

HULPREMMEN VOOR VRACHTAUTO'S

Onderzoek naar het gedrag van een trekker-opleggercombinatie  
tijdens het uitvoeren van een noodremming

R-78-36

Voorburg, 1978

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

Samenvatting/Summary

Voorwoord

Inleiding

1. Doel van het onderzoek
2. Huidige wetgeving
3. Noodremming
4. Prestaties van de hulpremmen bij een noodremming
5. Technische oplossingen en praktijkproeven
6. Beoordelingscriteria
7. Uitvoering van het praktijkonderzoek
  - 7.1. Meetprogramma
  - 7.2. Meettraject
  - 7.3. Gemeten grootheden
  - 7.4. Meetapparatuur
8. Resultaten van het onderzoek
  - 8.1. Resultaten van de berekeningen
  - 8.2. Resultaten van het praktijkonderzoek
  - 8.3. Resultaten Hoofdgroep 1
  - 8.4. Resultaten Hoofdgroep 2
  - 8.5. Resultaten Hoofdgroep 3
9. Conclusies en aanbevelingen
  - 9.1. Conclusies
  - 9.2. Aanbevelingen

Literatuur

Afbeeldingen 1 t/m 8

Bijlagen 1 t/m 15

## SAMENVATTING

Dit rapport handelt over een onderzoek dat is uitgevoerd door een werkgroep van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. Doel van het onderzoek was om inzicht te verkrijgen in verschillende hulpremsystemen voor vrachtauto's. In de praktijk zijn proeven uitgevoerd met een trekker-opleggercombinatie van de zwaarste categorie. Van zowel gescheiden remsystemen als veerremmen wordt het gedrag beschreven.

Met vrijwel alle hulpremsystemen is het mogelijk om een voldoende vertraging te verkrijgen om aan wettelijke eisen aan de remweg te voldoen. De koersstabiliteit laat in veel gevallen nogal te wensen over. In het rapport worden aanbevelingen gedaan omtrent wettelijke eisen aan de koersstabiliteit zowel op droge als op natte wegdekken.

## SUMMARY

This report deals with an investigation concerning braking capacity of trucks if somewhere a failure occurs in the normal service brake. Purpose of the research was to get an insight in various secondary braking systems for trucks. Practical tests were carried out with a tractor-semi trailer combination. The performance of various split braking systems as well as spring brake actuators in terms of deceleration and lateral stability are shown.

The research findings were that with nearly all of the secondary braking systems it was possible to obtain sufficient deceleration to meet legal requirements for the braking path. The critical point however is the lateral stability. The report concludes with recommendations for requirements for secondary braking systems concerning lateral stability both on dry and wet road surfaces.

VOORWOORD

Tijdens de in 1974 gehouden vergadering van de Groupe des Rapporteurs de Frainage is aan de Nederlandse delegatie gevraagd een voorstel te maken voor eisen, die gesteld moeten worden aan de hulpremmen (noodremmen) van auto's.

Ter ondersteuning van dit voorstel is door de Minister van Verkeer en Waterstaat aan de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV verzocht een onderzoek in te stellen naar functionele eisen aan hulpremmen. Dit onderzoek is tot stand gekomen dank zij de medewerking van het Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool Delft en Daf Trucks B.V., te Eindhoven. De begeleidende ad-hoc werkgroep Noodremmen bestond uit ir. A. Dijks en W.A.M. van Blijswijk, Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool Delft; J. van Genugten, Daf Trucks B.V. te Eindhoven; ir. G.J.M. Meekel, Rijksdienst voor het Wegverkeer te 's-Gravenhage en ir. L.H.M. Schlösser, Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV te Voorburg.

Bij een eerste inventarisatie van de problemen werden ernstige lacunes geconstateerd in de wetgeving ten aanzien van hulpremmen, speciaal voor volgagens. Vandaar dat in de uitvoering van de opdracht gewerkt is naar het opstellen van functionele eisen aan hulpremmen voor alle categorieën motorvoertuigen zoals die staan omschreven in de scope van ECE Reglement No. 13 en verder gespecificeerd in de paragrafen 5.2.2., 5.2.3. en 5.2.4., te zamen met de opmerkingen van par. 5.2.5. Twee- en driewielige voertuigen zijn dus uitgezonderd.

Naast een theoretische benadering van het probleem werd het wenselijk geacht, voor een aantal specifieke categorieën van voornamelijk vrachtauto's, ook praktijkonderzoek te doen. Hiervoor is in eerste instantie een keuze gemaakt voor een trekker-opleggercombinatie en wel een combinatie van de zwaarste categorie.

## INLEIDING

Uit onderzoek is gebleken dat de vrachtauto's vaker bij ongevallen zijn betrokken dan personenauto's. Op Rijkswegen in Nederland is het betrokkenheidsquotiënt van vrachtauto's ca. 1,5 maal hoger dan van personenauto's. Op autosnelwegen ligt dit iets lager (1).

Vrachtauto's wijken voor wat betreft hun bewegingskenmerken, afmetingen en ergonomische kenmerken af van personenauto's. Vooral de bewegingskenmerken (langs- en dwarsversnelling) zijn aanzienlijk ongunstiger voor de vrachtauto. Bij het vertragen komt dit enerzijds door de lagere beschikbare rem- en spoorkrachtcoëfficiënten bij truckbanden, anderzijds door de doorgaans lagere remwaardering (rem-efficiency) bij de trucks ten gevolge van de grotere problemen bij de remkrachtverdeling. Bij ongevallenonderzoek zal het bijzonder moeilijk zijn de invloed van elk kenmerk als bijdrage aan het hogere betrokkenheidsquotiënt te isoleren.

Hoewel de gegevens schaars zijn, is het niettemin te verdedigen dat de overheid bij het bestrijden van de verkeersonveiligheid prioriteit geeft aan verbeteringen van vrachtauto's. Dit wordt ingegeven doordat met veel van de huidige vrachtauto's op een natte weg vanaf hoge snelheid (80 km/h) geen noodstop gemaakt kan worden zonder dat er zich instabiliteitsverschijnselen voordoen. Dit geldt voor de normale bedrijfsrem als ook en vooral voor de situatie dat er zich een storing voordoet in de bedrijfsrem. Ook de doorgaans ernstiger afloop van ongevallen waarbij vrachtauto's zijn betrokken speelt bij de prioriteitsoverwegingen een rol. Bij het reeds in het voorwoord aangehaalde verzoek aan de Nederlandse afvaardiging naar de Groupe des Rapporteurs de Frainage om een voorstel uit te werken voor eisen aan hulpremmen (noodremmen) moet de achtergrond dan ook vooral gezocht worden in de constatering dat ongevallen waarbij een defect in het remsysteem van trucks direct of indirect heeft bijgedragen, doorgaans een zeer ernstige afloop hebben.

Hierbij moet nog worden opgemerkt dat uitgebreide eisen aan noodremmen voor volgwagens geheel ontbreken en voor trekkende voertuigen nog lacunes vertoont.

## 1. DOEL VAN HET ONDERZOEK

Gegeven de opdracht en met name de beleidsrelevantie van het onderzoek heeft de ad-hoc werkgroep de volgende doelstellingen geformuleerd:

1. Definiëren van hulpremmen.
2. Aangeven van mogelijkheden hoe hulpremmen kunnen worden verkregen en het beproeven van deze verschillende systemen in de praktijk.
3. Vergelijken van de testresultaten met reeds in de praktijk toegepaste systemen.
4. Opstellen van functionele eisen waaraan hulpremmen moeten voldoen.

Volgend uit deze doelstellingen is voor het beproevingsgedeelte van het onderzoek gekozen voor de volgende opzet:

- A. Berekenen van het dynamisch gedrag van het voertuig waaruit voor verschillende vertragingen de curves voor de benodigde remkrachtcoëfficiënt volgen.
- B. Beproeven in de praktijk van de verschillende typen hulpremmen onder verschillende externe condities zoals stroefheid van het wegdek, snelheid en beladingstoestand van het voertuig;
- C. Evalueren van de theoretische en praktische beproeving om te komen tot functionele eisen en voorstellen tot beleidsmaatregelen.

Vooraf vanwege financiële beperkingen is voor de uitvoering van het praktijkonderzoek in eerste instantie een keuze gemaakt voor een trekker-opleggercombinatie van de zwaarste categorie. In een later stadium wordt gedacht aan een combinatie van vrachtwagen met aanhangwagen.

Naast de beproeving van de hulpremsystemen voor de trekker-opleggercombinatie is ook nog de werking van de normale bedrijfsrem uitvoerig getest. Met name is nagegaan in hoeverre met een automatische lastafhankelijke remkrachtregelaar (ALR) op de achteras van de trekker en handbediende regelaar op de opleggerassen bevredigend kan worden voldaan aan de Richtlijn 75/524/EEG (2).

## 2. HUIDIGE WETGEVING

De eisen, die aan remmen kunnen worden gesteld, naast of in plaats van de nationale eisen in de verschillende landen, zijn vervat in Reglement No. 13 van de Economic Commission for Europe (ECE) te Genève en in de Richtlijn 71/320/EEG van de EEG te Brussel. Amendering en uitbreiding van het eisenpakket leidde voor de EEG tot de aanvullende Richtlijnen 74/132/EEG en 75/524/EEG.

In de Groupe des Rapporteurs de Frainage is bepaald dat met amendering van ECE Reglement No. 13 zou worden gewacht totdat de aanvullingen op de Richtlijn "Remmen" in Brussel gereed zouden zijn. Dit om te komen tot een geamendeerd Reglement No. 13, welke inhoudelijk gelijk zou zijn aan de laatste Richtlijn van de EEG.

De huidige eisen die aan remsystemen van motorvoertuigen in de EEG worden gesteld staan weergegeven in 71/320/EEG en 75/524/EEG. In het eerste stuk zijn bepalingen omtrent de hulprem te vinden in par. 2.1.2.2., 2.2.1.2., 2.2.1.4. en 2.2.1.19. van bijbehorende Bijlage I en par. 21.2. van Bijlage II.

De eisen inventariserende, blijkt dat voor personenauto's, vrachtauto's en bussen een bedrijfsrem, een hulprem en een parkeerrem wordt geëist. Bij een storing in de bedrijfsrem moet de rem van deze voertuigen een zekere restwerking bezitten. De eisen aan deze restwerking zijn in de regel lager dan de eisen aan de hulpremmen. De hulpremmwerking kan ook worden verkregen uit de restwerking van de bedrijfsrem en in dat geval zijn de eisen hetzelfde. De restwerking hoeft bij trekkers voor opleggers niet aanwezig te zijn indien de overbrenging van de bedrijfsrem van de oplegger onafhankelijk is van die van het trekkende voertuig.

Aanhangwagens van het type  $O_1$  behoeven geen bedrijfsrem te hebben. Aanhangwagens (hieronder ook te verstaan opleggers) van de categorieën  $O_2$ ,  $O_3$  en  $O_4$  dienen wel een bedrijfsrem te bezitten. Elke volgwagen die voorzien moet zijn van een bedrijfsrem, dient ook voor-



zien te zijn van een parkeerrem. Geen enkele volgwagen hoeft een hulprem te hebben. Ook behoeft er in het geval van een storing in de bedrijfsrem van de volgwagen geen restwerking aanwezig te zijn, behalve in het geval van een storing in de ALR. Dan dient een restwerking aanwezig te zijn van 30%. Dit betekent dus dat indien de bedrijfsrem van een volgwagen uitvalt deze op geen enkele wijze meer beremd kan worden. Omgekeerd zijn er wel bepalingen voor de beremming van het volgwagengedeelte als er een storing optreedt in de bedrijfsrem van het trekkende voertuig. In par. 2.2.1.19. van Bijlage I van 71/320/EEG wordt bepaald dat aanhangwagens van de zwaarste categorieën ( $O_3$  en  $O_4$ ) regelbaar moeten kunnen worden geremd als de hulpreminrichting van het trekkende voertuig in werking komt. Verder moet de aanhangwagen geremd worden met het overblijvende deel van de bedrijfsrem als de overbrenging hiervan uit twee delen bestaat en één deel getroffen is door een storing. Deze volgwagens moeten ook geremd kunnen worden als er een lek of breuk optreedt in de pneumatische verbinding tussen trekker en volgwagen.

Ten aanzien van de remkrachtverdeling wordt hierover in par. 2.2.1.8. van Bijlage I bepaald dat de werking van de bedrijfsrem oordeelkundig over de assen moet zijn verdeeld. Wat hieronder moet worden verstaan is nader uitgewerkt in 75/524/EEG. Aan de hulpremmen, c.q. de restwerking van de bedrijfsrem, worden geen eisen gesteld voor wat betreft de remkrachtverdeling. Wel is in het algemeen voorgeschreven dat bij remproeven op een droog, redelijk stroef wegdek geen der wielen mag blokkeren bij een remproef.

### 3. NOODREMMING

In de definitie van hulpremmen wordt gesteld dat het voertuig binnen een redelijke afstand tot stilstand moet kunnen worden gebracht indien er een storing optreedt in de bedrijfsrem. Daarbij moet de bestuurder met ten minste één hand de controle over het stuurorgaan behouden.

Gezien de definitie van de hulprem is deze kennelijk bedoeld te worden gebruikt om bij het manifest worden van een storing het voertuig nog tot stilstand te kunnen brengen. Hierbij behoeft nog geen sprake te zijn van een noodsituatie. Dit treedt pas op als met een verminderde werking van de bedrijfsrem moet worden getracht een ongeval te vermijden.

Bij het bovenstaande kan bij een storing in de bedrijfsrem voor een noodremming worden gebruikt ofwel de restwerking van de bedrijfsrem ofwel de hulprem.

Beide systemen moeten bij een noodremming optimaal functioneren hetgeen meestal een maximale bediening (volle remming) van de bedieningsinrichting inhoudt.

Bij de huidige toestand is men er niet altijd van verzekerd dat bij een noodremming de kortste remweg wordt verkregen. Dit kan komen doordat het systeem met de laagste vertraging wordt gebruikt ofwel doordat er tijd verloren gaat door op een ander bedieningsorgaan over te schakelen, waarbij dan nog moet worden aangenomen dat de bestuurder op de hoogte is, of wordt gebracht van de storing in de bedrijfsrem.

Daartoe volgt nu een nadere analyse van het gedrag van de bestuurder tijdens een noodsituatie.

#### Verliestijden

Indien het remsysteem geheel in orde is, kunnen bij het remmen de volgende tijden worden gedefinieerd:

Reactietijd  $t_r$ : de tijd die verstrijkt tussen het gewaarworden van het gevaar tot het moment van aanraken van het rempedaal.

Verliestijd  $t_v$ : deze bestaat uit de reactietijd plus de halve zweltijd. (De zweltijd is de tijd die verloopt tussen het tijdstip waarop de drukopbouw in de remleiding begint tot het tijdstip waarop deze 70 of 90% van zijn asymptotische waarde bereikt.)

Meetwaarden uit proeven (3) geven het volgende beeld:

tijd (s)	$t_r$	$t_v$	
50% van de proeven	0,51	0,67 tot 0,77	bij personenauto's met hydraulische voetrem
95% van de proeven	0,73	0,97 tot 1,06	

Andere metingen (4) geven een gemiddelde waarde voor de verliestijd  $t_v$  van 0,9 s. Van de onderzochte groep had 25% een verliestijd van 1,2 s, in enkele gevallen bedroeg deze zelfs meer dan 2 s.

Treedt er een storing op in de bedrijfsrem dan kunnen een aantal gevallen worden onderscheiden. Is de chauffeur op de hoogte van de storing dan mag worden aangenomen dat hij zijn voertuig tot stilstand brengt voordat zich een noodsituatie voordoet.

Wordt de storing kenbaar op het moment van intrappen van het rempedaal en houdt de chauffeur zijn rempedaal ingetrapt, dan blijft de verliestijd  $t_v$  ongewijzigd, maar wordt de gemiddelde vertraging verlaagd en de remweg verlengd.

Het is echter goed denkbaar dat de bestuurder verrast wordt door de storing op het moment van intrappen van het rempedaal, daarom het rempedaal loslaat en ten tweede maal het rempedaal intrapt. Dit in de veronderstelling de tweede maal wel de beschikking te krijgen over het volle remvermogen.

Zowel bij het hydraulisch als het luchtdruksysteem is de stimulans voor de bestuurder de vertraging die hij ondervindt. De reactie om het rempedaal tweemaal in te drukken treedt bij een hydraulisch systeem ook op indien de slag van het rempedaal niet voldoende is om de maximale remdruk te verkrijgen. Deze situatie geeft aanleiding tot een extra verliestijd die als volgt kan worden gedefinieerd:

Extra verliestijd  $t_{ve}$ : de tijd nodig voor het constateren dat de bedrijfsrem niet of niet voldoende werkt en voor het nemen van de beslissing tot hernieuwd indrukken van het rempedaal, plus verliestijd ten gevolge van het hernieuwd intrappen van het rempedaal. Indien de bestuurder de beschikking heeft over een apart te bedienen hulprem en bij de eerste constatering van de storing de hulprem in werking stelt dan wordt  $t_{ve}$  betrokken op de hulprem en de verliestijd bij het in werking stellen daarvan.

Als laatste mogelijkheid kan nog genoemd worden dat de bestuurder de hulprem pas bedient als ook bij de tweede maal intrappen van het rempedaal de verwachte remwerking uitblijft. Dit resulteert dan in:

Verliestijd hulprem  $t_{vr}$ : tijd nodig voor het constateren dat de bedrijfsrem ten tweede male niet werkt en voor het nemen van de beslissing tot het gebruik van de hulprem, plus verliestijd ten gevolge van de bediening van de hulprem.

Aangaande het gedrag van de bestuurder tijdens een noodsituatie en de grootte van de tijden  $t_{ve}$  en  $t_{vr}$  zijn geen gegevens beschikbaar. Aangezien  $t_r$  ongeveer de helft van de totale verliestijd bedraagt, kan worden geschat dat bij tweemaal intrappen, c.q. eenmaal intrappen + eenmaal bediening hulprem de totale verliestijd ca. 1,5 tot 2 maal zo groot is als bij de bedrijfsrem. Bij tweemaal intrappen + eenmaal bediening hulprem wordt de totale verliestijd geschat op 2 tot 2,5 maal die bij de normale bedrijfsrem.

De consequentie van de bovenstaande gedachtengang is dat bij de apart bediende hulprem altijd en bij de restwerking van de bedrijfsrem in sommige gevallen een langere remweg optreedt ten gevolge van

extra verliestijden. Voor de hulprem zal dan ook de gemiddelde vertraging groter moeten zijn om aan eenzelfde eis voor de remweg te voldoen als de restwerking van de bedrijfsrem.

Om een indruk te krijgen van de grootte van deze hogere vertraging is het volgende voorbeeld uitgewerkt.

Nemen we de eisen aan de hulprem voor vrachtauto's (categorieën  $N_1$ ,  $N_2$  en  $N_3$ ) dan wordt de maximale remweg gegeven door

$$s = 0,15v + 2v^2/115.$$

Bedenken we dat het hierbij gaat om een remproef dan speelt de reactietijd van de bestuurder geen rol. In het voorschrift in par. 2 van Bijlage II bij 71/320/EEG is niet vermeld over welke tijd de gemiddelde vertraging moet worden berekend. Gezien de aanspreek- en zweltijden mag worden aangenomen dat dit geldt gedurende de tweede term van de boven omschreven tweeterm. Nemen we nu voor de hulpremmen een extra reactietijd van 1 s dan geeft dit het volgende beeld:

wettelijke eis	$v_o = 70$ km/h $s_{tot} = 95,7$ m	$v_o = 50$ km/h $s_{tot} = 51$ m	$v_o = 40$ km/h $s_{tot} = 33,8$ m			
	$s_{eff}$ (m)	$a_g$ ( $m/s^2$ ) over $s_{eff}$	$s_{eff}$ (m)	$a_g$ ( $m/s^2$ ) over $s_{eff}$	$s_{eff}$ (m)	$a_g$ ( $m/s^2$ ) over $s_{eff}$
geen verliestijd	85,2	2,2	43,5	2,2	27,8	2,2
extra verliestijd van 1 s	65,8	2,9	29,6	3,3	16,7	3,7

Hierbij is  $v_o$  = beginsnelheid;  $s_{tot}$  = totale remweg;  $s_{eff}$  = remweg waarbij de gemiddelde vertraging optreedt; en  $a_g$  = gemiddelde vertraging.

Tot slot moet nog genoemd worden dat wil men met een beperkt aantal wielen een hogere vertraging halen zeker op nat wegdek het gevaar bestaat dat een of meer wielen gaan blokkeren. Dit kan gevolgen hebben voor de koersstabiliteit. Hieraan wordt in het volgende hoofdstuk aandacht besteed.

#### 4. PRESTATIES VAN DE HULPREMMEN BIJ EEN NOODREMMING

Bij het remmen kunnen er drie criteria worden aangelegd om het rem-systeem te beoordelen: een maximum remweg, een minimum vertraging en een stabiliteitscriterium.

Indien we de eisen voor het uitvoeren van een noodremming overnemen van die van de hulprem, dan staat voorgeschreven dat de hulprem moet voldoen aan een proef van het type 0 (par. 2.1.2.4. van Bijlage II bij 71/320/EEG). Hiermee zijn de eisen voor remweg en vertraging vastgelegd.

In par. 1.1.3.7. van Bijlage II bij 71/320/EEG is bepaald dat de voorgeschreven werking van de reminrichting moet worden verkregen zonder blokkering van wielen, zonder dat het voertuig van zijn koers afwijkt en zonder abnormale trillingen. Dit dient te geschieden onder het bepaalde in par. 1.1.3.4. van Bijlage II bij 71/320/EEG, dat het wegdek een goede wrijvingscoëfficiënt moet bezitten.

Voor de bedrijfsrem zijn er ook voorschriften voor lagere wrijvingscoëfficiënten, voor hulpremmen niet. Dat betekent dat een op een stroef wegdek niet blokkerende as dit op een nat wegdek wel kan doen, zeker wanneer in een noodsituatie de remcapaciteit ten volle wordt benut. In feite dient er dus naast een eis aan remweg en vertraging ook een stabiliteitscriterium te worden vastgelegd voor wegen met een hoge en een lage stroefheid.

Bij de bedrijfsrem is dit sterk verbeterd door voorschriften te maken voor de remkracht aan de wielen in afhankelijkheid van de wielbelasting. Daarbij is ook de volgorde van blokkeren van de assen aangegeven.

Deze oplossing is bij een hulprem niet altijd bruikbaar doordat het dynamisch gedrag van het voertuig anders is dan bij de bedrijfsrem. Bedient men bij een noodremming slechts één as dan is er van remkrachtverdeling en volgorde van blokkering geen sprake meer.

Uitgaande van de praktijksituatie zou een mogelijk criterium kunnen zijn een bepaalde wegbreedte voor te schrijven die het voertuig tijdens zijn gehele remweg niet te buiten mag gaan. Hierbij mag dan de door de bestuurder op het stuurwiel uitgeoefende kracht een bepaalde waarde niet te boven gaan.

Het voordeel van een dergelijke eis is dat deze in de meeste gevallen eenduidig is en gemakkelijk te constateren. Een scharend voertuig zal niet aan deze eis kunnen voldoen. Moeilijkheden zijn te verwachten als in grenssituaties de bekwaamheid van de chauffeur een rol gaat spelen. Dit kan zeker bij keuringen een bron van misverstand zijn. Verder is hierbij ook de vlakheid van het wegdek in dwarsrichting van belang, daar vrijwel alle wegen voor een goede waterafvoer een verkanting hebben. Voor remproeven dient deze vlakheid nauwkeurig omschreven te zijn.

Een nadeel van dit criterium is dat als hieraan voldaan wordt in bepaalde gevallen de bestuurbaarheid van een voertuig niet gewaarborgd is nl. als de voorwielen geblokkeerd zijn. Dan zijn uitwijkmanoeuvres niet meer uitvoerbaar. Niettemin dient steeds voorkomen te worden dat het voertuig ongecontroleerd zijn baan verlaat of gaat scharen.

Via internationaal overleg worden hierover reeds besprekingen gevoerd. Tot nu toe kan als meest concrete voorstel voor een stabiliteitscriterium een Brits voorstel worden genoemd dat als volgt luidt:

"Het voertuig moet tijdens een remproef over de gehele lengte van zijn remweg binnen een strook blijven met een breedte van 12 voet of  $1\frac{1}{2}$  maal de breedte van het voertuig en daarvan de kleinste waarde. Hierbij is het toegestaan dat de bestuurder ingrijpt met een moment op het stuurwiel van ten hoogste 30 Nm."

### Keuringen

Zoals reeds is uiteengezet is het vrijwel niet mogelijk een remsysteem voor een noodremming te beoordelen aan alleen een remproef op een droog, redelijk stroef wegdek. Ook rekenkundig is de koersstabiliteit nog niet altijd vast te stellen.

Het verdient dan ook aanbeveling om voor remproeven van remsystemen voor noodremmingen de keuringen uit te breiden met een proef op een nat wegdek.



## 5. TECHNISCHE OPLOSSINGEN EN PRAKTIJKPROEVEN

Om de keuringen voor het natte wegdek te laten vervallen zouden de remmen voor noodremmingen zo kunnen worden gemaakt dat zij met uitzondering van de eisen aan de remweg en de vertraging voldoen aan de voorschriften voor de bedrijfsrem. De meest kostbare, maar veiligste oplossing is om de overbrenging van de bedrijfsrem te dupliceren. Minder kostbaar is het om steeds het halve remwegvermogen van de vooras en het halve remvermogen van de achteras te benutten. Over de toepassing van diagonale kringscheiding (rechter voorwiel en linker achterwiel of andersom) bestaan zonder speciale voorzieningen nog de nodige twijfels aangaande de koersstabiliteit. Het benutten van de halve remcapaciteit van beide voorwielen en die van een der achterwielen vereist speciale remmen op de vooras, bijvoorbeeld de zgn. wedge-brakes bij luchtdrukremmen of tweekringsschijfremmen. Bij gelede voertuigen treden er reactiekrachten op tussen trekkend voertuig en volgwagen. Deze kunnen de stabiliteit sterk beïnvloeden. De grootte van deze reactiekrachten is weer afhankelijk van de manier waarop het gehele of gedeeltelijke remvermogen van de volgwagen is gerealiseerd. Een oplegger met een tandemstel en twee circuits kan bijvoorbeeld grote verschillen te zien geven als het tandemstel niet gecompenseerd is voor gewichtsoverzetting en het ene of het andere circuit uitvalt.

Zoals reeds in het Voorwoord is geformuleerd werd praktijkonderzoek voor enkele specifieke categorieën wenselijk geacht. Dit om een goed inzicht te krijgen in de boven genoemde problemen van koersstabiliteit en de invloed van de reactiekrachten bij gelede voertuigen. Te zamen met de voorgaande theoretische beschouwing moeten uit het geheel functionele eisen worden opgesteld aan remsystemen voor noodremmingen en daaruit voortvloeiend aanbevelingen voor beleidsmaatregelen.

Gezien de grote verscheidenheid in remsystemen van op de weg toegelaten trekkers en opleggers (denk hierbij aan de verschillende soorten kringleidingen en de één- of tweeleiding systemen) is er een keuze gemaakt uit deze systemen.

Bij die keuze is uitgegaan van een door Daf Trucks B.V. ter beschikking gestelde combinatie bestaande uit een DAF FT 2800 trekker en een tandemas-oplegger (zie Afbeelding 1 en Bijlage 1).

De trekker is standaard uitgerust met een tweekringsremsysteem en een automatische lastafhankelijke remkrachtregelaar (ALR) op de achteras. De kringscheiding is zodanig dat bij uitval van één kring òf de vooras òf de achteras beremd blijft.

De oplegger is voorzien van een tot nu toe veel gebruikt tandemstel. Tijdens het remmen vindt geen compensatie plaats van de gewichtsverandering van het tandemstel tussen de assen onderling. De remmen van de oplegger worden via een tweeleidingsysteem bediend. De oplegger is tevens voorzien van een handbediende regelaar, waarmee de druk naar de remcilinders afhankelijk van de beladingstoestand begrensd kan worden. Deze regelaar heeft drie standen: "leeg", "halfvol", "vol".

Ten behoeve van het onderzoek is het remsysteem van de trekker zodanig gewijzigd dat door middel van het instellen van een aantal kleppen een diagonale kringscheiding was te realiseren, waarmee het linker voorwiel en het rechter achterwiel bediend kon worden. Ook was het mogelijk door middel van kleppen alleen de vooras of de achteras te beremmen. Het remsysteem van de oplegger is op soortgelijke wijze aangepast (zie Bijlage 2). Alle remmen waren van het s-nok type. Wedge-brakes zijn niet in dit onderzoek beproefd evenmin als schijfremmen. Alle remcilinders van zowel de trekker als op de oplegger waren veerremcilinders. Alle assen konden afzonderlijk worden bediend. Ook met veerremmen was diagonaal remmen mogelijk zowel op de trekker als op de oplegger. Op Afbeelding 2 zijn twee van de vijftien bijgeplaatste kleppen te zien.

## 6. BEOORDELINGSCRITERIA

Bij de beoordeling van de prestaties van de verschillende systemen waarmee noodremmingen kunnen worden uitgevoerd is uitgegaan van de volgende eisen:

1. de stabiliteit van de trekker of de combinatie
2. de remweg met de erbij behorende gemiddelde vertraging.

Tot nu toe zijn geen wettelijke eisen aan de koersstabiliteit voor het remmen met hulpremmen gesteld. Uitgaande van het eerder genoemde Britse voorstel is de koersstabiliteit als onvoldoende beoordeeld als

- a. de trekker (solo) een hoek van  $20^{\circ}$  of meer met de rijrichting maakt of meer dan één meter naar links of rechts uitwijkt;
- b. de combinatie zodanig schaart dat de hoek tussen de trekker en de oplegger groter is dan  $10^{\circ}$  of meer dan één meter naar links of naar rechts uitwijkt.

De chauffeur kreeg de opdracht geen stuurcorrecties uit te oefenen. Op deze wijze werd een reproduceerbare proef verkregen. Alleen indien het ter voorkoming van schade nodig was, mocht de chauffeur in de remprocedure ingrijpen.

Om inzicht te krijgen in de mate van instabiliteit is naast de bovengenoemde procedure nagegaan in hoeverre correctie mogelijk was. Wanneer tijdens de metingen bleek dat de instabiliteit eenvoudig was te corrigeren, dan is het verloop van de remming alsnog als stabiel beoordeeld.

Voor de vertraging en de remweg is uitgegaan van de eisen aan de hulprem, vermeld in par. 2 van Bijlage II bij 71/320/EEG. Als minimum gemiddelde vertraging is steeds genomen  $2,2 \text{ m/s}^2$ , ook als van hogere dan in de daar vermelde beginsnelheid is uitgegaan.

Bij het onderzoek is ervan uitgegaan dat er zich slechts één storing tegelijkertijd kan voordoen. Onder een noodremming wordt hier dan ook verstaan: iedere remming waarbij in de reminrichting van de

trekker of de oplegger een storing aanwezig is. Mogelijke storingen zijn het lek raken van een leiding, het uitvallen van de remkrachtregelaar ALR e.d.

## 7. UITVOERING VAN HET PRAKTIJKONDERZOEK

### 7.1. Meetprogramma

Met alle in het voorgaande hoofdstuk beschreven remsystemen is een groot aantal metingen verricht. Per ingesteld remsysteem is gemeten met twee snelheden, nl. 40 en 80 km/h. Indien bij 40 km/h geen instabiliteit optrad maar bij 80 km/h wel, is die snelheid bepaald waarbij nog net geen instabiliteit optrad. Er is gemeten op één wegdek in droge zowel als in natte toestand.

Het totaal gewicht van de trekker met beladen oplegger bedroeg 325.000 N.

De metingen zijn in te delen in drie hoofdgroepen:

1. De restwerking van de bedrijfsrem (de gewone voetrem), wanneer er een kring uitvalt.
2. De werking van het remsysteem bij het gebruik van de handbediende hulprem (veerrem) op enkele assen.
3. De invloed en werking van de ALR (op de trekker) en de handbediende regelklep (op de oplegger).

Elke hoofdgroep is weer te splitsen in drie subgroepen:

1. De trekker (alleen)
2. De trekker met onbeladen oplegger
3. De trekker met beladen oplegger.

In totaal zijn er 200 metingen verricht. Voor een schematisch overzicht van de metingen zie Bijlage 3, 4 en 5.

### 7.2. Meettraject

De metingen zijn verricht op een nog niet voor het verkeer opengesteld gedeelte van de Rijksweg E8 nabij Enter.

De meetomstandigheden waren daar vrijwel ideaal. Er kon in twee richtingen gemeten worden op een wegdek van 12 meter breed dat onder een dwarshelling van 1 : 50 lag. De lengte van het aanlooptraject was ruim voldoende.

Met behulp van een sproei-installatie werd één weggedeelte over 150 meter voortdurend nat gehouden met een waterlaagdikte die ongeveer overeenkomt met de hoeveelheid water die optreedt tijdens een zware regenbui. Het water voor de besproeiing werd uit een beekje gepompt. Op Afbeelding 1 is de sproeiinstallatie langs de weg goed zichtbaar en op Afbeelding 3 het natte weggedeelte.

Met de meetwagen van het Laboratorium voor Voertuigtechniek van de TH-Delft zijn wrijvingscoëfficiënten gemeten op de meettrajecten. Deze meetwagen bestaat uit een truck voorzien van meet- en registratie-apparatuur en een éénwielige aanhanger (zie Afbeelding 8). Tijdens de metingen is eenzelfde band gebruikt als waarmee de trekkeropleggercombinatie was uitgerust. De verticale belasting op de meetband droeg 25.000 N en de bandspanning 6,25 bar.

Er werd op droge zowel als natte weg gemeten bij afnemende snelheden van 90 tot 10 km/h.

Bij constante snelheid werd het meetwiel geremd en  $\mu_{xm}$  (= de maximale remkrachtcoëfficiënt voordat het wiel is geblokkeerd) en  $\mu_{xb}$  (= de remkrachtcoëfficiënt bij geblokkeerd wiel) werden bepaald.

De metingen zijn meerdere malen herhaald en de resultaten zijn in een grafiek (Bijlage 6) gegeven. Zoals blijkt uit deze grafiek is er sprake van een vrij stroef wegdek waarop relatief hoge vertragingen mogelijk zijn.

Opvallend is dat bij lage snelheden de remkrachtcoëfficiënt bij een geblokkeerd wiel op een nat wegdek hoger is dan op een droog wegdek. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door temperatureffecten. Op de natte weg wordt de band beter gekoeld dan op de droge weg, omdat bij een geblokkeerd wiel de rubber in het contactvlak verbrandingsverschijnselen vertoont. Hierbij moet worden bedacht dat begonnen is met de metingen bij hoge snelheid, zodat de meetband bij de metingen bij lage snelheid al behoorlijk opgewarmd was.

Geconstateerd werd dat, zoals ook bij andere metingen is gebleken, de band een voorkeur heeft om bij blokkeerremmingen steeds te blokkeren op één of enkele vaste plaatsen langs de omtrek.

### 7.3. Gemeten grootheden

Tijdens iedere meting zijn de volgende grootheden geregistreerd

1. de snelheid  $v$
2. de vertraging  $a$
3. de remweg  $s$
4. de hoek  $\phi$  tussen de trekker en de oplegger
5. de druk  $p$  in de remcilinder
6. de tijd  $t_B$  waarna een wiel blokkeerde
7. de duur  $t$  van de meting.

Na iedere meting is de stand van het voertuig ten opzichte van de rijrichting geschetst.

Ook is in een aantal gevallen de temperatuur van de remtrommels gemeten.

### 7.4. Meetapparatuur

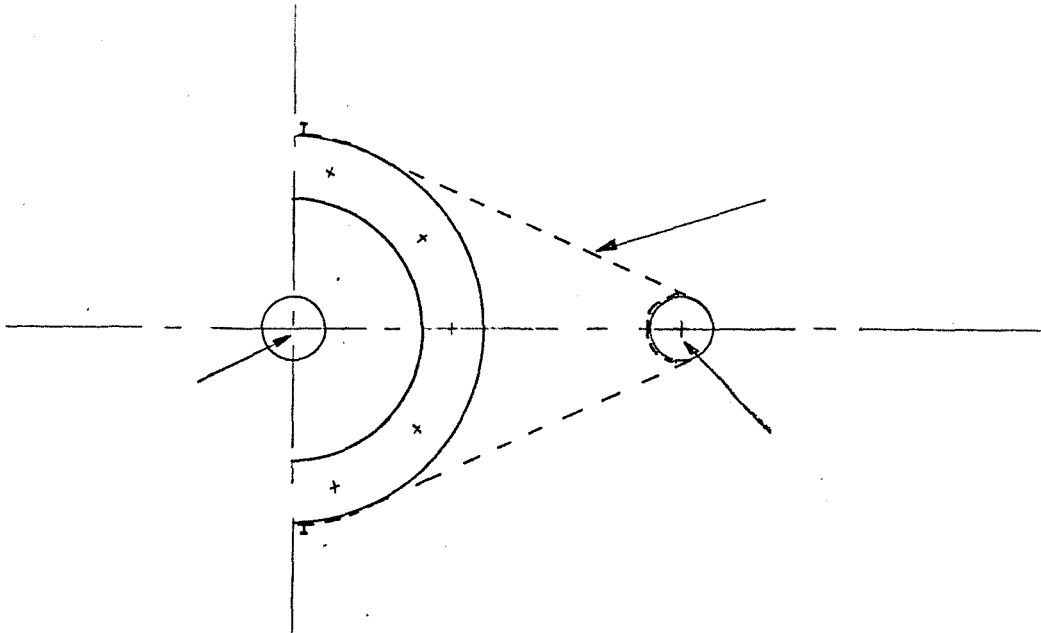
De snelheid  $v$  is gemeten met een vijfde wiel (fabrikaat Peissler). Op Afbeelding 4 is te zien hoe dit wiel aan de oplegger bevestigd was. Bij solo-metingen werd het wiel achter de trekker geplaatst. De snelheid van het voertuig was in de cabine direct af te lezen op een bij het wiel behorend kastje. Het snelheidssignaal is op een UV-recorder geschreven.

De vertraging  $a$  tijdens de remming is gemeten met een versnellingsopnemer (fabrikaat Donner). De opnemer was in een kist op de trekker geplaatst. Op Afbeelding 5 is deze kist te zien. Om te voorkomen dat de oplegger in een bocht de kist zou raken, is deze schuin geplaatst. Het signaal van de opnemer is versterkt en geschreven.

De remweg  $s$  was na iedere meting op het zgn. Peissler kastje af te lezen. Door op het rempedaal een schakelaar te monteren was het begin van iedere remming bepaald. Op de papierstrook werd het begin van de remming gemarkeerd.

De hoek  $\phi$  tussen de trekker en de oplegger is gemeten met een draai-potentiometer. Dit was mogelijk door bij het koppelpunt aan de op-

legger een half-cirkelvormige schijf te monteren, waarover een stalen snaar liep. De potentiometer was aan het frame van de trekker bevestigd. Op de potentiometer was eveneens een schijf geplaatst waar de snaar een paar maal omheen gedraaid was (zie schets). Aldus ontstond een vaste overbrenging van 1 : 10. De potentiometer werd in een brugschakeling opgenomen. Het signaal daarvan is geschreven.

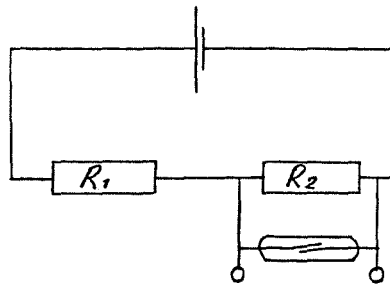


De druk  $p$  in de remcylinder is gemeten met Kistler piëzo-opnemers. Per as is één opnemer geplaatst en wel zo dicht mogelijk bij de remcylinder. De bij deze opnemers behorende ladingsversterkers zijn vlakbij de opnemers geplaatst om te voorkomen dat in de verbindingenkabel het signaal te veel verzwakt zou worden. Op Afbeelding 6 is een van de kisten te zien waarin de ladingsversterkers stonden. Deze kisten waren volledig geïsoleerd om onnauwkeurigheden t.g.v. temperatuurvariaties uit te sluiten.

Op vrij simpele wijze was vast te stellen of een wiel blokkeerde of niet. Daartoe is gebruik gemaakt van Reed-relais, dat zijn relais die onder invloed van een magnetische flux sluiten. Deze relais



werden serie-parallel met twee weerstanden geplaatst volgens onderstaand schema.



Bij een geopend relais is de spanningsval over  $R_2$  bekend. Bij gesloten relais is deze nul.

Door bij de oplegger het relais op de (stilstaande) as te monteren en een magneetje op de (draaiende) naaf was het mogelijk aan de hand van het spanningsverloop over het relais vast te stellen of het wiel draaide of niet. In het eerste geval geeft het spanningsverloop een sprongfunctie te zien en in het tweede geval een constante functie.

Op de trekker is het magneetje op de velgrand gelijmd, en het relais in een kunststofblokje op de beschermplaat van de remtrommel. Aldus was op ieder wiel een relais aanwezig. Op Afbeelding 6 is te zien hoe de bedrading van de relais op de opleggerassen aan beugels is vastgemaakt. De signalen van twee relais (per as) zijn op één kanaal van de UV-recorder geschreven. Door een bepaalde keuze van  $R_1$  en  $R_2$  was het mogelijk de spanningsval over  $R_2$  voor de linker- of rechterkant van de combinatie twee maal zo groot te maken als voor de rechterkant. Na sommatie van twee signalen bleef het daardoor mogelijk vast te stellen welk wiel blokkeerde. De tijd  $t_B$  waarna dit, vanaf het begin van de remming gemeten, gebeurde, was van de papierstrook af te lezen.

De duur van de meting is niet rechtstreeks geregistreerd, maar was eenvoudig vast te stellen omdat het begin van de meting bepaald was door een markering en het eind lag bij  $v = 0$ .

De temperatuur van de remtrommels is opgenomen om te weten of deze trommels voldoende afgekoeld waren om aan een volgende proef te

kunnen beginnen. Omdat al snel bleek dat de tijd nodig om het rem-systeem om te bouwen voldoende was om de remmen te doen afkoelen, is de temperatuur alleen bij twijfel gemeten.

Zoals al eerder vermeld is, zijn alle signalen op een UV-recorder geschreven. Daarvoor is een Brush-recorder gebruikt, waarmee het mogelijk was 11 signalen te schrijven. Voor het 12de signaal, de markering, was een aparte galvanometer aanwezig.

Door gebruik te maken van omvormers was het mogelijk alle apparaten uit het 24 Volt net van de trekker te voeden. De apparatuur is in de cabine op de slaapbanken geplaatst. In Bijlage 7 is een blok-schema gegeven van de apparatuur.

## 8. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

### 8.1. Resultaten van de berekeningen

In een serie grafieken (Bijlage 8 t/m 12) is het verband weergegeven tussen de benodigde wrijvingscoëfficiënt  $k$  tussen band en wegdek en de asbelasting enerzijds en de vertragingsfactor (betrokken op de versnelling van de zwaartekracht) anderzijds.

De karakteristieken geven steeds de combinatie trekker + oplegger weer in een aantal gevallen die in de huidige praktijk veel worden toegepast. Er is uitgegaan van de volgende gegevens:

asdrukken in N	beladen	leeg
trekker, vooras	65.640	50.200
trekker, achteras	94.750	35.335
oplegger, eerste as	79.760	24.280
oplegger, tweede as	79.760	24.280
totaal	319.910	134.100

De remdruk naar de oplegger ijlt 0,7 bar voor op de remdruk van de trekker. In de lege toestand wordt de remdruk naar de achteras van de trekker geregeld door een automatische lastafhankelijke remkrachtregelaar (ALR) met stralenkarakteristiek. Op de oplegger kan de remdruk worden begrensd door middel van een handregelaar met afkapkarakteristiek.

#### Enkele kanttekeningen bij de grafieken

##### 1. Bedrijfsrem intact, beladen (Bijlage 8.1.)

Vanwege de afwezigheid van gewichtscompensatie in het tandemstel van de oplegger gaat de tweede as van de oplegger het eerst blokkeren.

## 2. Bedrijfsrem intact, leeg (Bijlage 8.2.)

Hier is het effect weergegeven van de handbediende regelaar op de oplegger. Tot aan het schakelpunt blijft de remkrachtverdeling ongewijzigd, zodat de remkrachten zowel bij leeg als bij beladen tot aan het schakelpunt hetzelfde zijn. In de grafiek ligt het schakelpunt bij  $k = 0,8$  voor de tweede opleggeras en bij  $k = 0,4$  voor de eerste opleggeras. De grafiek is dan ook slechts geldig als de maximale remkrachtcoëfficiënt groter is dan 0,8. Dan zal de tweede opleggeras niet blokkeren. Indien de maximale remkrachtcoëfficiënt kleiner is dan 0,8 dan zal de tweede opleggeras al snel blokkeren, waardoor bovendien de remkracht lager wordt ( $\mu_{xb} < \mu_{xm}$ ).

Om een bepaalde vertraging te bereiken moet dan de trekker sterker remmen dan in de grafiek is aangegeven. Op een gladde weg ( $\mu_{xm} \approx 0,35$  en  $\mu_{xb} \approx 0,20$ ) zullen de opleggerassen al blokkeren voordat het schakelpunt bereikt is, waardoor de regelaar geen effect heeft. De trekker moet dan de remkracht leveren voor zodanig hogere vertragingen dat de achteras nog ontlast wordt door de opduwende oplegger. De achteras zal dan ook snel blokkeren. Op een gladde weg maakt het dus geen verschil of de handbediende regelaar in de stand "vol" of "leeg" staat.

## 3. Uitval trekker, oplegger normaal geremd (Bijlage 9)

Om een redelijke vertraging te kunnen halen, zal een hoge wrijvingscoëfficiënt voorhanden moeten zijn. Het gevaar voor uitzwaaien van de oplegger is groot.

## 4. Uitval oplegger, trekker normaal geremd (Bijlage 10)

Dit leidt tot een gevaarlijke situatie omdat de achteras van de trekker snel aan blokkeren toe is. Het maakt hierbij weinig uit of er leeg of beladen gereden wordt. De EEG-voorschriften laten voor het getrokken voertuig een eenvoudig eenkringssysteem toe zoals uiteengezet is in Hoofdstuk 2.

## 5. Uitval vooras van de trekker, beladen (Bijlage 11)

In deze situatie is een redelijke vertraging mogelijk. Vanwege de voorijling naar de oplegger komt de achteras van de trekker het laatst aan blokkeren toe.

6. Uitval vooras van de trekker, leeg (Bijlage 11.1.)

Door de afkapregelaar op de oplegger en de ALR met stralenkarakteristiek op de achteras van de trekker onderscheidt dit geval zich weinig van dat in Bijlage 9.1. (uitval trekker, leeg).

7. Uitval achteras van de trekker (Bijlage 12.1. en 12.2.)

In de lege toestand blijkt deze situatie duidelijk gunstiger te zijn dan in het geval dat de vooras uitvalt.

### 8.2. Resultaten van het praktijkonderzoek

Het resultaat van iedere meting was te bepalen uit:

- a. een waarnemingenblad;
- b. de meetstrook uit de UV-recorder.

Op het waarnemingenblad konden behalve gegevens over de temperatuur van de remmen, de remweg etc. ook waarnemingen van de bestuurder of de bijrijder over de stabiliteit e.d. geschreven worden (zie Bijlage 13). Waar nodig zijn deze gegevens in de resultaten verwerkt.

Behalve de in par. 7.3. genoemde grootheden zijn ook nog bepaald:

1. de aanspreeklijk  $t_A$  van het remsysteem (de tijd die verloopt tussen het intrappen van het rempedaal en het moment waarop de druk in de remcilinder begint op te bouwen);
2. de tijd  $t_{75}$  waarin de druk in de remcilinder tot 75% van de einddruk is opgelopen.

Deze laatste twee gegevens mogen alleen gebruikt worden ter onderlinge vergelijking, omdat door het toevoegen van kleppen aan leidingen de looptijden in het systeem afwijken van de looptijden onder normale omstandigheden.

Omdat de maximale vertraging bij een groot aantal metingen slechts gedurende zeer korte tijd is opgetreden, is een gemiddelde vertraging  $a_{gem}$  gedefinieerd als  $a_{gem} = v_o/t$ , waarin  $v_o$  de snelheid is bij het begin van de remming en  $t$  de duur van de meting.

In Bijlage 14 is een deel van een meetstrook te zien, met daarop de 12 signalen.

Bijlage 15 geeft een blad met de uitgewerkte meetresultaten van enkele metingen.

De resultaten zijn gegeven in de hoofd- en subgroepen als vermeld in de Bijlagen 3, 4 en 5. Vanwege de eenvoud is in het onderstaande ter vergelijking gewerkt met een gemiddelde vertraging  $a_{\text{gem}}$  over vier metingen, nl. bij 40 en 80 km/h elk op droog en op nat wegdek. Waar dit wenselijk voorkomt zijn ook de onderlinge verschillen ter sprake gebracht.

### 8.3. Resultaten Hoofdgroep 1 (De bedrijfsrem)

#### 8.3.1. Trekker solo

De normaal geremde trekker remt stabiel en de gemiddelde vertraging over de vier metingen is met  $4,6 \text{ m/s}^2$  voldoende.

Bij uitval van de vooras treden zeer sterke instabiliteitsverschijnselen op wanneer de achteras blokkeert, zoals op een nat wegdek. De gemiddelde vertraging was  $2 \text{ m/s}^2$ . Uitval van de achteras heeft geen probleem opgeleverd. Wel blokkeerden de voorwielen, wat consequenties heeft t.a.v. de bestuurbaarheid. De gemiddelde vertraging was  $3,8 \text{ m/s}^2$ .

Alle diagonale remmingen verliepen zeer instabiel. Gemiddelde vertraging  $2,4 \text{ m/s}^2$ .

De diagonale remmingen waren onmogelijk te corrigeren.

#### 8.3.2. Trekker met onbeladen oplegger

Normaal geremd geeft deze combinatie geen probleem; gemiddelde vertraging  $4,6 \text{ m/s}^2$ .

Hoewel uit de berekeningen in par. 8.1. blijkt dat de eerste opleggeras moet blokkeren (benodigde wrijving meer dan 0,8; aanwezige wrijving 0,7) treedt dit hier niet op. De verklaring is dat de remkracht aan de assen van de oplegger waarschijnlijk minder is geweest. Deze proef is gehouden nadat de beladen proeven zijn uitgevoerd. Slijtage aan de remmen geeft een grotere slag en lagere remkrachten.

Uitval van een as op de trekker geeft geen problemen. De op dat moment normaal geremde oplegger houdt de combinatie kennelijk stabiel. Een diagonaal geremde trekker geeft een instabiele combinatie die

sterk naar links trekt. Zonder stuurcorrecties treedt scharen op. Uitval van een as op de oplegger heeft tot gevolg dat de achteras van de trekker sterk ontlast wordt, waardoor vooral op een natte weg deze as zal gaan blokkeren. Het gevolg daarvan is dat de combinatie gaat scharen.

Een diagonale kring op de oplegger geeft ook hier stabiliteitsproblemen. De oorzaak daarvan is echter dat de oplegger in dat geval onvoldoende beremd is, met als gevolg het ontlasten van de achteras van de trekker.

Wanneer alleen de trekker wordt geremd, blokkeert diens achteras en gaat de combinatie scharen. Enkel remmen op de oplegger geeft een stabiele combinatie maar een lage gemiddelde vertraging van  $1,6 \text{ m/s}^2$ .

### 8.3.3. Trekker met beladen oplegger

Zoals verwacht mocht worden gaf de normale remming geen problemen t.a.v. de gestelde criteria.

Ook bij uitval van een as op de trekker (met normaal geremde oplegger) bleef de stabiliteit goed. Een diagonale kring op de trekker heeft hier niet die grote stabiliteitsproblemen gegeven als bij de lege combinatie. Met een geringe stuurcorrectie kon aan het stabiliteitscriterium worden voldaan.

Uitval van één as op de oplegger had, evenals een diagonale kring, geen ernstige gevolgen voor de stabiliteit.

Uitval van de remmen op de oplegger of de trekker gaf behoudens een stuurcorrectie in het eerste geval, geen problemen. Alleen de gemiddelde vertraging is aan de lage kant.

### 8.3.4. Conclusies

De gemiddelde vertragingen voor Hoofdgroep 1 bedroegen:

Trekker solo		
normaal geremd	4,6	$\text{m/s}^2$
uitval vooras	2	$\text{m/s}^2$
uitval achteras	3,8	$\text{m/s}^2$
diagonaal geremd	2,4	$\text{m/s}^2$

Combinatie	onbeladen	beladen
normaal geremd	4,6	4,1 $\text{m/s}^2$
uitval vooras trekker	2,6	2,9 $\text{m/s}^2$
uitval achteras trekker	3,9	2,9 $\text{m/s}^2$
diagonale kring trekker	3,1	3,0 $\text{m/s}^2$
uitval eerste opleggeras	3,8	3,1 $\text{m/s}^2$
uitval tweede opleggeras	4,2	3,5 $\text{m/s}^2$
diagonale kring oplegger	4,0	3,2 $\text{m/s}^2$
uitval remmen oplegger	3,4	2,3 $\text{m/s}^2$
uitval remmen trekker	1,6	1,8 $\text{m/s}^2$

In vrijwel alle hier behandelde gevallen is de gemiddelde vertraging na uitval van een kring voldoende gebleken.

De grootste problemen bij de noodremming schuilen in de stabiliteit van het voertuig en niet zozeer in de vertraging. Daarbij valt vooral op dat, vanwege de instabiliteit, van een diagonale kringscheiding niet veel verwacht moet worden.

Voorts is hier nogmaals het grote gevaar van blokkerende wielen aangetoond. Met name het blokkeren van de achteras van de trekker geeft problemen. Opvallend daarbij is dat een onvoldoende geremde oplegger sterk gaat opduwen, waardoor de achteras van de trekker ontlast wordt. De ALR op die as kan in dat geval niet genoeg terug regelen, waardoor blokkeren optreedt.



Gezien het bovenstaande valt het verschil voor de gemiddelde vertraging bij uitval van een van de opleggerassen sterk op. Tengevolge van de gewichtsoverzetting in het tandemstel draagt de eerste opleggeras veel meer bij aan de vertraging dan de tweede opleggeras. De gevolgen bij uitval van de eerste opleggeras voor de stabiliteit van de combinatie zijn dan ook groter dan bij uitval van de tweede opleggeras.

#### 8.4. Resultaten Hoofdgroep 2 (Veerremmen)

##### 8.4.1. Trekker solo

Ten aanzien van de stabiliteit zijn alleen de metingen waarbij enkel de vooras werd geremd goed verlopen. In de drie andere gevallen (zie Bijlage 3) blokkeerde de achteras en was het voertuig zeer instabiel.

De gemiddelde vertraging in het eerste geval over vier metingen was met  $3,4 \text{ m/s}^2$  voldoende.

##### 8.4.2. Trekker met onbeladen oplegger

A. Bij intacte oplegger en hulpremmen op de trekker zijn de resultaten hetzelfde als bij de trekker solo. Alleen wanneer de vooras van de trekker beremd wordt met de hulprem is de stabiliteit goed, bij een gemiddelde vertraging van  $3,2 \text{ m/s}^2$ .

B. Bij intacte trekker en hulpremmen op de oplegger blijft wanneer beide opleggerassen beremd worden de stabiliteit goed. Diagonaal remmen gaat nog redelijk, maar remmen met slechts één van de opleggerassen geeft stabiliteitsproblemen.

C. Indien alle assen van de combinatie met veerremmen beremd worden, gaat de achteras van de trekker blokkeren en treden sterke instabiliteitsverschijnselen op.

### 8.4.3. Trekker met beladen oplegger

A. Bij intacte oplegger en hulpremmen op de trekker levert diagonaal remmen op de trekker geen goede resultaten. Het beremmen van de trekker gaat goed, zowel met de vooras, de achteras of beide assen.

B. Bij intacte trekker en hulpremmen op de oplegger is, behoudens een incidentele stuurcorrectie, de stabiliteit bij de metingen goed gebleven.

C. Indien alle assen van de combinatie beremd worden blijft de stabiliteit goed.

### 8.4.4. Conclusies

De gemiddelde vertragingen voor Hoofdgroep 2 waren:

---

#### Trekker solo

---

normaal geremd	3,5 m/s <sup>2</sup>
alleen vooras beremd	3,4 m/s <sup>2</sup>
alleen achteras beremd	3,4 m/s <sup>2</sup>
diagonaal geremd	2,5 m/s <sup>2</sup>

---

Combinatie met	intacte oplegger		intacte trekker	
	onbeladen	beladen	leeg	vol
as 1 en 2 (of 3 en 4) hulpremmen	3,5 m/s <sup>2</sup>	3,4 m/s <sup>2</sup>	4,8 m/s <sup>2</sup>	3,7 m/s <sup>2</sup>
alleen as 1 (of 3) hulprem	3,2 m/s <sup>2</sup>	2,7 m/s <sup>2</sup>	3,6 m/s <sup>2</sup>	2,8 m/s <sup>2</sup>
alleen as 2 (of 4) hulprem	2,7 m/s <sup>2</sup>	2,8 m/s <sup>2</sup>	3,9 m/s <sup>2</sup>	2,9 m/s <sup>2</sup>
diagonaal remmen	2,9 m/s <sup>2</sup>	2,7 m/s <sup>2</sup>	3,8 m/s <sup>2</sup>	2,8 m/s <sup>2</sup>

---

Alle assen met veerremmen beremd: leeg 4,1 m/s<sup>2</sup>, beladen 2,9 m/s<sup>2</sup>.

De gemiddelde vertragingen zijn voldoende, maar ook in deze hoofdgroep laat de stabiliteit te wensen over. Een van de redenen daarvoor is dat de remkracht per as niet geregeld kan worden, zodat

bijvoorbeeld de achteras bij de trekker of de lege combinatie maximaal beremd wordt, waardoor blokkeren en instabiliteit optreedt. Met de hulprem is wel de remkracht voor alle assen tegelijk te regelen.

Een tweede reden voor de slechte stabiliteit is het ontlasten van de achteras van de trekker door de opduwende oplegger.

Wat ook bij de metingen naar voren kwam is dat het uitvoeren van een stuurcorrectie moeilijk gaat, omdat de bestuurder met de ene hand het stuur en met de andere de hulprem moet bedienen.

### 8.5. Resultaten Hoofdgroep 3 (Invloed van de ALR en de handbediende regelklep)

#### 8.5.1. Trekker solo

In deze subgroep zijn metingen gedaan met een opgebonden regelarm van de ALR. Het blijkt dat daardoor de druk naar de achteras te hoog wordt en de wielen zullen dan ook blokkeren. Met name wanneer alleen met de achteras geremd wordt, is de stabiliteit zeer slecht gebleken.

#### 8.5.2. Trekker met onbeladen oplegger

A. Als alleen de ALR is opgebonden is, tengevolge van het blokkeren van de achteras, de stabiliteit zeer slecht.

B. Alleen de remkrachtregelaar op de oplegger op "vol" geeft op een droge weg geen problemen. Op een natte weg gaat de achteras van de trekker blokkeren, waarna instabiliteit optreedt.

C. Beide regelaars op "vol" geeft hetzelfde resultaat als onder A. De combinatie was zeer instabiel.

#### 8.5.3. Trekker met beladen oplegger

Bij opgebonden ALR treedt door het blokkeren van de achteras van de trekker scharen op, waardoor niet voldaan is aan het stabiliteitscriterium. Met andere woorden het is zinvol om een dynamische regeling te hebben.

#### 8.5.4. Conclusies

De gemiddelde vertragingen in Hoofdgroep 3 waren:

---

Trekker solo bij opgebonden ALR

---

normaal geremd                      4,9 m/s<sup>2</sup>

alleen achteras beremd              1,9 m/s<sup>2</sup>

---

Combinatie	onbeladen	beladen
------------	-----------	---------

---

opgebonden ALR	4,0 m/s <sup>2</sup>	4,1 m/s <sup>2</sup>
----------------	----------------------	----------------------

handregelklep op "vol"	5,2 m/s <sup>2</sup>	
------------------------	----------------------	--

beide regelaars "vol"	4,7 m/s <sup>2</sup>	
-----------------------	----------------------	--

---

Wanneer bij de trekker alleen uitsluitend de achteras maximaal geremd wordt, is de vertraging te laag. Dit komt vooral door het blokkeren van de wielen. In de andere gevallen is de gemiddelde vertraging voldoende.

Een defect in de ALR, waardoor deze tijdens het remmen de maximale druk doorgeeft, heeft tot gevolg dat de achteras van de trekker regelmatig zal blokkeren. De te hoge druk is niet de enige oorzaak, want het blokkeren wordt ook bevorderd doordat de ALR dan ook niet meer dynamisch terug regelt.

Een op "vol" ingestelde regelklep op de lege oplegger heeft tot gevolg dat de opleggerwielen blokkeren. De oplegger levert daardoor te weinig remkracht en gaat de trekker opduwen, waardoor de achteras ontlast wordt. Met name op een natte weg zal de ALR niet voldoende terugregelen en blokkeert de achteras van de trekker. Hierbij moet bedacht worden dat de bereikte vertraging hoger is dan in het geval dat de regelaar in de stand "leeg" staat. Deze regelklep heeft alleen zin als hoge vertragingen mogelijk zijn, dus op stroeve wegdekken, hetgeen hier het geval was.

## 9. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 9.1. Conclusies

Bij de beoordeling van de remsystemen waarmee in geval van een storing in de bedrijfsrem noodremmingen kunnen worden uitgevoerd, zijn criteria aangelegd van remweg, de daarbij behorende gemiddelde vertraging en de koersstabiliteit. Daarnaast is aandacht geschonken aan verliestijden en mogelijkheden om stuurcorrecties uit te oefenen.

Indien de bedrijfsrem normaal functioneert bleek de combinatie, zowel onbeladen als beladen, te kunnen voldoen aan criteria van vertraging en stabiliteit, ook als er vol geremd werd.

Gebleken is dat dit slechts mogelijk was dank zij de toepassing van een automatische lastafhankelijke remkrachtregelaar (ALR) op de achteras van de trekker. Indien deze regelaar niet aanwezig is, zoals bij veel van de huidige voertuigen nog voorkomt, of een storing vertoont, dan is de combinatie zeer instabiel en zal bij een volle remming meestal gaan scharen.

Met een intacte bedrijfsrem vertoont de solo-trekker op een natte weg aan het eind van de remweg lichte instabiliteitsverschijnselen. Dit als gevolg van de beperkte regelmogelijkheden van de remkrachtregelaar. Zonder deze voorziening is de solo-trekker onder alle omstandigheden zeer instabiel.

Indien er zich in de bedrijfsrem een storing voordoet kan een gedeelte van het remvermogen behouden blijven als de bedrijfsrem een restwerking bezit of als met de hand te bedienen hulpremmen zijn geïnstalleerd. Met vrijwel alle toepasbare systemen was het mogelijk een minimum remvertraging van  $2,2 \text{ m/s}^2$  te bereiken, nodig om aan de eisen voor de remweg van de hulprem te voldoen. Uitzonderingen hierop waren:

- een kringscheiding waarbij trekker en oplegger elk een kring vormen; bij uitval van de remmen van de trekker komen zeer lange remwegen voor;
- indien bij de solo-trekker alleen met de achteras wordt geremd.

Uit het praktijkonderzoek is gebleken dat de grootste problemen bij een noodremming niet zozeer schuilen in de vertraging, als wel in de koersstabiliteit van het voertuig. Bij het remmen met veerremmen komt dit omdat in dit geval de remkracht onafhankelijk is van de beladingstoestand. Bij de veerremmen is de remkrachtverdeling niet geregeld, waardoor in onbeladen toestand vaak blokkeren optreedt.

Het voertuig is instabiel als:

- de wielen van de achteras van de trekker blokkeren; dan treedt meestal scharen van de combinatie op of draaien om de hoogteas van de solo-trekker;
- bij de combinatie de oplegger niet voldoende remt; de oplegger gaat dan opduwen waardoor de achteras van de trekker ontlast wordt en gemakkelijk scharen optreedt;
- een diagonale kringscheiding op de trekker wordt toegepast, dus het rechter voorwiel en het linker achterwiel of andersom; het voertuig trekt dan scheef, hetgeen niet te corrigeren is door het grote verschil in remkracht aan de voor- en achteras waardoor een groot koppel optreedt op de trekker.

Als wij de huidige voorschriften aan de remmen zoals die is neergelegd in de richtlijnen 71/320/EEG, 74/132/EEG en 75/524/EEG bezien in het licht van bovenstaande bevindingen dan worden de volgende ernstige lacunes duidelijk:

1. Een combinatie als geheel behoeft in die voorschriften niet te worden onderworpen aan een remproef. Elk der voertuigen apart moet aan vertragingseisen voldoen. Scheiding van het remsysteem tussen trekker en oplegger is namelijk in de huidige EEG-eisen toegestaan.
2. De koersstabiliteit is slechts gewaarborgd als de oplegger steeds voldoende blijft remmen. Volgens de huidige voorschriften in de bovengenoemde richtlijnen behoeven volgwagens niet te zijn voorzien van hulpremmen. Ook behoeft de bedrijfsrem van de volgwagen geen restwerking te bezitten, behalve bij een storing in de ALR.
3. De koersstabiliteit blijkt het belangrijkste criterium voor de hulpremmen, c.q. restwerking van de bedrijfsrem te zijn. Er is geen eis omschreven voor de koersstabiliteit in het geval van een nood-

remming. Instabiliteit treedt vooral op op een nat wegdek. Het blokkeren van wielen tijdens een remproef voor hulpremmen is alleen omschreven voor een droog wegdek. Een remproef op een ander dan een droog wegdek is niet voorzien in de huidige voorschriften.

4. De handbediende remkrachtregelaar van het afkapttype op de oplegger heeft slechts zin op een redelijk stroef wegdek. Ook als er lage remkrachten op de oplegger optreden (t.g.v. slijtage) kan de regelaar enig nut hebben. Op een wegdek met lage stroefheid zijn de wielen van de oplegger al geblokkeerd voordat de regelaar ingrijpt, zodat het nut onder deze omstandigheden twijfelachtig is.

Uit theoretische beschouwingen en uit de praktijkproeven is gebleken dat de totale verliestijd bij gebruik van aparte, met de hand bediende, hulpremmen groter is dan bij gebruik van de restwerking van de bedrijfsrem. Bovendien hebben de handbediende hulpremmen het nadeel dat de chauffeur één hand van het stuur moet nemen. Stuurcorrecties zijn dan ook blijkens de ondervinding moeilijk of in het geheel niet uitvoerbaar. Verder is niet gebleken dat bij gebruik van veerremmen als hulpremmen, hogere vertragingen worden bereikt dan bij de restwerking van de bedrijfsrem, terwijl dan het grotere tijdverlies moet worden gecompenseerd.

Het geheel van bevindingen zoals dat hierboven is weergegeven, is voor wat het praktijkonderzoek betreft gebaseerd op proeven die onder bepaalde condities hebben plaatsgevonden.

Het wegdek leverde ook in natte toestand nog redelijk goede waarden voor de remkrachtcoëfficiënten op. Het gedrag van het voertuig op wegen met een lagere stroefheid kan voor wat betreft de koersstabiliteit dan nog iets ongunstiger uitvallen.

Er is slechts gemeten met één stel banden van hetzelfde merk. De verschillen tussen banden van verschillende merken zijn echter niet zo groot. Een factor die de metingen enigszins ongunstig heeft beïnvloed, was de slijtage aan de remmen. Hierdoor verandert de remkrachtverdeling. Dit heeft met name de beoordeling van de handbediende remkrachtregelaar op de oplegger bemoeilijkt. Het is dan ook van belang voor dit onderzoek remmen tijdig, al dan niet automatisch, bij te stellen.

Als bovengrens voor de snelheid is 80 km/h gekozen. In veel landen bestaat nl. een maximum snelheid voor vrachtwagens van 80 km/h. In de praktijksituatie wordt echter dikwijls met veel hogere snelheden gereden.

De belading is gevarieerd op leeg of vol. De praktijk geeft natuurlijk veel tussenvormen met veelal ook onregelmatige beladingstoestanden.

Ondanks de hier kort geschetste grenzen aan het onderzoek volgen toch uit de bovenstaande conclusies een aantal duidelijke aanbevelingen.

## 9.2. Aanbevelingen

1. In de voorschriften dient een eis te worden opgenomen aangaande de koersstabiliteit van voertuigen bij gebruik van hulpremmen of de restwerking van de bedrijfsrem.

Het is wenselijk een remproef te houden op een nat wegdek met ten minste een lege combinatie en de solo-trekker. De stroefheid van het natte wegdek dient nauwkeurig te worden gedefinieerd.

2. In de voorschriften dient een eis te worden opgenomen dat volg-wagens worden voorzien van hulpremmen of dat bij een storing in de bedrijfsrem een zekere restwerking overblijft.

3. Zowel voor trekkers als voor opleggers verdient het de voorkeur bij een noodremming de beschikking te hebben over een restwerking van de bedrijfsrem, bijv. 50% van de voorgeschreven remkracht.

4. Toepassing van systemen waarbij steeds de halve remcapaciteit van elke as voor een noodremming beschikbaar blijft verdient de voorkeur. Die halve remcapaciteit moet dan bij de vooras van de trekker bestaan uit de halve remcapaciteit van elk wiel. Diagonale systemen zijn immers zeer instabiel.

5. Voor nader onderzoek verdient het aanbeveling op kleinere schaal dan het hier beschreven onderzoek proeven te doen naar het gedrag tijdens een noodremming van een combinatie van vrachtauto en aanhangwagen.



LITERATUUR

(1) Verkeersongevallen en wegdekstroefheden; Een onderzoek naar de statistische relatie tussen de stroefheid van het wegdek en de relatieve onveiligheid. Samenvatting van het researchrapport van de Subcommissie V van de Werkgroep Banden, Wegdekken en Slipongevallen. R-75-2. SWOV, Voorburg, 1975.

(2) 75/524/EEG. In: Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen 18 (1975) L 236 (8 september).

(3) Fink, W. Verzugsdauer beim Bremsen. ATZ 70 (1968) 9.

(4) Johansson, G. & Rumar, K. Driver's brake-reaction times. University of Uppsala, Sweden, 1965.

AFBEELDINGEN 1 T/M 8

Afbeelding 1. De DAF FT 2800 trekker en een tandemas-oplegger in volbeladen toestand, zoals die voor de metingen is gebruikt.

Afbeelding 2. Twee van de in totaal vijftien bijgeplaatste kleppen in het remsysteem om elke gewenste storing te kunnen nabootsen.

Afbeelding 3. Een gedeelte van het meettraject. Door middel van een sproei-installatie kon een gedeelte van het traject permanent nat gehouden worden.

Afbeelding 4. De snelheid van de trekker-opleggercombinatie kon worden gemeten met behulp van een vijfde wiel. Het wiel kon zowel aan de trekker als aan de oplegger worden bevestigd.

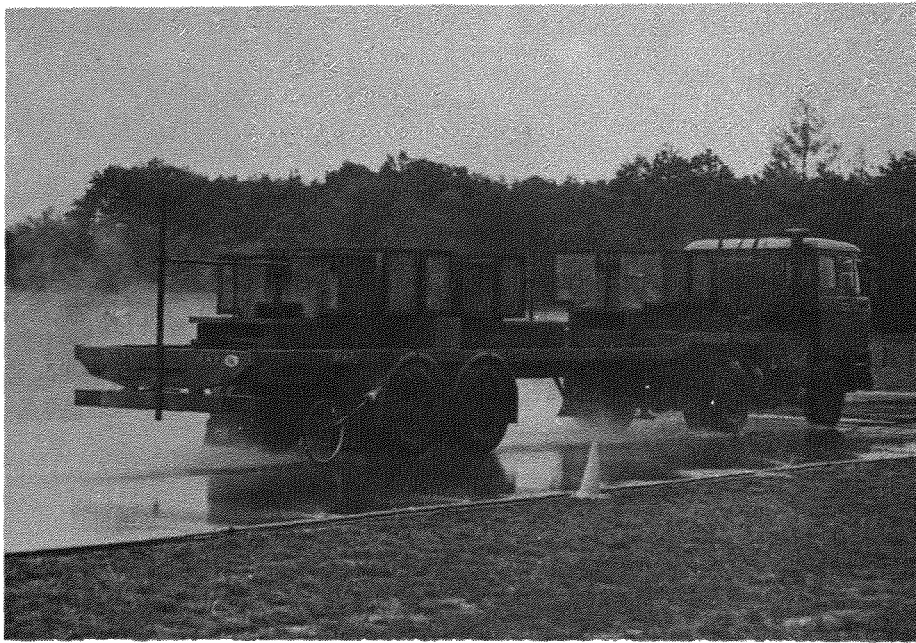
Afbeelding 5. De vertraging tijdens een remming is gemeten met een versnellingsopnemer. De opnemer was in een kist op de trekker geplaatst.

Afbeelding 6. De druk in de remcilinders is met piëzo-opnemers gemeten. De bij deze opnemers behorende ladingversterkers waren in volledig geïsoleerde kisten geplaatst om onnauwkeurigheden t.g.v. temperatuurvariaties uit te sluiten.

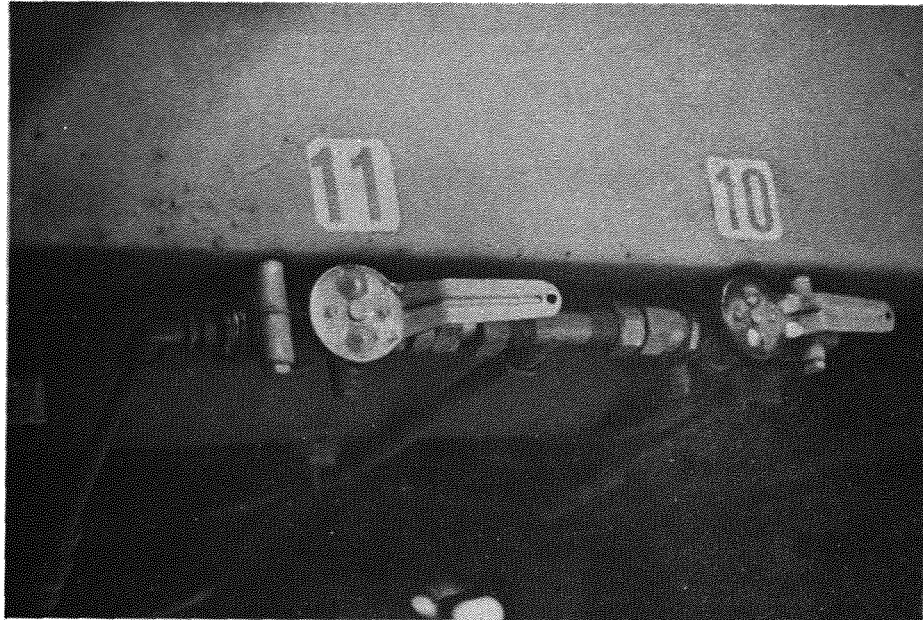
Op de afbeelding is tevens te zien hoe de bedrading is bevestigd van de relais die gebruikt zijn om vast te stellen of het wiel blokkeerde.

Afbeelding 7. Voorbeeld van een remproef met de volbeladen combinatie. Aan het eind van de meting is de positie van de combinatie geschetst t.o.v. de lengteas van de weg.

Afbeelding 8. Meetaanhanger van het Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool Delft voor het meten van de remkrachten van vrachtautobanden.



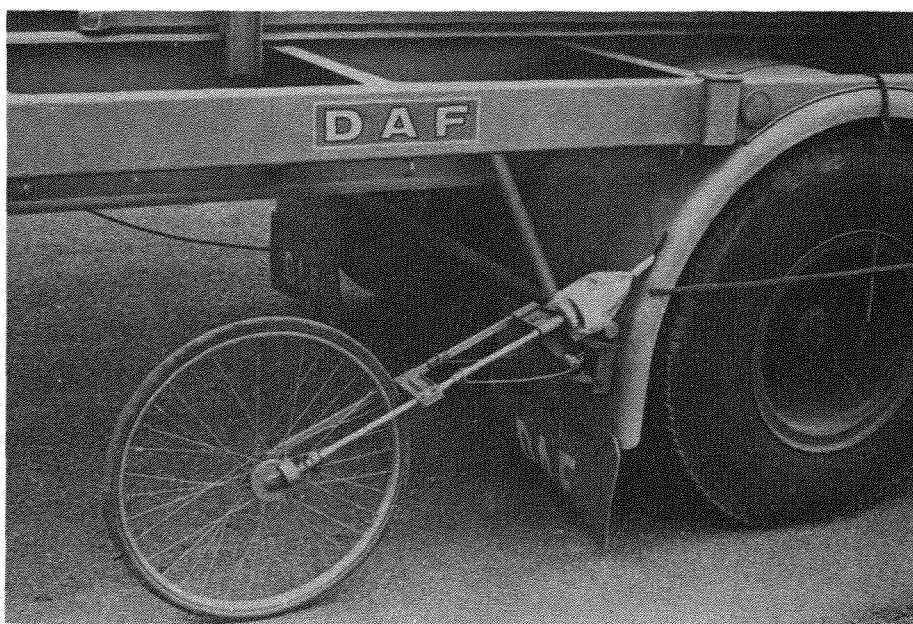
Afbeelding 1. De DAF FT 2800 trekker en een tandemas-oplegger in volbeladen toestand, zoals die voor de metingen is gebruikt.



Afbeelding 2. Twee van de in totaal vijftien bijgeplaatste kleppen in het remsysteem om elke gewenste storing te kunnen nabootsen.



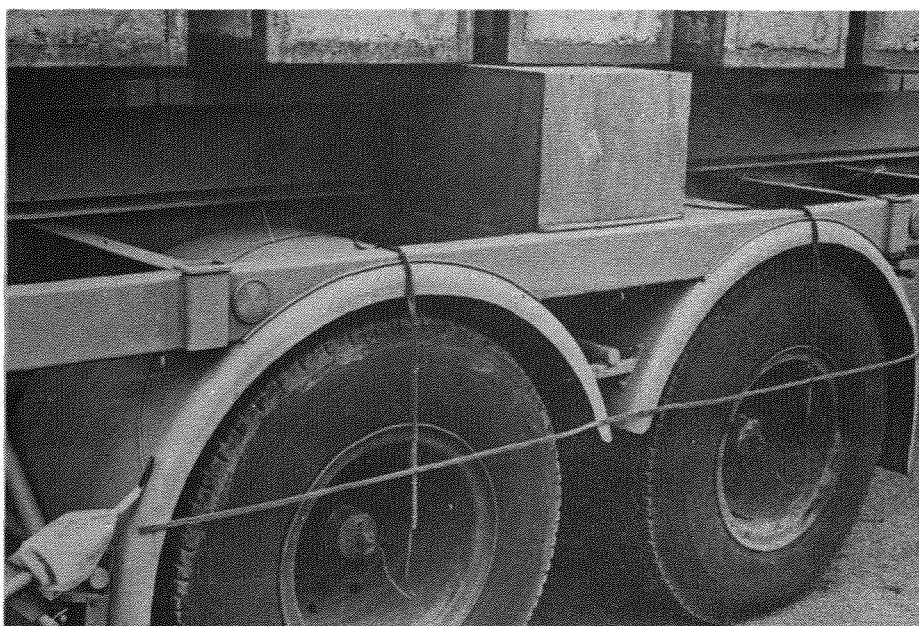
Afbeelding 3. Een gedeelte van het meettraject. Door middel van een sproei-installatie kon een gedeelte van het traject permanent nat gehouden worden.



Afbeelding 4. De snelheid van de trekker-opleggercombinatie kon worden gemeten met behulp van een vijfde wiel. Het wiel kon zowel aan de trekker als aan de oplegger worden bevestigd.



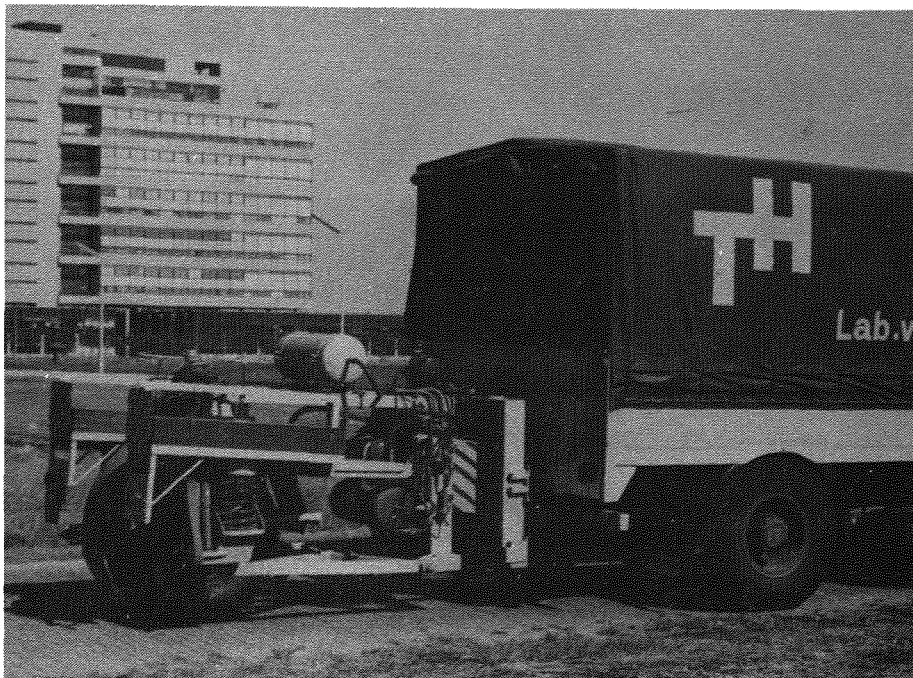
Afbeelding 5. De vertraging tijdens een remming is gemeten met een versnellingsopnemer. De opnemer was in een kist op de trekker geplaatst.



Afbeelding 6. De druk in de remcilinders is met piëzo-opnemers gemeten. De bij deze opnemers behorende ladingversterkers waren in volledig geïsoleerde kisten geplaatst om onnauwkeurigheden t.g.v. temperatuurvariaties uit te sluiten.



Afbeelding 7. Voorbeeld van een remproef met de volbeladen combinatie. Aan het eind van de meting is de positie van de combinatie geschetst t.o.v. de lengtes van de weg.



Afbeelding 8. Meetaanhanger van het Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool Delft voor het meten van de remkrachten van vrachtautobanden.

BIJLAGEN 1 T/M 15

Bijlage 1. Maten en gewichten van de trekker en de oplegger.

Bijlage 2. Overzicht van de bijgeplaatste kleppen op de trekkeropleggercombinatie.

Bijlage 3. Overzicht van kringverdelingen bij gebruik van de restwerking van de bedrijfsrem: Hoofdgroep 1.

Bijlage 4. Overzicht van geremde wielen bij gebruik van veerremcylinders als hulprem: Hoofdgroep 2.

Bijlage 5. Overzicht van mogelijke storingen in de remkrachtverdelingsapparatuur: Hoofdgroep 3.

Bijlage 6. Gemeten remkrachtcoëfficiënten op het gebruikte proefwegvak.

Bijlage 7. Blokschema van de meetapparatuur.

Bijlage 8. Verband tussen de benodigde wrijvingscoëfficiënt en asbelasting enerzijds en vertragingsfactor anderzijds voor het normale remsysteem.

Bijlage 9. Verband tussen de benodigde wrijvingscoëfficiënt en asbelasting enerzijds en vertragingsfactor anderzijds bij uitval van de trekker.

Bijlage 10. Verband tussen de benodigde wrijvingscoëfficiënt en asbelasting enerzijds en vertragingsfactor anderzijds bij uitval van de oplegger.

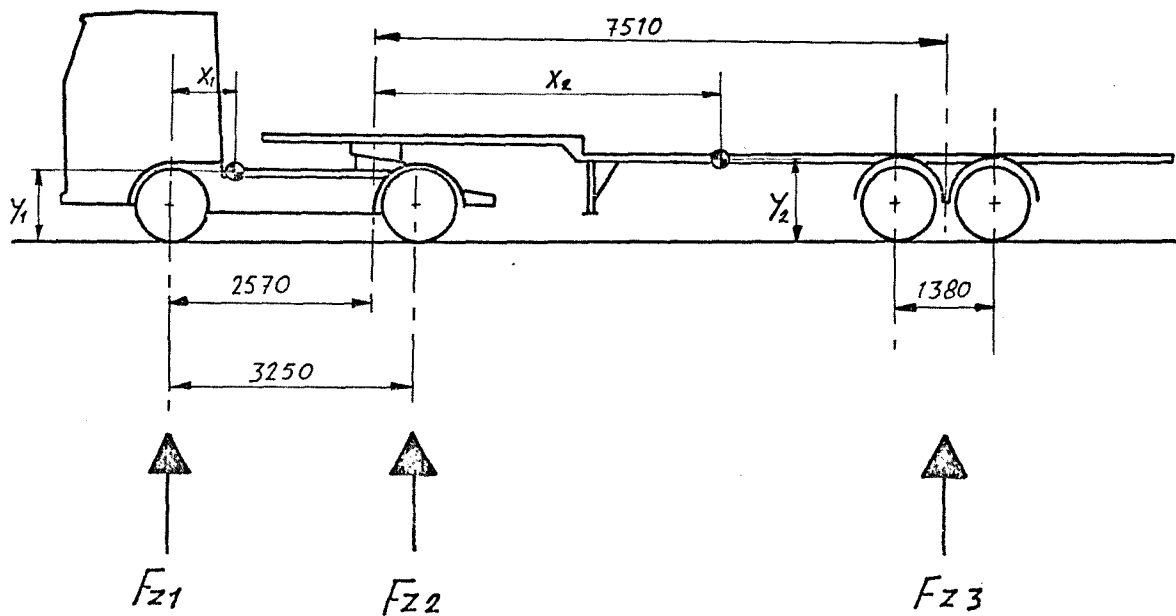
Bijlage 11. Verband tussen de benodigde wrijvingscoëfficiënt en asbelasting enerzijds en vertragingsfactor anderzijds bij uitval van de vooras van de trekker.

Bijlage 12. Verband tussen de benodigde wrijvingscoëfficiënt en asbelasting enerzijds en vertragingsfactor anderzijds bij uitval van de achteras van de trekker.

Bijlage 13. Voorbeeld van een waarnemingsblad.

Bijlage 14. Voorbeeld van een meetstrook van de UV-recorder.

Bijlage 15. Uitgewerkte meetresultaten.



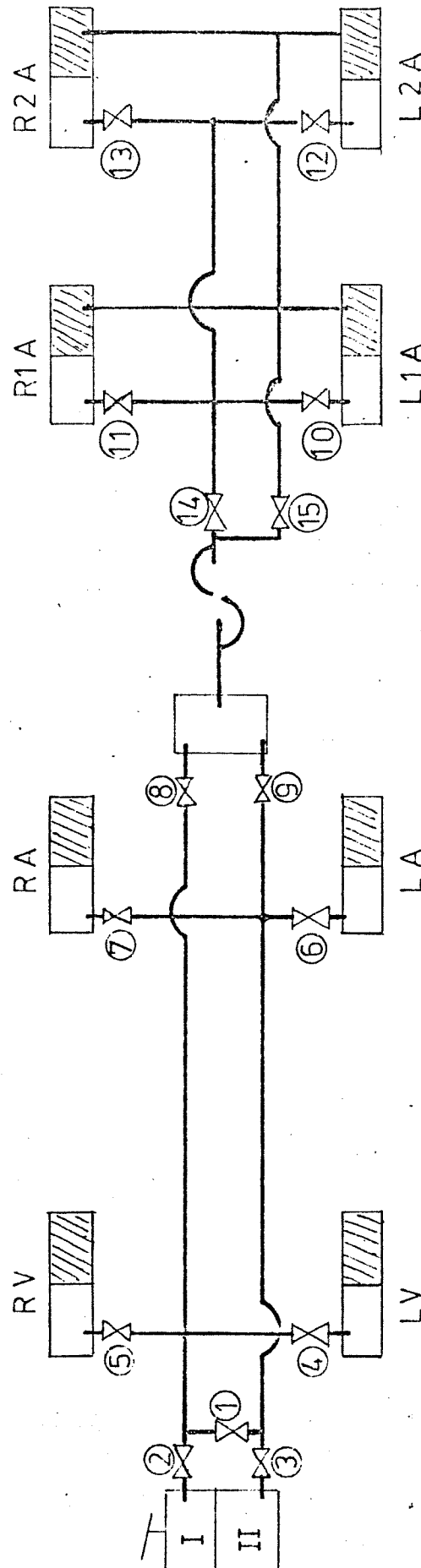
	$F_{Z1}$	$F_{Z2}$	$F_{Z3}$	Total
Solo tractor	48	23,8	-	71,8
Unladen combination	50,8	36,4	49,5	136,7
Laden combination	66,3	97,2	162,6	326,1

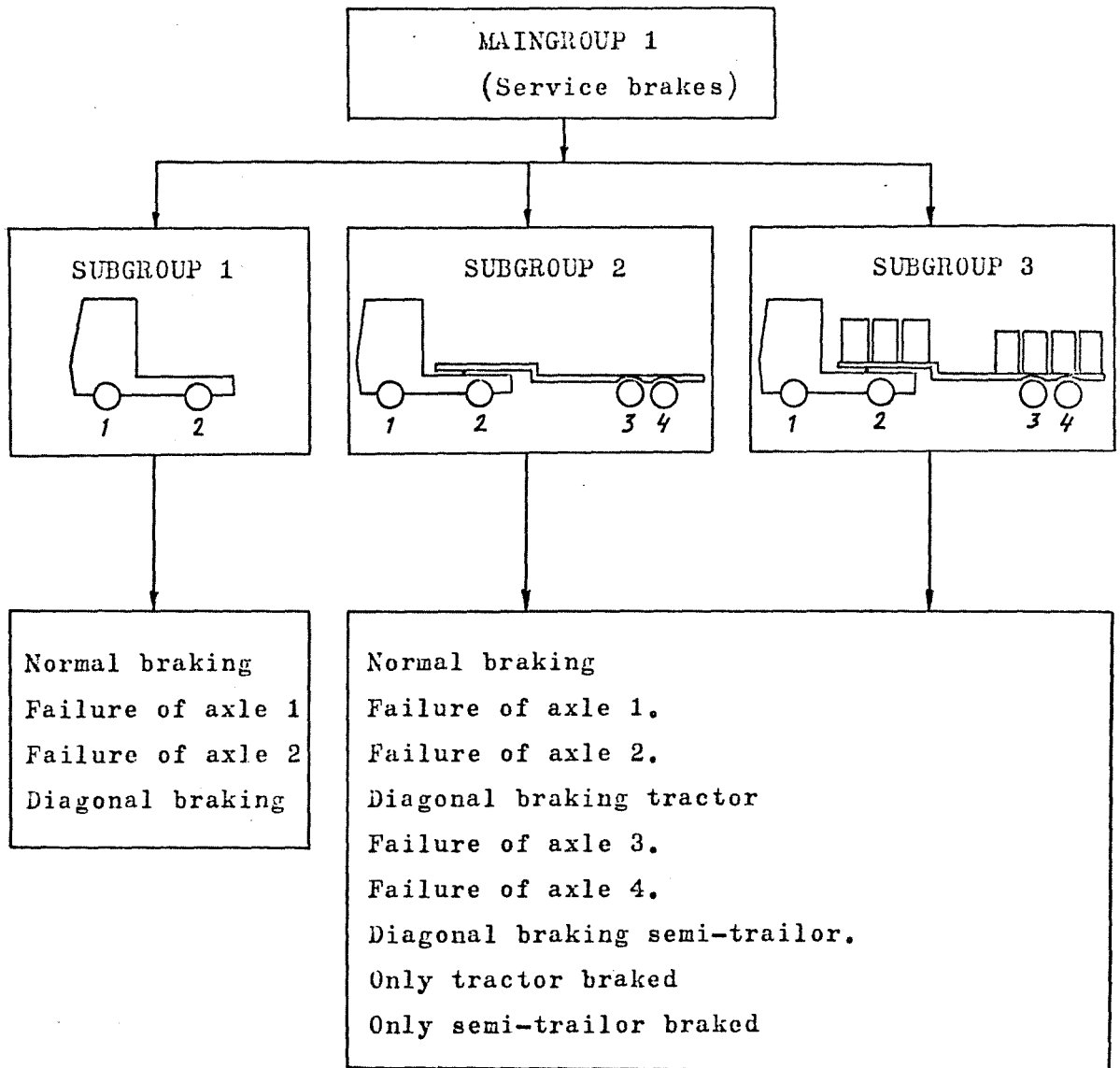
All loads in kN

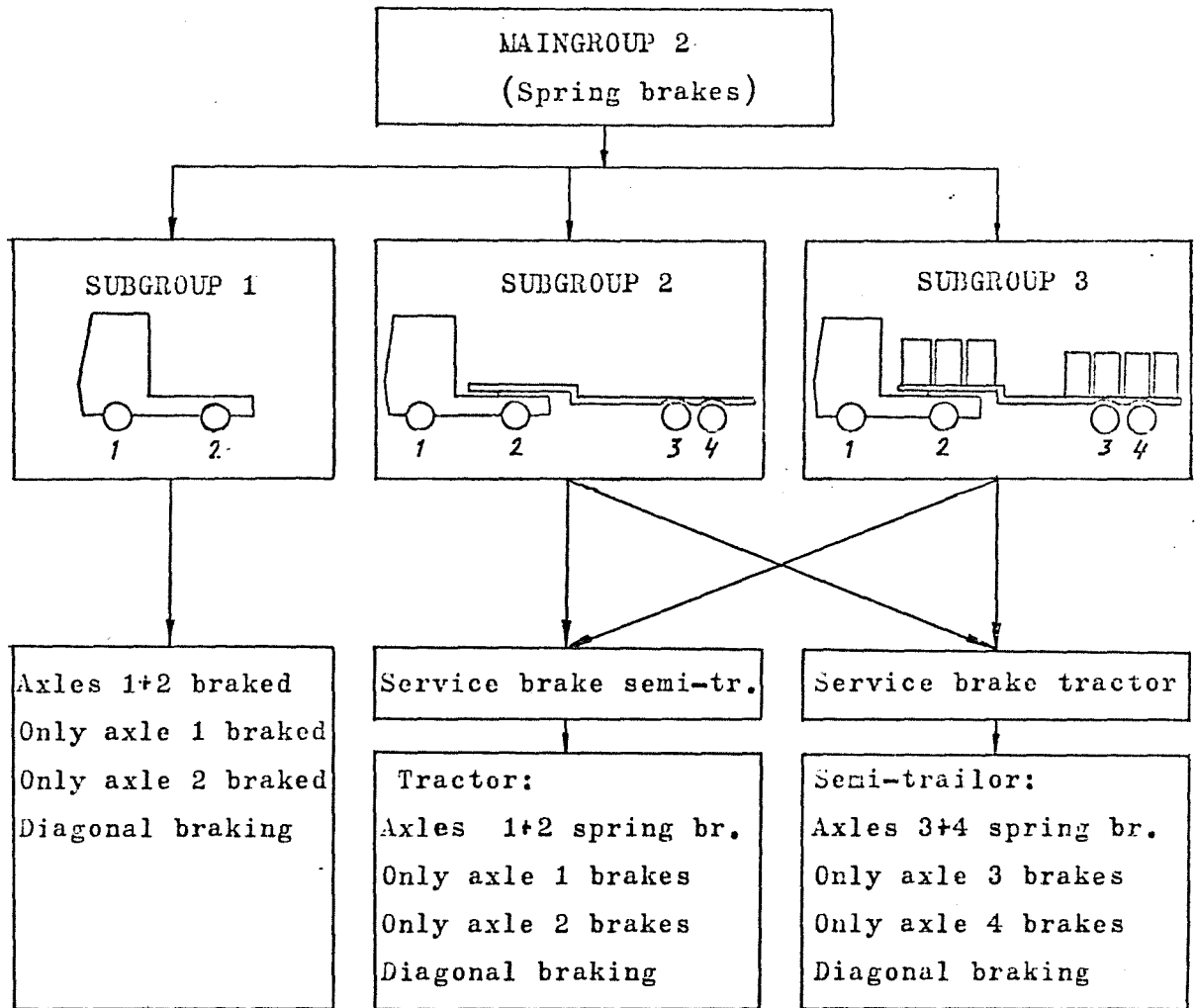
Tractor:  $X_1=1080$  ,  $Y_1=950$

Semi-trailer	$X_2$	$Y_2$
Unladen	5710	1000
Laden	4800	1730

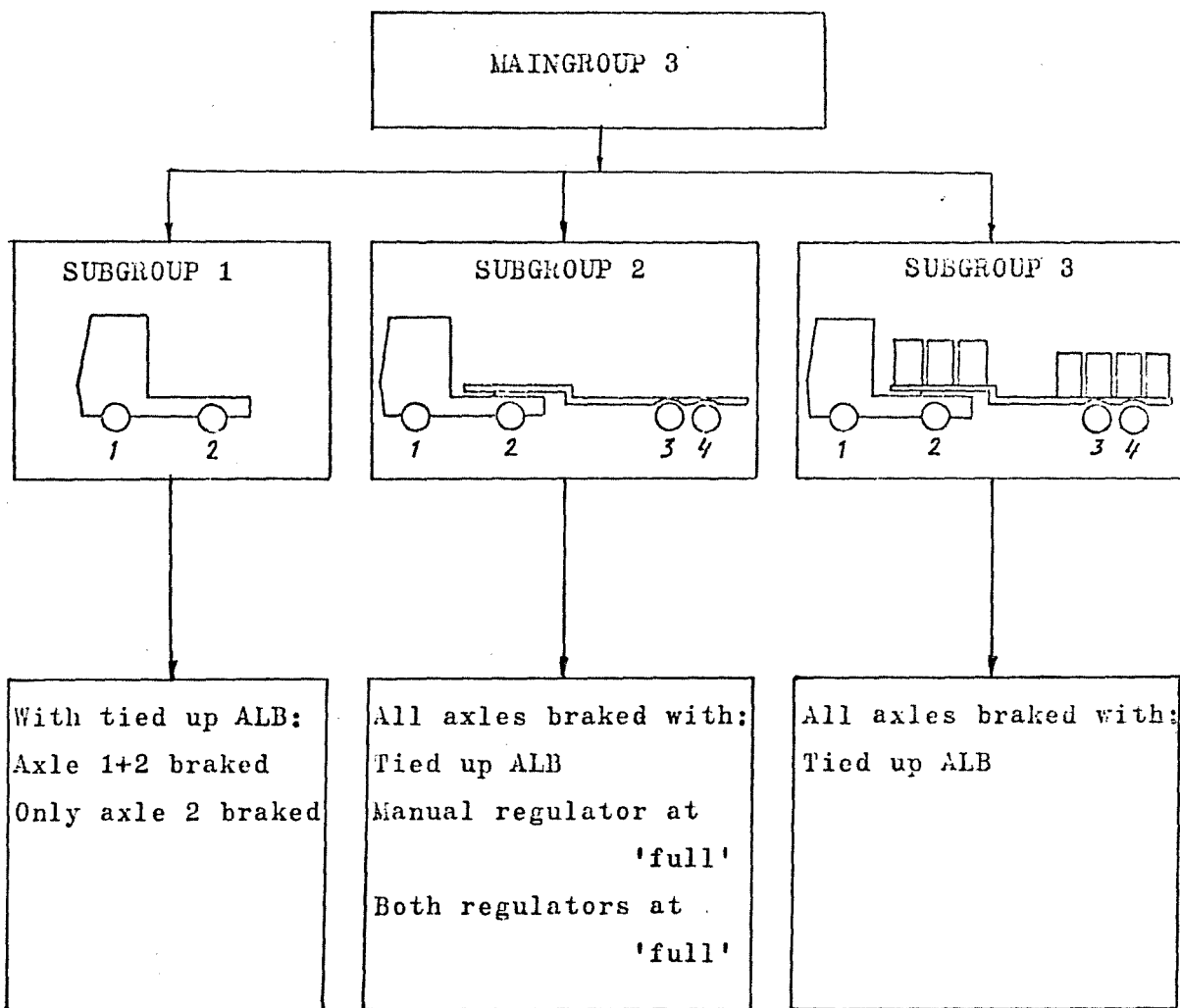




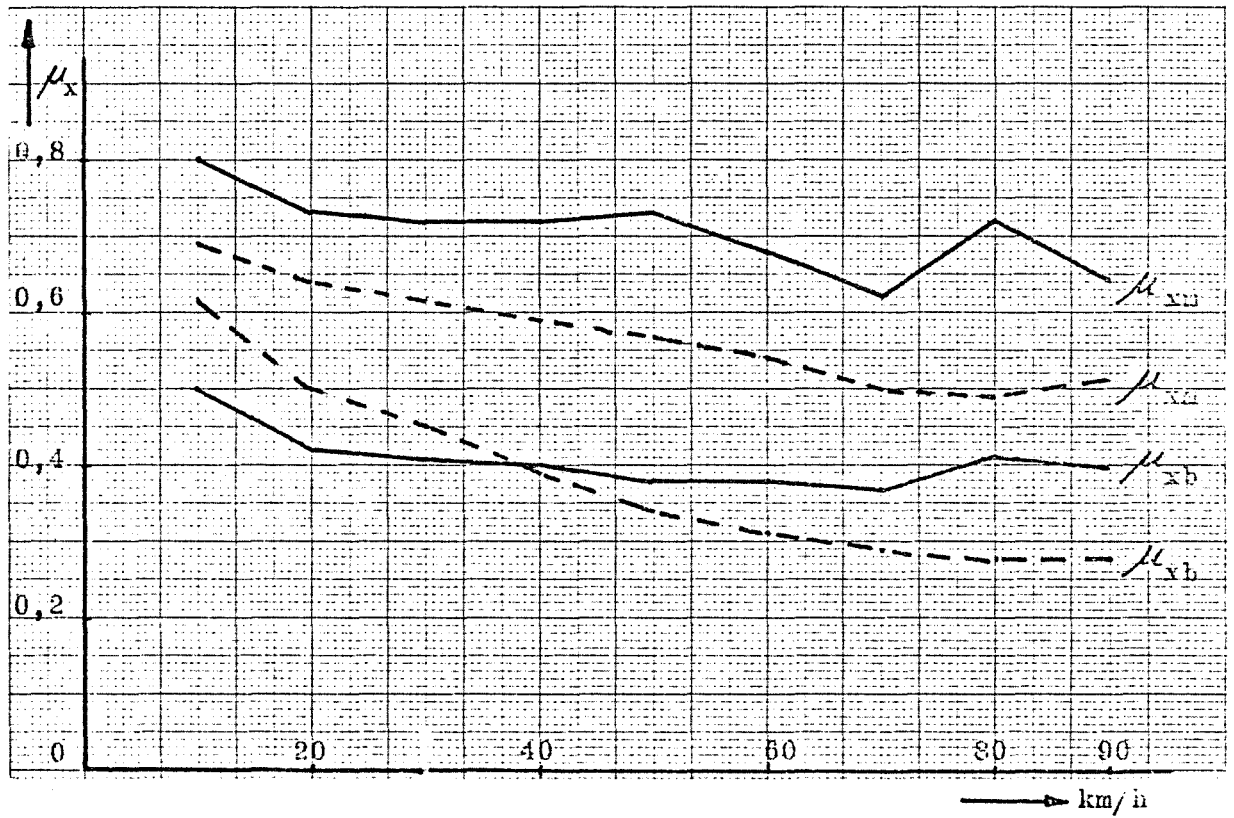




Also in this maingroup: All axles braked at the laden or unladen  
 combination



Tied up ALB means: The control arm of the ALB is fixed in the position 'full'



———— DRY

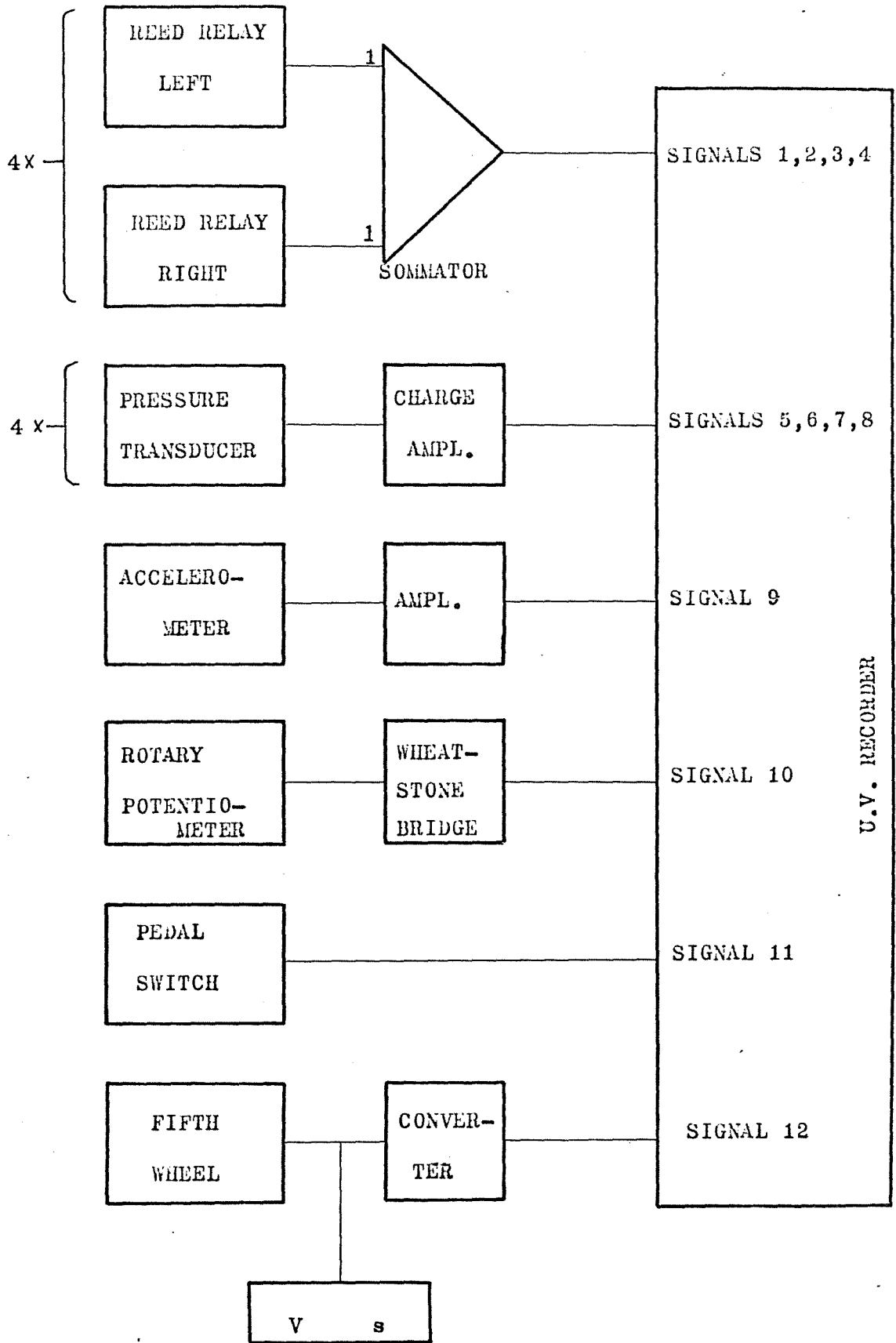
- - - - WET

TIRE: MICHELIN E 20 X

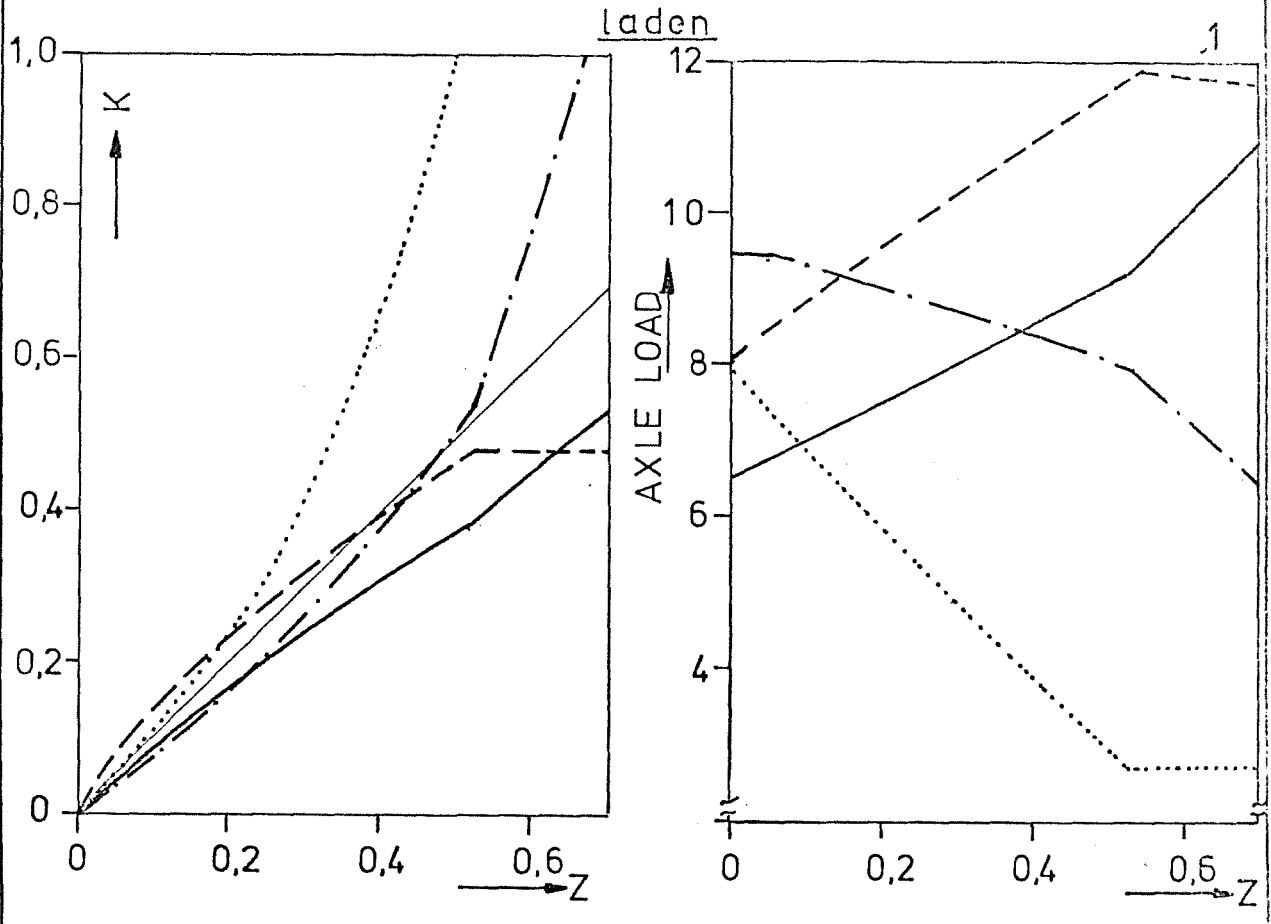
LOAD: 25500 N

PRESSURE: 6,25 BAR

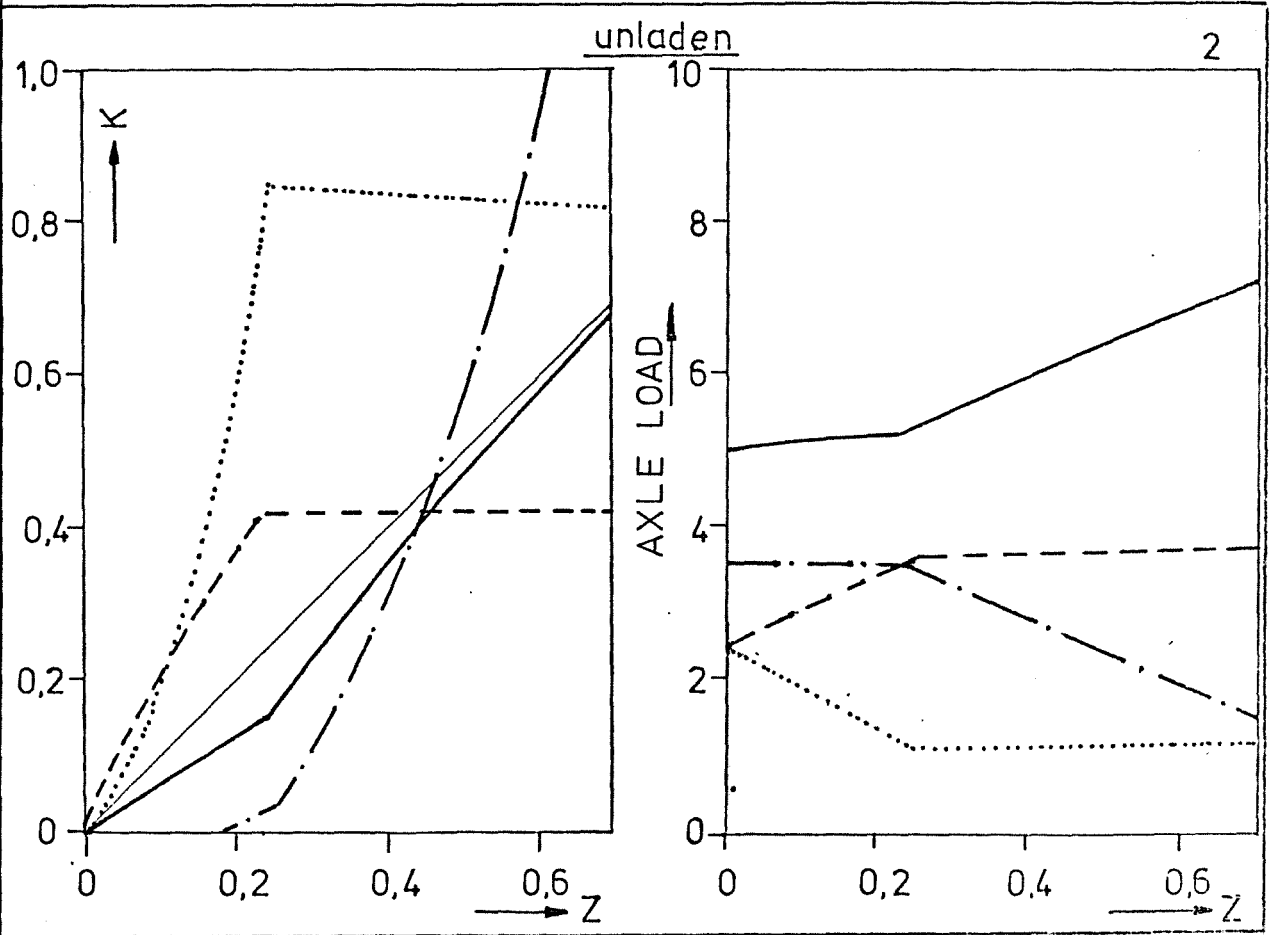
BLOCK DIAGRAM OF THE EQUIPMENT

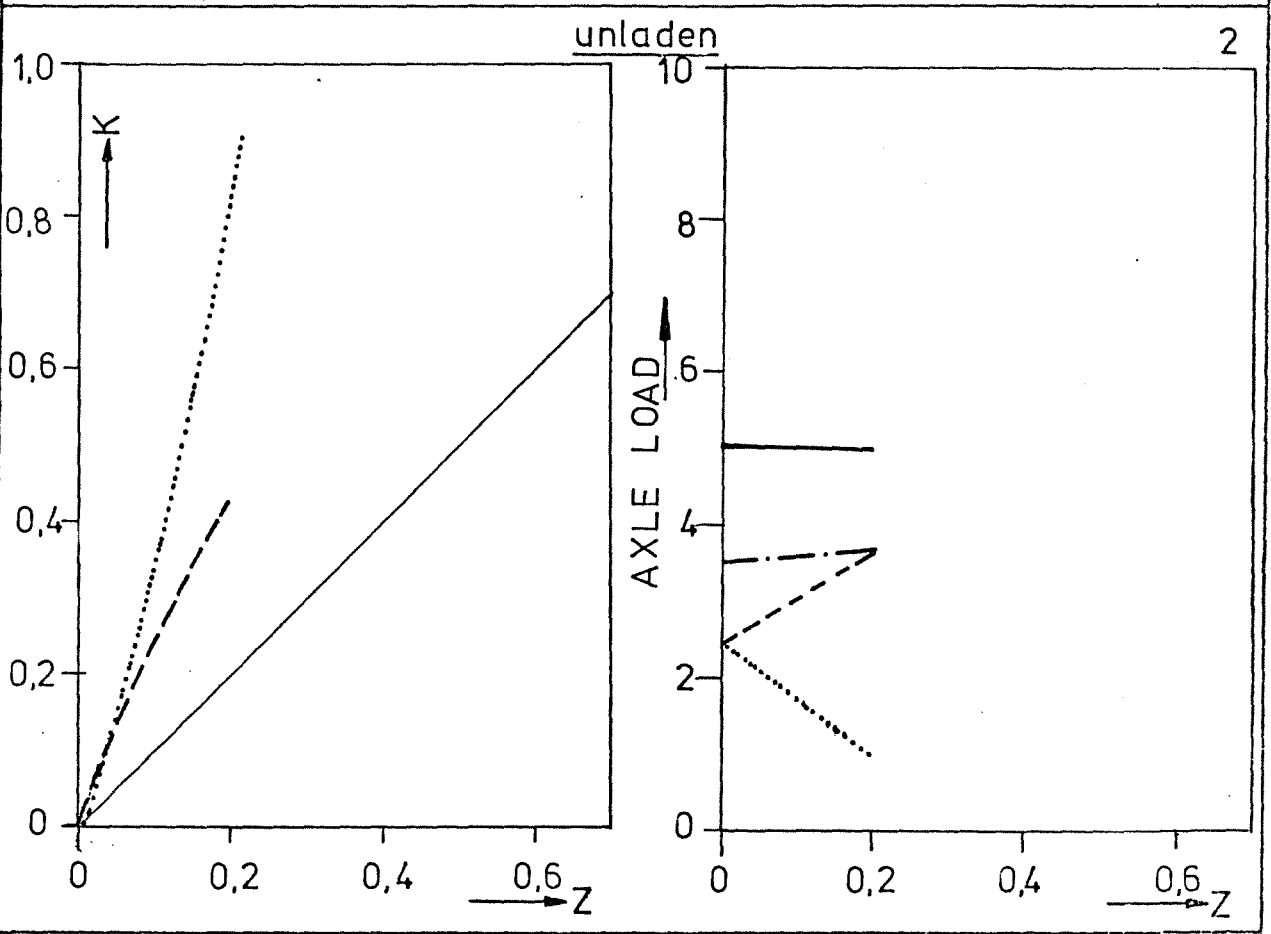
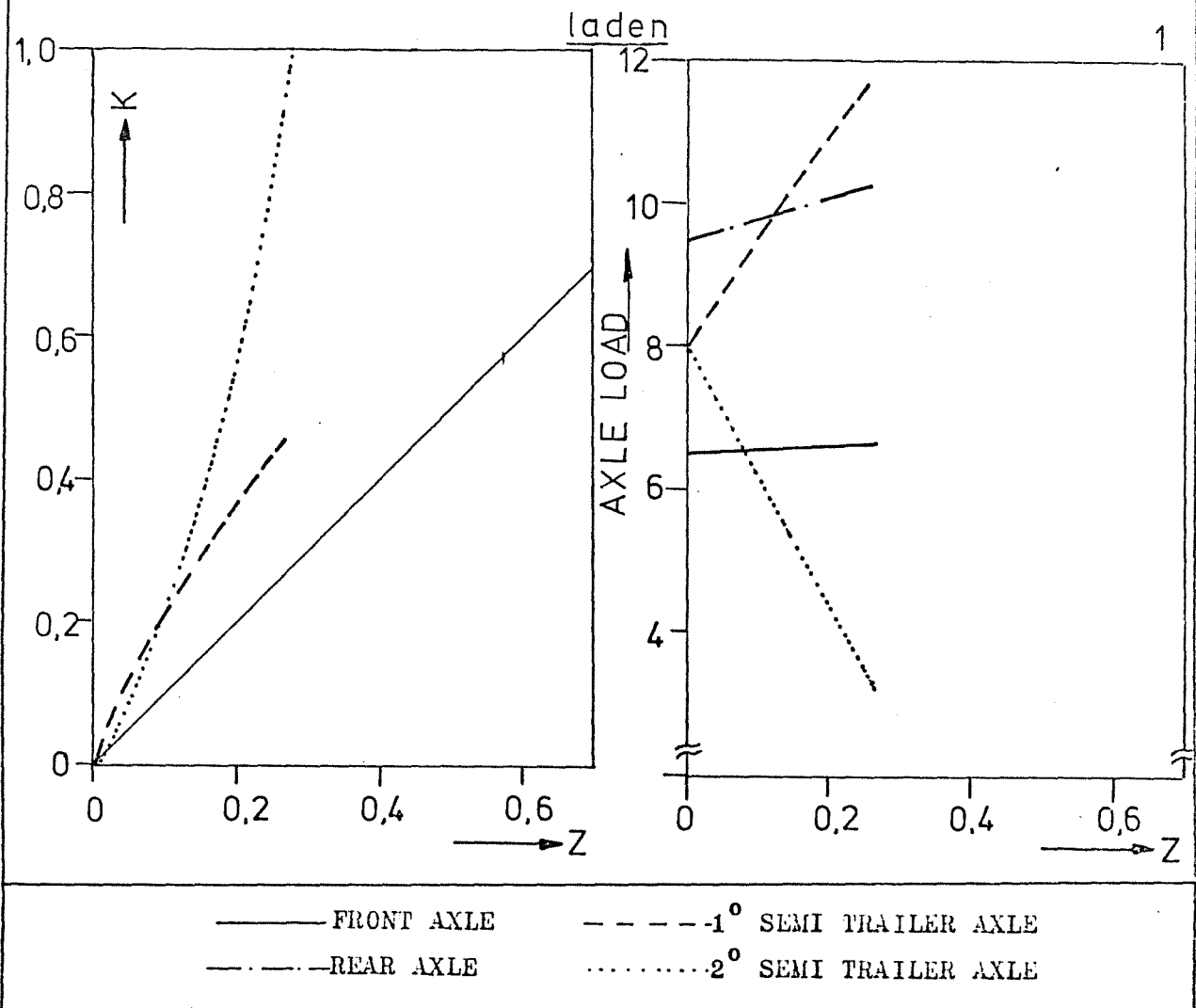


Bijlage 8. Verband tussen de benodigde wrijvingscoëfficiënt en asbelasting enerzijds en vertragsingsfactor anderzijds voor het normale remsysteem.

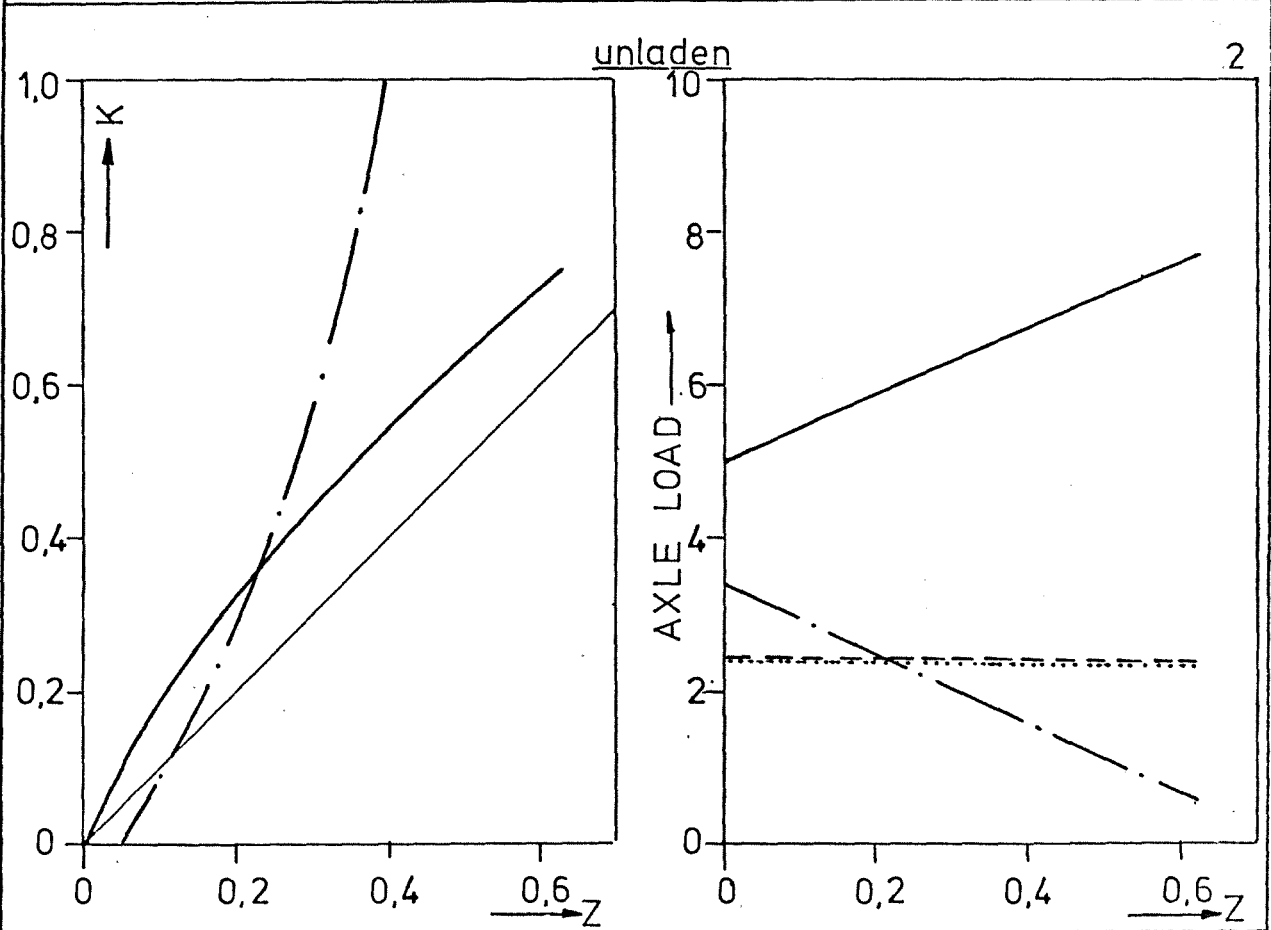
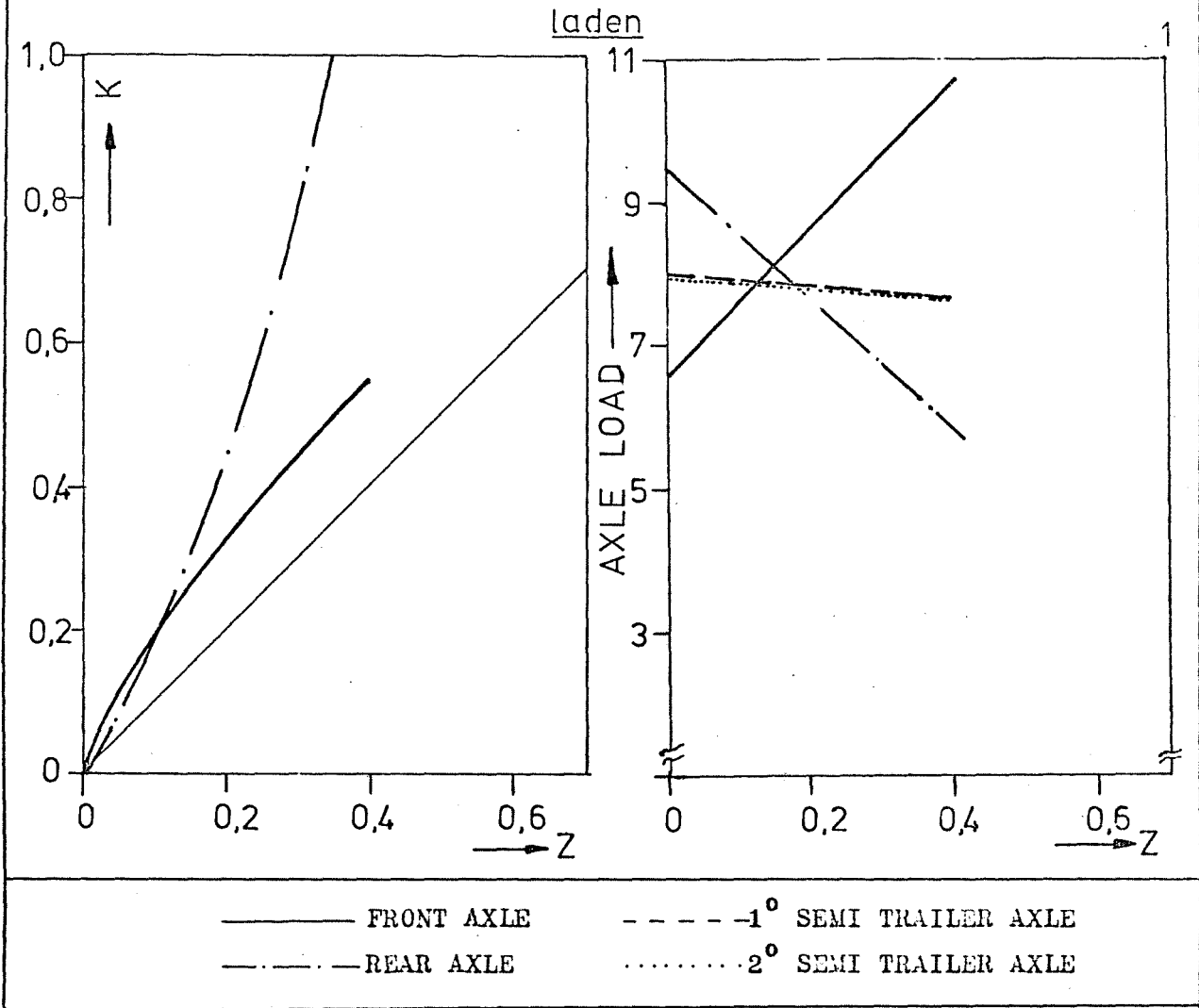


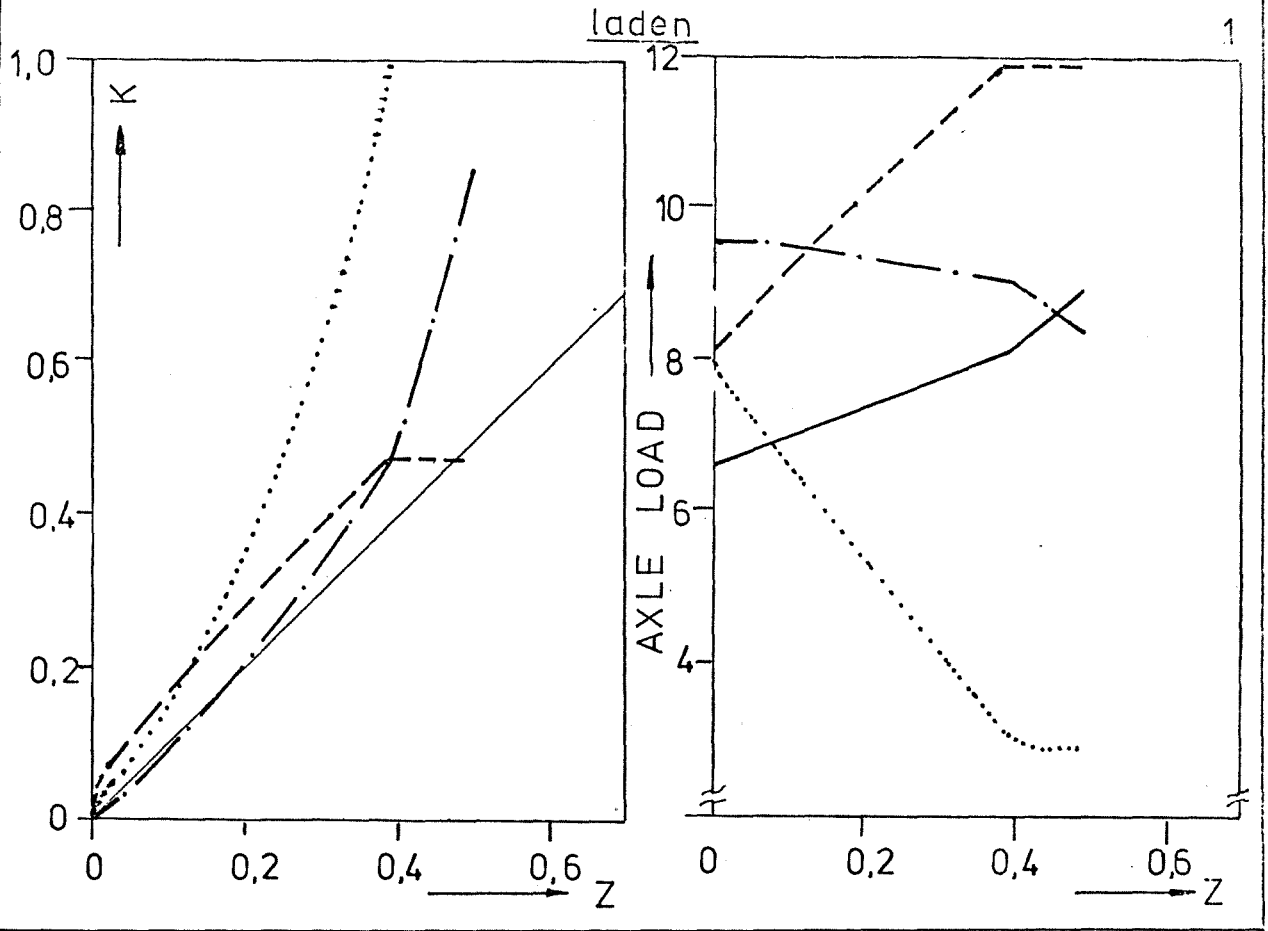
——— FRONT AXLE                      - - - - 1° SEMI TRAILER AXLE  
 - · - · - REAR AXLE                    ······ 2° SEMI TRAILER AXLE



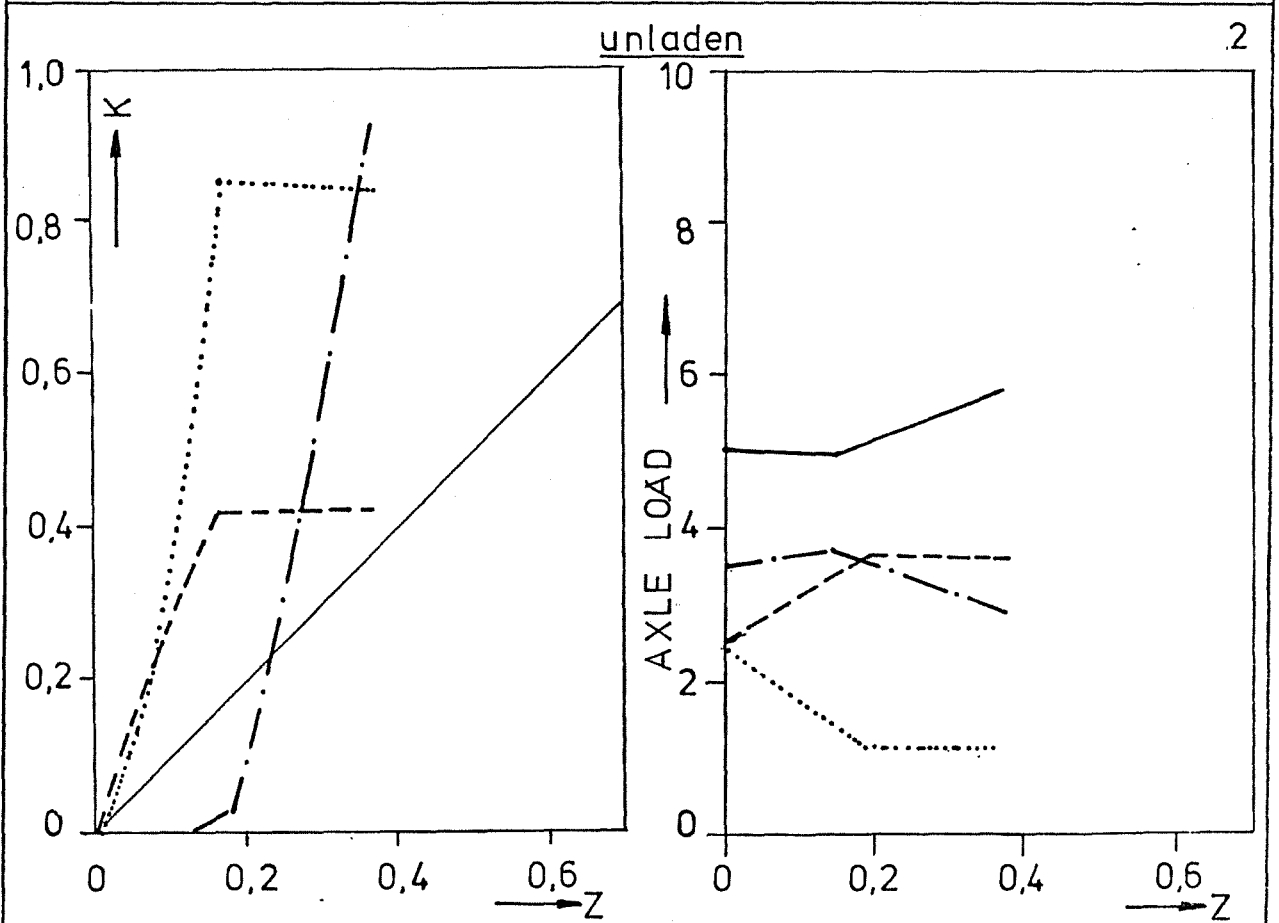


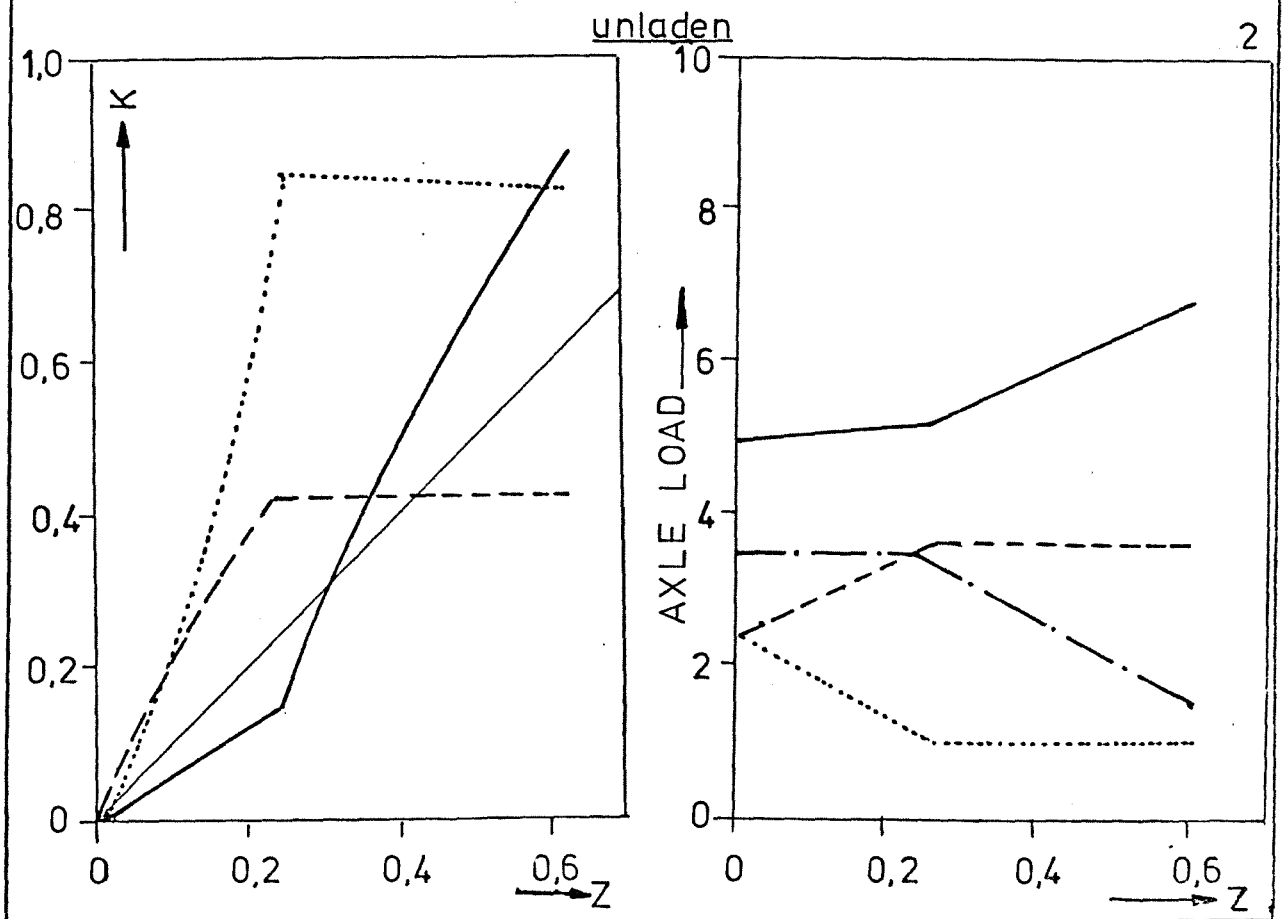
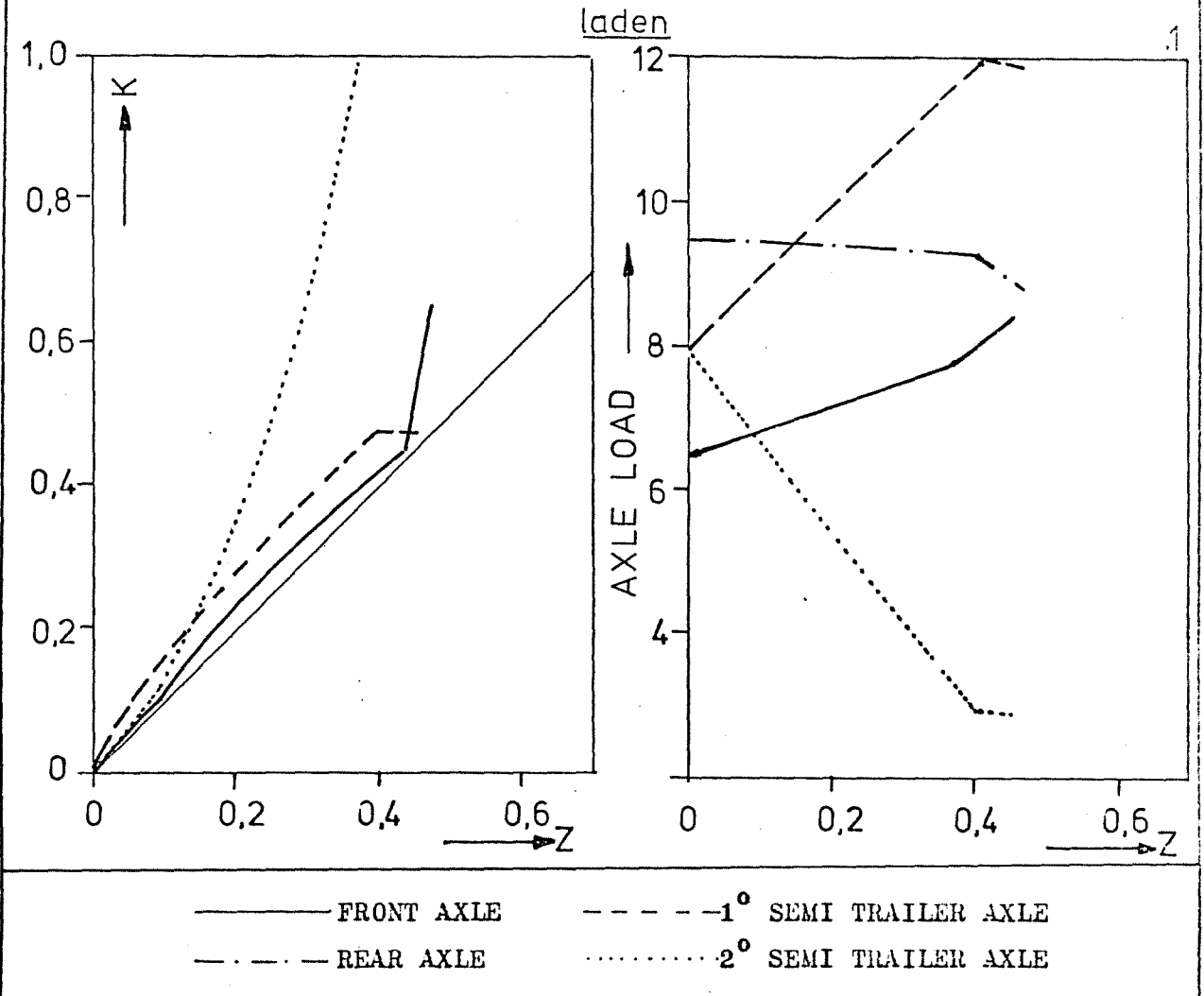






— FRONT AXLE      - - - 1° SEMI TRAILER AXLE  
 - · - · - REAR AXLE      ····· 2° SEMI TRAILER AXLE





TEST NUMBER: 34

DATE: 15-9-75

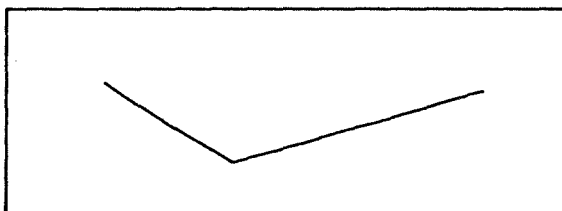
UNLADEN	LADEN	DRY	WET	SPEED( km/h)
X		X		80

BRAKING DISTANCE(m)	DISTANCES(m)	
46	2.30	FRONT AXLE-ROAD SIDE
	2.00	REAR AXLE - ROAD SIDE
	3.30	2° SEMI-TRAILER AXLE - ROAD SIDE

TEMPERATURES °C

58	FRONT AXLE
45	REAR AXLE
52	1° SEMI-TRAILER AXLE
42	2° SEMI-TRAILER AXLE

POSITION COMBINATION END OF TEST



REMARKS: —

STABILITY: —

CORRECTION DRIVER NECESSARY? NO

