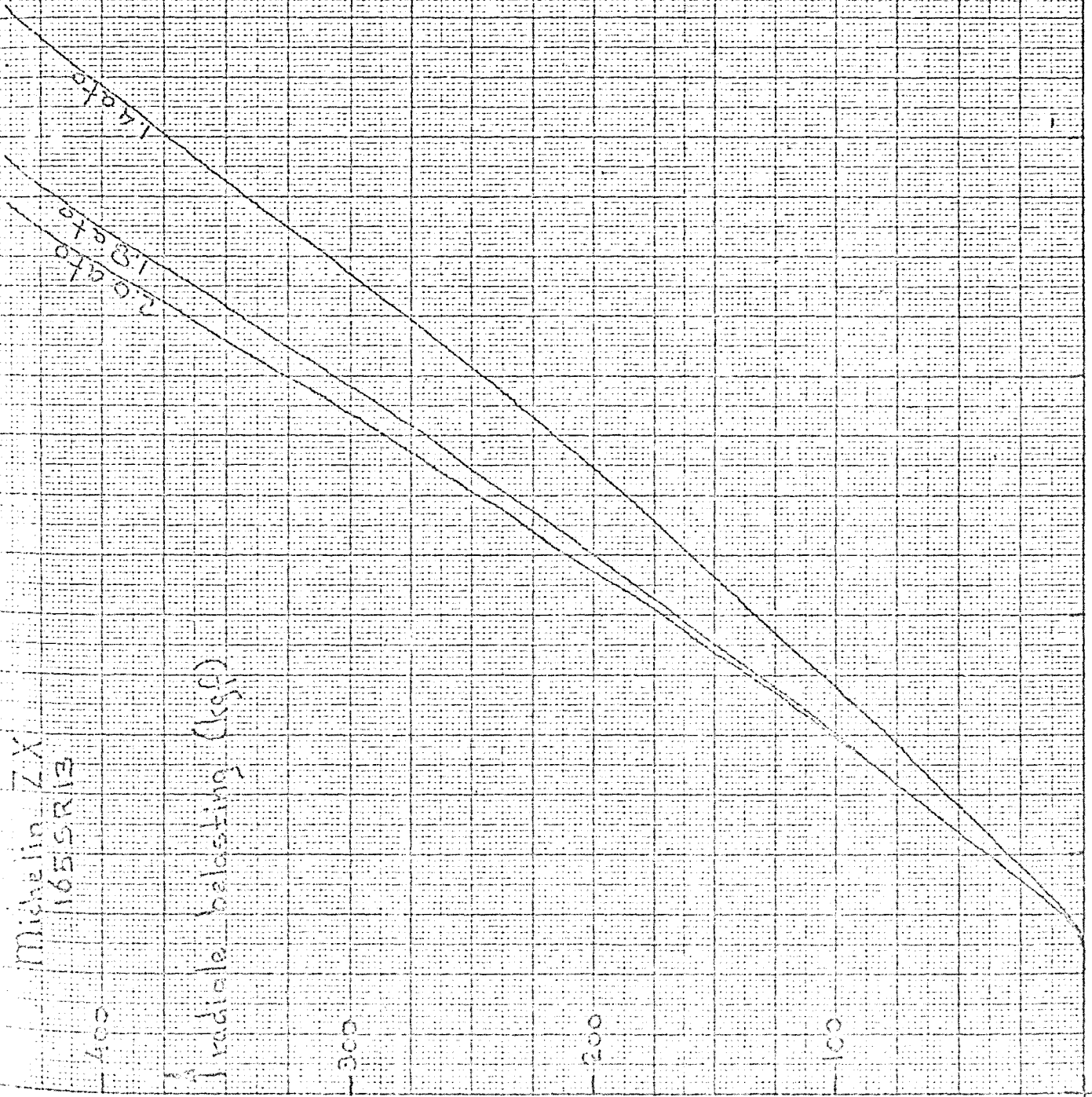
radiale balasting (kgf)

300

200

100

0



1.6 kgf
1.0 kgf

→ ashoogte (mm)

267

257

247

237

227



Goodyear GSR 13

Radiale belasting (kg)

as hoogte (mm)

247 257 267 277 247 257 267 277

Unroyal Rallye 180 (U)
 165 SR 13
 Goodyear G 800 (GY)
 165 SR 13

radiale belasting 330 kgf; p = 1.8 at0

axiale kracht (kgf)

200

100

U
 GY

axiale verplaatsing (mm)

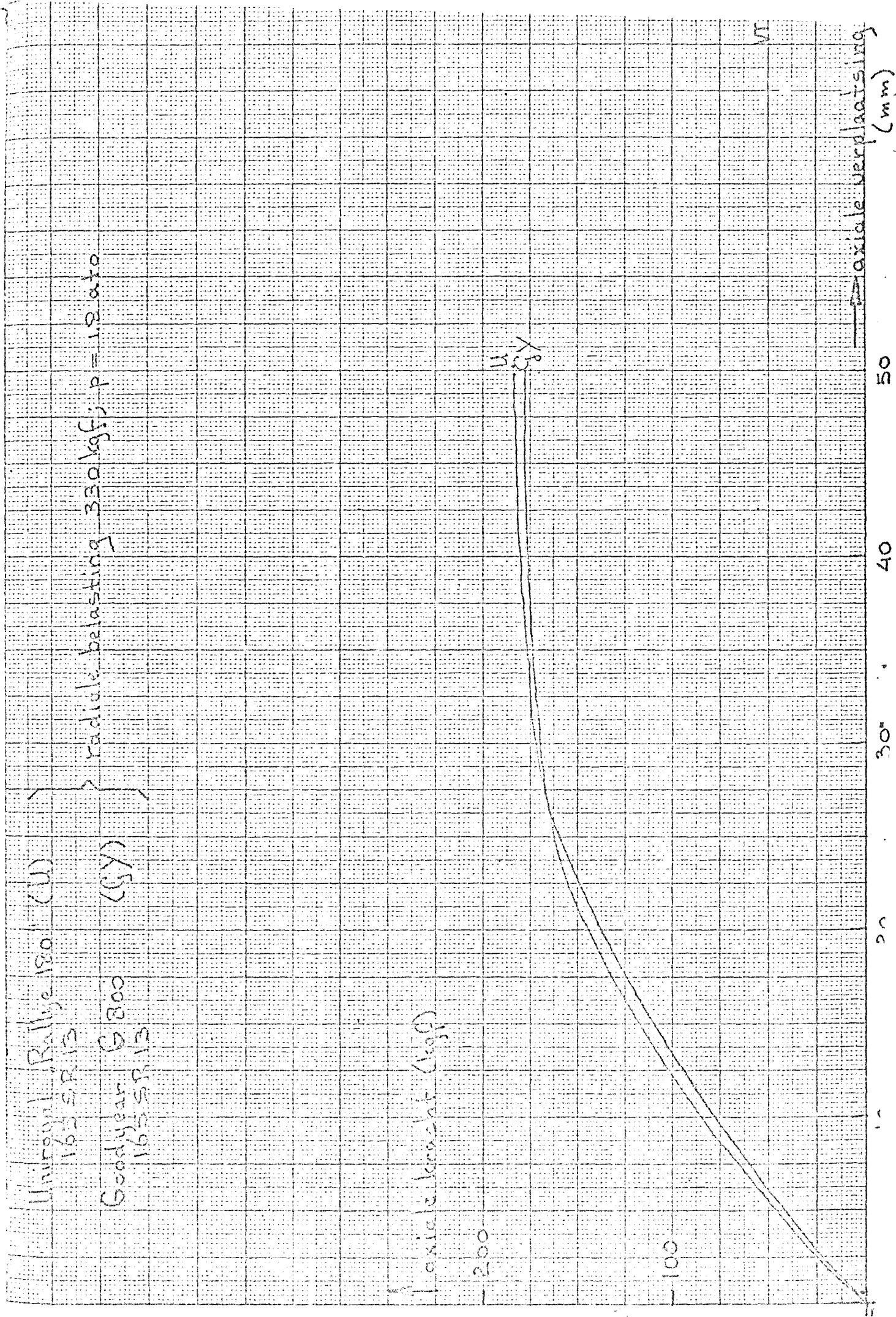
50

40

30

20

10



Michelin ZX (m)
165 SR13
Uredestein Sprink
165 SR13 (N)

radiale belasting 330 kgf; $P = 18 \text{ at}$.

radiale kracht (kgf)

200

100

v
m

axiale verplaatsing (mm)

50

40

30

20

10

0

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

Uredesloin Sprint
165 SR13

radiale belasting: 250 kgf en 400 kgf
 $p = 14 \text{ kgf/cm}^2$ en 21 kgf/cm^2

radiale kracht (kgf)

200

100

14 kgf/cm² (100)
21 kgf/cm² (250)
14 kgf/cm² (250)

axiale verplaatsing
(mm)

50

40

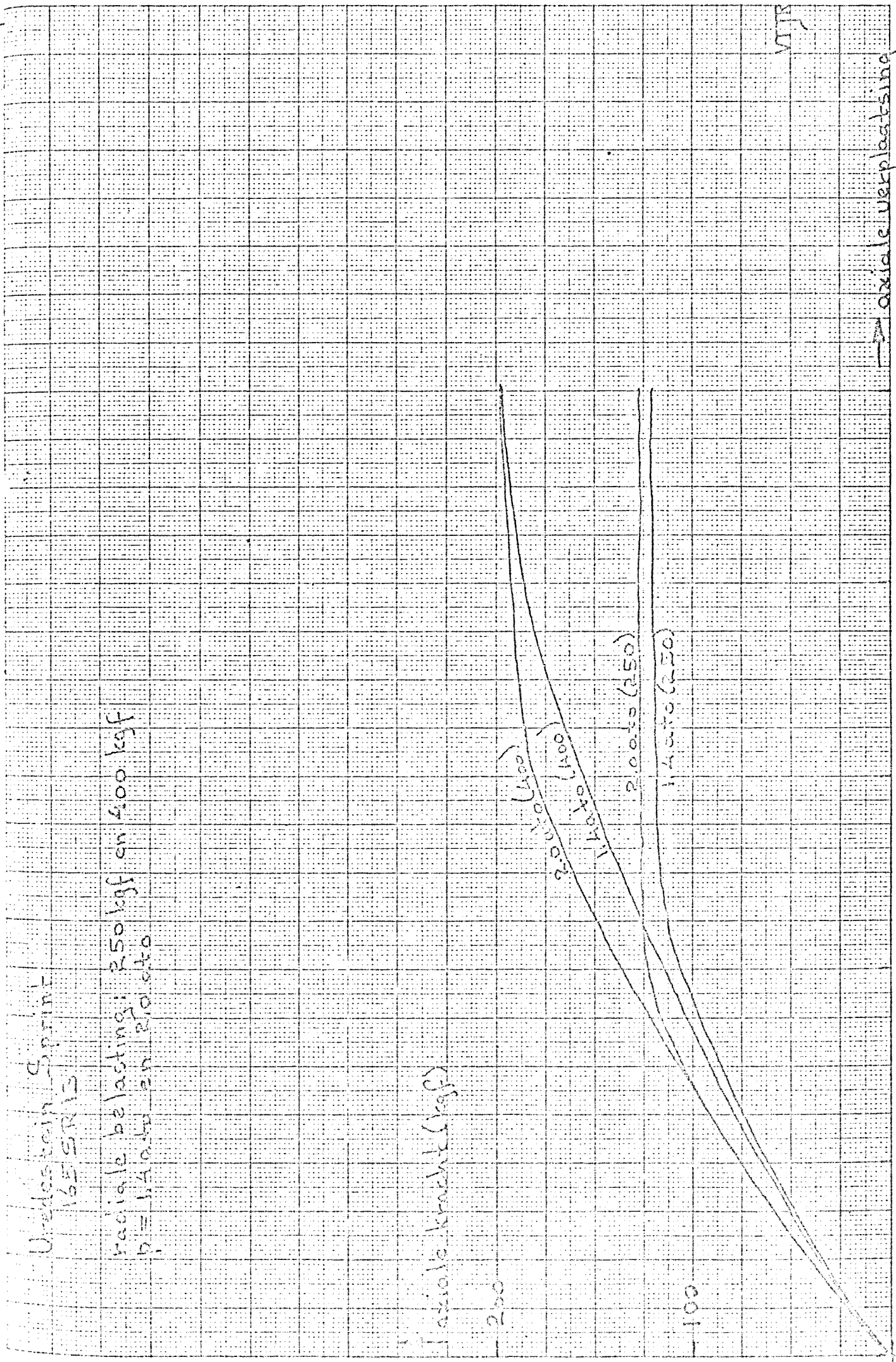
30

20

10

0

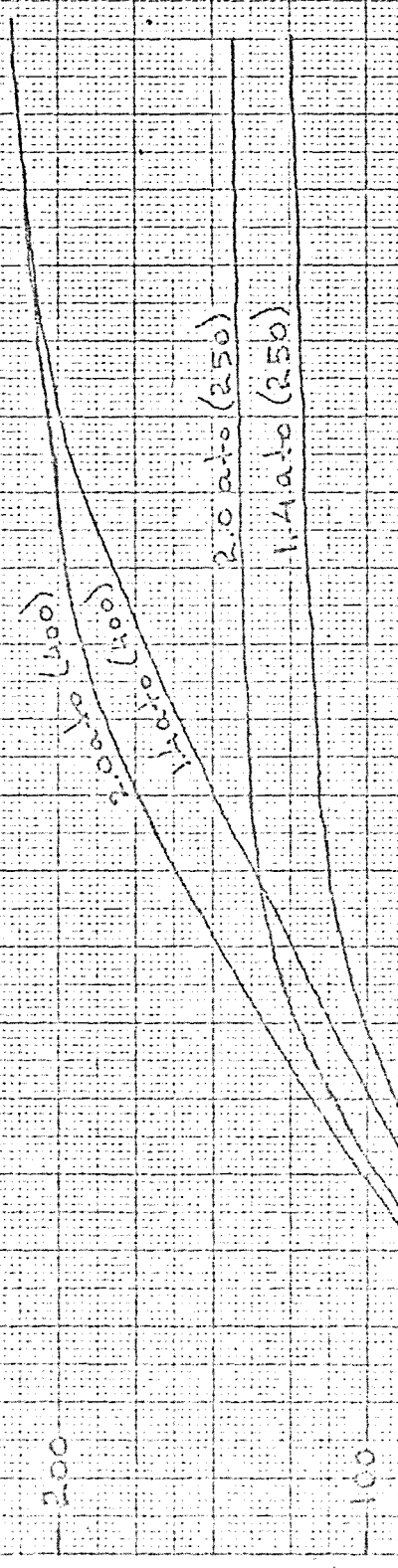
VTS



Untraged. Rallye 180
1625 N 13

radiale belasting 1.230 N en 400 N
 $p = 1.4 \text{ at} \text{ en } 2.0 \text{ at}$

axiale kracht (kgf)



axiale verplaatsing (mm)

10 20 30 40 50

VI

Michelin ZX
165 CR 13

radiale belasting: 250 kgf en 400 kgf
 $p = 1.4 \text{ atd}$ en 2.0 atd

A axiale kracht (kgf)

200

100

2.0 atd (400)
1.4 atd (250)

2.0 atd (250)

1.4 atd (250)

axiale verplaatsing (mm)

50

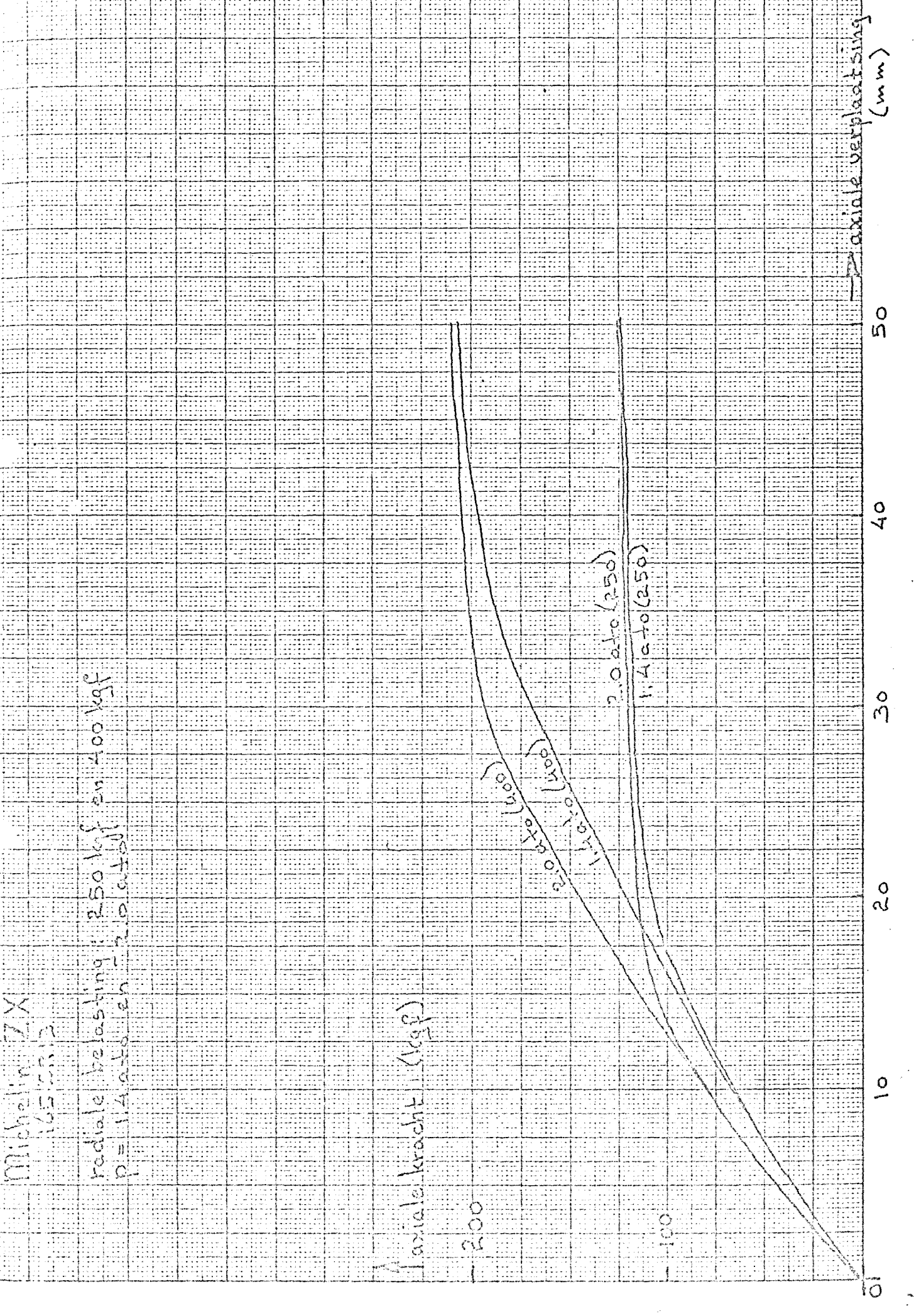
40

30

20

10

0



Goodyear G500
165 SR13

radiale belasting: 250 kgf en 400 kgf
 $p = 1.4 \text{ ato}$ en 2.0 ato

radiale kracht (kgf)



axiale verplaatsing (mm)

VI

Unibuc L, Radlye 180,
165-R13

radiale belasting: 250 kgf, 330 kgf en 400 kgf
 $p = 112 \text{ atd}$

axiale kracht (kgf)

200

100

400 kgf

330 kgf

250 kgf

50

40

30

20

10

0

axiale verplaatsing (mm)

11

Vredestein Sprint
165 SR13

radiale belasting 330 kgf
 $p = 1.8 \text{ at}$; $v = 30 \text{ km/h}$

axiale kracht (kgf)

200

100

drifthoek (graden)

-5

-4

-3

-2

-1

1

2

3

4

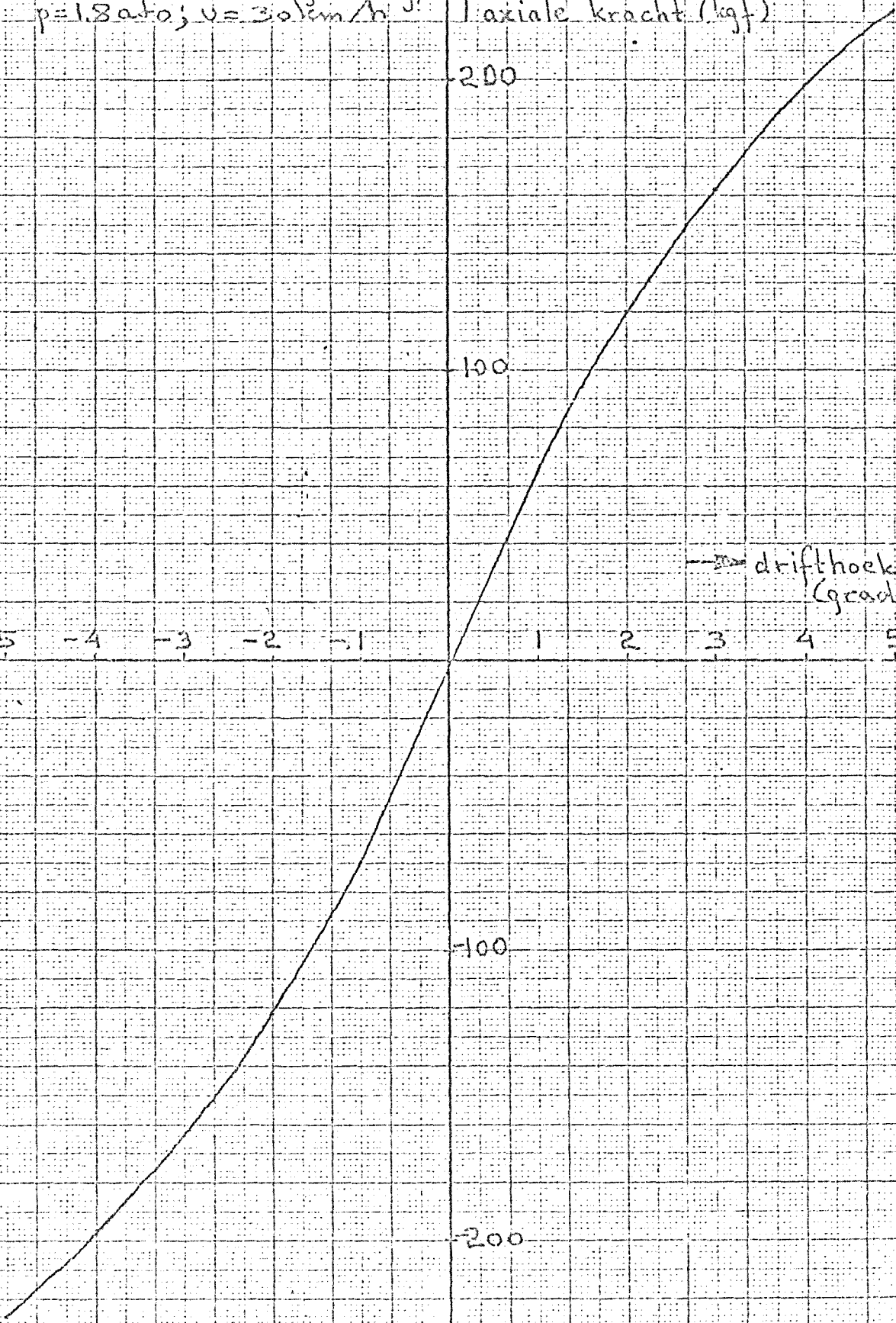
5

-100

-200

VR

12



Uniroyal Rallye 180"
165SR13

radiale belasting 330 kgf
 $p = 1.8 \text{ ato}$; $v = 30 \text{ km/h}$

axiale kracht (kgf)

drifthoek (graden)

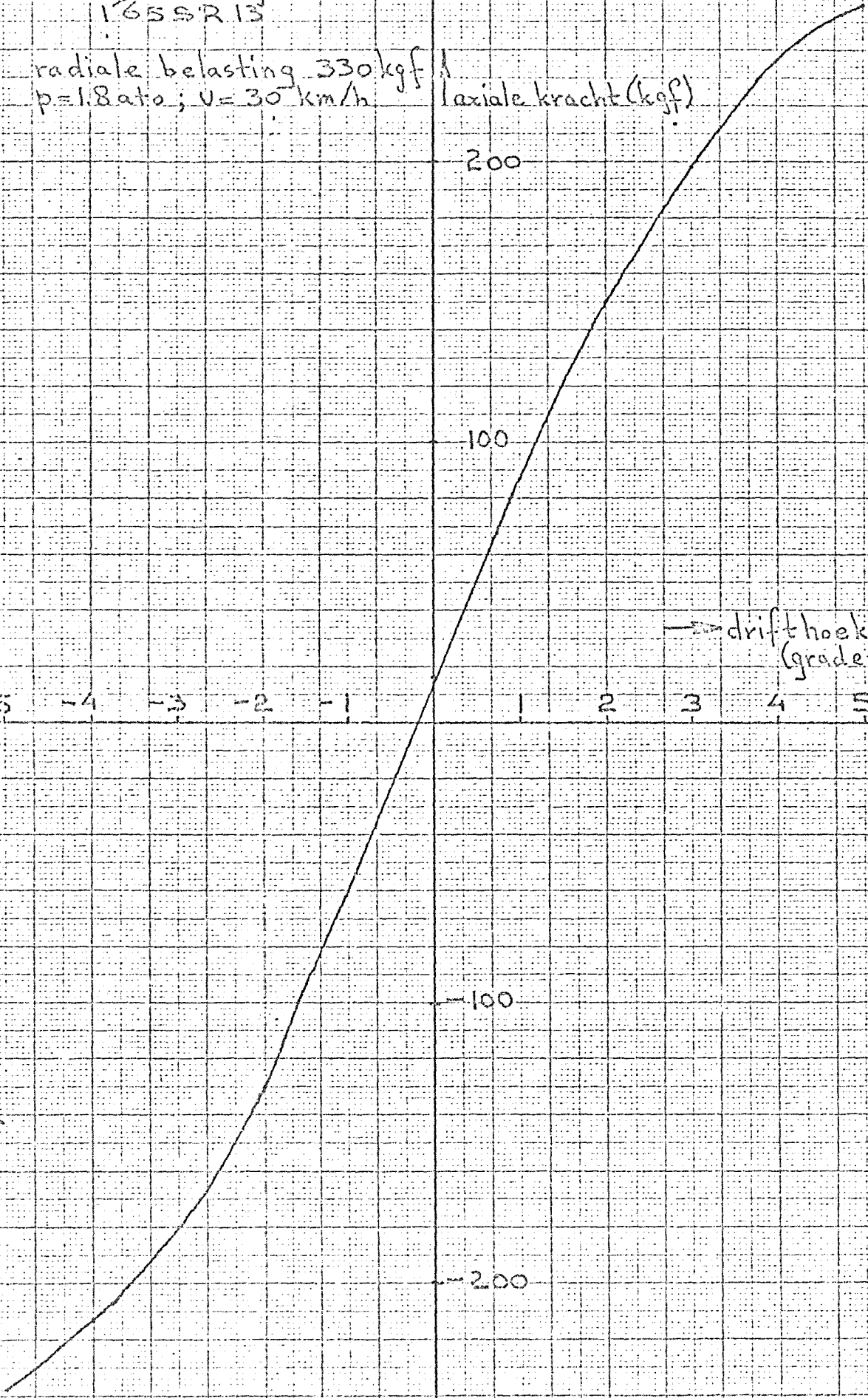
-5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5

200

100

-100

-200



13

13

Michelin ZX
165 SR13

radiale belasting 330 kgf
 $p = 1.8 \text{ at}$; $U = 30 \text{ km/h}$

axiale kracht (kgf)

-5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5

drifthoek (graden)

200

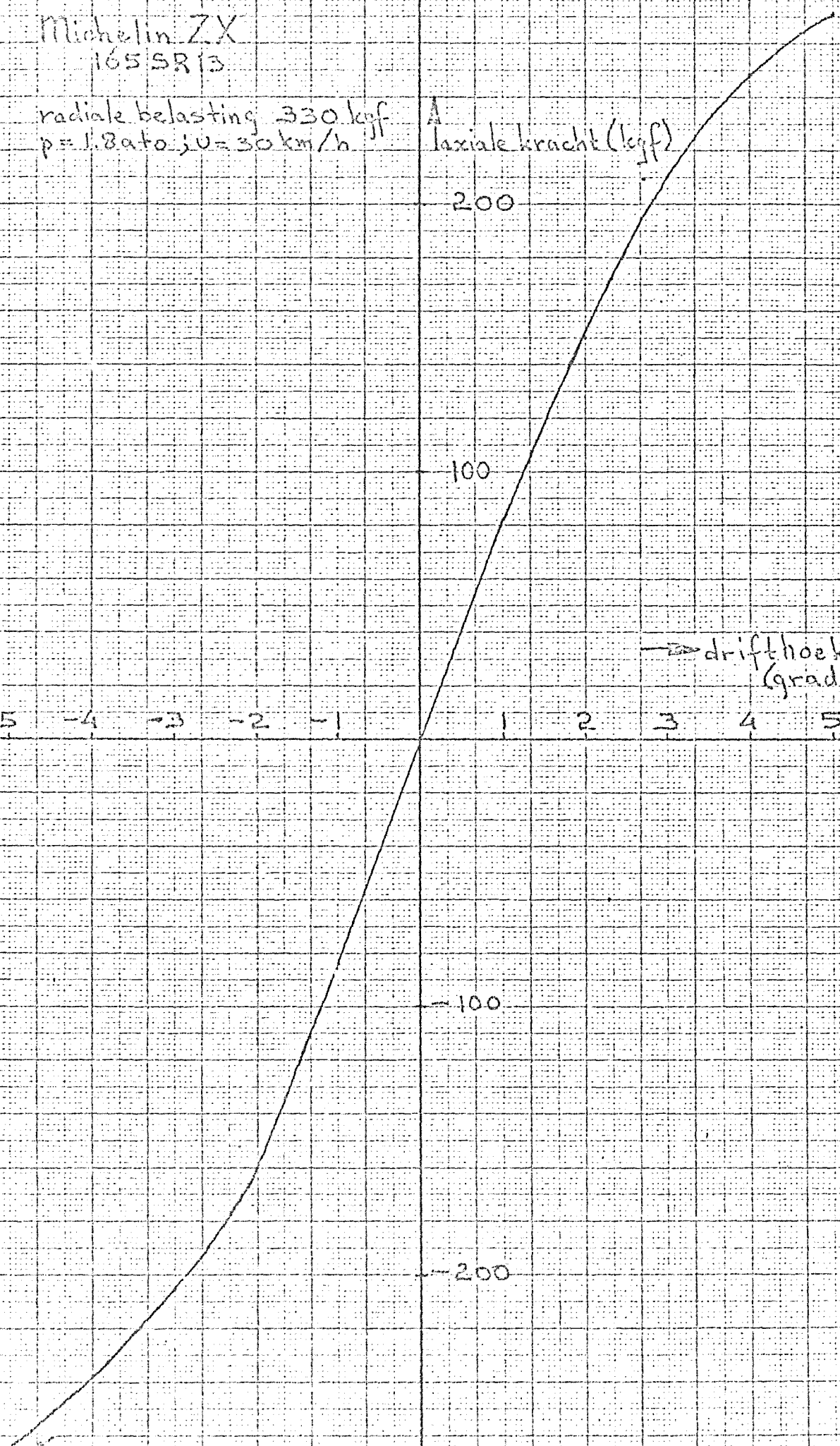
100

-100

-200

15

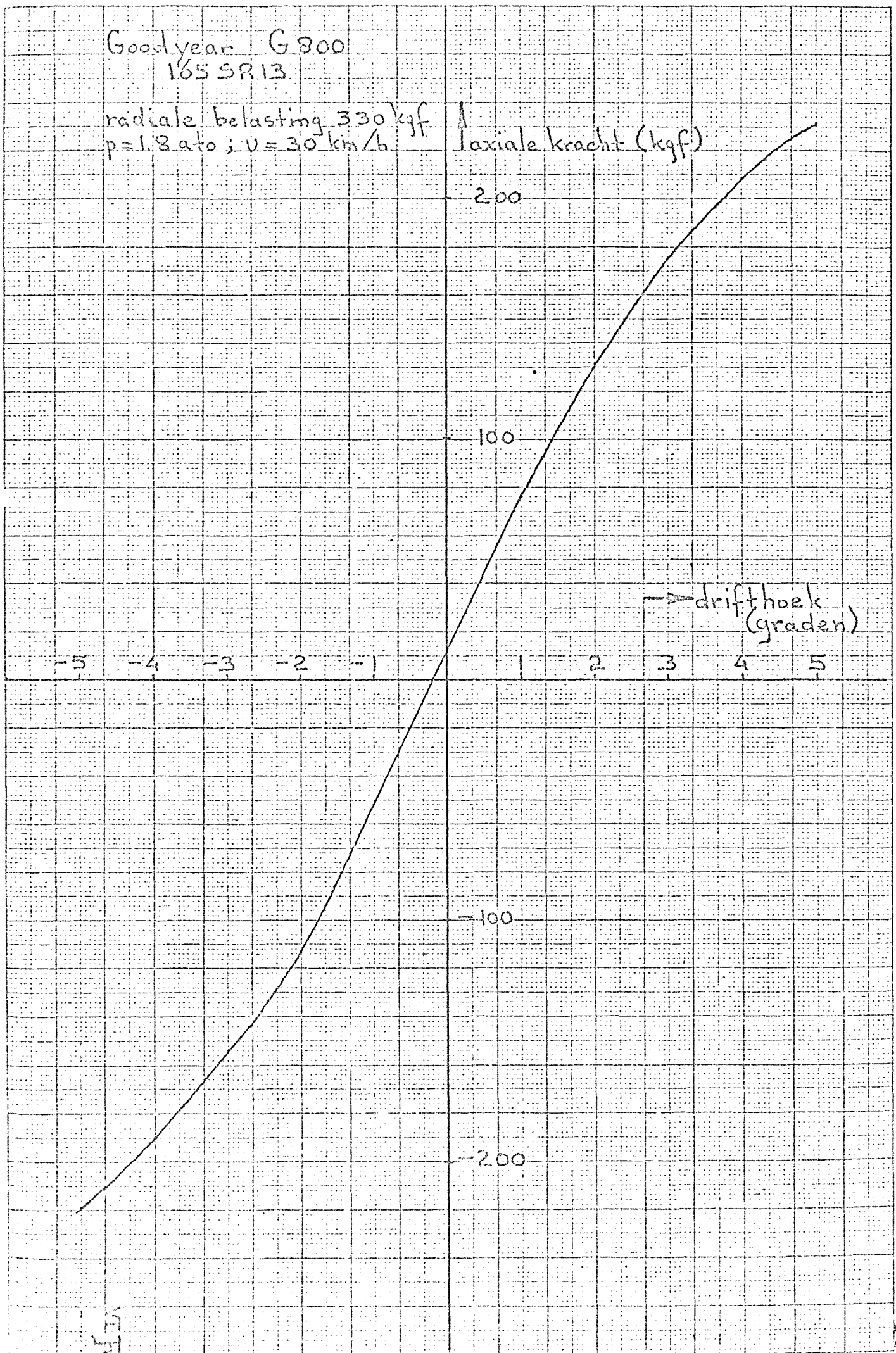
14



Goodyear G 800
165 SR13

radiale belasting 330 kgf
 $p = 1.8 \text{ ato}$; $v = 30 \text{ km/h}$

axiale kracht (kgf)



AANHANGSEL 6.3

TNO

RAPPORT NO.: 59/172.

Onderzoek van stroefheidsmeetbanden.

kunststoffen en rubber instituut tno

schoemakerstraat 97 - postbus 71 -- delft - telex 31453 - . giro 452483 - telefoon 01730-37000*

DELFT.

Rapport no.: 59/'72.
Datum: 15 februari 1972.

Onderwerp : Onderzoek van stroefheidsmeetbanden.

Opdrachtgever : Stichting Wetenschappelijk Onderzoek
Verkeersveiligheid,
Postbus 3071,
VOORBURG.

Opdracht : Brief JC/LH/21929 d.d. 23-8-1971.

Bewerkt door : Afdeling voor Mechanisch Onderzoek
(W.J. van Veen.).
Analytisch Laboratorium.
(L. de Roo. Ing.).

Inhoud : INLEIDING
PROGRAMMA VAN ONDERZOEK
UITVOERING EN RESULTATEN
KONKLUSIE

Opdrachtnummer van het Instituut : 228426.

Monsternummers : 1-72 Gemerkt Uniroyal PD 54 A6.
2-72 Gemerkt Michelin X BY 657751 B.
3-72 Gemerkt Vredestein B 452 EEC.
4-72 Gemerkt Goodyear HTOHO 39.

Datum van ontvangst : 4-1-1972.

INLEIDING.

Naar aanleiding van een telefonisch contact met de Hr. de Bree van het Rijks bouw laboratorium werd door het Kunststoffen en Rubber Instituut TNO een bepalingsschema opgesteld en aan opdrachtgever toegezonden bij schrijven d.d. 27 1971 no. 1045/'71.

De opdracht voor het onderzoek werd verleend bij schrijven d.d. 23 augustus JC/LH/21929.

Het programma van het onderzoek luidt als volgt:

PROGRAMMA VAN HET ONDERZOEK.

1. Soortelijk gewicht.
2. Treksterkte, rek bij breuk en modulus bij 300% rek.
3. Hardheid.
4. Scheursterkte.
5. Chemisch Onderzoek.

ULTVOERING EN RESULTATEN.

1. Soortelijk Gewicht.

Het soortelijk gewicht werd bepaald met behulp van een voor dit doel geschikt balans. Het resultaat is vermeld in de

2. Treksterkte, rek bij breuk en modulus bij 300% rek.

De treksterkte, de rek bij breuk en de modulus bij 300% werden bepaald overeenkomstig NEN 5602.

De uit het loopvlak vervaardigde trekstaafjes type 2 werden op een elektronische trekbank getrokken. De treksnelheid bedroeg 300 mm/min.

De temperatuur, waarbij de proeven werden verricht, bedroeg 20°C., de relatieve vochtigheid 55%. De opgegeven getallen zijn de mediaanwaarden verkregen uit 5 bepalingen.

De resultaten zijn vermeld in tabel 1.

3. Hardheid.

De hardheid werd bepaald overeenkomstig NEN 5601 met behulp van een Shore-dur meter type A.

De resultaten zijn vermeld in tabel 1.

4. Scheursterkte.

De scheursterkte werd bepaald overeenkomstig NEN 5603. De uit het loopvlak vervaardigde scheurstaafjes type "Delft" werden op dezelfde elektronische trekbank stukgetrokken met een snelheid van 500 mm/min. De temperatuur, waarbij de proeven werden verricht bedroeg 20°C., de relatieve vochtigheid 55%.

Evenals bij de trekproef zijn de mediaanwaarden uit 5 bepalingen opgegeven.

De resultaten zijn vermeld in tabel 1.

TABEL 1.

	1-72	2-72	3-72	4-72
Soortelijk gewicht g/cm ³ .	1.16	1.15	1.14	1.18
Treksterkte kg/cm ² .	151	189	223	189
Rek bij breuk %.	400	380	600	560
Modulus 300% kg/cm ² .	104	134	90	99
Hardheid Shore-A.	59	62	59	64
Scheursterkte kg/cm ² .	60	60	62	66

5. Chemisch Onderzoek.

Bij het chemisch onderzoek werd het vrije zwavelgehalte bepaald terwijl tevereen beperkte analyse werd verricht voor de bepaling van de globale samenstelling van de loopvlakken.

De resultaten van het onderzoek zijn als volgt:

TABEL 2.

Monsternummer	1-72	2-72	3-72	4-72
Vrije zwavel (Na ₂ SO ₃ meth.)	0,02%	0,03%	0,08%	0,02%
Acetonextract	24,5 %	17,6%	18,7%	22,6%
Totaal vulstofgehalte (N ₂ dest.meth.)	33,9 %	34,6%	31,5%	37,7%
Asgehalte	2,2 %	2,6%	1,5%	2,3%
Identificatie van het rubbertype:				
Infrarood spectrum van het pyrolysaat	SBR	SBR	SBR	SBR
Gaschromatografisch	SBR + geringe hoev. NR (minder dan 5%)	SBR	SBR	SBR

Het infrarood spectrum van het monster 1-72 gaf aanwijzingen voor de mogelijkheid van de aanwezigheid van een kleine hoeveelheid natuurrubber.

Om hierover zekerheid te verkrijgen werd ook een pyrolyse gaschromatogram opgenomen in vergelijking met de andere monsters. Inderdaad werd in het monster 1-72 een zeer geringe hoeveelheid NR gevonden, echter zeker minder dan 5%. Aangezien een dergelijke hoeveelheid voor de eigenschappen van het materiaal weinig zinvol is, moet hier misschien aan een verontreiniging worden gedacht.

Voor de berekening van de globale samenstelling moesten, in verband met de onbekendheid van de gebruikte styreen-butadieën soort enige gegevens over de samenstelling van de ruwe rubber worden aangenomen. Op grond van ervaring waren dit de volgende:

voor ruwe SBR: acetonextract 9%, asgehalte 0,7%, residu van de N₂ destillatie: 1,0%.

Verder werden voor enkele bepalingen, welke bij het beperkte onderzoek niet werd uitgevoerd, eveneens de analysecijfers op grond van ervaring aangenomen en wel: alcoholisch loogextract: 1,0% , zwavelgehalte 1,0%.

Rekening houdende met bovengenoemde aangenomen factoren werden uit de analysesresultaten de volgende globale samenstellingen berekend. Hierbij worden onder vulkanisatie-ingrediënten verstaan: vetzuren, weekmakers, versnellers, antioxidanten enz., terwijl het gevonden gehalte aan minerale vulstof werd geïnterpreteerd als zinkoxide.

Met SBR-gehalte wordt bedoeld het gehalte aan "normale", niet oil extended SBR. In sommige gevallen gaf de hoeveelheid vulkanisatie-ingrediënten aanleiding tot de veronderstelling van de mogelijkheid van het gebruik van oil extended SBR. In deze gevallen is ook de samenstelling bij gebruik van SBR met 37,5 delen olie per 100 delen SBR opgegeven:

Globale samenstelling.

TABEL 3.

	1-72.			2-72.		3-72.		4-72.		
	%	dln.	dln.	%	dln.	%	dln.	%	dln.	dln.
SBR	44,3	100		51,3	100	53,5	100	42,2	100	
Oil extended SBR(100:37,5)			137,5							137,5
Vulk. ingrediënten.	21,5	49	11	14,0	27	14,9	28	19,8	47	10
Zinkoxide	1,9	4	4	2,2	4	1,1	2	2,0	5	5
Roet	31,3	71	71	31,5	62	29,5	55	35,0	83	83
Zwavel (aangenomen.)	1,0	2	2	1,0	2	1,0	2	1,0	2	2

KONKLUSIE.

Het rubber loopvlak van de banden ten behoeve van stroefheidsmetingen werd vergelijkend onderzocht.

Uit de verkregen resultaten kan worden gekonkludeerd dat alle banden werden vervaardigd op basis van SBR-rubber.

Wat de gevonden eigenschappen betreft kan worden opgemerkt dat de onderlinge verschillen niet groot zijn.

Bijlage 7

Verwachte hoofdeffekten en interacties.

In onderstaande tabellen betekenen + en - een relatief gunstige, resp. ongunstige invloed op de grootte van de betrokken wrijvingscoëfficiënten. Aangeven van een rangvolgorde is hiermee bedoeld.

Tabel 1 Hoofdeffekt wegdektype

oorzaak van het verwachte effect	betrokken op de wrijvingscoëfficiënt	meetvak Kesteren	meetvak Leiden	meetvak Raamsdonkveer	meetvak Gorinchem
verhardingssoort	$\mu_{xm}, \mu_{xb}, \mu_y$	-	+	++	+
SRT-waarde	μ_{xm}	--	-	+	++

Tabel 2 Hoofdeffekt wegdektype

oorzaak van het verwachte effect	betrokken op de wrijvingscoëfficiënt	Uniroyal Rallye 180	Miche- lin zX	Vrede- stein Sprint	Goodyear G 800
Profielbeschrijving	$\mu_{xm}, \mu_{xb}, \mu_y$	--	-	+	++
luchtgetal	$\mu_{xm}, \mu_{xb}, \mu_y$		-		
A-waarde	μ_{xm}, μ_{xb}		-		
hysteresis	$\mu_{xm}, \mu_{xb}, \mu_y$	+	-	--	++
hardheid	μ_y	-	+	-	+

Waar in de vakken geen tekens vermeld zijn, worden geen interacties verwacht of is er geen uitspraak over te doen.

Tabel 3 Interactie wegdektype-snelheid (50 km/h)

oorzaak van het ver- wachte effect	betrokken op de wrij- vingskoëf- ficiënt	meetvak Kesteren	meetvak Leiden	meetvak Raamsdonk- veer	meetvak Gorinchem	
\overline{TD}	$\mu_{xm}, \mu_{xb}, \mu_y$	++	-	-	-	
stroofbeids- daling	μ_{xm}, μ_{xb}	++	-	-	-	

Tabel 4 Interactie wegdektype-waterlaagdikte (0,3 uur)

\overline{TD}	μ_{xm}, μ_{xb}	-	+	+	+	
-----------------	----------------------	---	---	---	---	--

Tabel 5 Interactie wegdektype-profiel diepte (2 mm)

\overline{TD}	μ_{xm}, μ_{xb}	--	+	+	+	
-----------------	----------------------	----	---	---	---	--

Tabel 6 Interactie wegdektype-bandtype (Michelin zX)

oevergetal	μ_{xm}, μ_{xb}	+	±	-	±	
------------	----------------------	---	---	---	---	--

Bijlage 8

Meetprogramma en Samenvatting van de Meetresultaten.

1. Schema van het meetprogramma
2. Samenvatting van de meetresultaten.

1. Schema van het meetprogramma

WATERLAGDIEPTE PROFIELDIEPTE SNELHEID BANDSPANNING BELASTING				VRED.		MICH.		GOOD.		UNIR.			
				100	50	100	50	100	50	100	50		
				2	7	2	7	2	7	2	7		
GORXUM	400	2	.6		o	+	o	+	o	+	o		
			.3	+	o		+	o		o	+		
		1.4	.6	⊕			+	o		⊕		o	+
			.3			⊕		o	+	⊕		+	o
	250	2	.6		o	+			⊕		+	o	
			.3	+	o		⊕		o	+		⊕	
		1.4	.6	+	o	+	o		o	+		o	+
			.3	o	+		o	+	+	o	+	o	+
RAAMSD.	400	2	.6	o	+		o	+	+	o	+	o	
			.3	+	o	+	o		o	+		o	+
		1.4	.6	+	o	⊕			o	+		⊕	
			.3	o	+		⊕		+	o	⊕		⊕
	250	2	.6			⊕		o	+	⊕		+	o
			.3	⊕			+	o		⊕		o	+
		1.4	.6	+	o		+	o		o	+	o	+
			.3			o	+	o	+	+	o	+	o
KESTEREN	400	2	.6	+		o	⊕		o		+	⊕	
			.3	o		+		⊕		+	o	⊕	
		1.4	.6		o	+		+	o	+	o	+	o
			.3	+	o		o	+		o	+		+
	250	2	.6	o	+		+	o		+	o	+	o
			.3		+	o		o	+	o	+		o
		1.4	.6		⊕		+	o		⊕		+	o
			.3	⊕		+	o		⊕		o	+	o
LEIDEN	400	2	.6	⊕		+	o		⊕		o	+	
			.3		⊕		o	+	⊕		+	o	
		1.4	.6		+	o		o	+	o	+	+	o
			.3	o	+		+	o		+	o	+	o
	250	2	.6	+	o		o	+	o	+	o	+	o
			.3		o	+		+	o	+	o	+	o
		1.4	.6	o		+		⊕		+	o	⊕	
			.3	+		o		⊕		o	+	⊕	

o = de eerste serie metingen (nrs. 1 t/m 128)

+

Schema van het meetprogramma.

2. SAMENVATTING VAN DE MEETRESULTATEN. (gemiddelde waarden)

X X
 X X
 XXXXXXXXX
 X X X
 X X X X X
 X X X X
 X X X X

LABORATORIUM VOOR VDERTUIGTECHNIEK TH-DELFT

WRIJVINGSCOEFFICIENTMETINGEN

WOENSDAG 20 OKTOBER 1971 GORKUM

NR.	BAND	SNELH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEN
BEWOLKT, DROOG, 12 GRADEN																
1	UNIR.	50	.6	250	1.4	2	1.04	5	4	.66	1	2	1.03	2	2	50
2	UNIR.	50	.3	250	2.0	7	1.05	3	2	.68	2	3	.94	2	3	50
3	GOOD.	50	.3	400	2.0	2	1.07	2	2	.74	2	2	.90	0	0	50
4	GOOD.	100	.3	250	2.0	7	.98	3	3	.56	2	3	.83	1	1	100
BEWOLKT, DROOG, 13 GRADEN																
5	GOOD.	50	.6	400	1.4	7	.96	3	3	.69	2	2	.61	1	1	50
6	GOOD.	100	.6	250	1.4	2	.89	2	2	.50	1	2	.87	1	1	100
7	UNIR.	100	.6	400	1.4	7	.92	2	2	.52	1	3	.80	2	2	100
8	VRED.	100	.6	250	2.0	7	.96	3	3	.49	1	3	.80	1	1	100
BEWOLKT, DROOG, 14 GRADEN																
9	UNIR.	100	.3	400	2.0	2	.78	7	9	.36	1	3	.87	2	2	100
10	VRED.	100	.3	250	1.4	2	.84	10	11	.39	4	10	.87	2	2	100
11	MICH.	100	.3	400	1.4	7	.87	1	1	.53	2	3	.79	1	1	105
12	MICH.	50	.3	250	1.4	2	1.05	3	3	.67	2	2	.93	4	4	50
13	VRED.	50	.6	400	2.0	2	.95	5	5	.59	1	2	.90	1	1	50
14	VRED.	50	.3	400	1.4	7	.96	2	2	.64	1	2	.78	2	3	50
15	MICH.	100	.6	400	2.0	2	.84	4	5	.40	2	5	.81	3	3	100
16	MICH.	50	.6	250	2.0	7	.98	3	3	.64	1	2	.93	0	0	50

SA = standaardafwijking in honderdsten.

% = standaardafwijking als percentage van de gemiddelde waarde.

WOENSDAG 13 OKTOBER 1971 GORKUM

NR.	BAND	SNELH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEM.
11 GRADEN, MOTREGEN																
17	MICH.	50	.6	400	1.4	2	.88	3	4	.60	1	2	.80	2	3	52
18	MICH.	100	.3	250	2.0	2	.86	4	4	.42	1	2	.82	1	2	104
19	UNIR.	100	.6	250	2.0	2	1.02	1	1	.46	1	3	.88	3	3	106
20	UNIR.	50	.6	400	2.0	7	.95	3	3	.61	2	3	.79	2	2	52
21	UNIR.	100	.3	250	1.4	7	.96	4	4	.57	1	2	.88	1	1	104
22	VPED.	100	.6	400	1.4	2	.79	7	8	.39	3	7	.82	1	2	104
23	VRED.	100	.3	400	2.0	7	.93	1	1	.50	1	2	.72	1	1	106
11 GRADEN, ZWAAR BEWOLKT																
24	VPED.	50	.3	250	2.0	2	.96	4	4	.55	2	4	.88	3	4	52
25	VRED.	50	.6	250	1.4	7	.87	3	3	.60	1	2	.73	0	1	52
26	MICH.	100	.6	250	1.4	7	.86	2	2	.53	1	2	.85	3	4	106
27	MICH.	50	.3	400	2.0	7	.83	2	2	.55	2	4	.85	3	3	52
28	GOOD.	50	.6	250	2.0	2	.93	4	4	.60	2	3	.86	2	2	52
29	GOOD.	100	.3	400	1.4	2	.94	1	1	.50	2	4	.80	2	2	104
30	UNIR.	50	.3	400	1.4	2	1.02	4	4	.62	5	8	.98	2	2	52
31	GOOD.	50	.3	250	1.4	7	.96	2	2	.70	1	1	.84	2	2	52
32	GOOD.	100	.6	400	2.0	7	.90	2	2	.48	1	2	.79	2	2	104

DONDERDAG 14 OKTOBER 1971 RAAMSDONKVEER

NR.	BAND	SNELH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEM.
BEWOLKT 9 GRADEN																
33	GOOD.	100	.6	250	2.0	2	.87	4	5	.42	2	6	.78	3	3	100
34	VRED.	100	.3	250	2.0	2	1.02	4	4	.44	1	2	.84	3	4	100
35	VRED.	50	.3	400	2.0	7	.87	2	3	.62	1	2	.76	3	4	50
36	MICH.	100	.3	400	2.0	7	.85	1	1	.49	1	2	.78	1	2	100
37	UNIR.	50	.3	250	1.4	7	.98	3	3	.71	2	2	.87	3	4	50
38	GOOD.	100	.3	250	1.4	7	.93	1	2	.57	2	3	.76	3	4	100
ZON 10 GRADEN																
39	UNIR.	100	.3	400	1.4	2	.89	3	3	.39	2	6	.82	1	1	100
40	VRED.	50	.6	400	1.4	2	.93	3	4	.57	3	6	.82	3	4	50
41	VRED.	100	.6	250	1.4	7	.93	1	1	.53	1	1	.75	2	3	100
42	UNIR.	50	.6	250	2.0	2	.93	9	10	.54	1	2	.87	1	2	50
43	MICH.	50	.6	250	1.4	7	.93	4	5	.64	1	2	.86	1	1	50
44	MICH.	50	.3	250	2.0	2	.95	2	2	.59	2	3	.86	3	4	50
45	GOOD.	50	.3	400	1.4	2	.96	4	4	.62	2	3	.81	2	2	50
46	MICH.	100	.6	400	1.4	2	.82	3	4	.35	1	4	.75	2	3	100
ZON 11 GRADEN																
47	UNIR.	100	.6	400	2.0	7	.87	3	4	.43	0	1	.77	2	3	100
48	GOOD.	50	.6	400	2.0	7	.90	1	1	.61	4	6	.81	4	5	50

ZATERDAG 23 OKTOBER 1971 KESTEREN

NP.	BAND	SNELH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEM.
49	MICH.	100	.3	250	2.0	7	.72	1	2	.30	3	12	.72	3	4	100
TEMPERATUUR		14 GRADEN, MOTREGEN														
50	VRED.	100	.3	400	2.0	2	.57	5	9	.26	3	13	.62	3	5	100
51	GOOD.	100	.6	400	2.0	2	.61	3	5	.37	1	3	.66	2	2	100
52	VRED.	100	.6	400	1.4	7	.76	1	2	.42	1	2	.64	2	3	100
53	VRED.	50	.3	250	2.0	7	.83	1	1	.58	2	3	.70	1	1	50
TEMPERATUUR		14 GRADEN, MIST														
54	GOOD.	50	.3	250	1.4	2	.86	3	4	.60	2	3	.78	2	2	50
55	UNIR.	50	.3	400	1.4	7	.80	3	4	.59	1	2	.73	3	4	50
56	MICH.	50	.3	400	2.0	2	.76	2	3	.49	1	3	.77	3	4	50
57	UNIR.	100	.3	250	1.4	2	.35	9	26	.22	1	5	.46	5	12	100
58	VRED.	50	.6	250	1.4	2	.77	2	3	.52	3	6	.78	1	1	50
59	UNIR.	100	.6	250	2.0	7	.71	2	2	.40	1	3	.70	5	7	100
60	GOOD.	50	.6	250	2.0	7	.79	5	6	.59	2	3	.72	2	3	50
61	MICH.	50	.6	400	1.4	7	.74	3	4	.53	2	4	.74	0	1	50
62	UNIR.	50	.6	400	2.0	2	.68	3	4	.50	2	3	.75	2	3	50
63	MICH.	100	.6	250	1.4	2	.40	2	6	.23	2	7	.47	8	17	100
64	GOOD.	100	.3	400	1.4	7	.74	1	1	.43	2	4	.65	2	2	100

18 OKTOBER 1971

RAAMSDONKVEER

NR.	BAND	SNELH.	WATER	BEL.	RSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GE
15 GRADEN, LICHT BEWOLKT,																
65	GOOD.	50	.3	250	2.0	7	.96	3	3	.62	2	2	.78	2	2	50
66	GOOD.	100	.6	400	1.4	7	.84	1	1	.49	1	2	.70	1	1	100
67	MICH.	100	.6	250	2.0	7	.86	2	2	.46	1	2	.81	1	2	100
68	UNIR.	50	.3	400	2.0	2	1.02	4	4	.56	2	4	.90	1	1	50
15 GRADEN, WISSELEND BEWOLKT,																
69	VRED.	50	.6	250	2.0	7	.97	7	8	.65	1	2	.81	0	0	50
70	MICH.	50	.6	400	2.0	2	.94	4	5	.55	2	3	.84	2	2	50
71	UNIR.	50	.6	400	1.4	7	.94	2	2	.61	1	2	.80	2	2	50
12 GRADEN, ZWAAR BEWOLKT, REGEN.																
72	VRED.	50	.3	250	1.4	2	.96	5	6	.60	4	6	.90	1	1	50
73	GOOD.	100	.3	400	2.0	2	.82	3	4	.40	1	3	.74	2	3	100
BEWOLKT, WEG NAT, GEEN REGEN.																
74	MICH.	100	.3	250	1.4	2	.81	3	4	.36	3	7	.72	4	5	100
75	VRED.	100	.6	400	2.0	2	.70	2	4	.38	1	2	.75	2	2	100
ZON, 16 GRADEN																
76	GOOD.	50	.6	250	1.4	2	.93	5	5	.59	3	5	.82	2	2	50
77	UNIR.	100	.3	250	2.0	7	.86	3	3	.48	1	3	.82	2	3	100
16 GRADEN, LICHT BEWOLKT, WEG VOCHTIG																
78	VRED.	100	.3	400	1.4	7	.90	2	2	.55	3	6	.72	2	3	100
79	MICH.	50	.3	400	1.4	7	.89	3	3	.62	1	1	.79	2	3	50
80	UNIR.	100	.6	250	1.4	2	.66	9	14	.30	1	3	.72	8	10	100
15 GRADEN, ZWAAR BEWOLKT, REGENACHTIG.																

DINSDAG 26 OKTOBER 1971 LEIDEN

NR.	BAND	SNELH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEI
ZON, 14 GRADEN																
81	VRED.	100	.6	250	1.4	2	.84	2	3	.41	1	3	.86	5	6	100
82	VRED.	50	.6	400	1.4	7	.89	5	5	.62	3	4	.78	0	1	50
83	UNIR.	100	.6	400	2.0	2	.49	4	9	.30	3	9	.77	4	6	100
84	GOOD.	50	.6	400	2.0	2	.99	2	2	.64	1	2	.86	1	1	50
85	UNIR.	100	.3	400	1.4	7	.86	2	2	.50	2	4	.78	2	2	100
86	GOOD.	50	.3	400	1.4	7	.86	2	2	.62	2	3	.73	2	2	50
87	MICH.	50	.3	250	2.0	7	.90	3	4	.61	1	1	.87	1	1	50
ZON, 15 GRADEN																
88	UNIR.	50	.3	250	1.4	2	.93	9	10	.54	1	1	.94	2	2	50
89	UNIR.	50	.6	250	2.0	7	.99	4	4	.64	1	2	.88	1	2	50
GEEN ZON, 14 GRADEN																
90	GOOD.	100	.3	250	1.4	2	.85	4	4	.46	2	5	.78	1	2	100
91	MICH.	50	.6	250	1.4	2	.92	3	3	.63	2	4	.92	2	2	50
ZON, 15 GRADEN																
92	VRED.	100	.3	250	2.0	7	.88	1	1	.50	2	4	.74	2	3	100
93	MICH.	100	.6	400	1.4	7	.77	3	4	.43	2	4	.75	1	2	100
94	VRED.	50	.3	400	2.0	2	.98	5	5	.60	2	4	.86	2	2	50
95	GOOD.	100	.6	250	2.0	7	.81	1	1	.47	2	4	.71	1	2	100
GEEN ZON, 14 GRADEN																
96	MICH.	100	.3	400	2.0	2	.73	3	4	.33	2	5	.74	3	3	100

WOENSDAG 27 OKTOBER 1971 LEIDEN

NR.	BAND	SNFLH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEN
ZON,7 GRADEN																
97	VRED.	50	.3	250	1.4	7	.88	3	3	.62	2	3	.76	3	4	50
ZON,9 GRADEN																
98	GOOD.	100	.6	400	1.4	2	.87	1	1	.48	1	2	.77	1	1	100
99	MICH.	50	.6	400	2.0	7	.90	1	1	.59	1	2	.83	1	1	50
ZON,10 GRADEN																
100	VRED.	100	.3	400	1.4	2	.60	7	12	.31	2	7	.78	2	3	100
101	UNIR.	50	.6	400	1.4	2	.83	1	1	.54	4	7	.98	2	2	50
ZON,11 GRADEN																
102	UNIR.	100	.6	250	1.4	7	.86	2	2	.50	2	5	.83	3	3	100
ZON,12 GRADEN																
103	MICH.	100	.6	250	2.0	2	.68	6	9	.34	5	15	.75	2	3	100
104	MICH.	100	.3	250	1.4	7	.80	2	3	.47	2	5	.81	2	2	100
105	UNIR.	50	.3	400	2.0	7	.93	3	3	.60	2	4	.84	1	1	50
ZON,14 GRADEN																
106	VRED.	100	.6	400	2.0	7	.84	2	3	.46	1	2	.68	3	4	100
107	VRED.	50	.6	250	2.0	2	.91	4	4	.56	2	3	.92	1	1	50
108	GOOD.	100	.3	400	2.0	7	.82	1	2	.44	2	4	.72	1	1	100
ZON,15 GRADEN																
109	UNIR.	100	.3	250	2.0	2	.52	7	14	.27	4	16	.77	5	6	100
110	MICH.	50	.3	400	1.4	2	.94	4	4	.59	1	1	.82	1	2	50
ZON,14 GRADEN																
111	GOOD.	50	.6	250	1.4	7	.88	1	1	.62	2	3	.79	1	1	50
112	GOOD.	50	.3	250	2.0	2	.93	2	2	.63	1	2	.85	1	1	50

ZONDAG 24 OKTOBER 1971

KESTEREN

NR.	BAND	SMELH.	WATER	BEL.	RSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GE
MISTIG, ZONNIG, TEMP. 9 GRADEN																
113	UNIF.	100	.6	400	1.4	2	.28	4	14	.19	1	4	.54	5	10	100
114	GOOD.	100	.3	250	2.0	2	.69	1	1	.38	1	3	.69	4	6	100
115	VRED.	100	.3	250	1.4	7	.81	3	3	.46	2	5	.71	1	1	100
116	GOOD.	50	.3	400	2.0	7	.71	3	4	.56	2	3	.68	1	2	50
LICHTE MIST, ZON, 10 GRADEN																
117	MICH.	100	.3	400	1.4	2	.56	3	6	.25	2	7	.63	2	4	100
118	VRED.	50	.3	400	1.4	2	.85	5	6	.49	2	4	.76	1	2	50
119	UNIF.	50	.3	250	2.0	2	.72	3	4	.54	0	0	.75	2	3	50
ZON, 11 GRADEN																
120	GOOD.	100	.6	250	1.4	7	.73	2	2	.45	1	3	.66	2	4	100
121	MICH.	50	.3	250	1.4	7	.76	4	5	.57	2	4	.79	1	1	50
122	UNIF.	50	.6	250	1.4	7	.72	6	8	.49	1	2	.78	3	4	50
123	MICH.	50	.6	250	2.0	2	.75	3	5	.52	1	2	.77	1	2	50
ZON, 12 GRADEN																
124	VRED.	50	.6	400	2.0	7	.87	3	3	.57	1	2	.71	1	1	50
ZON, 15 GRADEN																
125	UNIF.	100	.3	400	2.0	7	.74	2	3	.41	2	4	.69	2	3	100
126	GOOD.	50	.6	400	1.4	2	.83	1	1	.56	2	3	.76	1	1	50
127	VRED.	100	.6	250	2.0	2	.65	4	6	.28	8	28	.59	5	8	100
ZON, 14 GRADEN																
128	MICH.	100	.6	400	2.0	7	.64	2	4	.37	3	7	.68	2	3	100

MAANDAG 1 NOVEMBER 1971, GORKUM

NR.	BAND	SNELH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEM.
129	UNIR.	50	.3	400	2.0	2	1.09	4	4	.62	2	4	.97	2	2	50
MIST TEMPERATUUR 10 GRADEN																
130	MICH.	100	.3	250	2.0	2	.93	3	3	.46	3	6	.87	2	3	100
131	VRED.	100	.6	400	1.4	2	.71	10	14	.36	1	3	.83	0	0	100
132	VRED.	100	.3	250	2.0	7	.94	2	3	.50	2	5	.79	2	2	100
133	GOOD.	50	.6	250	1.4	2	.99	3	3	.72	2	3	.90	1	1	50
134	VRED.	50	.6	400	2.0	7	.99	0	0	.66	1	1	.81	0	1	50
135	GOOD.	50	.3	400	2.0	7	.93	3	3	.63	2	3	.78	2	2	50
136	MICH.	100	.6	400	1.4	7	.84	1	1	.48	3	6	.81	2	2	100
137	MICH.	50	.6	400	2.0	2	.99	4	4	.60	3	4	.87	2	2	50
138	VRED.	50	.3	250	1.4	2	.98	4	4	.62	2	4	.98	1	1	50
MIST 10 GRADEN,																
139	UNIR.	100	.3	400	1.4	7	.93	2	2	.51	1	2	.80	1	2	100
140	MICH.	50	.3	250	1.4	7	.91	2	2	.67	2	3	.89	1	1	50
141	GOOD.	100	.6	250	2.0	7	.92	4	5	.51	1	2	.80	1	1	100
142	GOOD.	100	.3	400	1.4	2	.95	3	3	.51	1	3	.82	2	2	100
143	UNIR.	50	.6	250	1.4	7	1.05	3	3	.72	2	3	.91	0	0	50
144	UNIR.	100	.6	250	2.0	2	.65	10	16	.33	3	9	.78	6	7	100

WOENSDAG 3 NOVEMBER 1971, RAAMSDONKVEER

NR.	BAND	SNELH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GE
145	UNIR.	50	.6	250	1.4	2	.91	5	5	.52	3	5	.94	4	4	50
MISTIG, 11 GRADEN																
146	VRED.	50	.3	250	1.4	7	.95	4	4	.64	2	3	.78	1	2	50
147	VRED.	100	.3	250	2.0	2	.89	1	1	.37	2	5	.80	4	5	100
148	VRED.	100	.6	400	1.4	7	.88	2	2	.48	1	1	.73	2	2	100
149	MICH.	100	.3	250	2.0	7	.90	2	2	.46	1	3	.84	3	4	100
150	GOOD.	50	.3	400	2.0	2	.98	4	4	.60	1	2	.81	2	2	50
151	MICH.	50	.6	400	2.0	7	.91	2	3	.59	2	4	.84	2	2	50
152	VRED.	50	.6	400	2.0	2	.87	5	6	.52	1	2	.86	1	1	50
153	UNIR.	100	.6	250	2.0	7	.90	4	4	.43	2	5	.81	2	2	100
154	MICH.	50	.3	250	1.4	2	.93	8	8	.59	2	4	.80	2	3	50
155	UNIR.	100	.3	400	1.4	2	.81	2	2	.35	2	5	.82	3	4	100
156	MICH.	100	.6	400	1.4	2	.75	5	7	.35	1	4	.73	4	5	100
MISTIG, 12 GRADEN																
157	UNIR.	50	.3	400	2.0	7	.96	2	2	.61	1	2	.82	2	2	50
158	GOOD.	50	.6	250	1.4	7	.92	2	2	.57	3	5	.78	2	3	50
HEIIG, 12 GRADEN																
159	GOOD.	100	.6	250	2.0	2	.83	3	3	.39	2	4	.77	4	5	100
160	GOOD.	100	.3	400	1.4	7	.85	1	1	.42	3	6	.72	1	2	100

DONDERDAG 4 NOVEMBER 1971 RAAMSDONKVEER

NR.	BAND	SNELH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GE
161	UNIR.	100	.3	250	1.4	7	.91	2	2	.50	3	5	.84	2	2	100
MISTIG, 9 GRADEN,																
162	MICH.	50	.3	400	1.4	7	.91	1	1	.61	2	3	.79	3	3	50
163	MICH.	100	.3	400	2.0	2	.88	4	4	.40	2	6	.76	4	5	100
164	MICH.	50	.6	250	2.0	2	.91	3	3	.54	1	1	.86	2	3	50
MISTIG, 10 GRADEN																
165	GOOD.	50	.6	400	1.4	2	.95	3	3	.62	2	4	.80	2	3	50
166	VRED.	100	.3	400	2.0	7	.89	0	0	.47	2	5	.70	1	2	100
167	UNIR.	50	.3	250	2.0	2	1.00	8	8	.57	2	3	.91	3	3	50
168	UNIR.	50	.6	400	1.4	7	.95	2	2	.64	1	2	.84	2	3	50
169	VRED.	50	.6	250	2.0	7	.87	6	7	.62	5	7	.80	1	2	50
MISTIG, 11 GRADEN																
170	GOOD.	100	.6	400	2.0	7	.84	3	3	.47	1	3	.72	1	2	100
171	GOOD.	100	.3	250	1.4	2	.91	2	2	.45	1	2	.80	3	4	100
HEIIG, 12 GRADEN																
172	VRED.	50	.3	400	1.4	2	.94	3	3	.54	3	6	.79	3	4	50
173	UNIR.	100	.6	400	2.0	2	.65	9	14	.29	1	5	.73	5	7	100
HEIIG, 13 GRADEN																
174	GOOD.	50	.3	250	2.0	7	.87	3	3	.58	2	4	.77	1	1	50
DROOG, 13 GRADEN																
175	MICH.	100	.6	250	1.4	7	.83	2	3	.43	2	5	.80	2	3	100
176	VRED.	100	.6	250	1.4	2	.62	2	3	.29	2	8	.71	3	4	100

ZATERDAG 6 NOVEMBER 1971 KESTEREN

NR.	RAND	SNELH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEM
177	GOOD.	100	.3	400	2.0	2	.67	4	6	.38	1	3	.66	2	4	100
		WEG VOCHTIG, 8 GRADEN,														
178	VRED.	100	.6	400	2.0	2	.52	4	8	.30	2	7	.59	4	7	100
179	GOOD.	50	.6	250	2.0	2	.83	3	3	.60	1	2	.78	2	3	50
		WEG VOCHTIG, 9 GRADEN,														
180	VRED.	50	.3	250	2.0	2	.91	5	5	.55	2	3	.82	1	1	50
181	MICH.	50	.3	250	2.0	7	.79	2	2	.56	2	3	.77	1	2	50
182	UNIR.	50	.6	250	2.0	7	.82	2	2	.58	2	3	.75	2	2	50
		WEG NAT, 10 GRADEN														
183	MICH.	100	.6	400	2.0	7	.65	2	3	.34	1	3	.67	2	3	100
		WEG NAT, 9 GRADEN														
184	GOOD.	50	.3	400	1.4	7	.82	1	2	.58	2	3	.70	2	3	50
185	MICH.	50	.6	400	1.4	2	.76	1	2	.53	2	4	.73	1	1	50
186	VRED.	50	.6	400	1.4	7	.88	3	3	.59	1	1	.70	3	4	50
187	UNIR.	50	.3	400	1.4	2	.63	3	5	.41	4	9	.84	2	2	50
188	VRED.	100	.3	250	1.4	7	.78	2	3	.44	1	2	.68	2	3	100
189	UNIR.	100	.3	400	2.0	7	.76	2	2	.41	1	1	.70	1	1	100
		WEG NAT, 10 GRADEN														
190	MICH.	100	.3	250	1.4	2	.44	7	15	.23	2	9	.55	6	10	100
		WEG VOCHTIG, 11 GRADEN														
191	GOOD.	100	.6	250	1.4	7	.74	1	1	.45	1	2	.68	1	1	100
192	UNIR.	100	.6	250	1.4	2	.20	1	7	.12	1	9	.27	9	32	100

MAANDAG 8 NOVEMBER 1971, GORKUM.

NR.	BAND	SNELH.	WATER	REL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEN
193	GOOD.	50	.3	250	2.0	2	1.02	3	3	.70	3	5	.95	1	1	50
		WEG VOCHTIG, 10 GRADEN, ZON,														
194	VRED.	50	.3	400	1.4	7	1.04	1	1	.70	2	3	.81	1	1	50
195	UNIR.	100	.6	400	2.0	7	.94	1	1	.50	2	4	.83	2	3	100
196	MICH.	50	.6	250	2.0	7	.95	3	3	.67	1	1	.93	3	3	50
		WEG VOCHTIG, 11 GRADEN, ZON														
197	GOOD.	50	.6	400	1.4	7	.97	2	2	.73	1	1	.79	1	1	50
198	MICH.	100	.3	400	2.0	7	.91	1	1	.51	2	3	.83	2	3	100
199	VRED.	100	.6	250	1.4	7	.96	2	2	.55	1	2	.82	2	3	100
200	MICH.	50	.3	400	1.4	2	1.02	3	3	.67	1	2	.89	2	2	50
201	GOOD.	100	.3	250	1.4	7	.92	2	2	.55	2	3	.82	2	2	100
		WEG VOCHTIG, 12 GRADEN, ZON														
202	VRED.	100	.3	400	2.0	2	.88	4	5	.40	1	4	.86	4	5	100
203	UNIR.	50	.3	250	2.0	7	.98	4	4	.67	1	2	.92	2	3	50
204	MICH.	100	.6	250	1.4	2	.87	5	6	.44	1	3	.86	4	4	100
		WEG DROOG, 11 GRADEN, ZON														
205	UNIR.	50	.6	400	1.4	2	.93	3	3	.62	5	7	1.00	1	1	50
206	GOOD.	100	.6	400	2.0	2	.88	5	6	.48	2	4	.82	3	4	100
		WEG DROOG, 10 GRADEN, ZON														
207	UNIR.	100	.3	250	1.4	2	.92	9	10	.41	1	4	.92	5	5	100
208	VRED.	50	.6	250	2.0	2	1.00	5	5	.60	2	3	.97	1	1	50

ZATERDAG 27 NOVEMBER 1971 KESTEREN

NR.	BAND	SNELH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEN
209	UNIR.	100	.3	250	2.0	2	.41	3	8	.22	5	24	.43	7	15	100
TEMPERATUUR		3 GRADEN	GEEN REGEN		WEG NAT											
210	GOOD.	100	.6	400	1.4	2	.62	2	4	.36	3	9	.61	5	8	100
211	UNIP.	50	.6	400	2.0	2	.72	3	4	.52	5	9	.79	5	6	50
212	VRED.	100	.6	250	2.0	7	.81	2	3	.42	1	3	.69	2	4	100
213	VRED.	50	.3	400	2.0	7	.86	2	3	.61	2	3	.73	2	3	50
214	MICH.	50	.3	400	2.0	2	.80	3	4	.54	1	3	.81	1	2	50
215	MICH.	100	.3	400	1.4	7	.72	2	3	.28	2	9	.72	3	4	100
TEMPERATUUR		7 GRADEN	WEG NAT		GEEN REGEN											
216	GOOD.	50	.6	400	2.0	7	.78	1	2	.60	2	3	.72	1	2	50
217	VRED.	50	.6	250	1.4	2	.80	3	4	.60	0	1	.85	1	1	50
218	GOOD.	100	.3	250	2.0	7	.76	1	2	.44	2	5	.69	2	3	100
219	UNIR.	50	.3	250	1.4	7	.84	2	2	.68	2	3	.78	2	3	50
220	UNIR.	100	.6	400	1.4	7	.72	2	3	.39	1	3	.68	4	6	100
221	VRED.	100	.3	400	1.4	2	.56	4	7	.24	4	17	.65	3	4	100
222	MICH.	50	.6	250	1.4	7	.80	4	4	.57	3	5	.79	2	3	50
223	GOOD.	50	.3	250	1.4	2	.86	4	4	.65	4	6	.79	0	1	50
224	MICH.	100	.6	250	2.0	2	.42	2	6	.24	2	7	.44	3	6	100
TEMPERATUUR		7 GRADEN	WEG NAT		GEEN REGEN											

DINSDAG 9 NOVEMBER 1971, LEIDEN

NR.	BAND	SNELH. WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEM	
225	MICH.	100	.3	250	1.4	7	.86	5	5	.49	1	3	.80	3	4	100
		REGEN, 7 GRADEN														
226	MICH.	50	.6	400	1.4	7	.87	1	2	.65	3	5	.82	3	3	50
227	MICH.	50	.3	250	2.0	2	.99	2	2	.64	4	6	.92	3	3	50
228	GOOD.	100	.6	250	1.4	2	.79	4	5	.48	1	2	.77	6	7	100
		WEG NAT, 10 GRADEN, ZON														
229	MICH.	100	.6	400	2.0	2	.70	5	7	.37	1	2	.73	3	4	100
		WEG NAT, 10 GRADEN, GEEN ZON														
230	VRFD.	50	.3	250	2.0	7	.93	1	1	.63	2	2	.80	1	2	50
231	VRFD.	100	.3	250	1.4	2	.77	3	4	.37	2	6	.80	2	3	100
		WEG VOCHTIG, 10 GRADEN, ZON														
232	VRFD.	50	.6	400	1.4	2	.84	2	3	.55	1	2	.83	3	3	50
233	UNIR.	100	.3	400	2.0	2	.71	4	6	.32	1	5	.78	3	4	100
		WEG DROOG, 10 GRADEN, ZON														
234	GOOD.	50	.3	400	1.4	2	.93	2	2	.64	1	2	.81	1	1	50
235	VRFD.	100	.6	400	2.0	7	.87	2	2	.44	3	6	.68	1	2	100
236	GOOD.	50	.6	250	2.0	7	.96	3	3	.63	2	3	.82	1	2	50
237	UNIR.	100	.6	250	1.4	7	.87	2	2	.44	2	4	.83	1	2	100
238	GOOD.	100	.3	400	2.0	7	.85	1	1	.45	3	6	.73	1	1	100
		WEG VOCHTIG, 10 GRADEN, ZON														
239	UNIR.	50	.3	400	1.4	7	.89	4	4	.60	1	2	.83	0	1	50
		WEG VOCHTIG, 9 GRADEN, ZON														
240	UNIR.	50	.6	250	2.0	2	.89	0	0	.55	2	3	.96	2	2	50

WOENSDAG 10 NOVEMBER 1971, LEIDEN

NR.	BAND	SNELH.	WATER	BEL.	BSP.	PROF.	U-MAX	SA	%	U-BLOK	SA	%	U-DWARS	SA	%	V-GEM.
241	GOOD.	100	.3	250	2.0	2	.85	5	6	.41	1	3	.77	2	2	100
WEG DROOG, 7 GRADEN, ZON																
242	GOOD.	50	.6	400	2.0	2	.92	2	2	.60	2	3	.80	2	2	50
VOCHTIGE WEG, 7 GRADEN, ZON,																
243	GOOD.	50	.3	250	1.4	7	.92	4	4	.66	2	3	.75	1	2	50
244	VRED.	50	.3	400	2.0	2	1.01	3	3	.58	1	1	.88	1	1	50
245	MICH.	100	.6	250	2.0	7	.81	3	3	.43	2	5	.81	2	2	100
WEG VOCHTIG, 8 GRADEN, ZON																
246	VRED.	100	.3	400	1.4	7	.89	1	1	.44	3	6	.70	1	2	100
247	MICH.	50	.6	250	1.4	2	.91	2	3	.58	3	5	.84	3	3	50
WEG VOCHTIG, 9 GRADEN, ZON																
248	MICH.	50	.3	400	2.0	7	.88	2	3	.57	1	2	.82	2	3	50
249	VRED.	50	.6	250	1.4	7	.93	3	4	.61	1	2	.75	2	3	50
250	UNIR.	50	.6	400	2.0	7	.95	2	2	.63	1	2	.84	2	2	50
251	VRED.	100	.6	250	2.0	2	.67	4	7	.33	3	10	.80	1	2	100
WEG VOCHTIG, 10 GRADEN, ZON																
252	GOOD.	100	.6	400	1.4	7	.83	1	1	.47	0	1	.72	2	3	100
MOTREGEN, 7 GRADEN																
253	MICH.	100	.3	400	1.4	2	.72	4	6	.30	1	2	.74	3	4	100
WEG NAT, 8 GRADEN,																
254	UNIR.	50	.3	250	1.4	2	.94	6	6	.57	1	3	.96	2	2	50
255	UNIR.	100	.6	400	1.4	2	.49	10	21	.26	2	6	.76	6	7	100
WEG VOCHTIG, 8 GRADEN,																
256	UNIR.	100	.3	250	2.0	7	.85	2	3	.44	2	4	.81	6	7	100

Bijlage 9

Vereenvoudigde presentatie van de meetresultaten met betrekking op significant ($p \leq 0,01$) bevonden hoofdeffekten, twee- en drie-faktor-interakties.

In onderstaande tabellen betekenen + en - een hogere resp. lagere waarde van de betrokken wrijvingscoëfficiënt ten opzichte van de gemeten gemiddelde waarde van de wrijvingscoëfficiënt gemeten onder de bepaalde omstandigheden.

wegdektypen

KES = meetvak Kesteren
 LEI = meetvak Leiden
 RAA = meetvak Raamsdonkveer
 GOR = meetvak Gorinchem

bandtypen

VNI = Uniroyal Rallye 180
 MIC = Michelin z X
 VRE = Vredestein Sprint
 G00 = Goodyear G 800

Hoofdeffekten

tabel 1. wegdektype

objekt gemiddelde μ_{xm} 84,5				objekt gemiddelde μ_{xb} 50,6				objekt gemiddelde μ_y 78,7			
KES	LEI	RAA	GOR	KES	LEI	RAA	GOR	KES	LEI	RAA	GOR
-13,9	+ 0,3	+ 4,5	+ 9,1	- 6,0	+ 0,2	+ 0,4	+ 5,4	-9,7	+ 1,8	+1,0	+ 6,9

tabel 2. bandtype

μ_{xm}				μ_{xb}				μ_y			
UNI	MIC	VRE	G00	UNI	MIC	VRE	G00	UNI	MIC	VRE	G00
-2,3	-1,9	+1,5	+2,7	-2,0	-1,5	-0,5	+0,3	+2,1	+0,5	-0,9	-1,5

tabel 3. overige factoren

faktor	niveau's		μ_{xm}		μ_{xb}		μ_y	
snelheid	50	100	+6,3	-6,3	+9,6	-9,6	+4,2	-4,2
profiel diepte	2	7	-2,8	+2,8	-3,6	+3,6	+1,0	-1,0
waterlaagdikte	0,3	0,6	+1,7	+1,7	+0,5	-0,5	+0,5	-0,5
bandbelasting	250	400			+0,7	-0,7	+1,2	-1,2
bandspanning	1,4	2,0			+0,5	-0,5		

Twee - faktor - interacties

tabel 4. Interactie wegdektype - bandtype

	μ_{xm}				μ_{xb}				μ_y			
	KES	LEI	RAA	GOR	KES	LEI	RAA	GOR	KES	LEI	RAA	GOR
UNI	-5,1	-1,3	+2,4	+4,0	-1,9	+0,1	+0,5	+1,3	-4,7	+2,0	+1,0	+1,7
NIC	-1,6	+1,0	+0,9	-0,5	-1,5	+0,1	+0,7	+0,7	-0,2	+0,1	+0,5	-0,2
VRE	+4,5	-0,2	-1,6	-2,7	+2,2	-0,8	+0,9	-2,3	+2,2	-0,6	-0,5	+1,1
GOO	+2,2	+0,5	-1,7	-1,0	+1,2	+0,6	-2,1	+0,3	+2,7	-1,5	-0,8	-0,4

tabel 5. Interactie bandtype - profieldiepte

	μ_{xm}				μ_{xb}				μ_y			
	UNI	NIC	VRE	GOO	UNI	NIC	VRE	GOO	UNI	NIC	VRE	GOO
2 mm	-4,0	+1,1	-0,8	+3,4	-2,5	+0,7	-1,1	+2,7	-1,0	-2,6	+2,4	+1,2
7 mm	+4,0	-1,1	+0,2	-3,4	+2,5	-0,7	+1,1	-2,7	+1,0	+2,6	-2,4	-1,2

tabel 6. Interactie snelheid - profieldiepte

	μ_{xm}	
	50 km/h	100 km/h
2mm	+3,6	-3,6
7mm	-3,6	+3,6

	μ_{xb}	
	50 km/h	100 km/h
2mm	+1,9	-1,9
7mm	-1,9	+1,9

tabel 7. Interactie wegdektype - profieldiepte

	μ_{xm}			
	KES	LEI	RAA	GOR
2mm	-3,5	-0,1	+1,5	+2,1
7mm	+3,5	+0,1	-1,5	-2,1

	μ_y			
	KES	LEI	RAA	GOR
2mm	-3,2	+1,4	+0,0	+1,8
7mm	+3,2	-1,4	-0,0	-1,8

Tabel 8. Interaktie wegdektype - snelheid

	μ_{xm} 84,5				μ_{xb} 50,6				μ_y 78,7			
	KES	LEI	RAA	GOR	KES	LEI	RAA	GOR	KES	LEI	RAA	GOR
50km/h	+2,5	+1,1	-1,7	-1,9	+1,7	+0,1	-1,1	-0,7	+1,9	+0,7	-0,7	-1,9
100km/h	-2,5	-1,1	+1,7	+1,9	-1,7	-0,1	+1,1	+0,7	-1,9	-0,7	+0,7	+1,9

Tabel 9. Interaktie snelheid - bandtype

	μ_{xm}	
	50km/h	100km/h
UNI	+2,5	-2,5
NIC	+0,2	-0,2
YBE	-0,6	+0,6
GOO	-2,1	+2,1

	μ_{xb}	
	50km/h	100km/h
	+1,0	-1,0
	+0,6	-0,6
	-0,6	+0,6
	-1,0	+1,0

	μ_y	
	50km/h	100km/h
	+2,0	-2,0
	+0,2	-0,2
	-0,6	+0,6
	-1,6	+1,6

Tabel 10. Interaktie wegdektype - bandbelasting

	μ_y			
	KES	LEI	RAA	GOR
250kgt	-1,5	+0,5	-0,1	+1,5
100kgt	+1,5	-0,3	+0,1	-1,3

Tabel 11. Interaktie profieldiepte - waterlaagdikte

	μ_{xm}	
	2mm	7mm
0,5mm	-1,3	+1,3
0,6mm	+1,3	-1,3

tabel 12. Interaktie bandtype - handbelasting

	μ_y			
	UNI	MIC	VRE	GOO
250kgt	-1,1	-0,1	+0,9	+0,3
400kgt	+1,1	+0,1	-0,9	-0,3

tabel 13. Interaktie wegdektype - bandspanning

	μ_{xb}			
	RES	LUI	RAA	GOR
1,4atc	-1,0	+0,2	+0,0	+0,8
2,0atc	+1,0	-0,2	-0,0	-0,8

tabel 14. Interaktie profieldiepte - handbelasting

	μ_y	
	2mm	7mm
250kgt	-0,7	+0,7
400kgt	+0,7	-0,7

tabel 15. Interaktie snelheid - waterlaagdikte

	μ_y	
	50km/h	100km/h
0,3mm	-0,5	+0,5
0,6mm	+0,5	-0,5

	xb	
	2mm	7mm
1,4ate	-0,5	+0,5
2,0ate	+0,5	-0,5

Drie - faktor -interaktiestabel 17. Interaktie wegdektype - snelheid - profieldiepte

	μ_y 78,7							
	KBS		LNI		RAA		GOR	
	50km/h	100km/h	50km/h	100km/h	50km/h	100km/h	50km/h	100km/h
2mm	+ 3,9	-3,9	+1,6	-1,6	+1,0	-1,0	+1,6	-1,6
7mm	- 3,9	+3,9	-1,6	+1,6	-1,0	+1,0	-1,6	+1,6

tabel 18. Interaktie bandtype - snelheid - profieldiepte

	μ_y							
	UNI		MTC		VRE		GOO	
	50km/h	100km/h	50km/h	100km/h	50km/h	100km/h	50km/h	100km/h
2mm	+3,5	-3,5	+2,0	-2,0	+1,6	-1,6	+1,0	-1,0
7mm	-3,5	+3,5	-2,0	+2,0	-1,6	+1,6	-1,0	+1,0

tabel 19. Interaktie bandtype - profieldiepte - bandbelasting

	μ_y							
	UNI		MIV		VRE		GOO	
	2mm	7mm	2mm	7mm	2mm	7mm	2mm	7mm
250kgt	-1,5	+1,5	-0,3	+0,3	+1,1	-1,1	+0,6	-0,6
400kgt	+1,5	-1,5	+0,3	-0,3	-1,1	+1,1	-0,6	+0,6