

RIMOB: OBSTAKELBEVEILIGER MET RIMPELBUIZEN

Een overzicht van de functionele eisen te stellen aan obstakelbeveiligers en een beschrijving van de ontwikkeling en beproeving van een obstakelbeveiligiger met rimpelbuizen.

R-82-38

Ing. C.C. Schoon

Leidschendam, 1982

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid

## SAMENVATTING EN CONCLUSIES

### Inleiding

In wegbermen komen obstakels voor die bij een aanrijding een ernstig gevaar opleveren. Geleiderailconstructies bieden een goede afscherming als een continue gevarenzone afgeschermd moet worden.

Voor afscherming van alleenstaande obstakels is een geleiderailconstructie in sommige gevallen een niet optimale oplossing. Voor dergelijke gevallen kan een specifieke afschermingsinrichting een goede bescherming bieden. Een dergelijke inrichting is een zgn. obstakelbeveiliger. Dit rapport beschrijft het onderzoek dat de SWOV in opdracht van de Rijkswaterstaat aan obstakelbeveiligers heeft uitgevoerd.

Dat obstakels een probleem vormen, blijkt uit ongevalgegevens. Het aandeel van de vast-voorwerp ongevallen met dodelijke afloop bedroeg in 1980 ca. 19% van het totale aantal ongevallen met dodelijke afloop. In de periode 1971 t/m 1980 is het jaarlijkse totale aantal ongevallen met dodelijke afloop met ca. 36% sterk gedaald. De daling van de vast-voorwerp ongevallen met dodelijke afloop was daarentegen veel geringer, nl. met slechts 8%.

De obstakelbeveiliger kan in drie verschillende situaties toegepast worden:

1. Afscherming van obstakels en gevarenzones nabij uitvoeringen van wegen (achter puntstukken).
2. Afscherming van alleenstaande obstakels in bermten waar geen mogelijkheid is geleiderailconstructies toe te passen, of het toepassen ervan een minder optimale oplossing is.
3. Afscherming van alleenstaande obstakels in tijdelijke situaties (bijv. werken in uitvoering).

### Functionele eisen

Een obstakelbeveiliger moet voldoen aan een pakket functionele eisen.

De voornaamste eisen zijn:

A. Een obstakelbeveiliger moet goed in de wegberm ingepast kunnen worden.  
 - een "standaard"-obstakelbeveiliger moet toepasbaar zijn in puntstukken volgens RDA-ontwerpnormen

- voor niet-genormaliseerde situaties moet de obstakelbeveiliger aangepast kunnen worden

- de obstakelbeveiliger moet afgestemd zijn op diverse kenmerken van personenauto's die op de Nederlandse wegen voorkomen.

B. Een obstakelbeveiliger moet onder diverse wijzen van aanrijden (inrijhoek, inrijsnelheid) goed functioneren:

- bij een aanrijding op de neus moet de obstakelbeveiliger het voertuig op een acceptabele wijze tot stilstand brengen

- bij een aanrijding tegen de flank moet het voertuig op acceptabele wijze geleid worden

- het voertuig mag bij een aanrijding niet met het af te schermen obstakel in aanraking komen; het mag ook niet onder de constructie duiken of er overheen schieten

- het voertuig mag na de aanrijding niet op de rijbaan tot stilstand komen

- de obstakelbeveiliger mag bij een aanrijding geen gevaar voor andere weggebruikers opleveren.

Voor meer gedetailleerde gegevens wordt verwezen naar Bijlage 4.

#### Toetsing Amerikaanse constructies

Twee in de Verenigde Staten ontworpen typen obstakelbeveiligers zijn aan deze eisen getoetst, de Guard Rail Energy Absorbing Terminal (GREAT) en de Energite Module Inertial Barrier. De GREAT voldeed niet omdat hij niet op lichtere auto's is afgestemd en omdat de constructie niet in een V-vorm leverbaar is. De Energite voldeed niet bij flankbotsingen. Bij een frontale aanrijding bestaat het gevaar dat het voertuig over de constructie heen schiet.

Bovengenoemde punten en de behoefte van de overheid starre obstakels af te schermen en het feit dat de kostprijs van de Amerikaanse constructies relatief hoog is en deze constructies middels octrooien beschermd zijn, hebben er toe geleid dat de SWOV opdracht kreeg een nieuw type obstakelbeveiliger te ontwerpen en te beproeven. Deze zou op de essentiële punten aan de functionele eisen moeten voldoen.

Ontwikkeling RIMOB

Ontworpen is een obstakelbeveiliger waarbij de bewegingsenergie van het min of meer frontaal botsende voertuig door het rimpelen van rimpelbuizen wordt geabsorbeerd (rimpeibuis obstakelbeveiliger: RIMOB).

De constructie is opgebouwd uit zeven segmenten. Bij de standaarduitvoering neemt de breedte van de segmenten van voor naar achteren toe, en is dus V-vormig. Een segment bestaat uit een doosconstructie (een boven- en onderplaat die aan twee dwarssteunen zijn gemonteerd) en twee flankdelen. De flankdelen overlappen de flankdelen van het volgende segment. In de doosconstructie zitten de genoemde rimpelbuizen in axiale richting opgesloten.

Bij een aanrijding tegen de neus van de constructie schuift de constructie over de benodigde lengte in elkaar. Hierbij nemen de rimpelbuizen het grootste gedeelte van de kinetische energie van het botsende voertuig op. Bij een aanrijding tegen de flank van de constructie werken de flankdelen als bij een geleiderailconstructie: het voertuig wordt van richting veranderd en geleid.

De verbinding tussen de flankdelen en de doosconstructie wordt gerealiseerd met vervormbare knikstrippen. Deze vormen een essentieel onderdeel van de constructie. Ze laten nl. toe dat de flankdelen ten opzichte van de doosconstructies kunnen verdraaien. Dit is noodzakelijk omdat anders de flankdelen, die in een V-vorm ten opzichte van elkaar staan, bij een frontale aanrijding op elkaar zouden vastlopen. Verder absorberen ze een deel van de botsingsenergie bij zijdelingse aanrijdingen.

De verankering van de RIMOB is zo eenvoudig mogelijk gehouden: een vaste verankering aan de basis en een verankering in dwarsrichting aan de voorzijde door middel van pootjes in geleidingsstrippen. Bij een frontale belasting van de RIMOB komt het neussegment van de constructie los van deze geleidingsstrippen. Bij aansluiting van de RIMOB op een geleiderailconstructie kunnen de langskrachten, die bij een aanrijding tegen de geleiderailconstructie hierin optreden, door de fundering van de RIMOB opgenomen worden.

### Deelbeproevingen

Teneinde te controleren of een dergelijke rimpelbuis obstakelbeveiliging goed zou functioneren, is een aantal beproevingen verricht.

Eerst zijn rimpelbuis-beproevingen uitgevoerd. Als materiaal is aluminium gekozen, onder meer vanwege de corrosie-bestendigheid. De grootte van de rimpelkracht is door middel van een formule vastgesteld en daarna met behulp van dynamische (bots-)proeven gecontroleerd.

Daarna zijn door middel van statische proeven de doosconstructies beproefd. Uit deze proeven bleek dat de doosconstructie in zijdelingse richting veel kracht kan opnemen. Bij een axiale belasting vervormden de boven- en onderplaten van de doosconstructie gemakkelijk. Deze boven- en onderplaten zijn zodanig vóór-gevormd dat ze bij een dergelijke belasting naar buiten toe uitbuigen, dit om te voorkomen dat de rimpelbuizen geraakt worden.

Vervolgens zijn enkele dynamische proeven verricht. Deze proeven hadden in hoofdzaak tot doel de goede werking en zijdelingse stabiliteit van de constructie vast te stellen. Op grond van enkele centraal uitgevoerde frontale proeven kon vastgesteld worden dat het in elkaar schuiven van de constructie goed verliep. Dit betekende dat de flankdelen goed over elkaar schoven, dat de knikstrippen goed werkten en dat de buizen goed rimpelden.

Bij een niet-centraal uitgevoerde frontale proef bleek dat de zijdelingse stabiliteit te gering was. Dit is ondervangen door de overlaplengte van de flankdelen met één meter te vergroten en door verder met een aantal constructieve ingrepen te realiseren dat het bij een botsing aangebrachte koppel op de constructie goed kan worden verwerkt. Deze aanpassingen resulteerden tevens in een progressieve energie-absorptie karakteristiek van de RIMOB. Naarmate de RIMOB verder wordt samengedrukt wordt de reactiekracht groter in die zin dat de eerste twee segmenten relatief weinig energie absorberen; de overige segmenten, behalve het laatste, absorberen de "normale" hoeveelheid. Het laatste segment is uitgevoerd als buffer om bij eventuele extra zware aanrijdingen (bijv. bestelwagens) alsnog zoveel mogelijk te voorkomen dat het voertuig met het obstakel in aanraking komt.

Deze verbeteringen waren mogelijk door de aanvankelijke overdimensionering (reservecapaciteit) van de RIMOB in de eerste ontwerpversie.

## Verificatieproeven

Nadat deze verbeteringen waren aangebracht, is de RIMOB beproefd in 10 botsproeven teneinde na te gaan of hij voldeed aan de functionele eisen en in het bijzonder aan die eisen die betrekking hebben op het functioneren van een obstakelbeveiliger bij een aanrijding.

Deze proeven toonden aan dat de RIMOB zowel in zijdelingse als verticale richting voldoende stabiel was.

Bij frontale botsingen kwam het proefvoertuig op redelijk acceptabele wijze tot stilstand. Bij een aanrijding in de praktijk zou daarbij volgens het criterium voor de samengestelde voertuigvertraging (ASI-criterium) voor die inzittenden die een autogordel dragen, geen ernstig letsel optreden. Bij inzittenden zonder autogordel zou volgens dit criterium de kans op ernstig letsel groter zijn.

Bij de frontale proeven is gebleken dat de dwarssteunen scheef gingen staan. Gedurende het gehele onderzoek is dit onderzocht, en zijn verbeteringen aangebracht, maar dit heeft er niet toe geleid dat dit probleem is opgelost. Hierover kan wellicht met behulp van het mathematisch model meer inzicht worden verkregen. Er is evenwel geconstateerd dat ondanks deze scheefstand de RIMOB bevredigend functioneerde.

Bij flankbotsingen werden de voertuigen goed geleid, waarbij weinig schade aan de proefvoertuigen optrad. Er zijn echter wel hoge voertuigvertragingen geregistreerd. Bij een proef waarbij tevens metingen aan proefpoppen op de voorstoelen zijn verricht, bleek dat deze hoge vertragingen geen grote uitwerking op de inzittenden zouden hebben gehad. Volgens criteria omtrent hoofdletsels (HIC-criterium) en omtrent borstletsels (gordelkracht-criterium) zou de kans op ernstig letsel zeer klein zijn. Bij deze proeven is vastgesteld dat het ASI-criterium minder goed bruikbaar is bij botsingen waarbij hoge rotatieversnellingen optreden.

Bij excentrische frontale botsingen - de hartlijn van het botsende voertuig is hierbij verschoven ten opzichte van de hartlijn van de constructie - trad tijdens de botsingen grote voertuigrotatie op, waarbij echter de rotatieversnellingen laag bleven. Geconstateerd wordt dat dit inherent is aan het type botsing en moeilijk of niet te voorkomen zal zijn.

De proef die uitgevoerd is tegen de RIMOB die geproduceerd was op basis van de definitieve tekeningen, gaf geen aanleiding wijzigingen in de constructie door te voeren. Aandacht dient nog geschonken te worden aan de platen die in de zijkant van de doosconstructies waren aangebracht ter afscherming van de rimpelbuizen. Bij de aanrijding vlogen brokstukken van deze polystyreen-platen in het rond.

Van de uitgevoerde botsproeven was er één tegen een RIMOB-P, de parallelvormige RIMOB. Deze is alleen geschikt voor botssnelheden tot 70 km/h. Deze constructie werkte bij een frontale aanrijding bevredigend.

### Toetsing RIMOB

De RIMOB is getoetst aan het pakket functionele eisen zoals dat voor de Nederlandse situatie is vastgesteld, bestaande uit de twee hoofdvoorwaarden: goede inpassing van de obstakelbeveiliger in de wegberm en goed functioneren bij alle soorten aanrijdingen.

Toetsing aan de eerste hoofdvoorwaarde wijst uit dat de RIMOB voor de volgende wegbermlocaties geschikt is: uitvoeringen van wegen (puntstukken), smalle tussenbermen en zijbermen. Dit is mogelijk door de V-vorm en parallelvorm, en de aansluitmogelijkheid voor en gelijkenis met geleiderailconstructies.

Aangezien de RIMOB op een losse (geprefabriceerde) funderingsplaat gemonteerd kan worden, is hij tevens geschikt voor toepassing in tijdelijke situaties. Doordat de mate van energie-absorptie per segment gevarieerd kan worden, kan de RIMOB binnen bepaalde grenzen afgestemd worden op de ter plaatse te verwachten botssnelheden.

Toetsing aan de tweede hoofdvoorwaarde levert het volgende op.

Personenauto's met een relatief geringe massa van ca. 750 kg worden bij frontale aanrijdingen tijdig tot stilstand gebracht. In de RIMOB is overcapaciteit ingebouwd voor snelheden boven de ca. 100 km/h en/of voor massa's boven de ca. 750 kg. Globale berekeningen tonen aan dat voertuigen met een massa van ca. 1500 kg tot ca. 2000 kg bij 100, resp. 80 km/h nog tijdig tot stilstand gebracht kunnen worden.

Bij excentrische frontale botsingen zijn grote voertuigrotaties te ver-

wachten. Afhankelijk van de aanwezigheid en breedte van de vluchtstrook kan een voertuig hierdoor (gedeeltelijk) op de rijbaan terecht komen. Op grond van het ASI-criterium is vast te stellen dat voertuiginzittenden bij gebruik van de autogordel bij een frontale aanrijding geen ernstig letsel zullen oplopen, maar als zij de autogordel niet gebruiken, is ernstig letsel niet uitgesloten.

Bij frontale botsproeven vertoonden de proefvoertuigen geen neigingen onder de RIMOB te duiken of er overheen te schieten. Er zijn ook geen onderdelen van de RIMOB weggeslingerd: weggebruikers zullen niet in gevaar gebracht worden.

Bij aanrijdingen tegen de flank van de RIMOB zullen personenauto's goed worden geleid en blijft de uitrijhoek klein. Het risico voor voertuiginzittenden wordt klein verondersteld, als wordt uitgegaan van de criteria voor de kans op hoofd- of borstletsel, zeker bij gebruik van de autogordel. Bij flankbotsingen bleek het ASI-criterium geen goede maatstaf te zijn om de ernst van letsel te voorspellen. Nader onderzoek naar deze criteria is noodzakelijk.

Varianten op de RIMOB zijn mogelijk voor diverse combinaties van voertuigmassa, voertuigsnelheid en beschikbare ruimte. Een voorbeeld hiervan is reeds beproefde parallelvormige RIMOB-P.



## INHOUD

<u>Voorwoord</u>	5
1. <u>Inleiding</u>	8
2. <u>Toepassingsgebieden van een obstakelbeveiliger</u>	11
3. <u>Functionele eisen te stellen aan een obstakelbeveiliger bij het inpassen in de wegberm</u>	12
3.1. Inleiding	12
3.2. Kenmerken van wegen	12
3.2.1. Inleiding	12
3.2.2. Functionele eisen gebaseerd op de toepassingsgebieden	13
3.2.3. Functionele eisen gebaseerd op veiligheidsaspecten	16
3.3. Kenmerken van het verkeer	17
3.3.1. Functionele eisen gebaseerd op typen voertuigen	17
3.3.2. Functionele eisen gebaseerd op gereden snelheden	18
3.4. Kenmerken van ongevallen	19
3.4.1. Functionele eisen gebaseerd op typen voertuigen	19
3.4.2. Functionele eisen gebaseerd op inrijhoek en inrijsnelheid	20
3.5. Kenmerken van voertuigen	22
3.5.1. Inleiding	22
3.5.2. Functionele eisen gebaseerd op kenmerken van personenauto's	22
3.6. Functionele eisen gebaseerd op de additionele voorwaarden van de wegbeheerder	24
4. <u>Functionele eisen te stellen aan een obstakelbeveiliger bij het functioneren tijdens een aanrijding</u>	25
4.1. Inleiding	25
4.2. Functionele eisen gebaseerd op typen aanrijdingen	25
4.3. Functionele eisen gebaseerd op de ernst van een aanrijding	26
4.4. Functionele eisen gebaseerd op overige crash-aspecten	28
5. <u>Toetsing van de Energite en GREAT obstakelbeveiliger</u>	29
5.1. De Energite obstakelbeveiliger	29
5.2. De GREAT obstakelbeveiliger	30

6. <u>Basiselementen voor een nieuw type obstakelbeveiliging</u>	32
6.1. Inleiding	32
6.2. Basiselementen	32
7. <u>Het eerste ontwerp van de RIMOB en de beproevingen daaraan</u>	34
7.1. Het eerste ontwerp	34
7.2. Proefnemingen met het eerste ontwerp	35
7.2.1. Onderzoek aan rimpelbuizen	36
7.2.2. Onderzoek aan één, twee en drie segmenten	38
7.2.3. Onderzoek aan vijf segmenten en aan de gehele constructie	39
7.3. Evaluatie eerste ontwerp	41
8. <u>Het tweede ontwerp van de RIMOB en de beproevingen daaraan</u>	42
8.1. Het tweede ontwerp	42
8.2. Proefnemingen met het tweede ontwerp	43
8.2.1. Vervolgonderzoek aan de rimpelbuizen	43
8.2.2. Statische beproeving van de doosconstructie	45
8.2.3. Dynamische beproeving van de gehele constructie (RIMOB met doosconstructie)	49
8.3. Evaluatie tweede ontwerp	50
9. <u>Definitief ontwerp en verificatiebeproevingen</u>	51
9.1. Herziening	51
9.2. Varianten van de RIMOB	55
9.3. Verificatie-onderzoek	56
9.3.1. Frontale botsproeven RIMOB-V	58
9.3.2. Flank-botsproeven RIMOB-V	61
9.3.3. Frontale botsproef RIMOB-P	62
9.3.4. Verificatieproef met produktierijpe RIMOB	63
9.4. Evaluatie verificatieproeven	64
10. <u>Toetsing RIMOB aan de functionele eisen</u>	67
10.1. Inpassing in wegberm	67
10.2. Functioneren bij een aanrijding	68
10.3. Additionele voorwaarden wegbeheerder	69

Tabellen 1 t/m 3

Afbeeldingen 1 t/m 43

Literatuur

Bijlage 1: SWOV-literatuur over obstakels in wegbermen

Bijlage 2: SWOV-literatuur over bermbeveiligingsconstructies

Bijlage 3: Criteria voor de ernst van botsingen

Bijlage 4: Functionele eisen te stellen aan obstakelbeveiligers (Resumé)

Bijlage 5: Check-list en resultaten bij toetsing aan de functionele  
eisen



## VOORWOORD

Geleiderailconstructies bieden een goede afscherming als een continue gevarenzone afgeschermd moet worden.

Voor afscherming van alleenstaande obstakels is een geleiderailconstructie in sommige gevallen niet goed toepasbaar. Als voorbeelden van dergelijke obstakels kunnen worden genoemd obstakels nabij uitvoeringen van wegen (achter puntstukken) of in zij- of tussenbermen waar het plaatsen van een geleiderailconstructie problemen oplevert. Voor deze obstakels is een specifieke afschermingsinrichting noodzakelijk, een zgn. obstakelbeveiliger.

Dit rapport beschrijft het onderzoek "Obstakelbeveiligers" dat de SWOV in opdracht van de Rijkswaterstaat, onder begeleiding van de overheidswerkgroep "BOWG Obstakels in wegbermen" heeft uitgevoerd.

Het onderzoek is in feite gestart met het verzoek van de Rijkswaterstaat een consult uit te brengen over het functioneren van twee nieuwe Amerikaanse typen obstakelbeveiligers, nl. de Energite en de GREAT obstakelbeveiliger. De SWOV heeft hiertoe de beschikbare literatuur bestudeerd. Ten einde op korte termijn te kunnen rapporteren, is aan de hand hiervan een eerste indruk over beide typen obstakelbeveiligers gegeven (SWOV, 1980). Dit rapport kan als aanvulling beschouwd worden op de literatuurstudie die de SWOV op het gebied van de crash-aspecten van wegmeubilair (en dus ook obstakelbeveiligers) eerder heeft uitgebracht (SWOV, 1973 en 1977a).

De hierboven genoemde Energite obstakelbeveiliger (Energite Module Inertial Barrier) is een verbeterde versie van de Amerikaanse Fitch Inertial Barrier en de Nederlandse versie van dit buffertonnensysteem. Deze laatste is door de SWOV beproefd (SWOV, 1977b) en is gedurende enkele jaren op kleine schaal in Nederland toegepast. Vanwege een aantal bezwaren van Nederlandse wegbeheerders tegen deze tonnen, is later op beperkte schaal de Energite obstakelbeveiliger geplaatst.

Op basis van het SWOV-consult kon worden vastgesteld dat ook aan de Energite bezwaren kleven. Dit was o.a. de reden dat de SWOV een opdracht kreeg vast te stellen aan welke eisen een obstakelbeveiliger moet voldoen.

Deze opdracht heeft geresulteerd in het opstellen van een pakket functionele eisen voor een obstakelbeveiliger. Hierover is reeds gerapporteerd aan de BOWG Obstakels in wegbermen. In dit rapport zijn deze functionele eisen opgenomen.

Op grond van de functionele eisen is door de SWOV nagegaan in hoeverre de op de markt gebrachte obstakelbeveiligers hieraan voldeden. In feite kwamen alleen de twee obstakelbeveiligers in aanmerking die al middels een literatuurstudie waren beschouwd: de Energite en de GREAT obstakelbeveiliger. Aan de hand van een in dit rapport als Bijlage 4 opgenomen checklist is nagegaan of deze obstakelbeveiligers voldeden aan het opgestelde pakket functionele eisen. Ook hierover wordt in hetgeen volgt verslag gedaan. De conclusie is - kort gezegd - dat beide systemen op een aantal punten niet aan de functionele eisen voldeden.

Dit was o.m. aanleiding voor Rijkswaterstaat, na instemming van de Begeleidende overheidswerkgroep, de SWOV te verzoeken een nieuw type obstakelbeveiliger te (doen) ontwerpen, gebaseerd op de functionele eisen. Het ontwerp zou middels proefnemingen aan de eisen getoetst moeten worden. De SWOV heeft deze opdracht uitgevoerd. De resultaten van het ontwikkelingsonderzoek en de proefnemingen zijn in dit rapport vastgelegd.

Het ontworpen type obstakelbeveiliger kreeg de naam "RIMOB", afgeleid van RIMpelbuis OBstakelbeveiliger. In de beschrijving van de werking van de constructie zal deze benaming duidelijk worden.

Naast ontwerp en experimenteel onderzoek bestaat het onderzoek "Obstakelbeveiligers" ook uit het ontwikkelen van een rekenkundig computermodel (mathematisch model). Dit model zal onder andere als instrument gehanteerd kunnen worden bij het vaststellen van de dimensies van de RIMOB voor die situaties waar geen standaardconstructie toegepast kan worden. Over het model en de uitgevoerde computersimulaties wordt in een afzonderlijk rapport verslag gedaan.

Zoals is aangegeven is het onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Rijkswaterstaat en begeleid door de Begeleidende overheidswerkgroep (BOWG) Obstakels in wegbermen. Deze groep is in 1973 ingesteld door de Minister

van Verkeer en Waterstaat. In deze BOWG zijn vertegenwoordigd de rijks-, provinciale en gemeentelijke wegbeheerders en de Directie Verkeersveiligheid (DVV), de SWOV is hierin adviseur.

De RIMOB is ontworpen door Technisch Bureau "Van Schie" te Strijen, onder begeleiding van de SWOV en de overheidswerkgroep.

De prototypen ten behoeve van de proefnemingen zijn vervaardigd door Erfmann & Co te Strijen en Prins NV te Dokkum.

De proefnemingen op ware schaal zijn uitgevoerd door het Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO te Delft.

De filmopnamen van de proefnemingen zijn gemaakt door Stichting Film en Wetenschap (SFW) te Utrecht.

N.B. In opdracht van Rijkswaterstaat en de SWOV is door SFW een film over de ontwikkelde RIMOB vervaardigd. Deze film is bij SFW verkrijgbaar.

Het door de SWOV aan de opdrachtgever aangeboden ontwerp van het prototype van de RIMOB, is door de Directie Bruggen van de Rijkswaterstaat voor produktie gereed gemaakt.

## 1. INLEIDING

Het onderzoek "Obstakelbeveiligers" maakt deel uit van het project "De inrichting van wegbermen met betrekking tot de crashaspecten". Het doel van dit project is het beperken van risico voor van de rijbaan afgeraakte weggebruikers. De inrichting van de wegberm dient daartoe te worden afgestemd op weg-, verkeers- en voertuigkenmerken.

Zolang nog geen definitieve resultaten bekend zijn, worden bij deelonderzoeken in het kader van dit project de naar huidige inzichten "veilige" wegbermen ingedeeld in drie typen bermen.

In het eerste type berm, dat als het meest veilige wordt beschouwd, bevinden zich geen gevarenezones of obstakels. Van de rijbaan afgeraakte voertuigen kunnen hier vrij inrijden of mogelijk weer onder controle worden gebracht. Een dergelijke berm dient echter voldoende draagkracht te hebben, zodat een in de berm geraakt voertuig niet over de kop slaat, en voldoende breed te zijn.

Het tweede type berm, dat als iets minder veilig wordt beschouwd, is de berm waarin zich wel obstakels als lichtmasten, praatpalen en bewegwijzeringsborden bevinden. Deze obstakels moeten dan echter zo geconstrueerd zijn dat ze bij een aanrijding door een personenauto of een zwaarder voertuig geen gevaar voor de inzittenden opleveren. Bij deze eis wordt in hoofdzaak uitgegaan van personenauto's omdat obstakels - absoluut gezien - het meest door deze categorie vervoermiddelen worden aangereden. De mogelijkheid deze obstakels met betrekking tot de inzittenden van personenauto's en zwaardere voertuigen veilig te maken is bovendien constructief gezien het gemakkelijkst uitvoerbaar.

Het lijkt dan dat alleen de inzittenden van personenauto's en veelal ook van vrachtauto's een redelijke mate van veiligheid geboden wordt. Maar ook de veiligheid van berijders van tweewielers (vooral motorrijders en bromfietzers) is hiermee gediend. De genoemde noodzakelijke obstakels kunnen namelijk, als ze weinig gevaar voor auto's inhouden, in de berm geplaatst worden zonder dat ze bijvoorbeeld met een geleiderailconstructie afgeschermd behoeven te worden. Hierdoor wordt de kans met een object in de berm in aanraking te komen veel geringer. Juist voor berijders van tweewielige voertuigen is dit een belangrijk aspect, daar voor deze groep



relatief kwetsbare verkeersdeelnemers een aanrijding met een geleiderailconstructie zeer ernstige gevolgen kan hebben.

Daarnaast zijn er nog starre obstakels die relatief gezien niet veel voorkomen en die niet veilig gemaakt kunnen worden, zoals obstakels nabij uitvoeringen van wegen (achter puntstukken) en pijlers van viaducten en portalen in berm van wegen. Willen deze obstakels binnen het tweede type berm ingepast worden, dan zullen ze buiten de obstakelvrije zone moeten staan. Indien dit om bepaalde redenen niet mogelijk is zullen ze afzonderlijk afgeschermd moeten worden met bijvoorbeeld een obstakelbeveiliger of met een bepaalde lengte geleiderailconstructie.

Het derde type berm, de minst veilige van de relatief veilige bermen is de berm waarbij zich dicht bij de rijbaan een gevarezone bevindt, zoals een sloot, een steil talud, of bijvoorbeeld een rij starre lichtmasten. Deze gevarezone dient dan te worden afgeschermd, bijvoorbeeld door een geleiderailconstructie. Voor inzittenden van een personenauto is een dergelijke constructie voldoende veilig. Voor bestuurders van tweewielers is echter het risico van zwaar, zo niet dodelijk letsel groot.

Uit het bovenstaande blijkt dat de obstakelbeveiliger een voorziening is die in principe in het tweede type berm past. Als een obstakelbeveiliger op een geleiderailconstructie is aangesloten, past hij ook in het derde type berm. Bij de formulering van de functionele eisen zullen de wegkenmerken met betrekking tot deze typen berm nader aan de orde komen.

De omvang van de obstakelongevallen toont de noodzaak aan voor het doen van onderzoek op het gebied van obstakels in wegbermen. Deze omvang wordt duidelijk uit Tabel 1 waarin de ontwikkeling in de periode 1971 t/m 1980 van het totale aantal en van de vast-voorwerp ongevallen met dodelijke afloop is aangegeven. In Afbeelding 1 zijn deze ongevallen grafisch uitgezet. Het blijkt dat in de beschouwde tien jaren het totale aantal ongevallen met dodelijke afloop sterk gedaald is (met ca. 36%), terwijl de daling van de overeenkomstige vast-voorwerp ongevallen veel geringer was (met ca. 8%).

Uit de tabel blijkt verder dat in 1980 het aandeel van de vast-voorwerp ongevallen in het totale aantal ongevallen met dodelijke afloop ca. 19% bedroeg. Bij de verdeling naar ongevallen binnen en buiten de bebouwde

kom bedragen de aandeelpercentages resp. ca. 11 en 25%.

Voor meer gegevens wordt verwezen naar het rapport "Wegbermongevallen" (SWOV, 1982).

## 2. TOEPASSINGSGEBIEDEN VAN EEN OBSTAKELBEVEILIGER

Een obstakelbeveiliger kan in principe voor drie verschillende situaties toegepast worden.

Een eerste toepassing betreft afscherming bij uitvoeringen van auto- (snel)wegen.

Een dergelijke afscherming kan voor twee situaties noodzakelijk zijn. Ten eerste als daar sprake is van een star obstakel, bijvoorbeeld een kolom van een bewegwijzeringsbord. Ten tweede als twee geleiderailconstructies, noodzakelijk ter afscherming van gevarenczones, daar beginnen. Zijn de eindpunten van de rail ter hoogte van de uitvoering ingegraven, dan zijn situaties denkbaar dat een van de rijbaan afgeraakte auto op de geleiderailconstructie terecht komt of tussen rails doorschiet en in de zone erachter belandt. Zijn de twee einden van de geleiderailconstructies middels een omgebogen rail met elkaar verbonden, dan is de geleiderailconstructie zelf min of meer een star obstakel geworden.

In beide gevallen kan een obstakelbeveiliger een doeltreffende afscherming geven.

Het tweede toepassingsgebied van een obstakelbeveiliger is de afscherming van afzonderlijke obstakels, zoals pijlers van viaducten en portaalpoten van bewegwijzeringsborden, die in de wegberm staan geplaatst. Veelal worden op autosnelwegen dergelijke obstakels met ca. 100 m geleiderailconstructie afgeschermd. Aangezien de lengte van de obstakelbeveiliger aanzienlijk korter is dan de lengte aan geleiderailconstructie (ca. factor 10) wordt hiermee de kans op een aanrijding bij het van het van de rijbaan afraken van een voertuig geringer. Een nadere bepaling van de kans op letsel dient voor beide gevallen nog gemaakt te worden.

De derde toepassing van een obstakelbeveiliger betreft afscherming van alleenstaande obstakels in tijdelijke situaties, bijvoorbeeld bij werken in uitvoering. In dergelijke situaties kunnen starre obstakels die vóór de uitvoering van de werkzaamheden met een geleiderailconstructie waren afgeschermd, onafgeschermd komen te staan. Een tijdelijke afscherming met een obstakelbeveiliger kan dan gewenst zijn.

### 3. FUNCTIONELE EISEN TE STELLEN AAN EEN OBSTAKELBEVEILIGER BIJ HET INPASSEN IN DE WEGBERM

#### 3.1. Inleiding

In het Voorwoord is aangegeven dat de op de markt aanwezige typen obstakelbeveiligers zijn beoordeeld aan de hand van de functionele eisen te stellen aan obstakelbeveiligers. Daarna is aan de hand van deze functionele eisen het ontwerp van de obstakelbeveiligers met rimpelbuizen (RIMOB) tot stand gekomen.

De functionele eisen kunnen in twee hoofdgroepen worden verdeeld.

De eerste groep betreft de eisen die aan obstakelbeveiligers gesteld moeten worden om deze als verkeersvoorziening te kunnen inpassen in de berm. Deze groep komt in dit hoofdstuk aan de orde.

De tweede groep betreft de eisen die aan obstakelbeveiligers gesteld moeten worden met het oog op het functioneren bij een aanrijding. Deze zullen in het volgende hoofdstuk worden behandeld.

De functionele eisen voor een obstakelbeveiligers als verkeersvoorziening kunnen op vier groepen kenmerken worden afgestemd. Deze zijn de kenmerken van de relevante wegen, het verkeer, de ongevallen en de voertuigen. De eisen die in dit hoofdstuk geformuleerd worden, zullen verder nog aangevuld worden met additionele eisen van de zijde van de wegbeheerder.

#### 3.2. Kenmerken van wegen

##### 3.2.1. Inleiding

Een obstakelbeveiligers is een verkeersvoorziening die in de wegsituatie ingepast moet worden. De wegsituatie wordt bepaald door de wegkenmerken. Dit betekent dat de wegkenmerken o.m. bepalend zijn voor de dimensies van de obstakelbeveiligers. In dit verband zijn de belangrijkste wegkenmerken de aanwezigheid van verkeersvoorzieningen (o.a. de plaats en dimensies van de af te schermen obstakels) en de dimensies van de voor afschermingsvoorzieningen beschikbare ruimte. Deze zullen in par. 3.2.2. aan de orde komen.

Wegkenmerken zoals de vormgeving en plaats van verkeersvoorzieningen, hebben een nauwe relatie met pre-crash-, crash- en post-crashaspecten. Het ontwerp van een obstakelbeveiliger moet mede op grond van deze aspecten tot stand komen (zie verder par. 3.2.3).

### 3.2.2. Functionele eisen gebaseerd op de toepassingsgebieden

In Hoofdstuk 2 zijn drie toepassingsgebieden aangegeven. Elk heeft zijn specifieke wegkenmerken, ze zullen dan ook afzonderlijk behandeld worden. Ook zullen de aspecten die voor de fundering van belang zijn, worden besproken.

#### Uitvoeringen van wegen

Bij het toepassen bij uitvoeringen van wegen dient de obstakelbeveiliger zodanig gedimensioneerd te zijn dat hij past binnen de beschikbare ruimte en er min of meer het contour van volgt.

Voor zover de uitvoering is gebaseerd op ontwerpnormen, liggen de dimensies vast. Er zou dan ook met één type obstakelbeveiliger volstaan kunnen worden, ware het niet dat wegkenmerken van oudere wegen veelal niet aan ontwerpnormen voldoen. Een "standaard" obstakelbeveiliger kan dan daar niet geplaatst worden. Dit houdt in dat bij het ontwerp van een obstakelbeveiliger de nodige flexibiliteit ingebouwd moet worden.

Om de dimensies van een "standaard" obstakelbeveiliger te kunnen bepalen is gebruik gemaakt van een normtekening van uitvoeringen op autosnelwegen. Deze normtekening (zie Afbeelding 2) is ontleend aan de "Richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen" (RWS, 1975).

Het op de afbeelding gearceerde gedeelte geeft ongeveer de ruimte aan die voor een obstakelbeveiliger beschikbaar is. De plaats van het af te schermen obstakel staat echter niet vast. Hierdoor kan de lengte van de beschikbare ruimte enigszins variëren. Op de afbeelding is een lengte van ca. 8 m aangegeven. De neusbreedte bedraagt ca. 1 m en de basisbreedte bij een lengte van 8 m bedraagt ca. 3 m.

De tangens van de aansluitingshoek (hoek tussen de doorgaande en de afbuigende rijbaan, die volgens de Richtlijnen in procenten wordt uitgedrukt) is bij voorkeur 3%. De tangens van deze hoek mag volgens norm

maximaal 7% zijn voor wegen met een ontwerpsnelheid van 120 km/h en 9% voor wegen met een ontwerpsnelheid van 90 km/h. Uitgaande van een tangens van 3% is de hoek op de plaats waar een obstakelbeveiliger benodigd is, minimaal ca.  $13^{\circ}$ . Vooralsnog lijkt dit een geschikte hoek om daarop een obstakelbeveiliger te dimensioneren.

Aangezien niet alle uitvoeringen uniform zijn uitgevoerd, zullen ook andere hoeken kunnen voorkomen. Het moet mogelijk zijn de obstakelbeveiliger voor deze situaties aan te passen.

Als er na de uitvoering geleiderailconstructies aanwezig zijn, zullen deze in het algemeen in het puntstuk aanvangen. In dit verband is een eis te stellen aan de obstakelbeveiliger dat aansluiting op de in Nederland toegepaste geleiderailconstructie mogelijk moet zijn. Een afzonderlijke afsteuning voor de geleiderail in langsrichting aan de achterzijde van de obstakelbeveiliger zal dan noodzakelijk zijn. Dit vanwege de grote langskrachten die bij een aanrijding tegen een geleiderailconstructie in de rails kunnen optreden.

Wat de afsteuning van de obstakelbeveiliger zelf betreft als geen geleiderailconstructie aanwezig is, zal de wegbeheerder moeten beoordelen of een afzonderlijke afsteuning noodzakelijk is, of dat van de bestaande fundering van het af te schermen obstakel gebruik gemaakt kan worden.

#### Zij- en tussenbermen

Op autosnelwegen worden alleenstaande obstakels (pijlers e.d.) veelal afgeschermd met een geleiderailconstructie van ten minste 100 m lengte. Een obstakelbeveiliger moet in dergelijke gevallen ook toegepast kunnen worden. Onderscheid moet worden gemaakt tussen zijbermen en tussenbermen.

Voor afscherming van alleenstaande obstakels in zijbermen kan er gekozen worden voor een bepaalde lengte geleiderailconstructie (ca. 100 m) of een obstakelbeveiliger. Als afscherming met een geleiderailconstructie mogelijk is, is de ruimte beschikbaar voor het opstellen van een obstakelbeveiliger in het algemeen ook voldoende. Afzonderlijke eisen bij plaatsing in de zijberm zijn er dan ook niet.

Voor afscherming met een obstakelbeveiliger van alleenstaande obstakels in tussenbermen kunnen twee situaties onderscheiden worden.

In de eerste plaats zijn er de bermen tussen rijbanen met verkeer in tegengestelde richting. Als de bermbreedte gering is, ligt het gebruik van een obstakelbeveiliger niet voor de hand, aangezien een continu doorlopende geleiderailconstructie een betere afscherming biedt. Is de bermbreedte groot, dan wordt aangenomen dat er voldoende ruimte beschikbaar is om een obstakelbeveiliger te plaatsen. Het is dan ook niet nodig hieraan eisen te ontleen om het ontwerp van een obstakelbeveiliger op te baseren.

In de tweede plaats zijn tussenbermen aan te treffen tussen hoofdrijbanen met verkeer in dezelfde richting, bijvoorbeeld bij klaverbladen. Als de beschikbare ruimte dezelfde afmetingen heeft als bij standaard-uitvoeringen, kunnen voor een obstakelbeveiliger dezelfde dimensies toegepast worden. Veelal zal echter de basisbreedte geringer zijn. Er kan worden uitgegaan van een minimale breedte van 1 m. Hieraan kan een functionele eis ontleend worden dat de minimale breedte van een te ontwerpen type van de obstakelbeveiliger ca. 1 m moet bedragen.

Wat de afsteuning (aan de achterzijde) van de obstakelbeveiliger betreft zal de wegbeheerder evenals bij uitvoeringen moeten bekijken of een aparte afsteuning noodzakelijk is of dat gebruik gemaakt kan worden van de aanwezige fundering van het af te schermen obstakel.

#### Tijdelijke afscherming

Bij werken in uitvoering kan tijdelijke afscherming met een obstakelbeveiliger gewenst zijn.

Aan het tijdelijk afschermen kan de eis worden ontleend dat de obstakelbeveiliger en zijn fundering verplaatsbaar moeten zijn. Aangezien de ruimte bij situaties van werken in uitvoering vaak beperkt zal zijn, lijkt een smalle en zo kort mogelijke constructie gewenst.

### 3.2.3. Functionele eisen gebaseerd op veiligheidsaspecten

Op grond van algemene inzichten omtrent de verkeersveiligheid zijn aspecten aan te geven die voor de functionele eisen van belang zijn. Zo kunnen de vormgeving en de afstand van de obstakelbeveiliger tot aan de wegrand als voorbeelden genoemd worden. De aspecten zijn te splitsen in pre-crash-, crash- en post-crashaspecten.

#### Pre-crashaspecten

Het ontwerp van de obstakelbeveiliger dient zodanig te zijn dat hij qua uitvoering in het karakter van de wegberm past. Een vorm die gelijkenis vertoont met die van geleiderailconstructies past bijvoorbeeld goed bij wegen waar zo'n constructie aanwezig is. De vormgeving van het front van de obstakelbeveiliger geeft meer problemen. Wordt deze nl. als een star object gezien (als niet duidelijk of bekend is hoe een obstakelbeveiliger bij een frontale botsing functioneert), kan dit leiden tot ontwijkmanoeuvres, die mogelijk een ernstiger afloop hebben dan een aanrijding tegen een goed functionerende obstakelbeveiliger. Op welke wijze de vormgeving, al dan niet in combinatie met markering en bebakening, het beste gerealiseerd kan worden, dient nog nader bestudeerd te worden.

Daarnaast zijn de vormgeving en de afstand van de obstakelbeveiliger tot aan de wegrand aspecten die van belang zijn in verband met de visuele versmalling van de rijbaan. Wat de vormgeving betreft kan genoemd worden dat de obstakelbeveiliger niet (veel) hoger mag zijn dan een geleiderailconstructie. Wat de afstand van de obstakelbeveiliger tot aan de kantstreep betreft, kunnen de eisen ontleend worden aan de in de vorige paragraaf genoemde ROA-richtlijnen (RWS, 1975).

#### Crashaspecten

In de Inleiding is gesteld dat de functionele eisen omtrent het functioneren van een obstakelbeveiliger bij een aanrijding in Hoofdstuk 4 zullen worden behandeld. Daar wordt nu dan ook naar verwezen.

Een crashaspect dat slechts op indirecte wijze met een aanrijding te maken heeft, dient hier wel te worden genoemd. Het betreft de afmetingen en de plaats van de obstakelbeveiliger. Deze moeten zodanig zijn dat bewerk-



stellig wordt dat door de aanwezigheid van de obstakelbeveiliging de kans dat van de rijbaan afgeraakte voertuigen met de obstakelbeveiliging in aanraking komen zo gering mogelijk is. Dit uiteraard onder de algemene voorwaarde dat een mogelijke verhoging van de frequentie van aanrijdingen tegen de obstakelbeveiliging minstens dient op te wegen tegen de vermindering van het totale risico. Dit vereist een afweging tussen een situatie met een obstakelbeveiliging en een situatie met uitsluitend een obstakel.

### Post-crashaspecten

Het is van belang dat de vormgeving en plaats van de obstakelbeveiliging zodanig is dat de breedte van een aanwezige bergingszone niet wordt beperkt. Als voldaan wordt aan de pre-crash-eisen wordt in het algemeen ook aan dit post-crashaspect voldaan.

### 3.3. Kenmerken van het verkeer

De obstakelbeveiliging is een verkeersvoorziening, en dient dan ook afgestemd te zijn op kenmerken van het verkeer daar waar obstakelbeveiligers van nut kunnen zijn.

Het is van belang vast te stellen op welke typen voertuigen een obstakelbeveiliging afgestemd moet zijn. Een ander verkeerskenmerk betreft de gereden snelheden op wegen waar een obstakelbeveiliging toegepast kan gaan worden.

#### 3.3.1. Functionele eisen gebaseerd op typen voertuigen

De obstakelbeveiliging is een voorziening die moet voorkómen dat van de rijbaan afgeraakte voertuigen met een star obstakel in aanraking komen. In principe geldt dit voor alle categorieën voertuigen.

Afgezien van de kenmerken van ongevallen (zie par. 3.4.) kan op grond van overwegingen omtrent de constructiemogelijkheden worden ingeschat voor welke typen voertuigen een obstakelbeveiliging effectief zou kunnen werken.

Theoretisch zou een obstakelbeveiliging op elk type voertuig afgestemd kunnen worden.

Afstemming op tweewielers brengt echter nogal wat constructieve problemen

met zich mee. Er zouden dan bepaalde voorzieningen gecreëerd moeten worden om de betrokkenen bij een botsing op te vangen.

Ook afstemming op de categorie zware voertuigen (vrachtauto's en bussen) zou grote problemen opleveren. De massa en de ligging van het zwaartepunt van deze voertuigen is dermate groot, resp. hoog, dat deze een obstakelbeveiliger met erg forse dimensies zouden opleveren. Dit lijkt vooralsnog niet realistisch.

Praktisch is het afstemmen van de obstakelbeveiliger op personenauto's en lichte bestelauto's goed realiseerbaar. De massa en de ligging van het zwaartepunt zijn zodanig dat daarvoor energie-absorberende constructies met relatief geringe afmetingen ontworpen kunnen worden.

Bij het ontwerp moet dan wel zoveel mogelijk rekening worden gehouden met andere categorieën weggebruikers. Om het risico voor berijders van tweewielers te beperken, moeten scherpe delen aan een obstakelbeveiliger zoveel mogelijk worden vermeden.

### 3.3.2. Functionele eisen gebaseerd op gereden snelheden op wegen

Bij het frontaal aanrijden van de obstakelbeveiliger moet de kinetische energie door de obstakelbeveiliger geabsorbeerd worden. Deze kinetische energie ( $E_k$ ) wordt bepaald door de voertuigmassa ( $m$ ) en het kwadraat van de botssnelheid ( $v^2$ ) van het voertuig ( $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ). De botssnelheid is hiermee van grote invloed op de hoeveelheid te vernietigen energie.

Voor wat betreft het verkeerskenmerk "snelheid" kunnen de functionele eisen op drie definities gebaseerd worden, nl. op basis van de gereden snelheden, de inrijsnelheden en de botssnelheden. De botssnelheid zal uiteraard de beste maatstaf zijn. Gegevens hierover zijn nauwelijks beschikbaar. Meer is bekend over de inrijsnelheid (zie par. 3.4.2.). Deze zal in het algemeen iets hoger zijn dan de botssnelheid.

Voor algemene toepassing zal de obstakelbeveiliger op deze inrijsnelheid afgestemd worden (zie eveneens par. 3.4.2.). Bij toepassing in meer specifieke situaties heeft een "algemene" inrijsnelheid weinig betekenis. De te plaatsen obstakelbeveiliger kan dan beter afgestemd worden op basis van gegevens van ter plaatse gereden snelheden. Aangezien de inrijsnelheid in de berm in het algemeen wat lager zal zijn dan de gereden snelheid, is hiermee tevens een zekere veiligheidsmarge ingebouwd.

### 3.4. Kenmerken van ongevallen

Voor het opstellen van de functionele eisen voor een obstakelbeveiliging kunnen belangrijke gegevens ontleend worden aan de kenmerken van bermongevallen, zoals voertuigtype en de wijze waarop een obstakelbeveiliging aangereden kan worden (inrijhoek, inrijnsnelheid).

#### 3.4.1. Functionele eisen gebaseerd op voertuigtype

Op grond van ongevallencijfers kan bepaald worden welke typen voertuigen met een obstakelbeveiliging in aanraking zullen kunnen komen. Dit zou het best gebaseerd kunnen worden op gegevens over ongevallen waar die typen obstakels bij betrokken waren die in aanmerking komen met een obstakelbeveiliging afgeschermd te worden. De registratie van verkeersongevallen is echter niet zodanig gedetailleerd dat deze typen ongevallen geselecteerd kunnen worden.

Wel is het mogelijk van meer algemene ongevallencijfers gebruik te maken. Omtrent eventuele aanrijdingen tegen een obstakelbeveiliging is een goede indicatie te verkrijgen uit cijfers betreffende (slachtoffers bij) ongevallen waarbij een vervoermiddel van de rijbaan is geraakt. De hierna volgende cijfers zijn afkomstig uit het eerder in de Inleiding genoemde rapport "Wegbermongevallen" (SWOV, 1982).

In de analyse zijn de aantallen doden bij bermongevallen verdeeld naar wijze van verkeersdeelname van het slachtoffer, en de plaats van het ongeval binnen of buiten de bebouwde kom, en per wegbeheerder (gemeente, provincie, rijk), zie Tabel 2. Deze tabel betreft het aantal doden bij wegbermongevallen die in de periode 1974 t/m 1977 zijn geregistreerd. Uit de tabel blijkt dat inzittenden van personenauto's het meest slachtoffer zijn bij wegbermongevallen. Bij ongevallen buiten de bebouwde kom betreft dit ca. 78% van het totale aantal doden betrokken bij wegbermongevallen, bij wegbermongevallen binnen de bebouwde kom is dit ca. 65%. De percentages voor de overige verkeersdoden bij bermongevallen buiten en binnen de bebouwde kom zijn als volgt: (inzittenden van) vrachtauto/bus ca. 2 en < 1, bestelauto ca. 2 en ca. 1, motor/scooter ca. 6 en ca. 11, bromfiets ca. 9 en ca. 18, fiets ca. 1 en ca. 3 en voetganger/overig ca. 1 en ca. 2.

Deze percentages vormen een duidelijke basis voor hetgeen in de vorige paragraaf reeds op andere gronden werd aangegeven: de functionele eisen van een obstakelbeveiliger dienen in belangrijke mate te zijn afgestemd op aanrijdingen met personenauto's.

#### 3.4.2. Functionele eisen gebaseerd op de inrijhoek en inrijsnelheid

Het ontwerp van een obstakelbeveiliger is erg afhankelijk van ongevalgegevens zoals de inrijhoek en inrijsnelheid. Aangezien dergelijke gegevens niet van de Nederlandse ongevallen voorhanden zijn, is gebruik gemaakt van literatuurgegevens uit het buitenland.

Omdat ook hierin geen voldoende gegevens over aanrijdingen met obstakelbeveiligers te vinden zijn, is weer gebruik gemaakt van gegevens omtrent van de rijbaan afgeraakte voertuigen.

Om in voldoende mate rekening te houden met de inrijhoek en inrijsnelheid dient een obstakelbeveiliger te voldoen bij relatief ernstige botscondities. Aangenomen wordt dat deze zich o.a. op de autosnelwegen zullen voordoen. Bij de vaststelling van de criteria voor inrijhoek en inrijsnelheid zijn dan ook gegevens gebruikt omtrent van de autosnelweg geraakte voertuigen, in casu personenauto's, in verband met het gestelde in de vorige paragrafen.

#### Inrijhoek

De relatie tussen de inrijhoek en het percentage personenauto's dat een gegeven inrijhoek heeft overschreden, zoals deze is weergegeven in Afbeelding 3, is herleid uit een aantal onderzoeken. De auteurs zijn naast de curves vermeld. Verdere gegevens zijn te vinden in de literatuurlijst. Bij het bepalen van een inrijhoek is, om geen rekening met uitschieters te hoeven houden, een waarde van de inrijhoek bepaald die in 85% van de gevallen dat een voertuig van de rijbaan afraakt niet wordt overschreden. Ten einde deze waarde met behulp van de uit de literatuur gevonden curves te kunnen vaststellen, is als volgt te werk gegaan. De buitenste van de afgebeelde curves zijn als begrenzingen gezien van de "bandbreedte" die de relatie tussen de inrijhoek en het percentage voertuigen aangeeft. Bij het (arbitrair) vastgestelde percentage van 15% is ongeveer in het midden van de "bandbreedte" een inrijhoek vastgesteld. Hieruit volgde een inrijhoek van 25°.

Dit houdt in dat op grond van bovengenoemde gegevens verwacht mag worden dat bij ongevallen niet meer dan ongeveer 15% van de voertuigen de rijbaan verlaat met een grotere inrijhoek dan  $25^{\circ}$ .

### Inrijsnelheid

In het algemeen is het moeilijk betrouwbare gegevens te verkrijgen over de snelheid waarmee voertuigen de rijbaan verlaten. Betere gegevens dan die zijn verzameld in Afbeelding 4 zijn, voor zover bekend, niet beschikbaar. Voorshands zullen deze dan ook gebruikt moeten worden.

In Afbeelding 4 zijn inrijsnelheden uitgezet tegen het percentage voertuigen dat een bepaalde inrijsnelheid heeft overschreden. Op analoge wijze als bij de inrijhoek kan ook hier met behulp van de "bandbreedte" de relatie tussen inrijsnelheid en het percentage betrokken voertuigen worden vastgesteld.

Als ook hier de 15%-waarde wordt gehanteerd, blijkt de maximum inrijsnelheid op ca. 100 km/h uit te komen.

### Verband inrijsnelheid en inrijhoek

Uit de literatuur blijkt een samenhang tussen inrijsnelheden en inrijhoeken. In Afbeelding 5 is deze samenhang grafisch weergegeven. Over de betrouwbaarheid van de gegevens kan hetzelfde worden gezegd als eerder met betrekking tot "inrijsnelheid" is opgemerkt.

Uit Afbeelding 5 kan in het algemeen worden geconcludeerd dat naarmate de inrijsnelheid hoger is, de hoek van inrijden geringer is. Ook hier kan weer een "bandbreedte" en een "middellijn" binnen deze bandbreedte bepaald worden. Deze middellijn op 50% stellend, kan een 85%-lijn gevonden worden. Deze 50%- en 85%-lijnen zijn in Afbeelding 5 uitgezet.

Uitgaande van deze 85%-lijn kan bepaald worden aan welke relaties tussen inrijsnelheid en inrijhoek een obstakelbeveiliger moet voldoen: nl. bij 100 km/u tot  $10^{\circ}$ ; bij 80 km/u tot  $15^{\circ}$  en bij 60 km/u tot  $25^{\circ}$  inrijhoek.

### 3.5. Kenmerken van voertuigen

#### 3.5.1. Inleiding

In de voorgaande paragrafen is aangevoerd dat een obstakelbeveiliger, praktisch gezien, afgestemd moet zijn op de personenauto. Dit houdt in dat die voertuigkenmerken opgesomd moeten worden die relevant zijn bij een aanrijding van een personenauto tegen een obstakelbeveiliger.

#### 3.5.2. Functionele eisen gebaseerd op kenmerken van personenauto's

Van de personenautokenmerken worden de volgende van belang geacht: massa, lengte, breedte, bodemvrijheid en hoogte zwaartepunt. Van deze kenmerken zijn in de Afbeeldingen 6 t/m 9 de cumulatieve verdelingen gegeven van in 1967 t/m 1976 (CBS, 1977) en 1969 t/m 1975 (RWS, 1980) verkochte personenauto's.

Gezien de grote spreiding van waarden van deze kenmerken is het gewenst een onder- en bovengrens vast te stellen, waarmee bewerkstelligd wordt dat geen rekening gehouden wordt met die waarden die gezien de frequentie van voorkomen van minder belang zijn. De grenzen zijn zodanig bepaald dat 85% van de voertuigen daar binnen zullen vallen. Bij een evenredige aftopping op grond van de frequentie van voorkomen zal deze zowel aan de onderzijde als de bovenzijde van deze cumulatieve verdelingen  $7\frac{1}{2}\%$  bedragen.

Bij het kenmerk "hoogte zwaartepunt" kunnen op deze wijze geen onder- en bovengrenzen bepaald worden omdat geen Nederlandse gegevens beschikbaar zijn en moet worden volstaan met een frequentieverdeling op basis van Zwitsers onderzoek.

#### Voertuigmassa

Volgens de cumulatieve verdeling van de voertuigmassa valt 85% van de voertuigen binnen de waarden van 600 en 1150 kg, zie Afbeelding 6 (CBS, 1977). Deze waarden betreffen de voertuigmassa in onbelaste toestand.

### Lengte

Volgens de cumulatieve verdeling van de lengte van personenauto's valt 85% binnen de waarden van 3,55 en 4,50 m, zie Afbeelding 7 (RWS, 1980).

### Breedte

Volgens de cumulatieve verdeling van de breedte van personenauto's valt 85% binnen de waarden van 1,44 en 1,73 m, zie Afbeelding 8 (RWS, 1980).

### Bodemvrijheid

Volgens de cumulatieve verdeling van de bodemvrijheid van personenauto's valt 85% binnen de waarden van 11,5 en 18,5 cm, zie Afbeelding 9 (RWS, 1980).

Bij deze gegevens van de bodemvrijheid zij opgemerkt dat niet in alle gevallen vermeld is op welke plaats deze gemeten is. Wel is uitgegaan van de maximale toegestane belading.

### Hoogte zwaartepunt

Van de ligging van de hoogte van het zwaartepunt is op basis van de beschikbare gegevens geen cumulatieve verdeling te geven.

In een Zwitsers onderzoekverslag worden hoogte van het zwaartepunt van diverse personenauto's vermeld (Automobildynamische Versuchsstelle, jaartal onbekend). De indruk bestaat dat de daarin vermelde personenauto's representatief zijn voor de gefabriceerde personenauto's in de genoemde bouwjaren. De beschouwde typen maken met 38% deel uit van de personenautomarkt van Nederland, met als peildatum 1976 (CBS, 1977).

De zwaartepunthoogtes van de in Zwitersland gemeten personenauto's zijn in een blokdiagram uitgezet (Afbeelding 10). Uit dit diagram blijkt dat nagenoeg alle gemeten personenautotypen een zwaartepuntshoogte hebben die ligt tussen de 49 en 59 cm. (Meer dan 99% van de in het diagram verwerkte typen).

### 3.6. Functionele eisen gebaseerd op de additionele voorwaarden van de wegbeheerder

In het voorgaande zijn functionele eisen aan de orde gesteld die van belang zijn voor de verkeersveiligheid. Daarnaast zijn er eisen aan een obstakelbeveiliger te stellen die geen of in mindere mate relatie met de verkeersveiligheid hebben, maar die van belang zijn voor de praktische toepassing. Met deze eisen zal zo veel mogelijk rekening moeten worden gehouden.

De volgende additionele eisen kunnen genoemd worden:

- De montage en plaatsing van een obstakelbeveiliger moet eenvoudig zijn en door niet-gespecialiseerde mensen kunnen worden uitgevoerd.
- Het herstel van een obstakelbeveiliger na een aanrijding moet bij voorkeur zo eenvoudig mogelijk kunnen geschieden.
- De duurzaamheid van een obstakelbeveiliger dient overeenkomstig de eisen te zijn die door de Rijkswaterstaat aan wegmeubilair (bijvoorbeeld aan geleiderailconstructies) gesteld worden.
- De uitvoering van een obstakelbeveiliger dient zodanig te zijn dat hij zoveel mogelijk bestand zal zijn tegen vandalisme.
- De kostprijs van een obstakelbeveiliger moet zo laag mogelijk zijn.



#### 4. FUNCTIONELE EISEN TE STELEN AAN EEN OBSTAKELBEVEILIGER BIJ HET FUNCTIONEREN TIJDENS EEN AANRIJDING

##### 4.1. Inleiding

In Hoofdstuk 3 is aangegeven dat de functionele eisen in twee hoofdgroepen verdeeld kunnen worden. Dit hoofdstuk behandelt de tweede hoofdgroep, nl. de eisen noodzakelijk voor het goed functioneren van een obstakelbeveiliger bij een aanrijding.

Als een algemene functionele eis geldt dat bij een aanrijding van een voertuig tegen een obstakelbeveiliger de inzittenden van het voertuig geen ernstig letsel mogen oplopen, terwijl ook overige weggebruikers ten gevolge van een dergelijke aanrijding geen gevaar mogen lopen. De bovenstaande algemene functionele eis zal in hetgeen volgt meer gespecificeerd worden. Eerst zullen evenwel twee principiële verschillende wijzen van aanrijden besproken worden.

##### 4.2. Functionele eisen gebaseerd op de wijze van aanrijden

Als wordt uitgegaan van een vormgeving zoals die globaal bij de meeste typen obstakelbeveiligers voorkomt, kan een obstakelbeveiliger op twee principiële verschillende wijzen aangereden worden, nl. op de neus of in de flank. Elk van deze wijzen van aanrijden leidt tot specifieke eisen aan de constructie.

Vindt een aanrijding op de neus plaats, dan dient de obstakelbeveiliger zodanig te functioneren dat het voertuig binnen de lengte van de obstakelbeveiliger tot stilstand gebracht wordt. Dit moet ook het geval zijn als de aanrijding schuin of excentrisch op de neus plaats vindt.

Vindt een aanrijding in de flank van een obstakelbeveiliger plaats dan dient de obstakelbeveiliger op dezelfde wijze te werken als een geleiderailconstructie: het voertuig moet van richting veranderd worden zodat het langs de obstakelbeveiliger en het obstakel wordt geleid.

N.B. Hoewel het bij flankbotsingen in principe niet onmogelijk is het voertuig binnen korte afstand tot stilstand te brengen, is hier gekozen voor geleiding en wel om twee redenen. In de eerste plaats vanwege te verwachten constructieve problemen in combinatie met te verwachten hoge

vertragingswaarden en in de tweede plaats vanwege het feit dat de obstakelbeveiliger bij plaatsing binnen een puntstuk, in veel gevallen op een geleiderailconstructie aangesloten zal worden. De geleiderailconstructie schermt af op basis van geleiding. Overwegingen van continuïteit leiden dan ook tot de keuze van het principe van geleiding door de obstakelbeveiliger bij flankaanrijdingen boven die voor andere mogelijkheden.

#### 4.3. Functionele eisen gebaseerd op de ernst van een aanrijding

Een aanrijding tegen een obstakelbeveiliger mag geen ernstige afloop voor de inzittenden van het voertuig hebben. Dit is een belangrijke eis. Naast theoretische beschouwingen die vooral van belang zijn bij het beschouwen van een ontwerp, zullen in het algemeen ook proefnemingen nodig zijn om uiteindelijk uitspraken te kunnen doen over o.a. de te verwachten ernst van de botsing.

Er bestaan criteria waaraan gemeten waarden aan het voertuig en proefpoppen moeten voldoen.

Metingen aan het voertuig betreffen de vertragingen. Deze voertuigvertragingen kunnen dienen bij de bepaling van de kans op letsel voor de inzittenden. Bij het in dit rapport behandelde onderzoek zijn ze als de belangrijkste beoordelingsaspecten gehanteerd. Aangezien de voorkomende langs-, dwars- en verticale voertuigvertraging in hun totaliteit de bewegingen van de inzittenden beïnvloeden, dienen ze ook in samengestelde vorm te worden beoordeeld. Daartoe is in de Verenigde Staten een norm ontwikkeld (Ross & Post, 1972): de Acceleration Severity Index (ASI). In dit ASI-criterium worden de voertuigvertragingen in de drie richtingen gerelateerd aan een maximum toelaatbare vertragingsswaarde in een bepaalde richting. De uitkomst is daarom een dimensieloos getal. De toelaatbare vertragingsswaarden in de richtingen longitudinaal, lateraal en verticaal zijn resp. 7, 5 en 6 g. (In Bijlage 3 wordt meer achtergrondinformatie betreffende deze berekeningswijze gegeven).

Het ASI-criterium wordt bij onderzoek als volgt gehanteerd: is de voertuigvertraging zodanig dat: de ASI kleiner is dan ca. 1, dan duidt dit er op dat voertuiginzittenden die geen autogordel dragen, in het algemeen geen ernstig letsel oplopen. Als de ASI kleiner is dan ca. 1,6, dan duidt dit er op dat voertuiginzittenden die wel een autogordel dragen, in het

algemeen eveneens geen ernstig letsel oplopen.

Ten aanzien van dit criterium moet opgemerkt worden dat de huidige stand van kennis niet toelaat te stellen dat vaststelling en toepassing ervan wetenschappelijk gezien geheel verantwoord is. Betere criteria zijn er, naar ons bekend is, echter niet. Daarom dienen de uitkomsten met de nodige voorzichtigheid gehanteerd te worden.

Tijdens proefnemingen bij het hier beschreven onderzoek aan obstakelbeveiligers is duidelijk geworden dat de ASI niet of minder bruikbaar is als er sterke voertuigrotatie optreedt. Dit is in het bijzonder bij flankaanrijdingen het geval. Daarom zijn bij de laatste proefnemingen naast metingen aan het voertuig, metingen aan proefpoppen verricht. Deze aanvullende metingen betroffen vertragingen van het hoofd en de kracht uitgeoefend op de autogordel. Ter bepaling of de gemeten waarden acceptabel zijn of niet, dienen ze eveneens aan normen te worden gerelateerd. Hoewel momenteel nog veel onderzoek naar criteria bij het gebruik van proefpoppen wordt verricht en aan de tot nu toe beschikbare kennis geen absolute betekenis mag worden gehecht, geven de huidige criteria omtrent hoofdletsels en borstletsels enige houvast.

Om de ernst van mogelijke hoofdletsels bij laboratoriumproeven en reconstructies van ongevallen te schatten, wordt tot op heden het meest gebruik gemaakt van het Head Injury Criterion (HIC). Dit criterium wordt berekend op basis van het verloop van de resulterende versnellingen van het hoofd (zie verder Bijlage 3).

Als grenswaarde voor het niet-ontstaan van (ernstig) letsel als gevolg van vertragingen of stootbelastingen wordt veelal een waarde van 1000 gehanteerd (Chou & Nyquist, 1974).

Een norm voor de ernst van borstletsels als gevolg van gordelkrachten is niet beschikbaar. Er zijn echter wel veel literatuurgegevens bekend. Uit deze gegevens kan gedistilleerd worden dat een gordelkracht van boven de 5000 N een kans van ca. 15% op matig of ernstiger letsel oplevert. In Bijlage 3 wordt ook hierover meer achtergrondinformatie gegeven.

#### 4.4. Functionele eisen gebaseerd op overige crash-aspecten

##### Stopafstand

De afstand waarbinnen het voertuig bij een frontale botsing tot stilstand komt, moet kleiner zijn dan de lengte van een obstakelbeveiliger, omdat anders het gevaar bestaat dat het voertuig met het zich achter de beveiliger bevindende starre obstakel in aanraking komt. In verband hiermee mag het voertuig tijdens de aanrijding ook niet zodanig omhoog komen dat het over de obstakelbeveiliger heen schiet en tegen het af te schermen obstakel botst. Uiteraard is het eveneens zeer ongewenst als het voertuig onder de obstakelbeveiliger zou kunnen doorschieten.

##### Zijdelingse afwijkingen

Voorkomen moet worden dat het voertuig na de aanrijding op de rijbaan tot stilstand komt. Dit houdt o.m. in dat het voertuig tijdens de aanrijding niet veel mag roteren. Ook mag de terugkaatsing (rebound) niet erg groot zijn.

##### Geleiding

Bij een aanrijding in de flank van de obstakelbeveiliger dient het voertuig zodanig van richting veranderd te worden, dat het langs het af te schermen obstakel geleid wordt. Hierbij dient de uitrijhoek gering te blijven.

##### Losse delen

Tijdens een botsing mogen geen onderdelen van de obstakelbeveiliger zodanig uit het botsingsvlak weggedrukt of weggeslingerd worden, dat deze onderdelen een niet gewenst obstakel op de rijbaan vormen en zo gevaar of hinder voor het overige verkeer opleveren. Tevens wordt daarbij voorkomen dat overige weggebruikers door deze onderdelen getroffen worden.

## 5. TOETSING VAN DE ENERGITE EN GREAT OBSTAKELBEVEILIGER

De in Hoofdstuk 3 en 4 vastgestelde functionele eisen zijn samengevat (zie Bijlage 4); tevens is ten behoeve van de toetsing een check-list vervaardigd (zie Bijlage 5). In hetgeen hier volgt worden de Energite en GREAT obstakelbeveiligers in het kort besproken (zie verder SWOV, 1980). Zoals in het Voorwoord reeds is aangegeven blijken beide systemen op een aantal punten niet aan de functionele eisen te voldoen. Dit was aanleiding voor de Rijkswaterstaat de SWOV te verzoeken een voor de Nederlandse situatie geschikte obstakelbeveiliging te (doen) ontwerpen.

N.B. Ter vergelijking is ook de toetsing van de nieuw ontworpen constructie RIMOB in Bijlage 5 opgenomen (zie verder Hoofdstuk 10).

### 5.1. De Energite obstakelbeveiliging

De Energite obstakelbeveiliging (Energite Module Inertial Barrier, zie Afbeelding 11) is een constructie die bestaat uit een opstelling van met zand gevulde tonnen. Bij een aanrijding zorgt het zand voor het grootste gedeelte van de energie-vernietiging. Het zand is zodanig in en over de tonnen verdeeld dat het zwaartepunt van de zandmassa in de beveiliging op de gemiddelde hoogte van het zwaartepunt van personenauto's ligt. De werking van dit type obstakelbeveiliging berust op het principe dat bij aanrijding de tonnen successievelijk stukspringen, waardoor er steeds een massa "zwevend" zand voor de opname van energie zorgdraagt. De eerste tonnen van de obstakelbeveiliging, die met de hoogste snelheid getroffen worden, bevatten het minste zand; de daarop volgende steeds meer. De laatste tonnen, die uiteindelijk het voertuig tot stilstand moeten brengen, bevatten de grootste hoeveelheid zand. Hierdoor wordt een zekere gelijkmatigheid in de optredende vertragingen bereikt. De tonnen staan los van elkaar en kunnen in elke willekeurige opstelling geplaatst worden; hierbij is geen fundering noodzakelijk. De eenvoudige plaatsing kan als een groot voordeel van de Energite gezien worden.

Dit voordeel weegt echter niet op tegen de nadelen. De meest kenmerkende nadelen zijn:

- bij een aanrijding in de flank van de Energite obstakelbeveiliging ontstaan te hoge voertuigvertragingen, en er bestaat de kans dat het voer-

tuig door de constructie heen schiet en toch met het obstakel in aanraking komt.

- bij een frontale aanrijding kan het voertuig over de constructie heen schieten
- bij een aanrijding worden diverse onderdelen weggeslingerd
- minder goed toepasbaar in situaties met weinig ruimte in de breedte
- kan niet op een geleiderailconstructie aangesloten worden

## 5.2. De GREAT obstakelbeveiliging

De Guard Rail Energy Absorbing Terminal of GREAT obstakelbeveiliging (zie Afbeelding 12) is een U-vormige constructie van in elkaar schuifbare flankdelen, met in de ruimten daartussen energie-absorberend materiaal. Bij een aanrijding op de neus schuift de constructie in elkaar, terwijl het energie-absorberend materiaal (verkrummelbaar lichtbeton) voor de energievernietiging zorgt.

Bij een aanrijding tegen de zijkant van de obstakelbeveiliging wordt het voertuig zodanig van richting veranderd dat het langs de beveiliging en het obstakel geleid wordt. Bij dergelijke aanrijdingen buigt de constructie nauwelijks uit omdat de poten in dwarsrichting verankerd zijn met behulp van kettingen. Deze kettingen zitten evenwel zodanig bevestigd dat ze bij een frontale botsing kunnen losschieten, waardoor de constructie in elkaar kan schuiven.

De principiële werking ervan is uitstekend: het voertuig wordt bij een frontale aanrijding tot stilstand gebracht en bij een flankaanrijding wordt het geleid.

Er kleven echter twee grote bezwaren aan:

1. De GREAT is afgestemd op zware Amerikaanse personenauto's. Aangezien zelfs bij deze typen voertuigen de voertuigvertragingen al aan de hoge kant zijn, zou een aanrijding met een lichte Europese of Japanse personenauto zeker onacceptabel zijn
2. De parallelvorm van de GREAT maakt het, zonder ingrijpende constructieve wijzigingen aan te brengen, niet mogelijk de constructie geschikt te maken voor toepassing in een V-vorm.

Verder traden bij excentrische botsingen grote voertuigrotaties op. Dit is overigens in het algemeen inherent aan dergelijke typen botsingen.

De bezwaren waren van dien aard dat aanvankelijk overwogen is de GREAT zodanig te modificeren dat deze obstakelbeveiliger geschikt gemaakt zou kunnen worden voor de Nederlandse situatie. Twee punten waren voor de overheid van een zodanig belang, dat hiervan werd afgezien. Deze punten waren dat de GREAT middels een octrooi beschermd was en dat de kostprijs hoog was. Verder heeft meegespeeld dat wijzigingen aan de GREAT toch het nodige ontwikkelingsonderzoek en beproevingen met zich mee zouden brengen.

Op grond hiervan heeft Rijkswaterstaat besloten de SWOV opdracht te geven een nieuw type obstakelbeveiliger te (doen) ontwerpen en te beproeven.

## 6. BASISELEMENTEN VOOR EEN NIEUW TYPE OBSTAKELBEVEILIGER

### 6.1. Inleiding

De behoefte aan een deugdelijke afscherming van obstakels heeft er toe geleid dat is besloten een nieuw type obstakelbeveiliger te ontwikkelen, te baseren op de functionele eisen geldend voor de Nederlandse situatie.

### 6.2. Basiselementen

De ontwikkeling is gestart met het bepalen van de basiselementen van de te ontwerpen obstakelbeveiliger. Deze moeten gebaseerd zijn op de volgende hoofdvoorwaarden afgeleid van de geformuleerde functionele eisen.

1. Bij een aanrijding tegen de neus van de obstakelbeveiliger moet het voertuig volledig afgeremd worden.

Basiselementen: De constructie moet in elkaar kunnen schuiven, waarbij de kinetische energie van het botsende voertuig geabsorbeerd moet worden. Gekozen is voor een samenstel van samendrukbare eenheden (segmenten) met daarin materiaal dat energie kan absorberen.

2. Bij een aanrijding tegen de flank van de constructie moet het voertuig van richting worden veranderd en verder geleid worden.

Basiselementen. De flank van de obstakelbeveiliger moet als een energie-absorberende ligger functioneren.

3. De obstakelbeveiliger moet in een puntstuk geïntegreerd kunnen worden. De tophoek van de "standaard" obstakelbeveiliger moet  $13^{\circ}$  zijn. De neusbreedte moet ca. 1 m bedragen.

Basiselementen. De obstakelbeveiliger moet in een V-vorm geconstrueerd worden. Deze vorm geeft echter complicaties: de obstakelbeveiliger kan niet in elkaar schuiven zonder vast te lopen. Dit heeft er toe geleid dat knikstrippen zijn ontwikkeld, die door te vervormen het mogelijk maken dat de flankdelen langs elkaar schuiven (Afbeelding 13).



4. De obstakelbeveiliger moet aansluiten op geleiderailconstructies.

Basiselementen. De obstakelbeveiliger moet van flankdelen voorzien worden die het profiel hebben van geleiderail. Als standaard geleiderails gebruikt zouden kunnen worden, is dit gunstig voor de kostprijs.

5. De montage van de obstakelbeveiliger moet zo eenvoudig mogelijk zijn. De kosten van fundering moeten beperkt blijven.

Basiselementen. Om ervoor te zorgen dat de verankering van de obstakelbeveiliger zo eenvoudig mogelijk is, is uitgegaan van een ontwerp met slechts twee verankeringspunten: het achterste segment afgesteund tegen de fundering en het voorste segment met pootjes opgesloten in een geleiding.

6. De mate van energie-absorptie moet "programmeerbaar" zijn: de hoeveelheid energie die (per segment) geabsorbeerd moet worden moet (eenvoudig) te wijzigen zijn. Verder moet het materiaal dat hiervoor gebruikt wordt zo eenvoudig mogelijk zijn.

Basiselementen. Als materiaal voor de energie-absorptie is gekozen voor dunwandige buizen, te vergelijken met kachelpijpen. Dunwandige buizen die de eigenschap hebben dat ze bij axiale belasting gaan rimpelen worden rimpelbuizen genoemd. Het arbeidsvermogen van rimpelbuizen is per massa- (prijs)eenheid relatief hoog. Door dergelijke buizen in lengterichting in de segmenten van de obstakelbeveiliger te plaatsen, wordt bij het samendrukken van het segment energie door het rimpelen van de buizen opgenomen. Daarom kreeg de te ontwerpen obstakelbeveiliger de naam "RIMOB": RIMpelbuis-OBstakelbeveiliger.

## 7. HET EERSTE ONTWERP VAN DE RIMOB EN DE BEPROEVINGEN DAARAAN

### 7.1. Het eerste ontwerp

Met de in Hoofdstuk 6 genoemde basiselementen lag het ontwerp in grote lijnen vast. De zes basiselementen dienden nog tot één constructie samengevoegd te worden. Dit is uitgevoerd met tot resultaat een ontwerp zoals dat in Afbeelding 14 is weergegeven.

De constructie is opgebouwd uit modules, de zgn. segmenten. Elk segment bestaat uit een dwarssteun en twee flankdelen. De lengte van een segment bedraagt ca. 1 m. De breedte (vooraan ca. 1 m) neemt van voor naar achter toe (tophoek  $13^{\circ}$ ).

De flankdelen, elk met een lengte van ruim 1 m, overlappen elkaar. Bij een aanrijding op de neus van de beveiliging kunnen ze hierdoor over elkaar schuiven. Bij een aanrijding in de flank werken ze als een ligger. Om aansluiting of normale geleiderailconstructies mogelijk te maken is gekozen voor flankdelen met golvingen volgens standaard-geleiderailprofiel. Op grond van sterkte-overwegingen werd gekozen voor drie golvingen. De flankdelen worden met flankgeleiders bij elkaar gehouden.

In de segmenten bevinden zich de rimpelbuizen, die bij een frontale aanrijding de kinetische energie van het voertuig absorberen. Bij de constructie van Afbeelding 14 is de grootte van de energie-absorptie door de buizen (nog) voor alle segmenten gelijk.

Per segment zijn drie rimpelbuizen in een driehoeksofstelling aangebracht (zie Afbeelding 15). Deze opstelling is gekozen om de constructie zowel in verticale richting als in dwarsrichting de nodige stabiliteit te geven. De hoogte van de rimpelbuizen boven "grondniveau" is van belang voor de reactiekracht van de constructie. Deze moet afgestemd zijn op de hoogte van de kracht die door het botsende voertuig wordt geleverd. De drie rimpelbuizen per segment zijn zodanig geplaatst dat de reactiekracht van de constructie in het algemeen lager ligt dan de resulterende botsingskracht van de auto. Hierdoor kan het omhoogkomen van de constructie voorkomen worden (zie Afbeelding 16, ook voor wat de relatie tussen de botskracht en de hoogte van het zwaartepunt van het voertuig betreft).

In de segmenten is middels trekstangen een kruisverband aangebracht. Dit is noodzakelijk voor de stabiliteit van de constructie in zijdelingse richting.

De verbinding tussen de segmenten en de flankdelen wordt verwezenlijkt door de knikstrippen. Deze strippen laten beweging toe in het horizontale vlak, maar niet in het verticale vlak (zie Afbeelding 15).

Het neussegment moet de botsing inleiden. Dit segment is zodanig uitgevoerd dat bij een aanrijding de neus eerder dan de rimpelbuizen van het eerste segment bezwijkt. Hiermee wordt bewerkstelligd dat de constructie relatief langzaam in beweging komt.

De verankering aan de achterzijde is star uitgevoerd. Aan de voorzijde is deels voor verankering deels voor geleiding gekozen (zie Afbeelding 17). De dwarssteun van het eerste segment, waar ook het neussegment aan bevestigd is, is nl. in verankerde geleidingsstrippen opgesloten. Bij een aanrijding op de neus glijdt de dwarssteun uit deze geleiding. Bij een aanrijding in de flank blijft de dwarssteun gefixeerd.

## 7.2. Proefnemingen met het eerste ontwerp

De hiervoor beschreven constructie is theoretisch van opzet. De volgende vragen kwamen o.m. naar boven:

- schuift de constructie bij een frontale botsing in elkaar zoals is gedacht?
- is de constructie voldoende stijf in zijdelingse richting?
- zullen de knikstrippen goed functioneren?
- welk materiaal moet voor de rimpelbuizen gebruikt worden en wat moet de diameter en wanddikte zijn?

Een eerste serie beproevingen was noodzakelijk om de constructie te ontwikkelen en zodoende inzicht in de gestelde vragen te verkrijgen. Hiertoe zijn de volgende deelonderzoeken na elkaar uitgevoerd.

1. Onderzoek aan rimpelbuizen
2. Onderzoek aan één, twee en drie segmenten
3. Onderzoek aan vijf segmenten en aan de gehele constructie.

In dit rapport wordt volstaan met een globale beschrijving van het doel en de resultaten van het experimentele onderzoek.

Voor een volledige verantwoording van de proeven (proefopzet en gegevens) wordt verwezen naar de betreffende onderzoekverslagen (Van Schie, 1982 en IW-TNO, 1982; beide ter inzage bij de SWOV).

#### 7.2.1. Onderzoek aan rimpelbuizen

Aangegeven is dat voor de energie-absorptie rimpelbuizen toegepast zullen worden. Nodig is te bepalen hoeveel energie per segment door de rimpelbuizen geabsorbeerd moet worden. Hiervan is de kracht af te leiden die één rimpelbuis moet kunnen weerstaan. Verder dient te worden bepaald welk materiaal en welke dimensies het beste toegepast kunnen worden.

#### Bepaling grootte van de rimpelkracht

De maximale kracht die een rimpelbuis in lengterichting kan opnemen is de kracht waarbij hij bezwijkt. Deze noemen we de rimpelkracht. Bij de berekening van de grootte van de kracht die per segment door de rimpelbuizen opgenomen moet worden is van het volgende uitgegaan. De af te remmen voertuigmassa bedraagt ca. 1000 kg. De voertuigvertraging in langsricting mag niet boven de 7 g komen (zie ASI-criterium, par. 4.3.). Rekening houdend met de invloed van de dwars- en verticale richting wordt een maximale waarde van 6 g aangehouden.

De rimpelkracht per segment is als volgt te berekenen:

$$F = m \cdot a.$$

waarin:

F = rimpelkracht van drie buizen

m = voertuigmassa = 1000 kg

a = voertuigvertraging = 6 g  $\approx$  60 m/s<sup>2</sup>

$$\text{Dus } F = 60.000 \text{ N} = 60 \text{ kN} (= 6.000 \text{ kgf})$$

Aangezien per segment drie rimpelbuizen zijn verondersteld zal de kracht per rimpelbuis dus ongeveer 20 kN moeten bedragen.

### Bepaling materiaal en dimensies van de rimpelbuis

Allereerst is bekeken welk materiaal voor de rimpelbuizen in aanmerking komt. Een belangrijke eis is de corrosiebestendigheid.

Twee materiaalsoorten leken geschikt, nl. aluminium en gegalvaniseerd staal 37.

Met behulp van een benaderingsformule (Crocker, 1974) is de diameter en wanddikte van rimpelbuizen van deze materiaalsoorten te berekenen.

$$F_r = \sigma_B \cdot w^2 (62,8 + 0,189 r/w)$$

waarin:

$F_r$  = rimpelkracht

$\sigma_B$  = breukgrens

$w$  = wanddikte

$r$  = straal rimpelbuis

N.B. In deze formule is het verschil tussen de breuk- en vloeigrens van het materiaal verdisconteerd. Deze formule geeft de rimpelkracht bij dynamische belasting. Bij statische belasting ligt de waarde met een factor 1 à 2 lager. De formule is voor zowel staal als aluminium toepasbaar.

Op grond van deze formule zijn vier rimpelbuizen met een diameter van 100 mm geselecteerd, te weten twee aluminium en twee stalen buizen. De wanddikte varieerde van 0,8 - 2 mm.

Met deze buizen zijn dynamische proeven uitgevoerd. De rimpelbuizen werden hierbij ingeklemd en axiaal belast. Het doel was te bepalen in hoeverre de theoretisch bepaalde rimpelkracht overeenkomt met de empirische. Deze bleek niet goed overeen te komen, naar later bleek vanwege een foutieve ijking bij de proeven. In een later stadium zijn deze proeven overgedaan.

Na deze proeven is besloten als materiaalsoort aluminium te kiezen vanwege de verhouding diameter/wanddikte (de wanddikte van een stalen pijp zou erg gering worden) en vanwege de corrosiebestendigheid van aluminium, in vergelijking met die van dunwandig gelaste stalen buizen.

Tijdens het verdere verloop van het ontwikkelingsonderzoek is nog een aantal proeven op rimpelbuizen uitgevoerd. Deze proeven hadden tot doel het gedrag en de dimensies van de rimpelbuizen nader te bepalen.

Ten aanzien van het gedrag is het volgende onderzocht:

- als de rimpelbuizen worden voorvervormd (dit om het rimpelen van de buis in te leiden), wat is de invloed van de mate van voorvervorming?
- hoe afhankelijk is de rimpelkracht van de vervormingssnelheid?

Na de dynamische proeven op rimpelbuizen konden de volgende conclusies getrokken worden:

- de mate van voorvervorming heeft geen invloed op de grootte van de vervormingskracht
- de vervormingssnelheid binnen het beproefde bereik (ca. 40 tot 60 km/u) heeft geen duidelijke invloed op de grootte van de vervormingskracht. N.B. Uit één gehouden proef werd de indicatie verkregen dat bij lage vervormingssnelheden de vervormingskracht op het niveau ligt van de vervormingssnelheden tussen de 40 en 60 km/u.

Omtrent de dimensies van de toe te passen rimpelbuizen is het volgende bepaald:

- de rimpelbuis krijgt een diameter van 100 mm
- de wanddikte moet tussen de 1,5 en 2,0 mm (= ca. 1,7 mm) bedragen. Aangezien een plaatdikte van 1,7 mm niet standaard te leveren was, is voorlopig uitgegaan van een wanddikte van 2,0 mm. Bij verdere proefnemingen zijn rimpelbuizen met deze wanddikte gebruikt. Met het feit dat daarmee ook de vertragingswaarden iets hoger uitvielen is rekening gehouden.

#### 7.2.2. Onderzoek aan één, twee en drie segmenten

##### Doel en uitvoering

Het doel van dit beproevingsonderdeel was het gedrag van de segmenten afzonderlijk en in combinatie met elkaar te onderzoeken. De proeven zijn met loodrechte centrale belasting uitgevoerd met variërende botssnelheden. Hiertoe is gebruik gemaakt van botssledes met variërende massa. Het betreft dus dynamische proeven.

### Resultaten

De resultaten van de proeven tot en met drie segmenten waren de volgende:

- de rimpelbuizen rimpelden tot ca. 80% van de oorspronkelijke lengte (1 m)
- de dwarssteunen (deeluitmakend van de segmenten) bewogen zich zuiver verticaal en parallel aan elkaar naar achteren
- de flankdelen schoven goed over elkaar, waarbij niet veel weerstand optrad
- de knikstrippen (verbindingsstrip tussen de dwarssteunen en de flankdelen) functioneerden zoals was bedoeld
- de flankgeleiders van de eerste twee flankdelen botsten tegen de kopse kanten van het derde flankdeel; het eerste segment is daardoor minder ver in elkaar gedrukt.

### 7.2.3. Onderzoek aan vijf segmenten en aan de gehele constructie

#### Doel en uitvoering

Dit deelonderzoek had tot doel het gedrag van vijf segmenten middels één proef en een gehele constructie van in totaal acht segmenten middels twee proeven te beoordelen bij botsingen met een echte auto. Op basis van berekeningen is vastgesteld dat bij een frontale aanrijding een constructie met acht segmenten nog een ruime overcapaciteit heeft boven de volgens de functionele eisen op te nemen hoeveelheid kinetische energie. De proeven hadden tevens tot doel de werking van het neussegment te beoordelen. De proeven zijn onder drie verschillende botscondities uitgevoerd, te weten:

- frontaal, excentrisch (hart voertuig 40 cm uit het hart van de constructie); botssnelheid 55 km/h (vijf segmenten)
- frontaal, centraal; botssnelheid 85 km/h (acht segmenten)
- flank, inrijhoek  $22^{\circ}$ ; botssnelheid 60 km/h (acht segmenten)

Als proefvoertuig zijn Opels Kadett gebruikt. Dit type heeft een massa in onbeladen toestand van ca. 750 kg. De functionele eis gesteld aan obstakelbeveiligers geeft een massa in onbeladen toestand van 600-1150 kg aan. De voertuigmassa van het gebruikte proefvoertuig zit hiermee weliswaar ruim onder de waarde van het rekenkundig gemiddelde (875 kg), maar het is van belang de constructie met relatief lichte personenauto's te beproe-

ven, aangezien de voertuigvertraging toeneemt met afnemende voertuigmassa.

Naast massa speelt ook de hoogte van het zwaartepunt van het proefvoertuig een rol (zie par. 7.1., Afbeelding 16). De hoogte van het zwaartepunt van de Opel Kadett zit in een categorie die met ca. 23% als grootste klasse vertegenwoordigd is (zie Afbeelding 10).

### Resultaten

Het gedrag van de constructies met vijf of acht segmenten was bij de beide frontale proeven slecht vergeleken met dat bij de beproevingen met één t/m drie segmenten. De resultaten waren:

- de dwarssteunen gingen schuin staan, zowel in het horizontale als in het verticale vlak
- de flankdelen schoven niet goed over elkaar heen; sommigen knikten zelfs uit
- het gevolg hiervan was dat sommige rimpelbuizen uitknikten en nauwelijks rimpelden

Positieve resultaten waren:

- de fundatiesteun van het eerste segment is goed uit de geleiding gegleden
- de knikstrippen hebben, voor zover dit beoordeeld kon worden, goed gewerkt
- de neusconstructie, voor zover dit op grond van twee proeven beoordeeld kon worden, heeft goed gewerkt.

Het gedrag van de constructie bij de ene uitgevoerde zijdelingse proef was als volgt:

- de verankeringen aan de voor- en achterzijde functioneerden goed
- enkele stangen die het kruisverband vormden, braken
- de elkaar overlappende zijflanken weken sterk uiteen (t.o.v. elkaar)
- het gevolg van het bovenstaande was dat de constructie in het midden sterk uitboog
- het gevolg hiervan was weer dat de uitrijhoek van het proefvoertuig erg groot was.



### 7.3. Evaluatie eerste ontwerp

Met een serie proefnemingen is het eerste ontwerp van de RIMOB beproefd. Het is gebleken dat de basiselementen die aan dit eerste ontwerp ten grondslag lagen, alle goed van opzet waren, en in meer of mindere mate goed gefunctioneerd hebben. Niet goed functioneerden de verbindende elementen die de losse basiselementen tot een hecht geheel zouden moeten maken.

Van belang is vast te stellen wat goed heeft gewerkt. De volgende opsomming kan daarvan gegeven worden.

- de beide verankeringspunten
- bij de korte constructies: het rechtstandig in elkaar schuiven van de rimpelbuizen
- de knikstrippen voor de bewegingsvrijheid van de flankdelen
- de neusconstructie (bij het tweede ontwerp, volgend hoofdstuk, zal hier nader op worden ingegaan).

Niet goed functioneerden:

- het kruisverband met trekstangen
- de geringe overlappende lengte van de flankdelen

Voor het niet goed functioneren van de trekstangen kan de volgende reden gegeven worden. Het dwarsverband wordt volledig opgeheven zodra de buizen gaan rimpelen.

De geringe overlappende lengte (ca. 15 cm) van de flankdelen gaf te weinig steun zodat de flankdelen niet als een homogene ligger fungeerden. Bovengenoemde reden kan in sommige gevallen geleid hebben tot het uitknikken van de rimpelbuizen.

De genoemde punten zijn te herleiden tot een te geringe stabiliteit van het eerste ontwerp in zijdelingse richting. In verticale richting is de constructie voldoende stabiel gebleken.

Op grond van deze conclusie is besloten een redesign uit te voeren. Dit heeft geleid tot het tweede ontwerp van de RIMOB. In het volgende hoofdstuk wordt hiervan verslag gedaan.

## 8. HET TWEEDE ONTWERP VAN DE RIMOB EN DE BEPROEVINGEN DAARAAN

### 8.1. Het tweede ontwerp

De evaluatie van de serie proeven met het eerste ontwerp van de RIMOB heeft opgeleverd dat deze constructie te weinig stabiliteit in zijdelingse richting had.

In het tweede ontwerp is besloten de draadstangen, die zorgden voor het kruisverband, te laten vervallen. Ook de overlappende lengte van de flankdelen is gewijzigd.

In het tweede ontwerp is de zijdelingse stabiliteit bewerkstelligd door een doosconstructie (zie Afbeelding 18). De doosconstructie bestaat uit een boven- en onderplaat, die tussen twee dwarssteunen worden opgesloten. In de doos zitten de rimpelbuizen. Bij een aanrijding in langsricting vouwen beide platen dubbel. Een voorvervorming zorgt ervoor dat ze naar buiten toe uitknikken.

De doosconstructie heeft de volgende voordelen:

- grote stabiliteit in zijdelingse richting; denk hierbij aan de kracht die een plaat, ingeklemd aan één zijde, kan opnemen als er zijdelings in het vlak van de plaat aan wordt getrokken; de grote stabiliteit van de doosconstructie is vooral van belang bij flankaanrijdingen en aanrijdingen die niet-centraal plaatsvinden
- bij een aanrijding schuin op de neus of in de flank neemt de doosconstructie de trekkracht op die ontstaat bij het doorbuigen van de constructie (in Afbeelding 19 wordt dit verduidelijkt)
- de gehele constructie bestaat uit een samenstel van doosconstructies; dit vereenvoudigt de opbouw
- de rimpelbuizen worden aan boven- en onderzijde afgeschermd.

In het tweede ontwerp is de overlappende lengte van de flankdelen vergroot van 15 cm naar 1 meter. Omdat de massa van de flankdelen te veel zou oplopen (slecht t.a.v. de massatraagheid), is de wanddikte van 3 naar 2 mm teruggebracht. De drie-golfrail bleef gehandhaafd.

De neusconstructie, die bij het eerste ontwerp al is beproefd, werd niet gewijzigd.

Zoals hiervoor is aangegeven moet de vervormingskracht van de neus lager liggen dan die van het eerste segment, dit om de botsing "rustig" in te leiden. Verder is het erg belangrijk dat het neussegment zich tijdens de botsing zo goed mogelijk naar de vervorming van het voertuig "zet". Dit is van belang voor het goed belasten van de dwarssteun van het eerste segment, zodat deze bij een aanrijding rechtstandig zal verplaatsen. Het neussegment is opgebouwd uit een ronde plaat waarin dunne platen kruiselings zijn aangebracht (zie Afbeelding 20). Deze dunne platen hebben, buiten dat zij bijdragen tot de genoemde aanpassing aan de vervorming van het voertuig, de eigenschap dat ze geen drukkrachten kunnen opnemen maar wel trekkrachten. Deze trekkracht is bij een aanrijding schuin op de neus noodzakelijk om te voorkomen dat de voorkant van het voertuig te veel zijdelings wordt verplaatst (zie Afbeelding 21). Het voertuig wordt als het ware vastgehouden.

De eerste serie proeven gaf geen aanleiding het neussegment te wijzigen.

In het tweede ontwerp zijn de pootjes onder de dwarssteunen voorzien van nylon wieltjes. Verondersteld werd nl. dat de pootjes, die bij het eerste ontwerp van glijvoetjes waren voorzien, te veel wrijfweerstand bij een frontale aanrijding gaven. Ook kunnen wieltjes gemakkelijker over oneffenheden rollen.

## 8.2. Proefnemingen met het tweede ontwerp

De wijzigingen die in het tweede ontwerp zijn aangebracht (met name de toepassing van de doosconstructie), zijn weer beproefd in een serie beproevingen. Maar eerst diende nog nader onderzoek naar de rimpelbuizen te worden uitgevoerd. De volgende deelonderzoeken zijn dus achtereenvolgens uitgevoerd:

1. Vervolg-onderzoek aan de rimpelbuizen
2. Statische beproeving van de doosconstructie
3. Dynamische beproeving van de gehele constructie.

### 8.2.1. Vervolgonderzoek aan de rimpelbuizen

Bij de eerste serie proefnemingen zijn vanwege fabricageproblemen iets te dikke buizen toegepast (zie par. 7.2.1.). Verder bleek dat sommige buizen

onder bepaalde omstandigheden krom gingen staan of uitknikten. Ook was het gewenst de energie-opname van de voorste segmenten te verkleinen t.o.v. de achterste segmenten.

Nader onderzoek aan de rimpelbuizen werd nog noodzakelijk geoordeeld.

### Knikgevoeligheid rimpelbuizen

#### Doel en uitvoering

Omdat bleek dat soms rimpelbuizen bij belasting krom gingen staan, was het noodzakelijk vast te stellen of dit effect consequenties zou hebben voor de knikgevoeligheid. Daartoe zijn vier van de kromme buizen beproefd en ter vergelijking twee nieuwe. De proefnemingen zijn op de reeds beschreven wijze uitgevoerd: horizontaal ingeklemd en dynamisch axiaal belast.

#### Resultaten

Het resultaat van de beproevingen was dat de vier kromme buizen inderdaad uitknikten. Het uitknikken gebeurde echter niet eerder dan nadat er over een lengte van ca. 20 cm rimpelen optrad. De twee nieuwe buizen rimpelden normaal.

Bij het vergelijken van de energie-opname van de vier uitgeknikte buizen met de twee normaal gerimpelde, bleek dat de energie-absorptie van de uitgeknikte buizen slechts ca. 15% lager lag. Dit houdt in dat ondanks het uitknikken toch nog veel energie door de rimpelbuizen wordt opgenomen.

### Definitieve bepaling dimensies van de rimpelbuizen

Het uitknikken van de buizen is toch een ongewenst verschijnsel. Om de kans op uitknikken te verkleinen is de diameter vergroot. Om geen te grote rimpelkracht te verkrijgen diende de wanddikte te worden verkleind. Ook is ten einde in de voorste segmenten een geringere energie-absorptie te verkrijgen, besloten in de eerste twee segmenten buizen te plaatsen met een geringere rimpelwaarde. Door mede te kiezen voor een geringere diameter van de voorste buizen, wordt tevens bevorderd dat bij de montage geen fouten gemaakt kunnen worden.

Met behulp van de in par. 7.2.1. reeds vermelde rimpelkrachtformule, zijn de diameter en wanddikte van de nieuw toe te passen rimpelbuizen bepaald. Met behulp van de rimpelkrachtwaarden die bij de proeven werden verkregen is de formule gecontroleerd.

De volgende rimpelbuizen zijn geselecteerd:

- in de voorste twee segmenten rimpelbuizen met een diameter/wanddikte van 101/1,27 mm
- in de andere segmenten rimpelbuizen met diameter/wanddikte van 119/1,74 mm

In vier proefnemingen met de gehele RIMOB zijn deze buizen beproefd. Voor wat betreft de verdragingswaarde hebben de buizen goed gefunctioneerd, het uitknikken bleef echter problematisch. Vastgesteld is dat de oorzaak niet bij de rimpelbuizen gezocht moet worden, maar in het bij deze proeven niet geheel optimaal functioneren van de gehele constructie. In Hoofdstuk 9 wordt hierop nader ingegaan.

#### 8.2.2. Statische beproevingen van de doosconstructie

De belangrijkste overweging over te gaan op een doosconstructie betrof de stabiliteit, voornamelijk in zijdelingse richting. Door het aanbrengen van een doosconstructie worden de segmenten versterkt. Hierbij moet evenwel de plooibaarheid van de doosconstructie in langsrichting niet uit het oog worden verloren. Beide facetten, stabiliteit en plooibaarheid dienden onderzocht te worden. Daartoe zijn statische proeven met de doosconstructie(s) verricht.

#### Bepaling zijdelingse stijfheid (statisch) van een doosconstructie

##### Doel en uitvoering

Het doel van dit beproevingsonderdeel was te bepalen hoe en bij welke statische belasting de doosconstructie zou bezwijken.

Hiertoe werd de doosconstructie aan één zijde (de zijde van een dwarssteun) ingeklemd, waarna een kracht op de andere dwarssteun werd aangebracht. Deze kracht werd loodrecht op de hartlijn van het segment uitgeoefend in dwarsrichting. De doosconstructie was nog voorzien van rimpelbuizen van de eerste serie ( $\emptyset 100$ , wanddikte 2 mm). Er waren geen flankde-

len aangebracht. De wanddikte van de boven- en onderplaat bedroeg 1 mm. In beide platen zat een voorvervorming (een uitknikking naar buiten, zie par. 8.1.).

### Resultaten

Bij een belasting van 27,7 kN bezweek de doosconstructie. Bij deze belasting trad vervorming van één rimpelbuis op. De waarde van 27,7 kN ligt ca. 10 kN boven de bezwijkkracht in axiale richting van een enkele rimpelbuis.

Bij het toenemen van de belasting strekten boven- en onderplaten zich volledig in de trekzone. Er trad in de platen bij de aangegeven belasting geen uitscheuring e.d. op. Aangetekend wordt dat deze belasting door twee platen is opgenomen.

Uit bovenstaande kan de conclusie getrokken worden dat de maximale stijfheid van een doosconstructie (zonder zijflanken) bepaald wordt door het bezwijken van de rimpelbuizen.

### Bepaling axiale stijfheid (statisch) van de doosconstructie

#### Doel en uitvoering

Bij het eerste ontwerp van de RIMOB (met trekstangen) werd de weerstand van de RIMOB bij een axiale belasting in hoofdzaak gevormd door: de rimpelkracht van de buizen, de massatraagheid van de onderdelen die op snelheid moeten worden gebracht, de wrijving tussen de zijflanken en de wrijving van de pootjes.

Met het introduceren van de doosconstructie dient hier nog de vervormingskracht van de boven- en onderplaat bijgevoegd te worden. Van belang was na te gaan hoe groot deze kracht is.

Hiertoe werd één doosconstructie, voorzien van flankdelen en pootjes, maar zonder rimpelbuizen, in axiale richting statisch belast.

#### Resultaten

Bij het aanbrenge van de statische belasting nam de weerstandskracht geleidelijk toe, totdat bij een kracht van 2,4 kN een constante waarde werd bereikt.

Als wordt uitgegaan van een kracht van 45 kN die drie rimpelbuizen kunnen uitoefenen (rimpelbuis 119 x 1,74) kan worden geconstateerd dat de weer-

standskracht bij statische belasting in lengterichting van een doosconstructie zonder rimpelbuizen dus slechts 5% van het geheel uitmaakt. Deze weerstandskracht bestaat uit: de vervormingskracht van de platen, de statische wrijving van de flankdelen en de weerstand van de pootjes. Geconcludeerd kan worden dat de beide afdekplaten dus een zeer geringe weerstand leveren.

Bij een dynamische belasting wordt de weerstandskracht, afgezien van de rimpelkracht, nog verhoogd door dynamische verschijnselen zoals: extra wrijvingen en weerstanden, en de massatraagheid.

### Zijdelingse statische beproeving van de gehele constructie

#### Doel en uitvoering

De statische beproevingen zijn voortgezet met die van de gehele constructie. Twee belastingsgevallen zijn hierbij nagebootst die kenmerkend zijn voor de stabiliteit van de constructie in zijdelingse richting:

1. Inklemming van de constructie aan de achterzijde en het zijdelings belasten van het eerste segment, waarbij dit niet verankerd is. Dit belastingsgeval treedt op bij een frontale, niet-centrale botsing als het voorste segment uit de geleiding is gegleden.
2. Inklemming van de constructie aan de achter- en voorzijde en het zijdelings belasten halverwege de constructie. Dit belastingsgeval treedt op bij een flankbotsing halverwege de constructie.

Om het gedrag en de belastingsmogelijkheid van alleen de gekoppelde doosconstructies beter te kunnen bestuderen, zijn de beproevingen zonder flankdelen uitgevoerd. De constructie bestond uit acht segmenten. De dimensies van platen en buizen waren zoals bij de beproeving van een enkel segment (plaatdikte 1 mm, diameterbuis 100 mm, wanddikte 2 mm).

#### Resultaten

Bij de proefneming waarbij in dwarsrichting aan de neus van de RIMOB werd getrokken, bezweek een rimpelbuis in het achterste segment bij een kracht van 7,5 kN. Deze waarde is uiteraard aanzienlijk lager dan de maximale zijdelingse belasting gemeten bij één doosconstructie, vanwege het grote uitgeoefende moment.

N.B. Achteraf bleek dat de waarde voor de bezwijkkracht gecorrigeerd moet

worden, omdat de constructie in de praktijk 1 m korter is als de pootjes van het eerste segment uit de geleiding zijn gegleden.

De proefneming waarbij de RIMOB halverwege de flank werd belast, leverde een maximale belasting van 13 kN op. Twee rimpelbuizen halverwege de constructie bezweken bij deze belasting.

Berekend is dat bij analoge belastingssituaties de RIMOB in de praktijk op een maximale kracht van 30 kN zou worden belast. Dit is gebaseerd op een aanrijding met een voertuigmassa van 1000 kg met een snelheid van 60 km/h en een inrijhoek van  $25^{\circ}$ . Volgens de functionele eisen is dit het zwaarste belastingsgeval.

Bij de twee beschreven statische proeven kon deze belasting duidelijk niet bereikt worden. De afwezigheid van de flankdelen hebben hier in belangrijke mate toe bijgedragen. Verder is van belang dat de rimpelbuizen hier statisch in plaats van dynamisch zijn belast. Zoals in par. 7.2.1. reeds is vermeld is de rimpelkracht bij een dynamische belasting een factor 1 à 2 groter dan bij een statische belasting. Als deze waarde op ca. 1,5 wordt gesteld, en als de belasting die de flankdelen kunnen opnemen wordt meegerekend, kan geconcludeerd worden dat de RIMOB met doosconstructie voldoende stijf is bij een belastingsgeval halverwege de constructie. Er bestond nog twijfel of de RIMOB in staat zou zijn de belasting schuin op de neus op te nemen. Daarom is besloten één dynamische proef uit te voeren, onder geschetste botscondities. Als deze proef zou slagen (proefnummer F3), zouden de proeven met het tweede ontwerp daarmee afgesloten zijn. In par. 8.2.3. wordt deze proef nader beschreven.

Ten einde deze paragraaf met de statische proefnemingen te kunnen afsluiten, volgt hierna het verslag van een statische proef die later in het onderzoek nog nodig bleek.

#### Onderzoek naar de stuikweerstand (statisch) van een afdekplaat met montagegaten

Bij de uitvoering van de hierboven genoemde botsproef (F3) met een volledige RIMOB met doosconstructies, is gebleken dat de platen bij de bevestigingsgaten vervormden. Aangezien dit verschijnsel niet bij de statische proeven is geconstateerd, kan geconcludeerd worden dat dit ver-



oorzaakt is door dynamische effecten. Een iets grotere plaatdikte leek daarom wel gewenst.

De tweede reden voor de keus van een iets dikkere plaat is de verhoging van de stijfheid van de platen. Dit kan van belang zijn om beschadiging bij transport of vandalisme tegen te gaan.

De beproeving had tot doel een zodanige plaatdikte te selecteren dat deze voldoende bestand zou zijn tegen stuijk en/of vloeien, maar dat deze ook weer niet te groot mocht zijn in verband met onder meer de toename van de massa en de toename van de vervormingskracht.

Beproefd zijn twee plaatdikten (1,0 en 1,5 mm). Als maximale belastingskracht is 21 kN aangebracht. Deze kracht is gebaseerd op de maximale kracht die in een boven- en/of onderplaat ter hoogte van de bevestigingsgaten zou kunnen optreden, uitgaande van het bezwijken van de constructie en een zekere reserve. Hogere belasting is niet meer relevant voor de werking van de doosconstructie.

### Resultaten

Bij de plaatdikte van 1,0 mm is ook nu stuijk van de plaat bij de aangebrachte maximale belasting geconstateerd. Dit ondanks het gebruik van grote sluitringen.

Een plaatdikte van 1,5 mm gaf geen stuijk te zien. Deze zal dan ook verder toegepast worden.

### 8.2.3. Dynamische beproeving van de gehele constructie (RIMOB met doosconstructie, tweede ontwerp)

#### Doel en uitvoering

Zoals hiervoor is aangegeven gaven de statische beproevingen te weinig inzicht in de stabiliteit van de RIMOB bij een dynamische belasting schuin op de neus. Een full-scale aanrijding onder deze botscondities werd dan ook als noodzakelijk gezien als afsluiting van de proevenserie van het tweede ontwerp.

De opzet van deze proef (proefnummer F3) was als volgt.

De constructie was, evenals bij de laatste proefnemingen uit de eerste serie, opgebouwd uit acht segmenten. In de dozen waren nog rimpelbuizen

met een diameter en wanddikte resp. 100/2 mm aangebracht, ook de plaatdikte van de boven- en onderplaat bedroeg nog 1 mm.

De lengte van de flankdelen bedroeg 2 m, ca. 1 m meer dan bij het eerste ontwerp. Naast deze lengtevermeerdering was ook de dikte van de flankdelen tot 2 mm teruggebracht, dit in verband met de massatraagheid. Verder was het neussegment iets lichter uitgevoerd.

Als proefvoertuig is ook hier een Opel Kadett gebruikt (zie ook par. 7.2.3). De botsingscondities waren: inrijhoek  $8,5^{\circ}$ , snelheid 65 km/u. Aangezien de bestudering van het dynamische gedrag als belangrijkste reden voor deze proef werd gezien, zijn uit kostenoverwegingen geen elektronische metingen van de voertuigvertragingen verricht.

### Resultaten

Bij de aanrijding schoven de pootjes van het eerste segment op de juiste manier uit de geleiding. Het koppel dat de constructie hierna moest opnemen bleek zodanig groot dat bij het laatste segment (waar dit koppel overigens maximaal is) de drempelwaarde werd overschreden en dat dit vervormde. Verder gleden de flankdelen niet goed over elkaar heen, en liepen zelfs vast.

Het voordeel van de toepassing van de doosconstructie werd toch duidelijk: de beweging van de dwarssteunen ten opzichte van elkaar werd duidelijk beter beheerst. De boven- en onderplaat vervormden naar verwachting. Het neussegment functioneerde goed. De dunne, elkaar overlappende platen die moesten zorgdragen voor het "vasthouden" van het voertuig werkten naar verwachting. Visueel beoordeeld leek de vervormingskracht van het neussegment echter nog iets te groot.

### 8.3. Evaluatie tweede ontwerp

Omtrent het tweede ontwerp kan worden geconcludeerd dat de toepassing van de doosconstructie een goede keuze is geweest. Op twee punten waren nog tekortkomingen. Dit betreft:

- het koppel dat kan worden verwerkt is te klein
- de geleiding van de flankdelen is slecht.

Herziening is daarom nog noodzakelijk, waarna nog nadere beproevingen ter verifiëring noodzakelijk zijn.

## 9. DEFINITIEF ONTWERP EN VERIFICATIEBEPROEVINGEN

Op grond van het tweede ontwerp is geconcludeerd dat nog herziening noodzakelijk was om tot het definitieve ontwerp van de constructie te komen. Daarna zijn verificatie-proefnemingen noodzakelijk om te kunnen beoordelen of de ontworpen obstakelbeveiliger voldoet aan de gestelde functionele eisen (par. 9.3.).

Verder zijn nog twee varianten ontwikkeld. Deze zullen worden besproken in par. 9.2. Een van deze varianten is middels proefnemingen aan de eisen getoetst (zie eveneens par. 9.3.).

### 9.1. Herziening

Bij de evaluatie van het tweede ontwerp zijn twee belangrijke tekortkomingen gesignaleerd. In de eerste plaats kon dit tweede ontwerp een te gering koppel verwerken. Aangezien constructieve maatregelen om het opnamevermogen te vergroten beperkt zijn, is gezocht naar oplossingen die het op te nemen koppel kleiner maken. In de tweede plaats moet de geleiding van de flankdelen verbeterd worden.

#### Reductie koppel

Gebleken is dat het koppel dat een voertuig bij een aanrijding schuin op de neus op het laatste segment van het tweede ontwerp uitoefende - na het loskomen van de eerste steun uit de dwarsgeleiding - dermate groot was dat deze constructie bezweek. Het koppel kan gereduceerd worden. Dit kan bewerkstelligd worden door de armlengte van het koppel en/of de uitgeoefende kracht te verkleinen.

Deze reductie is op de volgende manieren bewerkstelligd:

1. Vermindering van het aantal segmenten.
2. Het sneller laten bezwijken van de voorste segmenten.

Deze oplossing is alleen dan legitiem als de invloed bij botsingen hiervan op de inzittenden van voertuigen geen ongunstige uitwerking heeft. Ze kunnen zelfs ten gunste van de inzittenden aangewend worden. We zullen genoemde punten nader bespreken.

1. Vermindering aantal segmenten. Het terugbrengen van acht naar zeven

segmenten is, uitgaande van de functionele eisen, mogelijk.

Berekend is dat een voertuig bij een aanrijding tegen de beveiliging een afremafstand van ca. 5,50 m nodig heeft (inclusief de kreukelzone van het voertuig, ca. 0,5 m). De lengte van een RIMOB met zeven segmenten plus neussegment bedraagt 7,50 m. Bij een volledig gebruik van de werkzame lengte (bij een zware aanrijding) is de restlengte ca. 20% van deze oorspronkelijke lengte (de werkzame lengte van de buizen bedraagt nl. ca. 80%). De te benutten afremafstand bedraagt hiermee ca. 6,50 m, incl. de kreukelzone van het voertuig, ca. 0,5 m. Bij de toepassing van zeven segmenten blijft er nog een te benutten reservecapaciteit van ca. 1 m over.

2. Het sneller laten bezwijken van de voorste twee segmenten. Ook dit verkleint de armlengte van het koppel. Tevens is dit gunstig voor de grootte van de reactiekracht en daarmee de voertuigvertraging bij aanvang van de botsing. Bij het onderzoek aan rimpelbuizen is reeds aangegeven dat een en ander gerealiseerd kan worden door in de voorste twee segmenten rimpelbuizen met een kleinere diameter toe te passen. De rimpelwaarde van deze twee segmenten is ca. 35% lager gekozen dan die van de segmenten drie t/m zes.

N.B. Verder bestaat de mogelijkheid het laatste segment zodanig uit te voeren dat het verwerkbaar koppel wordt vergroot. Daarmee wordt het één na achterste (i.p.v. het achterste) segment kritisch bij het opnemen van het reactiekoppel. Besloten is het laatste segment (nu het zevende) te voorzien van zes in plaats van drie rimpelbuizen. De verdubbeling van het aantal rimpelbuizen geeft een tweemaal hogere bezwijkwaarde van het laatste segment. Dit heeft twee aspecten. Het beoogde doel: het verkleinen van de armlengte (voor het nu kritische koppel), en verder het inbouwen van een bufferzone waardoor zowel het verminderen van de energie-absorptie in de eerste twee segmenten wordt gecompenseerd alsmede de totale energie-absorptie toeneemt. Het "zwaardere" laatste segment zorgt samen met de "lichtere" voorste twee segmenten voor een progressieve werking van de constructie.

Ook twee andere verbeteringen kunnen het punt dat de constructie een groter koppel moet kunnen opnemen, gunstig beïnvloeden. Dit is in de eerste plaats de in par. 8.2.2. al gesignaleerde verdikking van de boven- en onderplaat met een halve millimeter. De invloed hiervan zal echter gering

zijn. En in de tweede plaats de versterking van de flankdelen (zie hierna).

### Verbetering flankdelen

Bij de proefnemingen bleek dat de flankdelen nog te zwak waren, ze bogen te veel door. Dit was ondermeer te wijten aan de te geringe dikte (2 mm). Dit uitbuigen had twee gevolgen. Ten eerste leverden de flankdelen een te geringe bijgedrage aan het opnemen van door het voertuig uitgeoefende belastingen. Ten tweede konden de flankdelen niet voldoende over elkaar schuiven, hetgeen de goede werking belemmerde en waardoor het op de basis van de constructie (laatste segment) uitgeoefende moment nog eens extra hoog opliep.

De volgende veranderingen zijn aangebracht:

- De dikte van de flankdelen wordt vergroot van 2 naar 3 mm.
- De flankdelen zullen met twee, i.p.v. met drie golvingen uitgevoerd worden. Het vermogen tot geleiding langs elkaar wordt hiermee vergroot. Verder wordt hiermee bewerkstelligd dat dan standaard geleiderailprofiel gebruikt kan worden.
- De flankgeleiders worden vergroot en taps uitgevoerd om daarmee de geleiding te bevorderen en het eventuele invreten te voorkomen.

### Overige aanpassingen

De flank van de RIMOB heeft bij een aanrijding een laterale bewegingsvrijheid van ca. 30 cm. De uitbuiging van een geleiderailconstructie is normaal gesproken groter. Voor het bewerkstelligen van een goede overgang tussen de RIMOB en de geleiderailconstructie, is het noodzakelijk dat de uitbuigingsvrijheid van de geleiderailconstructie op die van de RIMOB wordt afgestemd. Dit kan door de constructie te verstijven door bijvoorbeeld de paalafstand te verkleinen. In sommige gevallen kan een dergelijke verstijving niet worden toegepast bijv. omdat er geen paaltjes kunnen worden geslagen. In dat geval dient dan een speciale energie-absorberende afstandhouder te worden toegepast.

De constructie die hiervoor ontworpen en beproefd is (Afbeeldingen 22), bestaat uit één of twee kelkbeugels die tussen de voor- en achterrail van

de geleiderailconstructie bevestigd worden. Bij de bespreking van botsproef F6 (eind flank) (par. 9.3.2.) zal het functioneren van deze kelkbeugels mede in beschouwing worden genomen.

Een andere aanpassing betreft de lengte van de knikstrippen (de flexibele verbinding tussen de segmenten en flankdelen). Voor een goed begrip hiervan is het noodzakelijk enig inzicht te verschaffen in de werking van deze knikstrippen bij flankbotsingen.

De RIMOB heeft twee verankeringspunten: aan de neusgeleiding en aan de starre basis (zie Afbeelding 23). Voor de duidelijkheid zijn in deze afbeelding geen knikstrippen tussen de segmenten en de flankdelen aangebracht. Bij een aanrijding halverwege de constructie ontstaat het geschetste beeld: de neusgeleiding scharniert enigszins, waardoor de flankdelen aan de voorzijde iets zullen verdraaien. Aan de achterzijde is het zevende segment relatief star en zal weinig verdraaiing toelaten. De doorbuiging zal dan ook naar achteren toe geringer worden.

Praktisch betekent dit dat wanneer de beveiliging zijdelings wordt aangevallen het vertragingsniveau hoger wordt naarmate dit meer naar achteren plaatsvindt. Indien verplaatsingsmogelijkheden worden ingebouwd en daarmee energie geabsorbeerd wordt, wordt dit nadeel ondervangen. Dit is bewerkstelligd door het aanbrengen van knikstrippen die naar achteren toe in lengte toenemen. In de eerste plaats zijn deze nodig om het geheel in elkaar schuiven van de constructie bij frontale aanrijdingen mogelijk te maken. Maar door de functie van de knikstrippen uit te breiden naar energie-opname bij zijdelingse aanrijdingen wordt tevens een grotere doorbuiging van de flanken en daarmee een reductie in de mogelijke ernst van de aanrijding bewerkstelligd.

De laatste aanpassing betreft de neusconstructie. Deze leek bij proef F3 iets te veel weerstand op te leveren. Hij werd daarom iets lichter uitgevoerd, door de plaatdikte terug te brengen van 2 naar 1,5 mm.

De aangegeven verbeteringen zijn in het definitieve ontwerp aangebracht (zie Afbeelding 24). De proefnemingen werden voortgezet om de juiste werking te controleren.

## 9.2. Varianten van de RIMOB

De RIMOB-constructie die in het voorgaande is besproken, is gebaseerd op de functionele eis dat hij geschikt moet zijn voor toepassing in een puntstuk met een tophoek van  $13^{\circ}$ . De flanken van deze constructie staan in een V-vorm, en de basisbreedte bedraagt 2,70 m. Deze constructie zal in voorkomende gevallen RIMOB-V270 genoemd worden (zie Afbeelding 24). Als variant op de RIMOB-V270 is een beveiligiger met een minder brede basis ontworpen, nl. met een breedte van 1,85 m, de zgn. RIMOB-V185.

Een andere functionele eis betrof de toepassing van de RIMOB in een smalle tussenberm. De breedte van de constructie mocht dan over de gehele lengte maximaal ca. 1 m zijn. Een dergelijke constructie is ontworpen en geconstrueerd, en daarna beproefd. Aangezien de flanken parallel t.o.v. elkaar staan, heeft deze constructie de naam RIMOB-P gekregen, zie Afbeelding 25. In het navolgende zullen beide varianten besproken worden.

### RIMOB-V185

De standaard RIMOB-V270 (tophoek  $13^{\circ}$ ) is geschikt voor puntstukken volgens ontwerpnormen. Maar in de praktijk komen ook puntstukken met kleinere tophoeken voor. Ook kunnen zich in wegbermen situaties voordoen waar minder ruimte beschikbaar is, en/of bij relatief smalle solitaire obstakels. Voor dergelijke gevallen is een RIMOB-constructie met een kleinere basisbreedte gewenst.

Uit vorige hoofdstukken is duidelijk dat de RIMOB zijn goede werking moet ontleen aan o.m. de stabiliteit. Van de standaard RIMOB-V270 zal blijken dat deze door zijn brede basis voldoende stabiel was (zie par. 9.3.). Bij verkleining van de basisbreedte wordt de stabiliteit geringer. De breedte kan dus niet onbegrensd gereduceerd worden. Uit voorlopige berekeningen is gebleken dat de basisbreedte minimaal 1,85 m kan bedragen. Als deze nog meer verkleind wordt, zullen extra voorzieningen aangebracht moeten worden om de stabiliteit op een bepaald niveau te houden.

Op grond van deze berekening is een RIMOB-V-constructie ontworpen met een basisbreedte van 1,85 m. Deze RIMOB-V185 is echter niet beproefd. Of de stabiliteit voldoende is, moet nog nader geverifieerd worden. Dit zou uitgevoerd kunnen worden met een mathematisch model. Dit model wordt o.a. ontwikkeld om varianten op de RIMOB-V270 te kunnen doorrekenen.

## RIMOB-P

Zoals in de inleiding van deze paragraaf is aangegeven, is ook een RIMOB-constructie voor smalle tussenbermen ontwikkeld: RIMOB-P (zie Afbeelding 25). De breedte van deze parallel-vormige constructie is over de gehele lengte 1,10 m. Dit is de breedte van het neussegment zoals die ook bij de RIMOB-V-constructies wordt toegepast, en sluit aan bij de functionele eis van een breedte van ca. 1 meter. Dit houdt in dat ook de RIMOB-P een basisbreedte van 1,10 m heeft. Eerder is gesteld dat een geringe basisbreedte de stabiliteit van de constructie aantast. Om de RIMOB-P toch voldoende stabiliteit te geven, is de lengte met drie meter bekort. De RIMOB-P bestaat dan uit vier segmenten. Dit heeft consequenties voor de grootte van de te absorberen hoeveelheid kinetische energie van botsende voertuigen. Voor het ontwerp werd uitgegaan van de voorwaarde dat de RIMOB-P geschikt moet zijn om voertuigen met een voertuigmasa van ca. 1.000 kg en een snelheid tot ca. 70 km/h op acceptabele wijze tot stilstand te brengen.

Middels proefnemingen, beschreven in de volgende paragraaf, is dit geverifiëerd.

In principe zou de RIMOB-P met meer dan vier segmenten uitgevoerd kunnen worden. Het is dan wel noodzakelijk dat extra voorzieningen ter vergroting van de stabiliteit worden aangebracht.

### 9.3. Verificatie-onderzoek

De verbeteringen die bij de herziening van het tweede ontwerp van de RIMOB zijn aangebracht, moesten middels proefnemingen gecontroleerd worden. Deze verbeteringen werden gezien als de eindfase van het ontwikkelingsonderzoek.

De proefnemingen waren uiteraard tevens noodzakelijk om te verifiëren of de RIMOB nu voldeed aan de functionele eisen die voor obstakelbeveiligers zijn opgesteld.

In totaal zijn tien botsproeven uitgevoerd (F4 t/m F13), negen met de RIMOB-V270 en één met de RIMOB-P (F9). In Tabel 3 is een overzicht van deze proeven gegeven. De proeven met de RIMOB-V zijn te onderscheiden in zes frontale en drie flankbotsingen. De RIMOB-P is alleen frontaal beproefd.



Nadat twee botsproeven (flank en frontaal, resp. F4 en F5) met de RIMOB-V waren uitgevoerd, is beoordeeld of de wijzigingen die doorgevoerd zijn bij de herziening, effectief waren. Dit bleek het geval te zijn.

In vergelijking met de tweede versie van de RIMOB kon, op grond van twee proeven, het volgende geconstateerd worden:

- de stabiliteit in zijdelingse richting was voldoende
- het koppel werd goed opgevangen
- de flanken geleidden goed.

Geconcludeerd is dat de constructie op de meeste en voornaamste punten goed heeft gewerkt.

Wat in mindere mate goed werkte, waren de dwarssteunen. Hoewel deze door de uitgeoefende krachten naar achteren bewogen, gebeurde dit niet bij alle zeven dwarssteunen rechtstandig. Bij latere proeven leidde dit zelfs tot uitknikken van de rimpelbuizen. Gedurende het verloop van het verificatie-onderzoek is door middel van het aanbrengen van wijzigingen getracht de dwarssteunen goed onder controle te krijgen. Bij de evaluatie van de verificatieproeven zal hierop nader worden ingegaan.

Een aantal van de met het oog op het functioneren van de dwarssteunen aangebrachte wijzigingen bleek een zodanig marginale uitwerking te hebben dat ze in dit verslag niet alle zullen worden beproven. Het researchverslag bevat deze informatie echter wel (Van Schie, 1982). Besloten is de proefnemingen niet afzonderlijk te behandelen, maar groepsgewijs per type aanrijding (flank, frontaal e.d.).

Van alle beproevingen zijn de inrijcondities en de situaties voor en na de botsing in afbeeldingen weergegeven. Om een indruk te krijgen hoe de situatie in de praktijk zou zijn, zijn de beproevingssituaties geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoering (zie Afbeelding 26 t/m 35).

Ook bij deze verificatie-proefnemingen zijn Opels Kadett als proefvoertuigen gebruikt (zie par. 7.2.3.).

Bij acht van de tien proeven zijn de voertuigvertragingen door vier vertragingsoptemers gemeten. Ten behoeve van de beoordeling is één opnemer geselecteerd. Deze opnemer was midden op de cardantunnel gemonteerd, tussen de voor- en achterpassagiersplaats in. Deze plaats geeft de beste indicatie van de grootte van de voertuigvertraging in de nabijheid van de inzittenden. De overige opnemers dienen ter controle en nadere interpre-

tatie. Gedetailleerde gegevens betreffende de registratie staan vermeld in het betreffende researchverslag (IW-TNO, 1982).

Zoals in par. 4.3. is aangegeven, kunnen de voertuigvertragingen herleid worden tot de ASI-waarden. Bij de proeven waarbij registratie heeft plaatsgevonden, zijn deze ASI-waarden grafisch naar het tijdverloop van de botsing weergegeven (Afbeelding 36 t/m 43). In deze afbeeldingen zijn de twee criteriumwaarden middels horizontale lijnen aangegeven: de ASI=1-lijn: daaronder zijn de voertuigvertragingen acceptabel voor inzittenden die geen autogordel dragen, en de ASI=1,6-lijn: daaronder is de voertuigvertraging acceptabel voor inzittenden die wel een autogordel dragen. Ten aanzien van het voorbehoud dat bij hantering van deze criteria geldt wordt naar par. 4.3. verwezen.

In Tabel 3 zijn de maximale waarden voor de ASI gegeven die uit genoemde afbeeldingen te herleiden zijn.

Tijdens de proeven zijn high-speed filmopnamen gemaakt. Deze films zijn gebruikt om de botsingen visueel te kunnen analyseren. In het bijzonder is het dynamisch gedrag van de constructie bestudeerd.

#### 9.3.1. Frontale botsproeven RIMOB-V

Met de RIMOB-V zijn zes frontale botsproeven uitgevoerd. Deze botsingen zijn te onderscheiden in centrale en niet-centrale botsingen. Onder "centraal" wordt verstaan dat de hartlijn van het voertuig bij de botsing in het verlengde ligt van de hartlijn van de constructie. De "niet-centrale" botsingen zijn eveneens op de neus van de constructie, maar de hartlijnen vallen niet samen: ze staan onder een hoek ten opzichte van elkaar, of ze lopen parallel, maar op enige afstand (de zgn. excentrische botsingen).

##### Centrale botsingen

Er zijn drie centrale botsingen uitgevoerd. Aanvankelijk zouden het er twee zijn, maar vanwege een eindcontrole op een "produktierijp" gemaakte versie van de RIMOB, is nog een extra proef uitgevoerd (F13, zie hierover par. 9.3.4.). De drie proeven zijn F7, F11 en F13 (Afbeelding resp. 29, 31 en 35).

De drie proeven zijn alle met een snelheid van 100 km/h uitgevoerd. De hierbij gebruikte proefvoertuigen zijn zonder koersafwijking binnen een

afstand variërend van 5 tot 5,6 m tot stilstand gebracht. Gezien de effectieve afremafstand van 6,5 m die voor de energie-absorptie benut kan worden, is dus nog sprake van overcapaciteit. Deze kan benut worden bij aanrijdingen met grotere snelheden en/of zwaardere voertuigen.

Bij slechts een van de drie proeven (F7) zijn de voertuigvertragingen geregistreerd. Dat bij de twee andere proeven geen metingen zijn verricht is uit kostenoverwegingen gedaan, en verantwoord op grond van het feit dat de voertuigvertragingen bij frontale proeven een vrij constant beeld te zien gaven (ASI-waarden tussen 1 en 1,5). Dit bleek reeds uit vier eerder uitgevoerde frontale proeven.

De geregistreeerde voertuigvertragingen bij proef F7 geven een waarde van de ASI te zien van 1,45. Volgens het ASI-criterium is dit niet acceptabel voor voertuiginzittenden die geen autogordel dragen. De waarde van 1,45 is wel acceptabel voor inzittenden die een autogordel dragen (het criterium hiervoor is  $<1,6$ ). Er zijn bij het verdere verloop van de proefnemingen geen pogingen in het werk gesteld de ASI-waarde lager te krijgen. Verdere reductie zou namelijk hebben ingehouden dat deze verkregen moest worden uit een nog verdere verlaging van de drempelwaarde voor de eerste twee segmenten en/of een verdere verlaging van de massa van de voorste twee/drie segmenten. Dit was niet meer mogelijk, omdat het eerste onvoldoende energie-absorptie bij zwaardere personenauto's zou inhouden en het tweede constructief niet verantwoord werd geacht.

Daarbij is tevens van belang te constateren dat de voertuigmassa van het proefvoertuig (Opel Kadett B-type) relatief laag is, en dat aanrijdingen met zwaardere voertuigen een gunstiger waarde voor de ASI zullen opleveren.

#### Niet-centrale frontale botsingen

Bij de niet-centrale frontale botsproeven is één aanrijding uitgevoerd onder een hoek en twee excentrisch.

#### Botsproef op de neus, onder een hoek

De hoek bij deze botsproef bedroeg  $15^{\circ}$ , de snelheid 80 km/h (proefnummer F5, zie Afbeelding 27).

Bij deze aanrijding is de auto binnen een afstand van 4 m tot stilstand gebracht. Nadat het voorste segment uit de geleiding was gegleden, ver-

plaatsten de neus van de auto en van de RIMOB zich ca. 1 m in zijdelingse richting. Het voertuig onderging hierbij een rotatie van  $18^{\circ}$ . Op de afbeelding is te zien dat de auto gedeeltelijk op de uitvoegstrook tot stilstand zou zijn gekomen. Gezien de relatief korte afstand (1,5 m) van de RIMOB tot de kantstreep is dit laatste niet verwonderlijk. Deze proef heeft de goede werking van de neus aangetoond: het voertuig werd gedurende de gehele botsing vastgehouden.

De grootte van de voertuigvertragingen uitgedrukt in het ASI-criterium bedroeg 1,5: alleen acceptabel voor inzittenden die de autogordel dragen.

#### Botsproeven op de neus, excentrisch

Er zijn twee botsproeven excentrisch uitgevoerd, waarbij de hartlijnen 50 cm t.o.v. elkaar waren verschoven (proefnummers F8 en F12, zie resp. Afbeelding 30 en 34). De botssnelheden bedroegen resp. 70 en 80 km/h. Bij de aanrijding schoven de voorste segmenten goed uit de geleiding. De verplaatsing van de neus in zijdelingse richting varieerde van 0,5 tot 1 m. Het voertuig roteerde in beide gevallen ca.  $90^{\circ}$ . Ook is in beide gevallen de auto los van de constructie gekomen. Dit werd deels veroorzaakt door de overigens geringe terugstoot, deels door het aflopen van het proefterrein. In één geval kwam het proefvoertuig hierdoor geheel op de (denkbeeldige) rijbaan terecht (proef F8, Afbeelding 30), in het andere geval voor een klein gedeelte (proef F12, Afbeelding 34).

Naar inschatting zal in de praktijksituatie het van de constructie af raken van een voertuig over een minder grote afstand gebeuren. En wel om twee redenen. In de eerste plaats zal de verkanting van de hoofdrijbaan in veel gevallen naar de constructie toe aflopen en in de tweede plaats zal bij een aanrijding in de meeste gevallen de versnelling van de auto ingeschakeld staan en na de aanrijding ingeschakeld blijven, waardoor de wielen geblokkeerd zullen zijn.

De grootte van de voertuigvertragingen bij deze twee botsingen uitgedrukt in de ASI bedroeg 1,1 en 1,3. Beide (iets) boven het ASI-criterium voor inzittenden zonder autogordel.

### 9.3.2. Flank-botsproeven RIMOB-V

Er zijn drie botsproeven uitgevoerd tegen de flank van de RIMOB. Deze proeven hadden onder meer tot doel te beoordelen of de RIMOB in staat zou zijn het voertuig goed te geleiden. Daartoe is op drie verschillende plaatsen tegen de flank gebotst: vooraan, middenin en achterin. Bij de aanrijding in het midden bedroeg de botssnelheid 65 km/h en de inrijhoek  $22^{\circ}$ . Bij de twee overige proeven was de botssnelheid 80 km/h en de inrijhoek  $15^{\circ}$ . De proefnummers zijn F4, F6 en F10, zie resp. Afbeelding 26, 28 en 32.

Van deze flankbotsproeven kunnen de volgende resultaten vermeld worden. In alle drie gevallen werd het proefvoertuig door de RIMOB op juiste wijze van richting veranderd en verder geleid. De uitrijhoek is niet boven de  $4^{\circ}$  uitgekomen, hetgeen bijzonder gering is. De snelheidsreductie was eveneens gering.

Het proefvoertuig en de constructie hebben niet veel schade opgelopen. De schade aan het voertuig betrof de bumper en spatborden aan één zijde. De schade aan de RIMOB betrof de knikstrippen en in twee gevallen resp. één en twee rimpelbuizen. De knikstrippen hebben qua energie-absorptie goed gewerkt.

Ondanks de geringe snelheidsreductie en schade van het proefvoertuig zijn toch grote waarden van de voertuigvertragingen geregistreerd. Deze moeten vooral worden toegeschreven aan hoekversnellingen van het voertuig. Uitgedrukt in waarde voor de ASI varieerde de samengestelde vertraging van 1,8 tot 2,7. Dit is erg hoog, en niet in overeenstemming met de geconstateerde geringe snelheidsreductie en schade. Er wordt dan ook aan de toepasbaarheid van het ASI-criterium bij dergelijke flankbotsingen getwijfeld.

Tijdens het onderzoek is na twee flankbotsingen dan ook besloten bij de derde extra metingen te verrichten. Deze metingen betroffen het registreren van de grootte van de versnellingen van het "hoofd" en van de gordelkrachten bij proefpoppen. De gordelkrachten zijn een maat voor de kans op borstletsel. De meetgegevens van de proefpoppen zouden in principe een betere voorspelling van de mogelijke ernst van letsel geven dan ASI-waarden. Aangetekend moet echter worden dat de stand van kennis ook voor het

gebruik van proefpoppen nog geen éénduidige conclusies toelaat. De proefpopmeting gaven de volgende resultaten. De grootte van de versnellingen van het "hoofd" van zowel de "bestuurder" als de "voorpassagier", uitgedrukt in een HIC-waarde (zie par. 4.3.) bedroeg ongeveer 95. Dit is ver beneden het algemeen gehanteerde criterium van 1000. Aangenomen wordt dan ook dat bij deze proef geen hoofd- en/of hersenletsel veroorzaakt zou zijn.

Ook de gordelkrachten bleken niet al te groot te zijn. Zowel bij de "bestuurder" als bij de "voorpassagier" bedroegen deze 2.000 N (ca. 200 kgf). Op grond van het gestelde in par. 4.3. wordt aangenomen dat de kans op ernstig borstletsel gering zou zijn geweest.

N.B. Vooral de ruime marge tussen criteriumwaarden en gemeten waarden geeft de mogelijkheid toch bovengenoemde conclusies te trekken.

Voorts wordt nog ingegaan op het gedrag van de flankdelen bij flankbotsingen.

Op grond van analyse van high-speed films is gebleken dat de flankdelen van de constructies bij de drie flankbotsingen 20 tot 40 cm waren doorgebogen (dynamisch). Hierbij werd een deel van de botsingsenergie opgenomen. De terugstootneiging bleek zeer gering te zijn.

Een van deze drie botsproeven betrof een aanrijding tegen de flank ter hoogte van het zevende segment (F6). Een van de redenen deze proef uit te voeren was dat een beoordeling van de goede werking van de overgang van de RIMOB op de geleiderailconstructie nodig was. In par. 9.1. is aangegeven dat hiertoe een speciale overgangsconstructie is ontworpen, bestaande uit kelkbeugels (zie Afbeelding 22).

De uitgevoerde proef toonde aan dat de kelkbeugels te zwaar waren uitgevoerd. Ze zullen lichter of wel anders geconstrueerd moeten worden.

### 9.3.3. Frontale botsproef RIMOB-P

De RIMOB-P is specifiek ontworpen voor smalle tussenbermen voor wegen waar de te verwachten botssnelheden niet boven de ca. 70 km/h zullen komen. De constructie is uit vier segmenten opgebouwd, waarbij de flanken parallel aan elkaar lopen. Evenals bij de RIMOB-V is het laatste segment bij deze constructie van meer rimpelbuizen voorzien, in dit geval vier stuks. Deze extra buis geeft zowel extra stabiliteit als enige buffercapaciteit.

Gezien de afwijkingen van deze constructie ten opzichte van de RIMOB-V, was het noodzakelijk minimaal één botsproef te verrichten. Dit was proef F9, die centraal is uitgevoerd. De botssnelheid bedroeg 70 km/h, zie Afbeelding 31.

De resultaten van deze proef waren als volgt.

De constructie werkte naar verwachting: de indrukking bedroeg ca. 3 m. Aangezien voor energie-absorptie ca. 3,6 m benut kan worden, kan gesteld worden dat bij een snelheid van 70 km/h bij de gegeven voertuigmassa nog reservecapaciteit aanwezig is.

De voertuigvertraging uitgedrukt in een waarde van de ASI bedroeg 1,2, een redelijk lage waarde.

Evenals bij de RIMOB-V was ook hier sprake van een zekere scheefstand van de dwarssteunen. In par. 9.4. wordt hierop teruggekomen.

#### 9.3.4. Verificatieproef met produktierijpe RIMOB

De botsproeven F4 t/m F12 hebben een prototype van de RIMOB opgeleverd dat bevredigende resultaten opleverde. Dit prototype is door de afdeling Directie Bruggen van Rijkswaterstaat beoordeeld op fabricagemogelijkheden.

Geconcludeerd is dat het prototype op een aantal punten gewijzigd kon worden waardoor de fabricage eenvoudiger kon worden. Hierdoor zou goedkoper geproduceerd kunnen worden. Verder was het noodzakelijk dat aan de zijkant van de doosconstructie afschermplaten zouden worden aangebracht. Deze platen hebben twee doeleinden. In de eerste plaats ter ondersteuning van de bovenplaat als over de doosconstructie gelopen zou worden. In de tweede plaats ter bescherming van de rimpelbuizen, vooral met het oog op vandalisme. Bij de proef waren deze zijplaten vervaardigd van polystyreen.

Boven aangegeven veranderingen maakte het noodzakelijk een extra verificatieproef te doen. Dit was botsproef F13, zie Afbeelding 35.

Bij deze proef is nog een wijziging aangebracht. Dit betrof de neusplaat. Deze plaat is aan de onderzijde ingekort met ca. 15 cm.

De botscondities van deze proef waren dezelfde als de twee reeds beschreven centrale frontale proeven (zie par. 9.3.1.). De inrijhoek bedroeg dus 0° en de voertuigsnelheid was 100 km/h. Vanwege kostenoverwegingen zijn geen elektronische metingen van de voertuigvertragingen uitgevoerd.

## Resultaat

Het resultaat van deze botsproef stemde in grote lijnen overeen met de twee eerder uitgevoerde frontale proeven (F7 en F11). Evenwel het gesignaleerde probleem met de scheefstand van de dwarssteunen trad ook nu weer op. Overigens had dit nauwelijks nadelig effect op de goede werking van de constructie.

Voorlopig is geconcludeerd dat de inkorting van het neusegment niet juist is geweest. In de evaluatie van de verificatieproeven (volgende paragraaf) zal hier nader worden ingegaan.

De zijplaten van polystyreen hadden geen gunstig effect. Tijdens de aanrijding verbrokkelden ze. Hierdoor werden ze uit het botsvlak gedrukt, waardoor ze in het rond vlogen of verder in de doosconstructie gedrukt werden. Bij een aanrijding in de praktijk zouden wellicht schrikreacties bij overige weggebruikers kunnen optreden. Aangenomen wordt dat deze platen geen ongunstige invloed op de werking van de RIMOB hebben gehad, gezien de zeer geringe massa van het polystyreen. Ook het samendrukken van brokstukken die in de doosconstructies terecht waren gekomen zal nauwelijks invloed hebben gehad, aangezien dat pas optrad bij vrijwel "uitgewerkte" doosconstructies. Wel kan het tot gevolg gehad hebben dat de terugstootneiging groter was dan bij andere proeven.

### 9.4. Evaluatie verificatieproeven

Het is gebleken dat de beproefde RIMOB - opgebouwd uit doosconstructies - voldoende stabiel was, zowel in zijdelingse als verticale richting. Dit bleek zowel uit de niet-centrale frontale botsingen als uit de flankaanrijdingen. Het bleek dat de twee verankeringspunten (bij de neus en aan de basis) voldoende waren om de door het voertuig uitgeoefende krachten te verwerken.

Bij de frontale aanrijdingen schoof de constructie over de verwachte afstand in elkaar. De zijflanken en de knikstrippen functioneerden daarbij goed. Minder goed werkten de dwarssteunen: sommigen gingen tijdens de aanrijding scheef staan, wat in sommige gevallen het uitknikken van de buizen tot gevolg had. Desondanks bleef de constructie goed functioneren. Uit beproevingen op afzonderlijke buizen was al gebleken dat buizen die uitknikten toch nog relatief veel energie opnamen.

De instabiliteit van de dwarssteunen is voortdurend een punt van studie



geweest. De oplossing is tot dusver met het experimentele onderzoek niet gevonden. Mogelijk kan aanpassing van het neussegment, het instrument dat de botsing goed moet inleiden, daarin verbetering brengen. Hierover kan wellicht het mathematisch model dat in het kader van het onderzoek Obsta-  
kelbeveiligers wordt ontwikkeld meer inzicht verschaffen. Naar verwach-  
ting zal de werking van de constructie niet veel anders worden als de  
dwarsteunen wel goed zouden functioneren.

Bij de frontale proeven zijn waarden van de voertuigvertragingen - uitge-  
drukt in de ASI-waarden - gevonden, die liggen tussen de waarden 1 en  
1,6. Volgens het ASI-criterium zal dan bij het dragen van een autogordel  
geen ernstig letsel optreden. Eveneens volgens dit criterium zouden  
inzittenden zonder gordel een grotere kans op ernstig letsel hebben.  
Het ASI-criterium is bij de laatste door de SWOV uitgevoerde onderzoeken  
nogal discutabel gebleken. Vooral geeft dit problemen bij de beoordeling  
van voertuigbotsingen waarbij het voertuig in een korte tijd een (grote)  
rotatie ondergaat. Bij de uitgevoerde flankbotsingen tegen de RIMOB is  
dit ook gebleken: rotatie in een korte tijd geeft een hoge ASI-waarde.  
Bij flankbotsingen bleek ook dat ondanks de hoge ASI-waarden de voer-  
tuigschade en snelheidsreductie van het voertuig gering waren. Bij de  
laatste flankbotsing zijn dan ook metingen aan proefpoppen (met gordel)  
verricht. Hierbij bleek dat volgens de gebruikte HIC- en gordelkracht-  
criteria de kans op ernstig letsel zeer gering was.  
De uitrijhoek van de voertuigen bij de flankbotsingen was gering ( $< 4^{\circ}$ ).

Gebleken is dat zowel de RIMOB-V als de RIMOB-P onder de beproefde bots-  
condities nog reservecapaciteit hadden. De RIMOB zou in staat geweest  
zijn zwaardere voertuigen dan de proefvoertuigen of voertuigen met een  
hogere snelheid af te remmen.

Bij excentrische botsingen is in beide gevallen een aanzienlijke voer-  
tuigrotatie om de hoogte-as opgetreden. Deze rotatie lijkt bij dergelijke  
botsingen niet volledig te voorkómen te zijn. Verwacht wordt dat in de  
praktijk het voertuig minder ver van de constructie zal rollen dan bij  
tenminste één van de proeven is geconstateerd.

Op grond van de proeven met de prototypen is geen aanleiding gevonden de constructie - op enkele details na - te wijzigen. Op basis van het prototype is dan ook een RIMOB geproduceerd volgens tekeningen die een produktierijpe versie weergeven. De frontale proef om dit type te verifiëren, heeft als resultaat opgeleverd dat de werking van de RIMOB niet veel afweek van die bij de overige frontale beproevingen.

Wel is geconstateerd dat bij een aanrijding brokstukken van de zijafschermplaten van polystereen in het rond vlogen. Wellicht is hiervoor een oplossing te vinden.

## 10. TOETSING RIMOB AAN DE FUNCTIONELE EISEN

De RIMOB zoals deze middels experimenteel onderzoek is tot stand gekomen dient tenslotte voor de volledigheid te worden getoetst aan de functionele eisen te stellen aan obstakelbeveiligers (zie Bijlage 4 en de checklist in Bijlage 5).

De functionele eisen zijn, zoals reeds is aangegeven, te onderscheiden in een deel dat betrekking heeft op de inpassing van de obstakelbeveiliging in de wegberm en in een deel dat betrekking heeft op het functioneren van een obstakelbeveiliging bij een aanrijding. Als aanvulling hierop zijn er nog de additionele eisen van de wegbeheerder.

### 10.1. Inpassing in wegberm

#### Kenmerken van wegen

De RIMOB kan zowel in V-vormige als in smalle puntstukken opgesteld worden. Dit is mogelijk vanwege de flexibiliteit in de opbouw van de RIMOB. Aangezien de verankering van de RIMOB vrij eenvoudig is, kan een losse fundatieplaat toegepast worden. Dit maakt het mogelijk de RIMOB ook in tijdelijke situaties (bijv. werk in uitvoering) toe te passen.

Door de toepassing van flankdelen met het profiel van de in Nederland toegepaste geleiderail, kan de RIMOB direct op geleiderailconstructies aangesloten worden.

De RIMOB past goed in het wegbeeld van wegen waar geleiderailconstructies worden toegepast. Bekeken dient nog te worden of functionele markeringen en bebakeningen nodig en/of mogelijk zijn.

De breedte van de V-vormige RIMOB kan gevariëerd worden. Daardoor kan tot op zekere hoogte met de afstand van de RIMOB tot aan de kantstreep rekening gehouden worden. Dit kan van belang zijn bij bijvoorbeeld visuele versmalling van de rijbaan en bij aspecten met betrekking tot hulpverlening.

#### Kenmerken van het verkeer

Vanwege de toepassing van rimpelbuizen kan de energie-absorptie van de RIMOB afgestemd worden op de ter plaatse bekende verkeerskenmerken. Deze kenmerken betreffen zowel de gereden snelheden als de massaverdeling van personenauto's en lichte bestelauto's.

### Kenmerken van ongevallen

De RIMOB is ontworpen op de volgende kenmerken die uit ongevallengegevens te herleiden zijn: voertuigtype (massa), inrijsnelheid en inrijhoek.

Uitgegaan is van gegevens die betrekking hebben op ongevallen op auto-snelwegen. Het uitgangspunt is dat op deze typen wegen de zwaarste botscondities zullen vóórkomen.

Proefnemingen hebben aangetoond dat de RIMOB bestand is tegen aanrijdingen bij deze botscondities.

### Kenmerken van voertuigen

De RIMOB is afgestemd op de "ontwerp-personenauto". Deze ontwerp-auto heeft als eigenschap dat de selectie van relevante kenmerken van toepassing is op ca. 85% van het onderhavige voertuigenpark in Nederland.

### 10.2. Functioneren bij een aanrijding

Middels proefnemingen is getest of de RIMOB voldeed aan de eisen voor het functioneren bij een aanrijding. De proeven zijn uitgevoerd met Opel Kadett (B-type), die voldoen aan de kenmerken van de ontwerp-personenauto.

Een belangrijke functionele eis is dat voertuiginzittenden bij een aanrijding geen ernstig letsel mogen oplopen. Hiervoor kan het ASI-criterium dienen.

Getracht is de RIMOB zodanig te construeren dat inzittenden zonder autogordel bij een aanrijding tegen de RIMOB geen ernstig letsel zouden oplopen (ASI kleiner dan 1). In samenhang met andere functionele eisen, zoals de lengte en stabiliteit van de RIMOB, bleek dat constructief binnen het kader van dit onderzoek niet te realiseren. Bij de proefnemingen is gebleken dat de waarde voor de ASI niet boven de 1,6 uitkomt. Dit betekent dat als auto-inzittenden een autogordel dragen een botsing tegen een RIMOB in het algemeen niet zal leiden tot ernstig letsel.

Bij flankbotsingen zijn in plaats van het ASI-criterium de in de functionele eisen genoemde HIC- en gordelkrachtcriteria gehanteerd. Bij flankbotsingen voldeed de RIMOB aan deze criteria.

Gebleken is dat de RIMOB het botsende voertuig tijdig tot stilstand brengt. Het voertuig is niet onder de RIMOB gedoken of er overheen geschoten. Tijdens de aanrijdingen werden geen onderdelen van de RIMOB weg-

geslingerd, die gevaar voor andere weggebruikers zouden kunnen opleveren. Wel is gebleken dat het proefvoertuig onder bepaalde (bots)condities op de rijbaan tot stilstand kan komen. Dit is geconstateerd bij de excentrische botsingen. Bij de aanwezigheid van een vluchtstrook naast de RIMOB wordt dit gevaar geringer.

Ten aanzien van de aanwezigheid van scherpe delen op of aan de RIMOB (die gevaar voor berijders van tweewielers kunnen opleveren) moet worden gesteld dat aan de beproefde uitvoeringsvorm wel scherpe delen zitten. Het gevaar voor letsel, dat bij de RIMOB-V iets groter wordt verondersteld dan bij de RIMOB-P, ligt in dezelfde orde van grootte als dat bij geleiderailconstructies. Het is in principe mogelijk bepaalde voorzieningen te treffen ter reductie van het gevaar van deze scherpe delen.

### 10.3. Additionele voorwaarden wegbeheerder

De RIMOB is zodanig geconstrueerd dat hij redelijk vlot gemonteerd en geplaatst kan worden.

- De fundering die noodzakelijk is, kan eenvoudig uitgevoerd worden, aangezien slechts aan de vóór- en achterzijde verankering van de RIMOB aan de fundering noodzakelijk is.
- Het herstel van de RIMOB ter plaatse is na een aanrijding niet eenvoudig. Gedeformeerde onderdelen zullen vervangen moeten worden. Na een frontale aanrijding zijn dit: het neussegment, de boven- en onderplaten, de rimpelbuizen en de knikstrippen. Na een flankaanrijding zullen in het algemeen alleen maar enkele knikstrippen vervangen moeten worden. Na een (ernstige) aanrijding zou de RIMOB in zijn geheel afgevoerd kunnen worden om daarna hersteld te worden.
- De duurzaamheid van de RIMOB is ongeveer gelijk aan die van geleiderailconstructies, de kwetsbaarheid tegen vandalisme is wat groter. Aan dit laatste aspect zal nog de nodige aandacht moeten worden besteed.
- De kostprijs van de RIMOB, waarvoor inmiddels octrooi is aangevraagd, is relatief laag.



TABELLEN 1 T/M 3

Tabel 1. Ontwikkeling van het totale aantal en van de vast-voorwerp ongevallen met dodelijke afloop naar plaats ongeval binnen of buiten de bebouwde kom in de jaren 1971 t/m 1980.

Tabel 2. Verdeling van doden t.g.v. bermongevallen buiten en binnen de bebouwde kom per wegbeheerder en wijze van verkeersdeelname (1974 t/m 1977).

Tabel 3. Overzicht van de uitgevoerde (verificatie) proeven OB F4 t/m F13.

Jaar	Alle ongevallen met dodelijke afloop			Vast-voorwerp ongevallen met dodelijke afloop <sup>1)</sup>					
	Binnen beb.kom	Buiten beb.kom	Bi + Bui beb.kom	Binnen beb.kom		Buiten beb.kom		Bi + Bui beb.kom	
				aantal	percent	aantal	percent	aantal	percent
1971	1237	1631	2868	97	7,8	287	17,6	384	13,4
1972	1270	1714	2984	125	9,8	333	19,4	458	15,3
1973	1225	1577	2802	139	11,3	328	20,8	467	16,7
1974	1025	1313	2338	83	8,1	299	22,8	382	16,3
1975	865	1266	2131	80	9,2	284	22,4	364	17,1
1976	920	1318	2238	100	10,9	311	23,6	411	18,4
1977	896	1423	2319	103	11,5	345	24,2	448	19,3
1978	807	1278	2085	92	11,4	300	23,4	392	18,8
1979	707	1088	1795	88	12,4	290	26,7	378	21,1
1980	780	1057	1837	84	10,8	268	25,4	352	19,2

1) De percentages zijn t.o.v. het totale aantal dodelijke ongevallen genomen, resp. naar binnen de bebouwde kom, buiten de bebouwde kom en binnen + buiten de bebouwde kom.

Tabel 1. Ontwikkeling van het totale aantal en van de vast-voorwerp ongevallen met dodelijke afloop naar plaats ongeval binnen of buiten de bebouwde kom in de jaren 1971 t/m 1980.



Wijze verkeersdeelname	Doden bij bermongevallen <u>buiten</u> de bebouwde kom								Doden bij bermongevallen <u>binnen</u> de bebouwde kom							
	Aantal				Percent				Aantal				Percent			
	GEM.	PROV.	RIJK	TOT.	GEM.	PROV.	RIJK	TOT.	GEM.	PROV.	RIJK	TOT.	GEM.	PROV.	RIJK	TOT.
Personenauto	624	526	267	1417	74,7	82,3	78,8	78,2	282	37	19	338	62,2	86,0	70,4	64,6
Vrachtauto/bus	12	14	15	41	1,4	2,2	4,4	2,3	2	-	-	2	0,4	-	-	0,4
Bestelauto	13	8	15	36	1,6	1,3	4,4	2,0	6	-	1	7	1,3	-	3,7	1,3
Motor/scooter	51	39	25	115	6,1	6,1	7,4	6,3	51	3	2	56	11,3	7,0	7,4	10,7
Bromfiets	112	37	14	163	13,4	5,8	4,1	9,0	87	3	4	94	19,2	7,0	14,8	18,0
Fiets	10	5	1	16	1,2	0,8	0,3	0,9	13	-	1	14	2,9	-	3,7	2,7
Voetganger	1	5	-	6	0,1	0,8	-	0,3	4	-	-	4	0,9	-	-	0,8
Overig	12	5	2	19	1,4	0,8	0,6	1,0	8	-	-	8	1,8	-	-	1,5
Totaal	835	639	339	1813	100	100	100	100	453	43	27	523	100	100	100	100

Tabel 2. Verdeling van doden t.g.v. bermongevallen buiten en binnen de bebouwde kom per wegbeheerder en wijze van verkeersdeelname (1974 t/m 1977).

Beproeving- datum	Proef- nummer	Constructie <sup>1)</sup>	Type botsing	Inrijhoek <sup>2)</sup>	Inrijsnel- heid	Plaats eerste contact	ASI <sup>3)</sup>
27 mei 1981	OB F4	Rimob-V	Flank	22°	65 km/u	Half segment 4	1,8*
	OB F5	Rimob-V	Frontaal	15°	80 km/u	Midden neus	1,5
24 juni 1981	OB F6	Rimob-V	Flank	15°	80 km/u	Begin segment 7	2,5*
	OB F7	Rimob-V	Frontaal	0°	100 km/u	Midden neus	1,5
26 augustus 1981	OB F8	Rimob-V	Frontaal	0°	70 km/u	Excentrisch neus (0,5 m uit het hart)	1,1
	OB F9	Rimob-P (4 segmenten)	Frontaal	0°	70 km/u	Midden neus	1,2
17 november 1981	OB F10	Rimob-V	Flank	15°	80 km/u	Eind 1e segment	2,7*
18 november 1981	OB F11	Rimob-V	Frontaal	0°	100 km/u	Midden neus	G.R.
	OB F12	Rimob-V	Frontaal	0°	80 km/u	Excentrisch neus (0,5 m uit het hart)	1,3
27 januari 1982	OB F13	Rimob-V	Frontaal	0°	100 km/u	Midden neus	G.R.

- 1) De Rimob-V betreft de constructie met een basisbreedte van 2,70 m. De Rimob-P is een parallel-constructie.  
2) Bij flankbotsingen t.o.v. de flank; bij frontale botsingen t.o.v. het hart van de constructie.  
3) ASI-waarden van een opnemer op de cardantunnel, tussen de beide voorpassagiers in. G.R. = Geen registratie.  
\* Deze waarden lijken niet reëel, zie par. 3.3.2.

Tabel 3. Overzicht van de uitgevoerde (verificatie) proeven OB F4 t/m F13.

## AFBEELDINGEN 1 T/M 43

Afbeelding 1. Ontwikkeling van het totale aantal en van de vast-voorwerp ongefallen met dodelijke afloop in de jaren 1971 t/m 1980.

Afbeelding 2. Overzicht van de beschikbare ruimte voor een te plaatsen obstakelbeveiliger achter een puntstuk bij een éénstrooksuitvoeging op een autosnelweg.

Afbeelding 3. Relatie tussen inrijhoek en het percentage voertuigen dat de gegeven inrijhoek heeft overschreden, gebaseerd op de aangegeven buitenlandse literatuur.

Afbeelding 4. Relatie tussen inrijnsnelheid en het percentage voertuigen dat de gegeven inrijnsnelheid heeft overschreden, gebaseerd op de aangegeven buitenlandse literatuur.

Afbeelding 5. Relatie tussen de inrijnsnelheid en de inrijhoek, gebaseerd op de aangegeven buitenlandse literatuur.

Afbeelding 6. Cumulatieve verdeling van de voertuigmassa in onbelaste toestand van personenauto's naar verkoopcijfers over de jaren 1967 t/m 1976. (Bron: CBS, 1977).

Afbeelding 7. Cumulatieve verdeling van de lengte van personenauto's naar verkoopcijfers over de jaren 1969 t/m 1975. (Bron: RWS, 1980).

Afbeelding 8. Cumulatieve verdeling van de breedte van personenauto's naar verkoopcijfers over de jaren 1969 t/m 1975. (Bron: RWS, 1980).

Afbeelding 9. Cumulatieve verdeling van de bodemvrijheid van personenauto's naar verkoopcijfers over de jaren 1969 t/m 1975. (Bron: RWS, 1980).

Afbeelding 10. Frequentieverdeling in procenten van de zwaartepunthoogten van een representatief aantal personenauto's naar verkoopcijfers over de jaren 1969 t/m 1975.

Afbeelding 11. De Energite obstakelbeveiliger; afgebeeld zijn diverse onderdelen en een voorbeeld van een opstelling in de praktijk.

Afbeelding 12. De GREAT obstakelbeveiliger; afgebeeld zijn de voorste vier segmenten van de constructie.

Afbeelding 13. Bewegingspatroon van de flankdelen bij een V-vormige obstakelbeveiliger, zonder en met de aanwezigheid van knikstrippen.

Afbeelding 14. Het eerste ontwerp van de RIMOB-obstakelbeveiliger.

Afbeelding 15. De rimpelbuizen in een driehoeksopstelling i.v.m. zijdelingse en verticale stabiliteit.

Afbeelding 16. Krachtenspel tussen voertuig en obstakelbeveiliger.

Afbeelding 17. De voorste dwarssteun zit in zijdelingse richting opgesloten. Bij een uitgeoefende langskracht glijdt hij uit de geleiding.

Afbeelding 18. De doosconstructie die een belangrijk aandeel heeft in de stabiliteit (perspectief en bovenaanzicht).

Afbeelding 19. Twee belastingsgevallen waarbij óf een druk- óf een trekbelasting optreedt.

Afbeelding 20. Het neussegment dat de botsingskracht op de overige segmenten goed moet inleiden.

Afbeelding 21. Bij een schuine aanrijding op het neussegment zorgen de aldaar aangebrachte strippen ervoor dat het voertuig niet te veel zijdelings verplaatst.

Afbeelding 22. Kelkbeugels beproefd bij botsproef OB F6 (eind flank, 15°, 80 km/u). De kelkbeugels hebben tot doel een soepele overgang tussen de RIMOB en de aangesloten geleiderailconstructie te bewerkstelligen.

Afbeelding 23. Het uitbuigingspatroon bij een flankbotsing als geen knikstrippen worden toegepast.

Afbeelding 24. Opengewerkte tekening van de RIMOB-V (V-vormig).

Afbeelding 25. Zij- en bovenaanzicht van de RIMOB-P (parallel-vormig) met vier segmenten, beproefd bij botsproef OB F9 (frontaal,  $0^{\circ}$ , 70 km/h).

Afbeelding 26. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F4 (midden flank,  $22^{\circ}$ , 65 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoering).

Afbeelding 27. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F5 (frontaal,  $15^{\circ}$ , 80 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoering).

Afbeelding 28. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F6 (eind flank,  $15^{\circ}$ , 80 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoering).

Afbeelding 29. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F7 (frontaal,  $0^{\circ}$ , 100 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoering).

Afbeelding 30. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F8 (frontaal, excentrisch,  $0^{\circ}$ , 70 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoering).

Afbeelding 31. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F9 (frontaal,  $0^{\circ}$ , 70 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoering) (RIMOB-P).

Afbeelding 32. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F10 (begin flank,  $15^{\circ}$ , 80 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoering).

Afbeelding 33. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F11 (frontaal,  $0^{\circ}$ , 100 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoeging).

Afbeelding 34. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F12 (frontaal, excentrisch,  $0^{\circ}$ , 80 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoeging).

Afbeelding 35. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F13 (frontaal,  $0^{\circ}$ , 100 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoeging).

Afbeelding 36. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F4 (midden flank,  $22^{\circ}$ , 65 km/u).

Afbeelding 37. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F5 (frontaal,  $15^{\circ}$ , 80 km/u).

Afbeelding 38. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F6 (eind flank,  $15^{\circ}$ , 80 km/u).

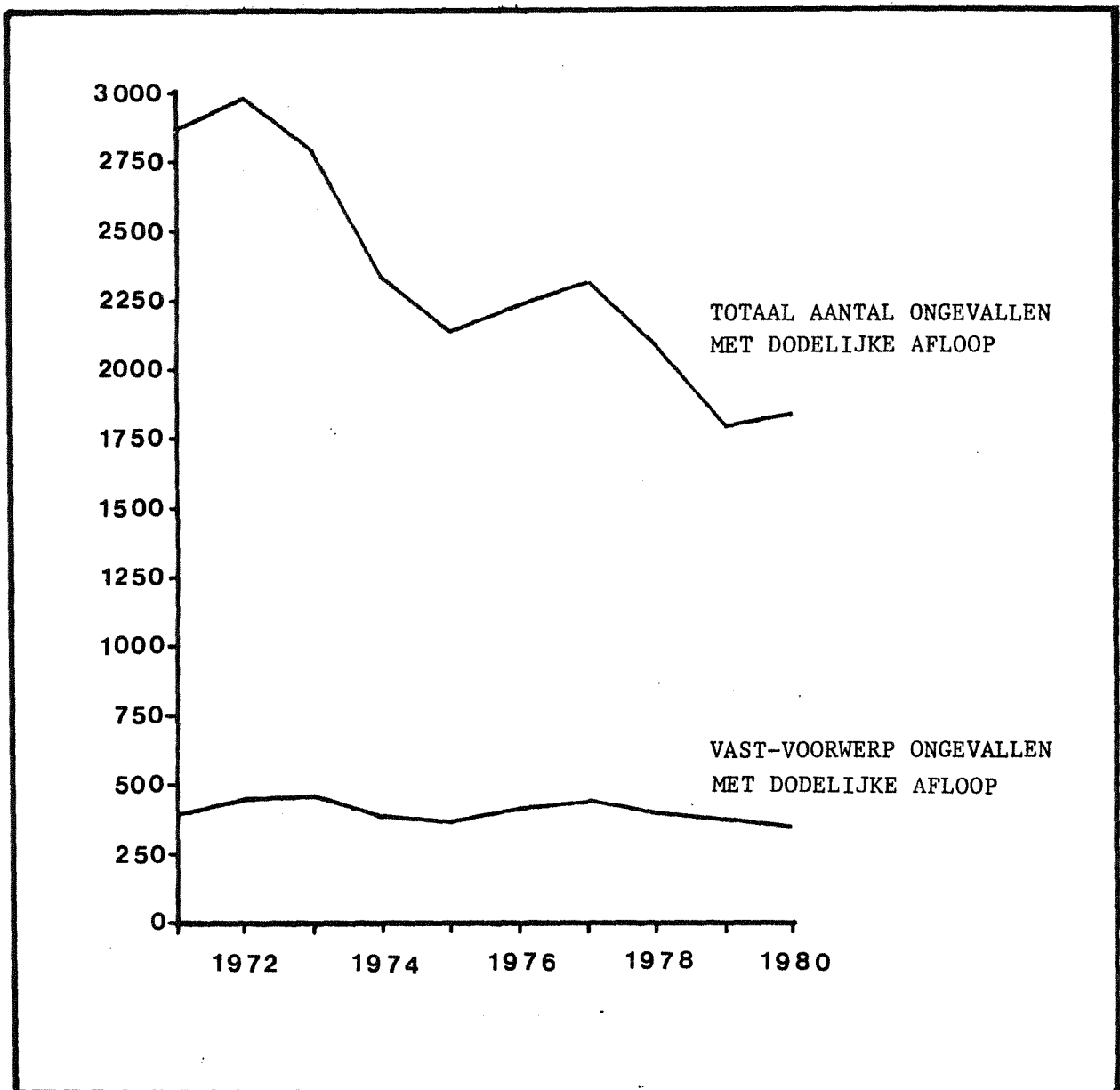
Afbeelding 39. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F7 (frontaal,  $0^{\circ}$ , 100 km/u).

Afbeelding 40. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F8 (frontaal, excentrisch,  $0^{\circ}$ , 70 km/u).

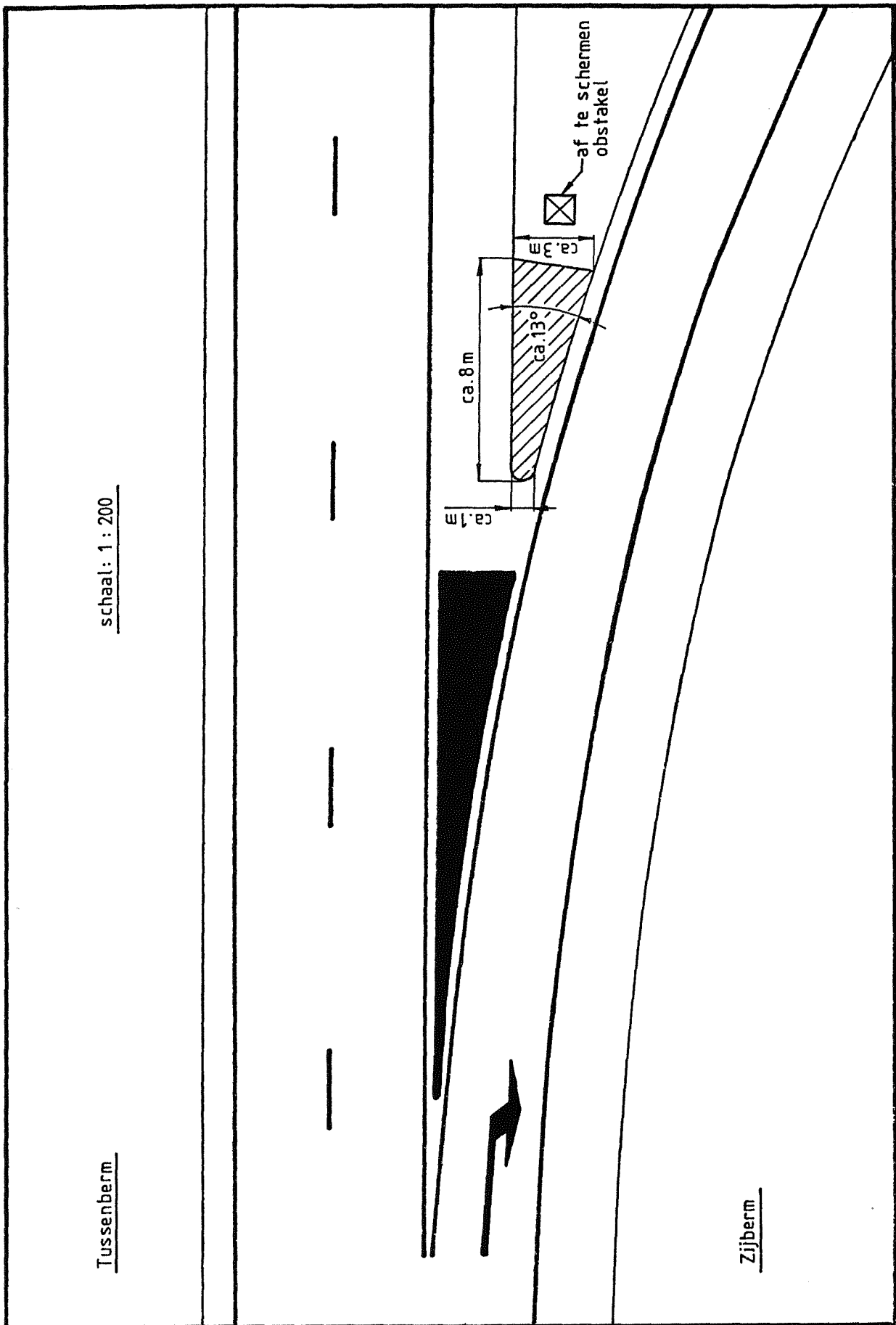
Afbeelding 41. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F9 (frontaal,  $0^{\circ}$ , 70 km/u) (RIMOB-P).

Afbeelding 42. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F10 (begin flank,  $15^{\circ}$ , 80 km/u).

Afbeelding 43. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F12 (frontaal, excentrisch,  $0^{\circ}$ , 80 km/u).

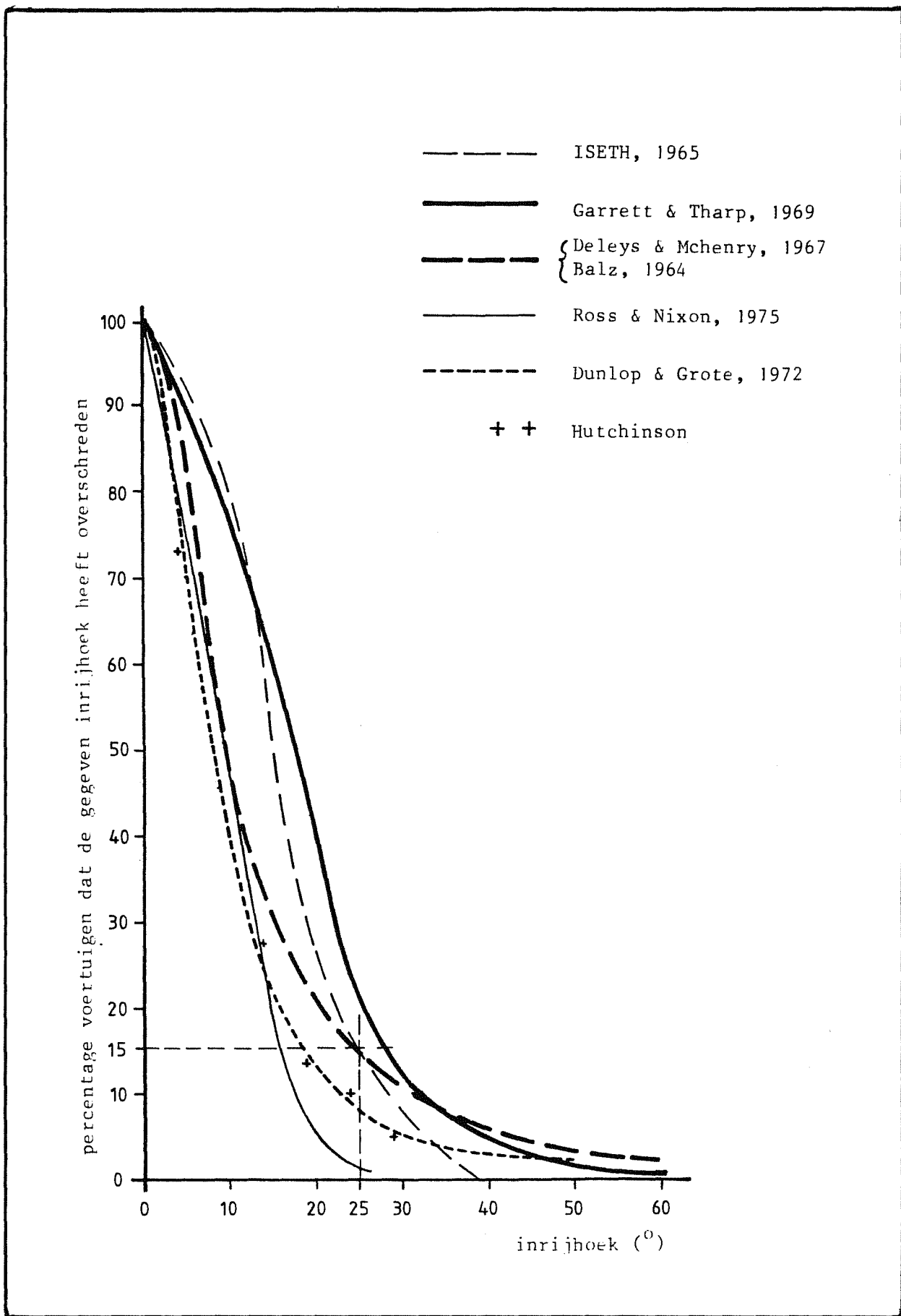


Afbeelding 1. Ontwikkeling van het totale aantal en van de vast-voorwerp ongevallen met dodelijke afloop in de jaren 1971 t/m 1980.

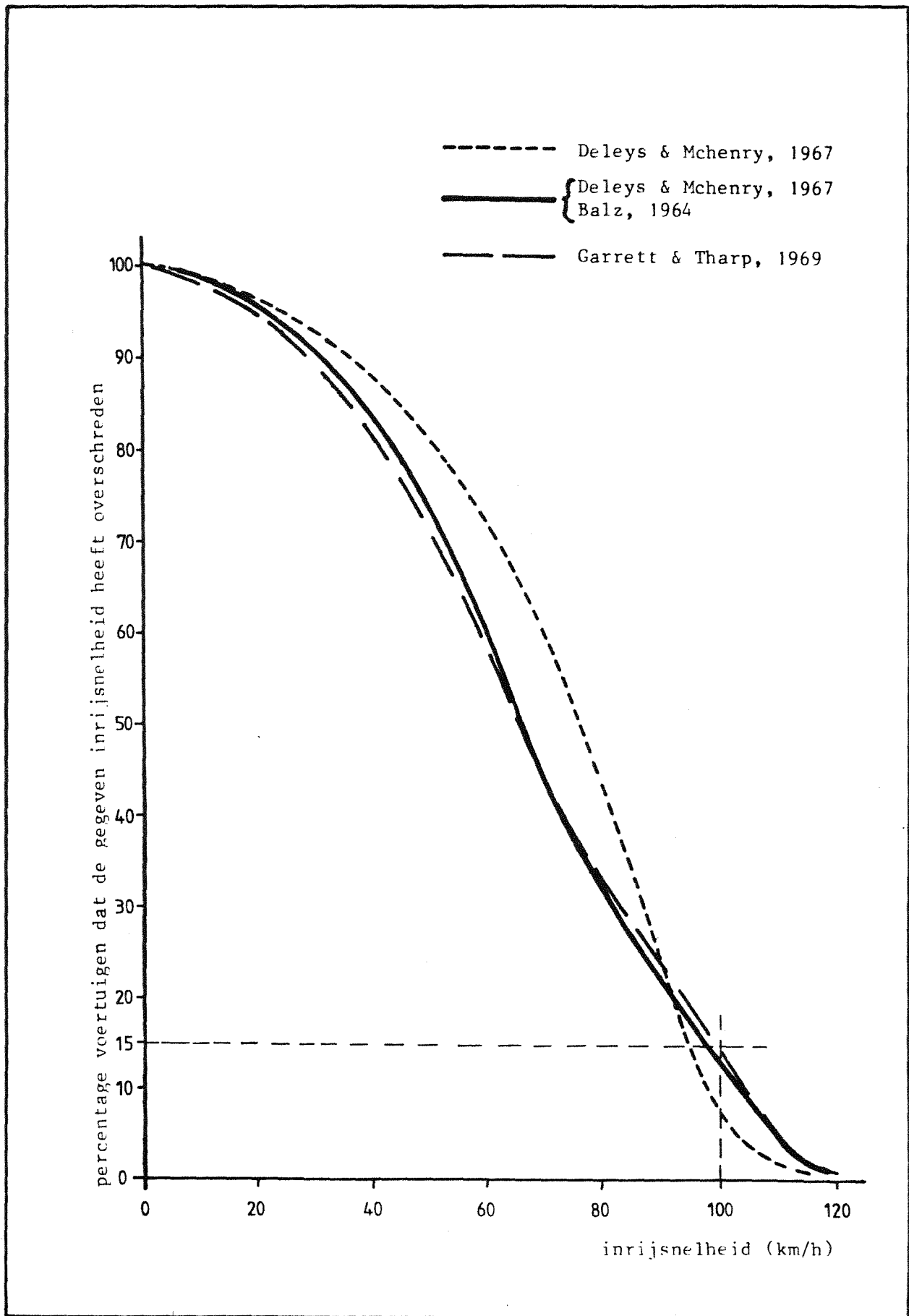


Afbeelding 2. Overzicht van de beschikbare ruimte voor een te plaatsen obstakelbeveiliger achter een puntstuk bij een éénstrooksuitvoeging op een autosnelweg.

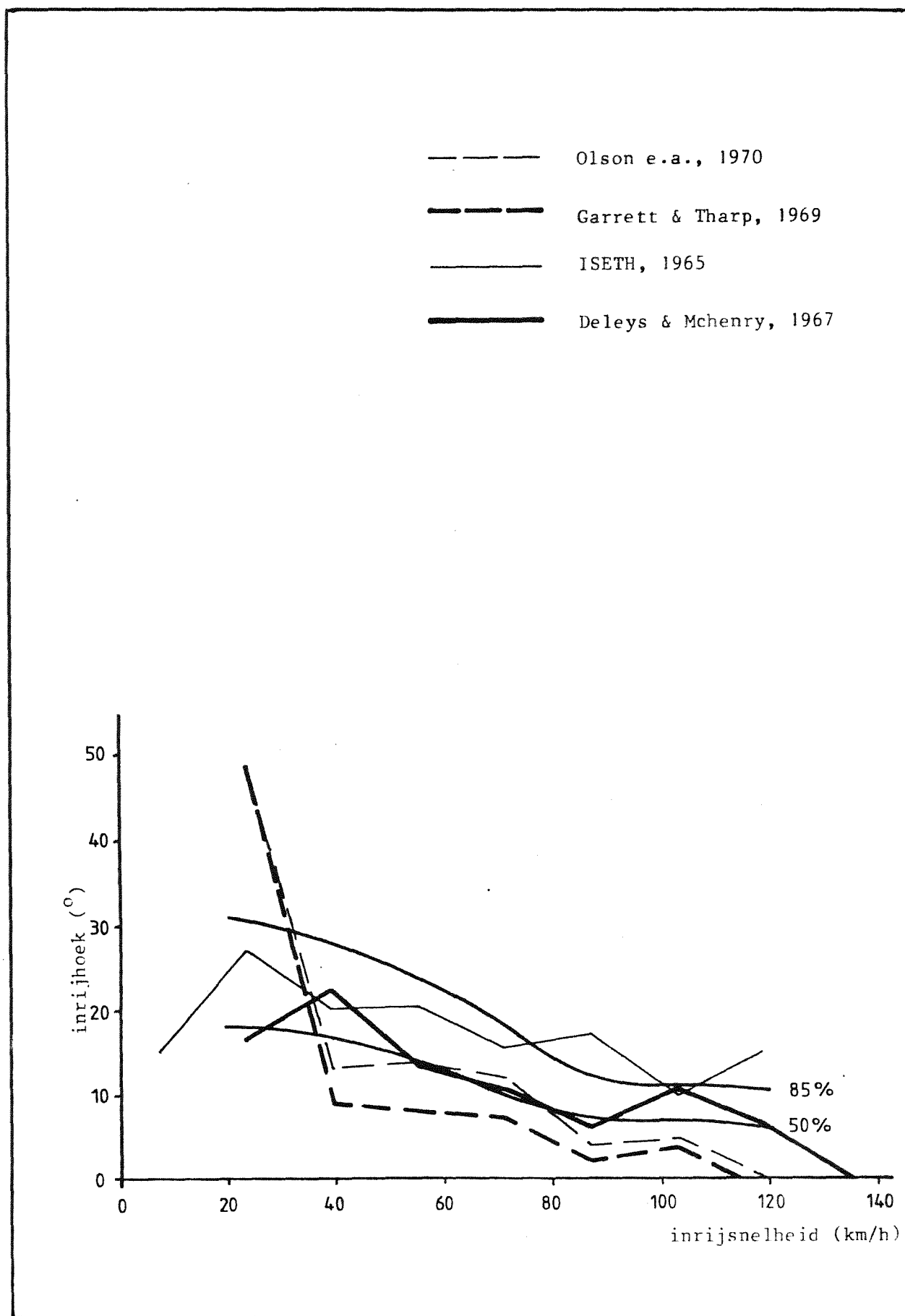




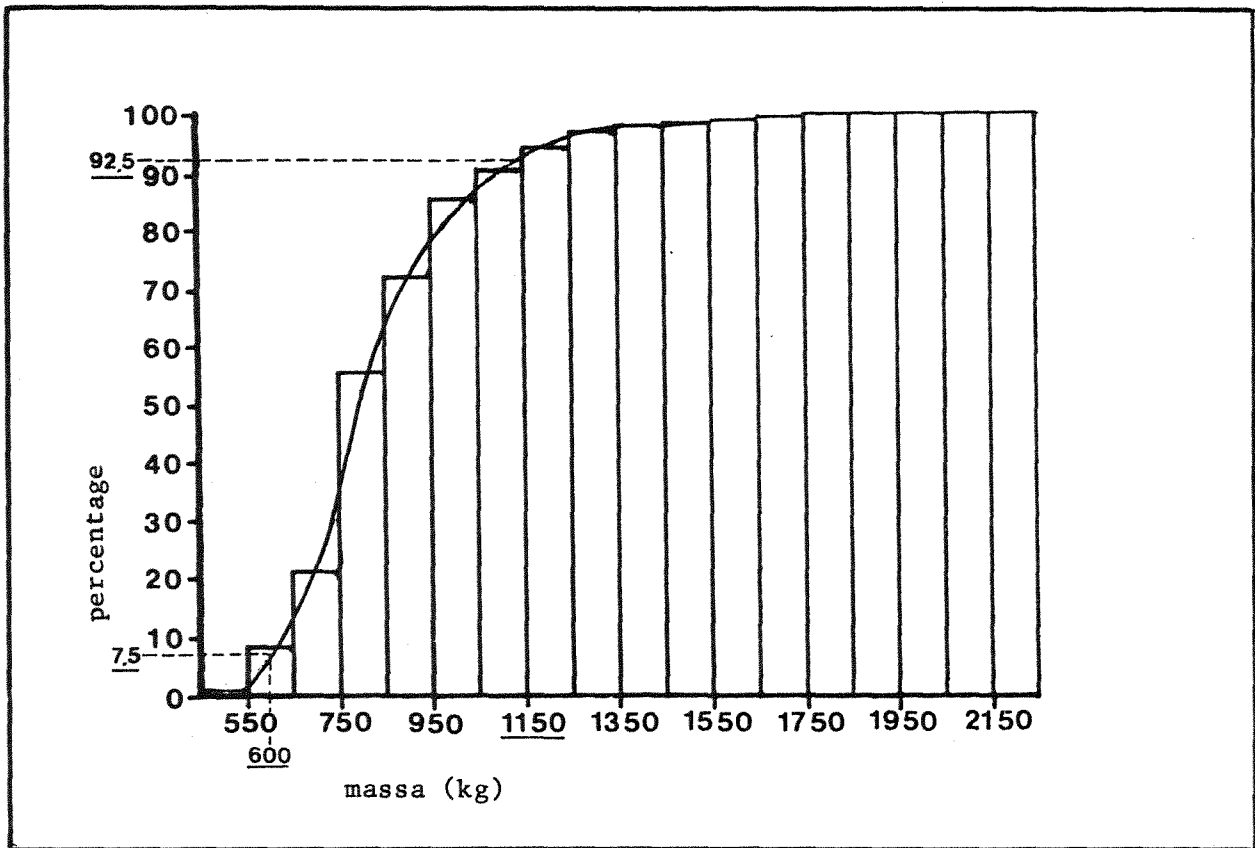
**Afbeelding 3.** Relatie tussen inrijhoek en het percentage voertuigen dat de gegeven inrijhoek heeft overschreden, gebaseerd op de aangegeven buitenlandse literatuur.



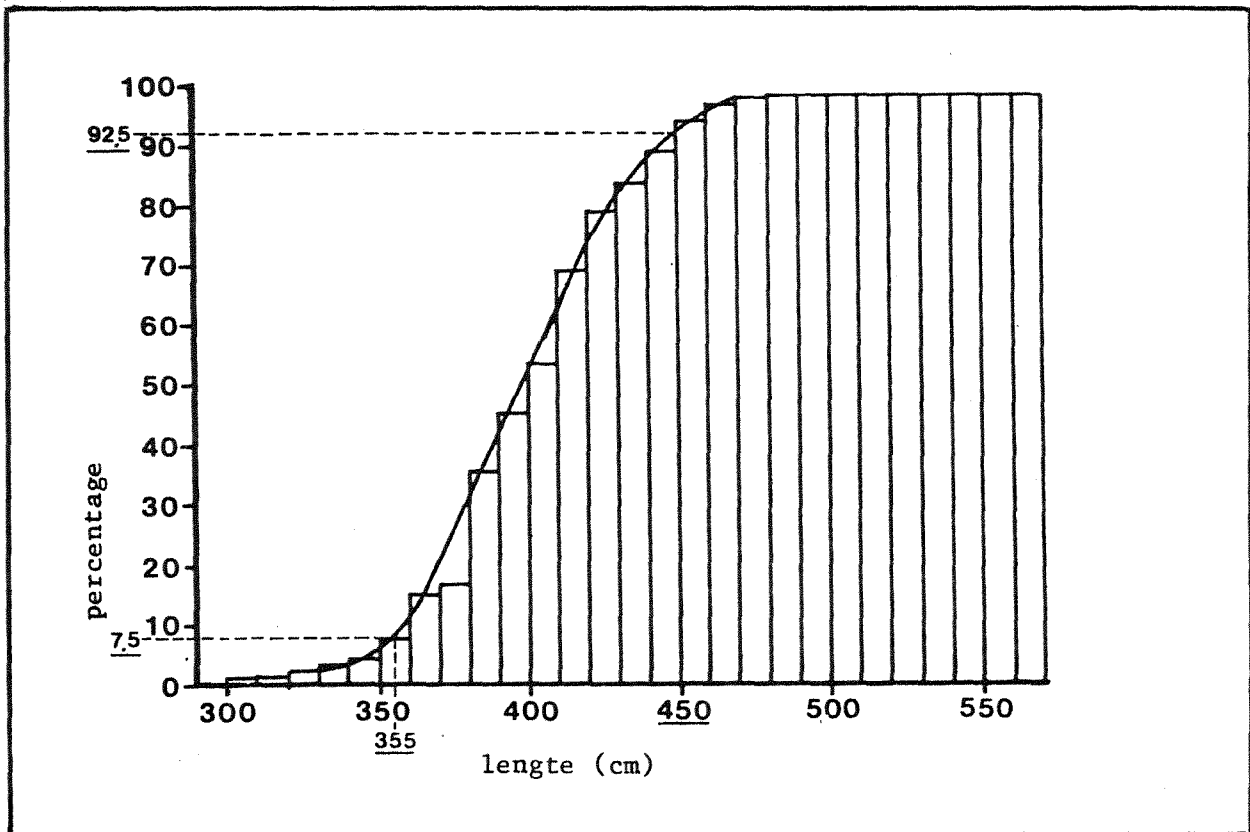
Afbeelding 4. Relatie tussen inrijnsnelheid en het percentage voertuigen dat de gegeven inrijnsnelheid heeft overschreden, gebaseerd op de aangegeven buitenlandse literatuur.



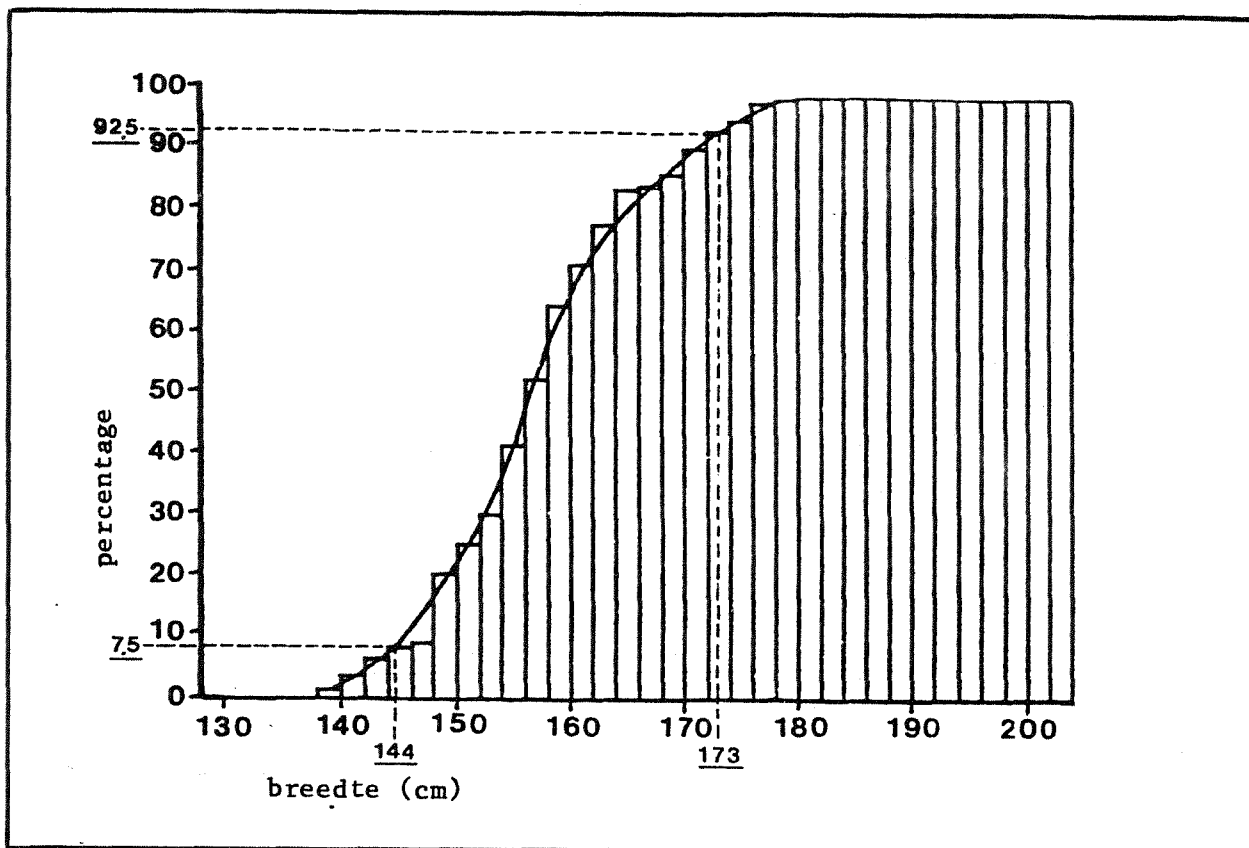
Afbeelding 5. Relatie tussen de inrijsnelheid en de inrijhoek, gebaseerd op de aangegeven buitenlandse literatuur.



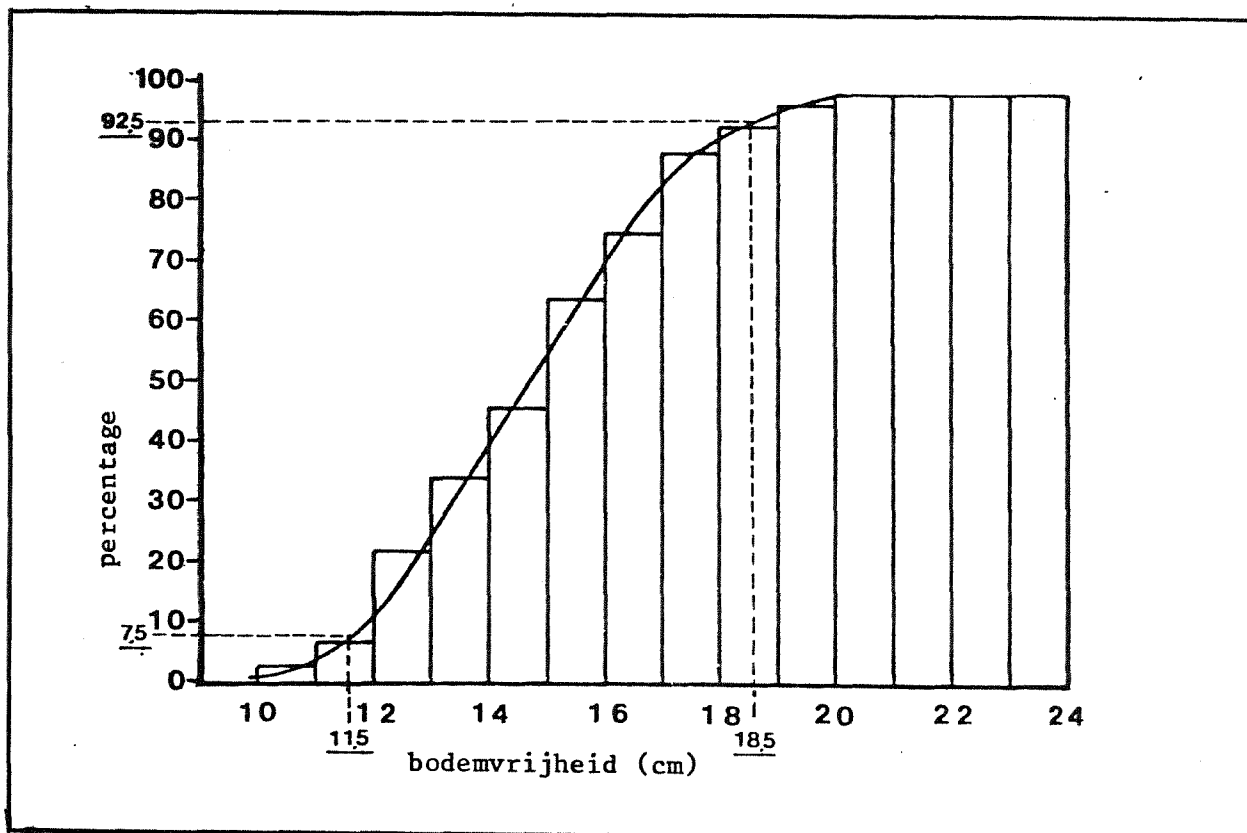
Afbeelding 6. Cumulatieve verdeling van de voertuigmassa in onbelaste toestand van personenauto's naar verkoopcijfers over de jaren 1967 t/m 1976. (Bron: CBS, 1977).



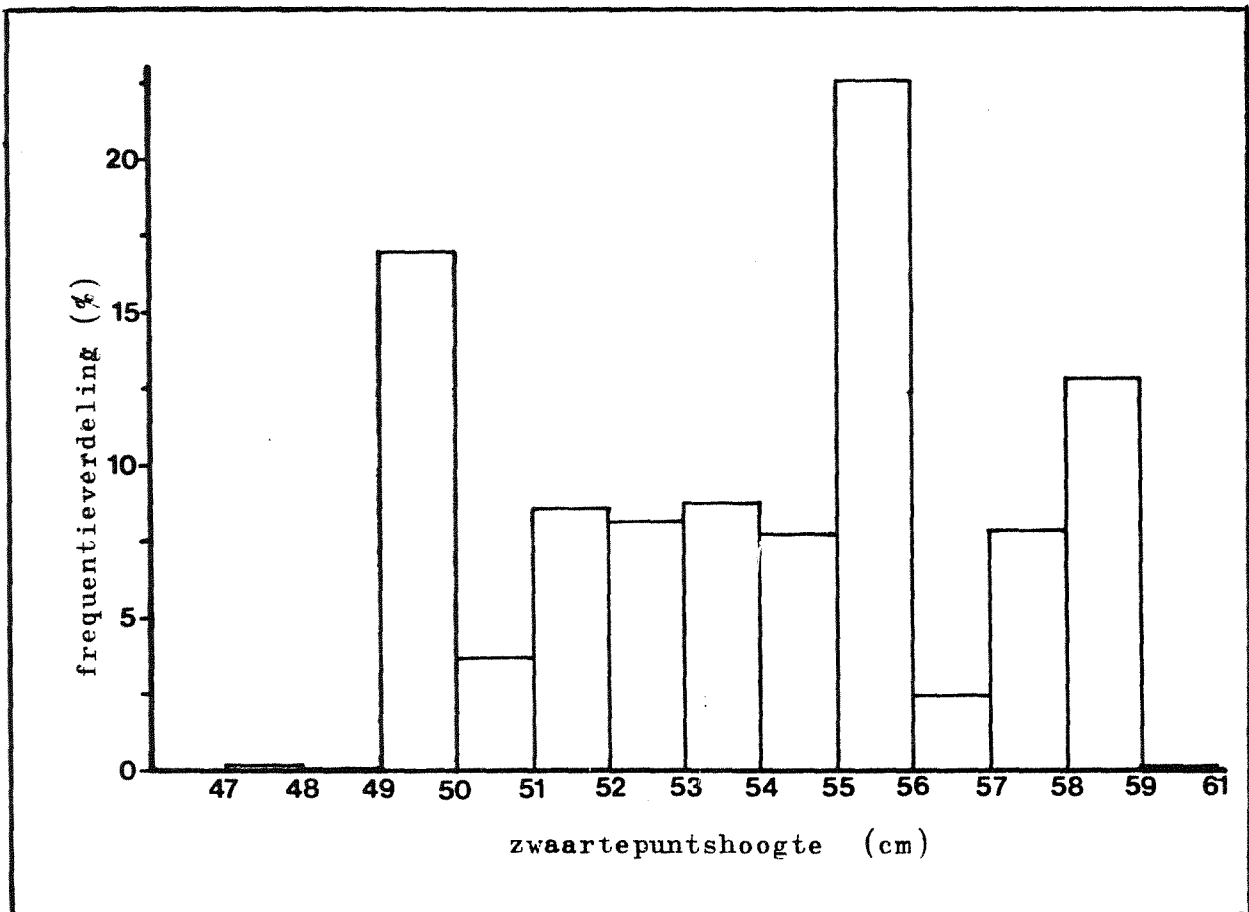
Afbeelding 7. Cumulatieve verdeling van de lengte van personenauto's naar verkoopcijfers over de jaren 1969 t/m 1975. (Bron: RWS, 1980).



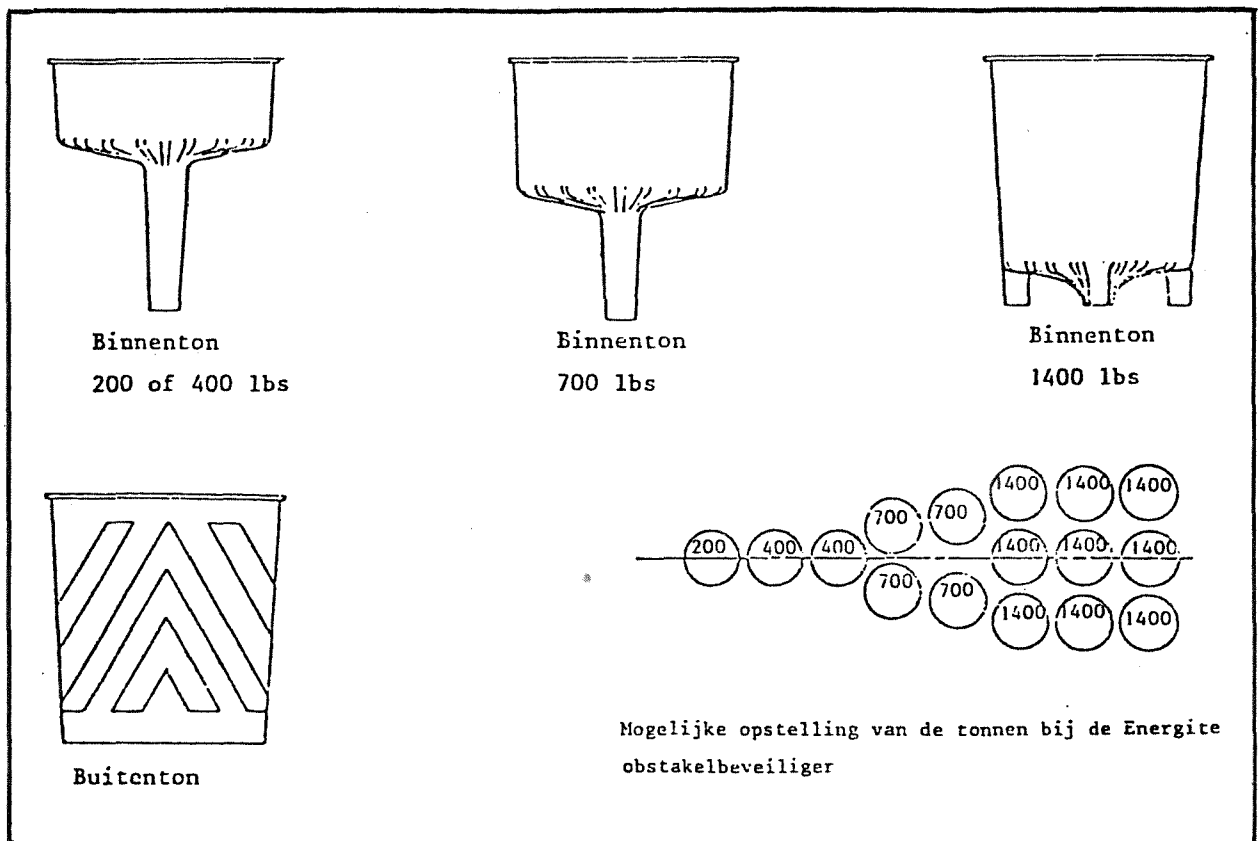
Afbeelding 8. Cumulatieve verdeling van de breedte van personenauto's naar verkoopcijfers over de jaren 1969 t/m 1975. (Bron: RWS, 1980).



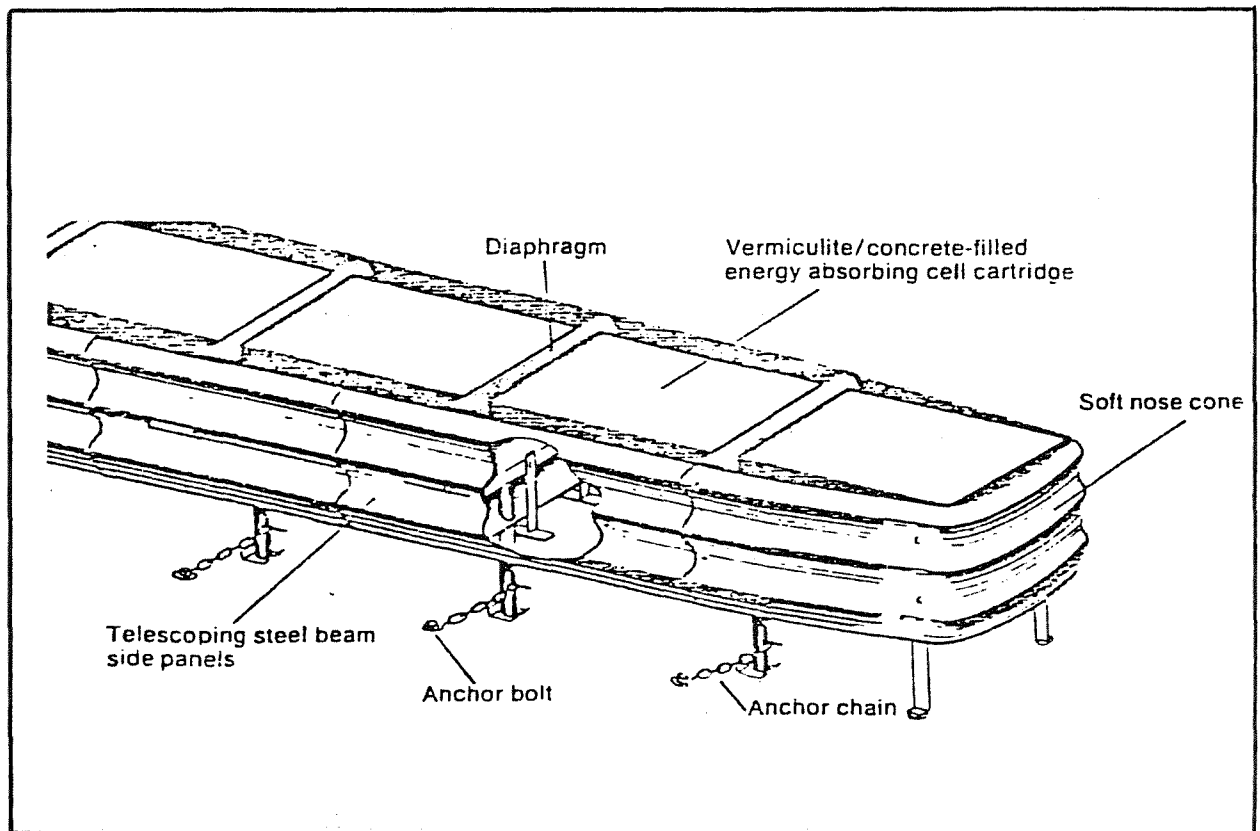
Afbeelding 9. Cumulatieve verdeling van de bodenvrijheid van personenauto's naar verkoopcijfers over de jaren 1969 t/m 1975. (Bron: RWS, 1980).



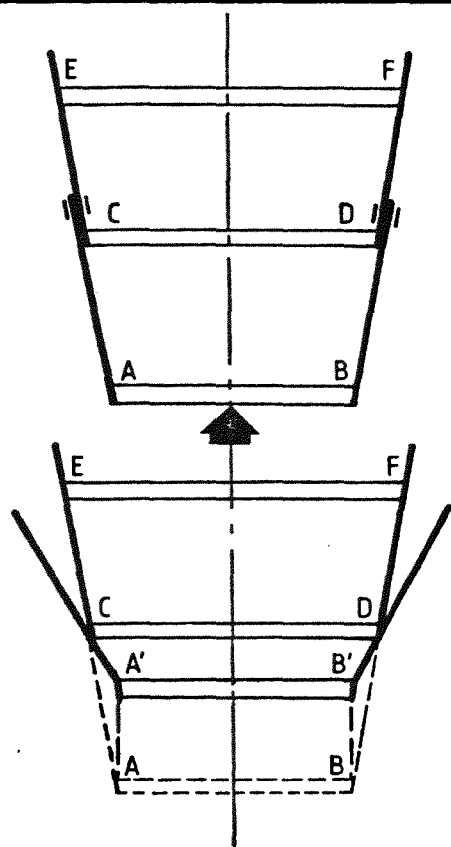
Afbeelding 10. Frequentieverdeling in procenten van de zwaartepuntshoogten van een representatief aantal personenauto's naar verkoopcijfers over de jaren 1969 t/m 1975.



Afbeelding 11. De Energite obstakelbeveiliger; afgebeeld zijn diverse onderdelen en een voorbeeld van een opstelling in de praktijk.

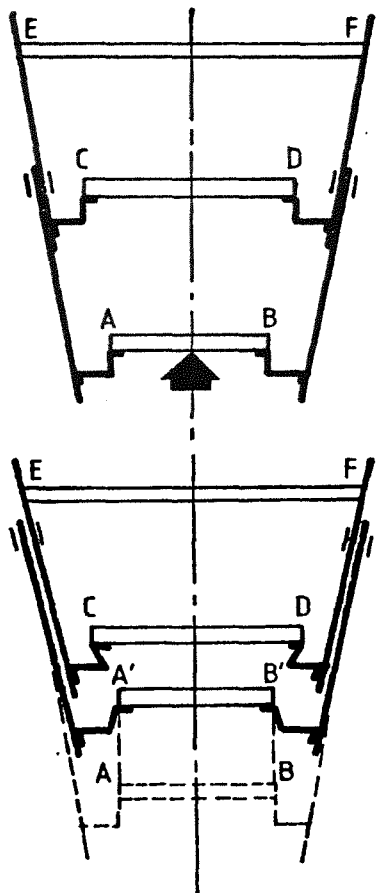


Afbeelding 12. De GREAT obstakelbeveiliger; afgebeeld zijn de voorste vier segmenten van de constructie.



### ZONDER KNIKSTRIPPEN

Als AB belast wordt gaat AB naar A'B'. CD zijn vaste punten. De flanken AC en BD worden gedwongen naar buiten uit te buigen. De ingetekende geleiding wordt hierdoor verbroken.



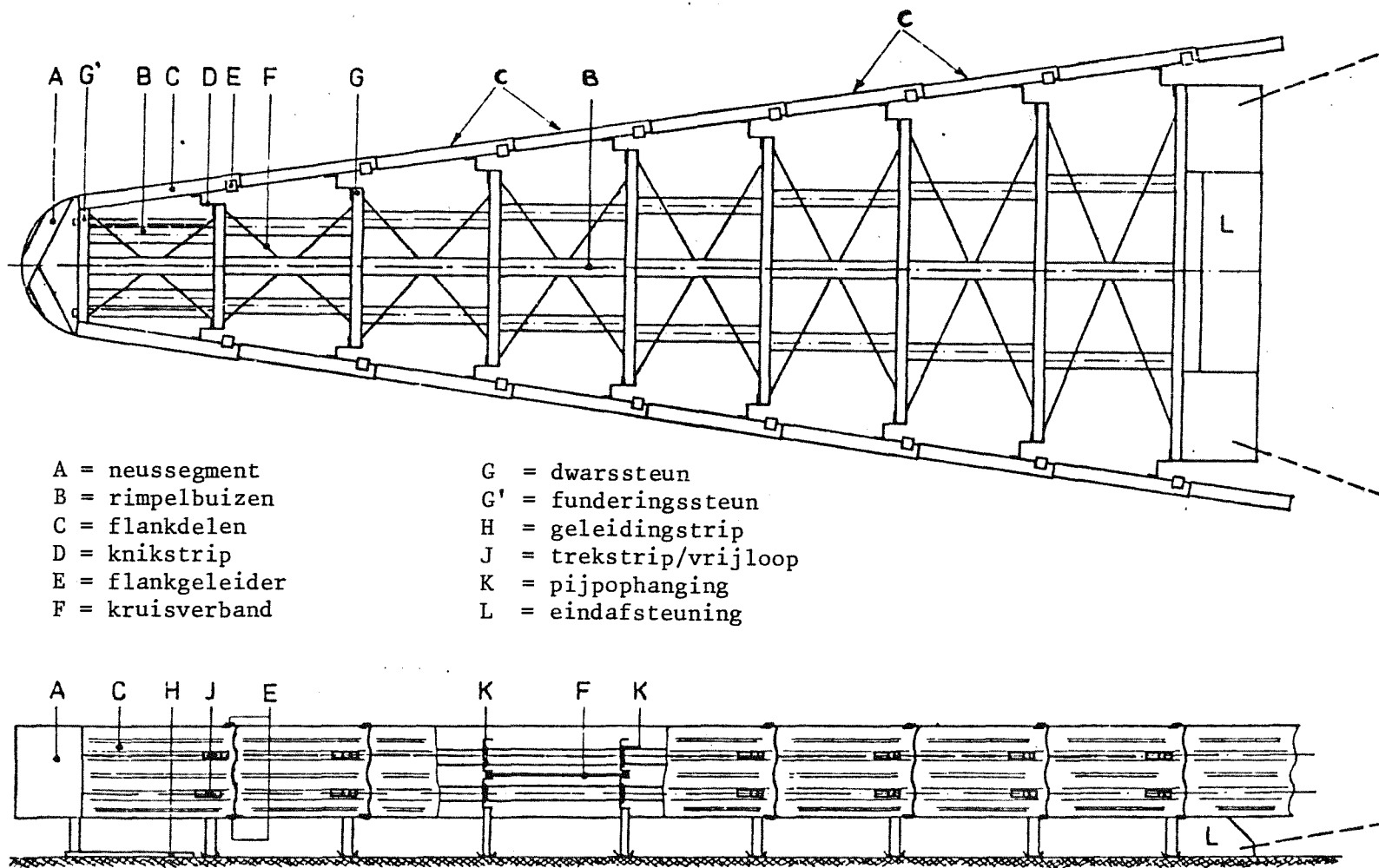
### MET KNIKSTRIPPEN

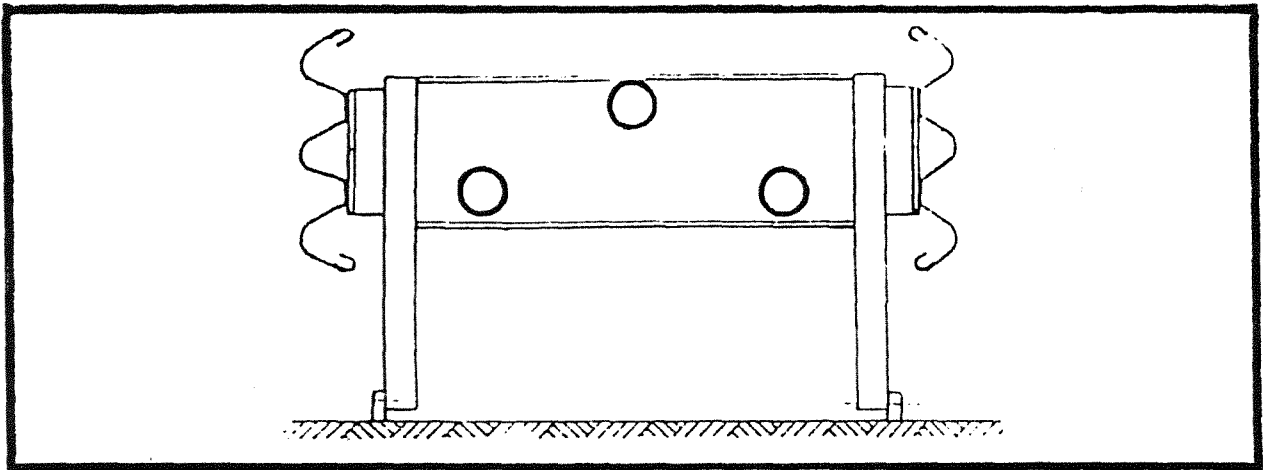
De verbinding tussen A, B, C en D met de flankdelen wordt gerealiseerd met knikstrippen. Bij het belasten van AB verbuigen de knikstrippen C en D naar binnen en A en B naar buiten. Hierdoor blijven de flankdelen parallel, mede door de aangebrachte flankgeleiders.

Afbeelding 13. Bewegingspatroon van de flankdelen bij een V-vormige obstakelbeveiliger, zonder en met de aanwezigheid van knikstrippen.

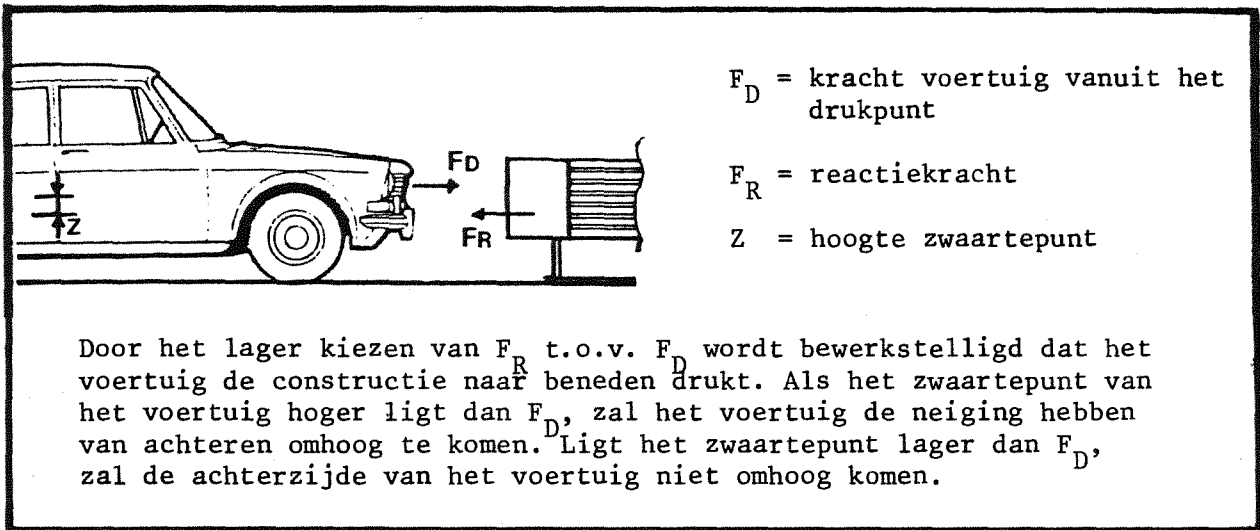


Afbeelding 14. Het eerste ontwerp van de RIMOB-obstakelbeveiligiger.



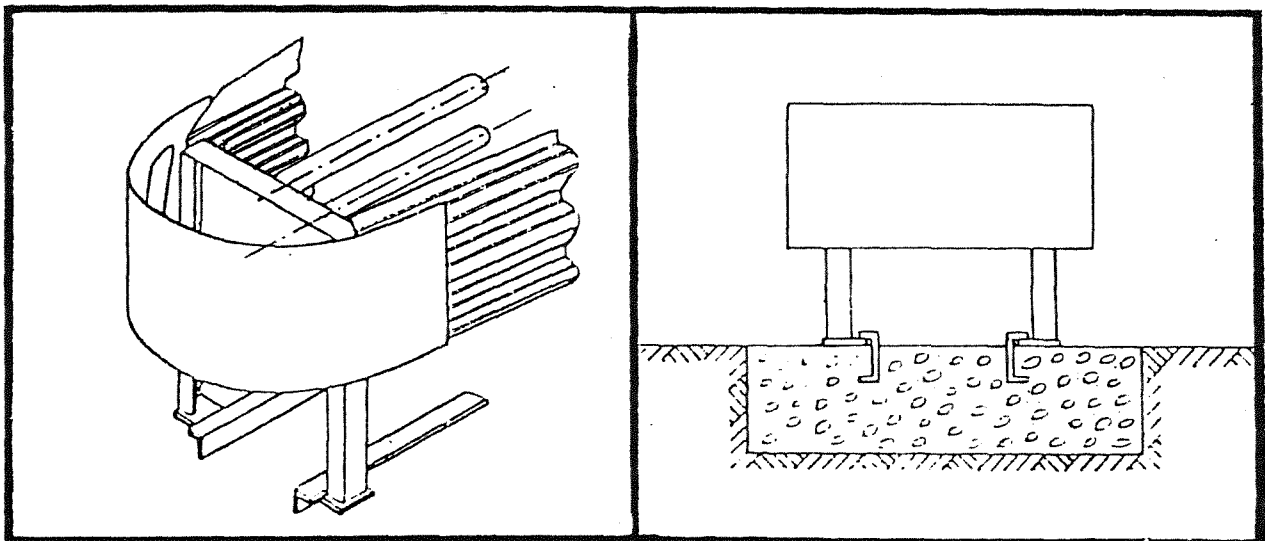


Afbeelding 15. De rimpelbuizen in een driehoeksopstelling i.v.m. zijdelingse en verticale stabiliteit.

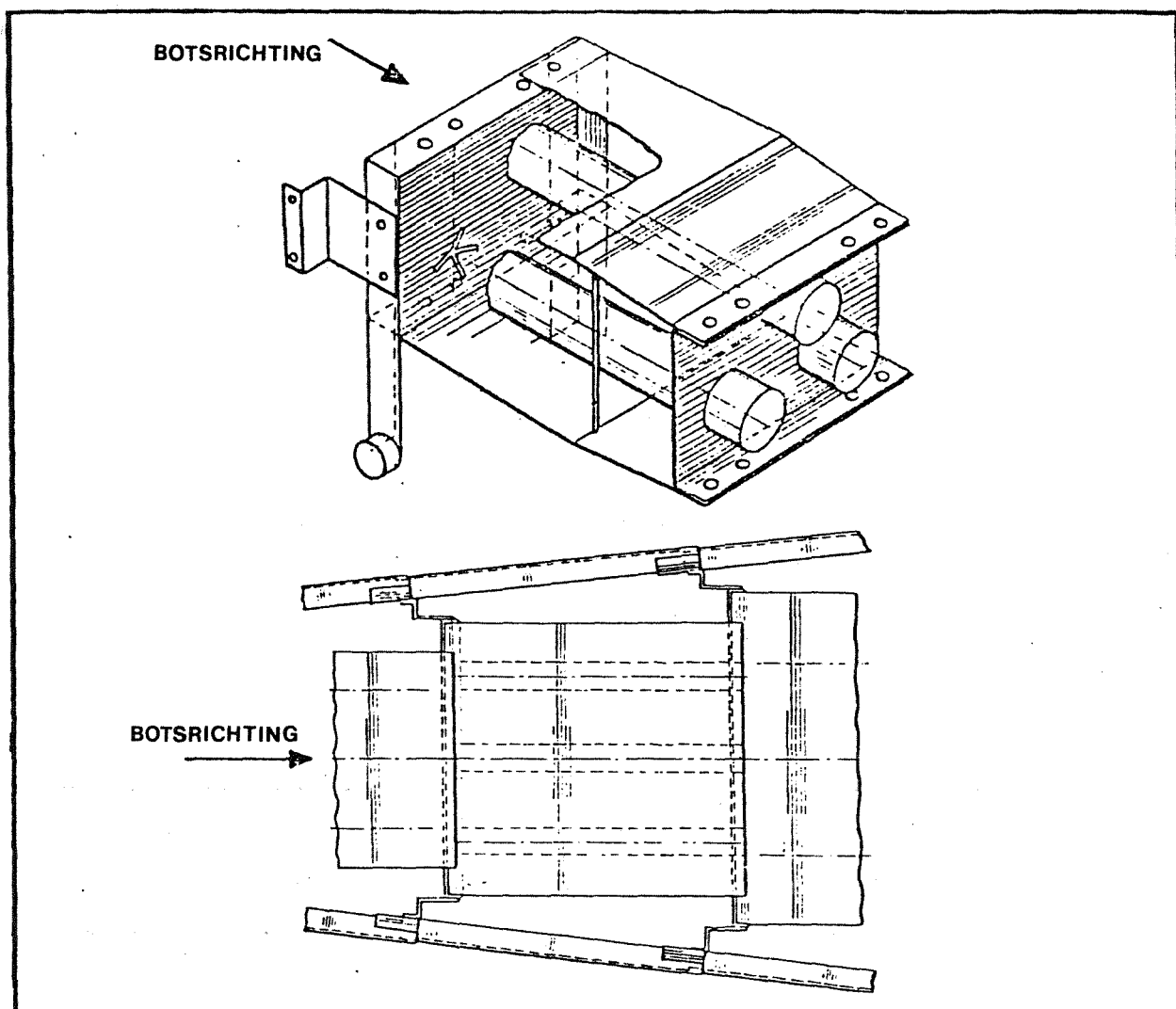


Door het lager kiezen van  $F_R$  t.o.v.  $F_D$  wordt bewerkstelligd dat het voertuig de constructie naar beneden drukt. Als het zwaartepunt van het voertuig hoger ligt dan  $F_D$ , zal het voertuig de neiging hebben van achteren omhoog te komen. Ligt het zwaartepunt lager dan  $F_D$ , zal de achterzijde van het voertuig niet omhoog komen.

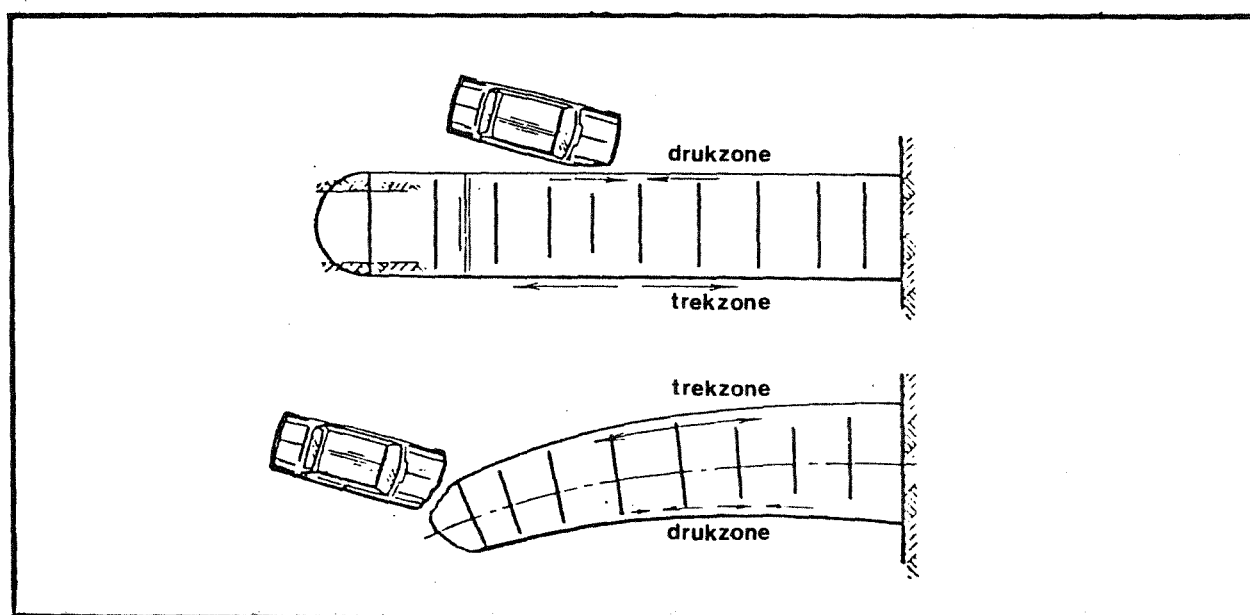
Afbeelding 16. Krachtenspel tussen voertuig en obstakelbeveiliger.



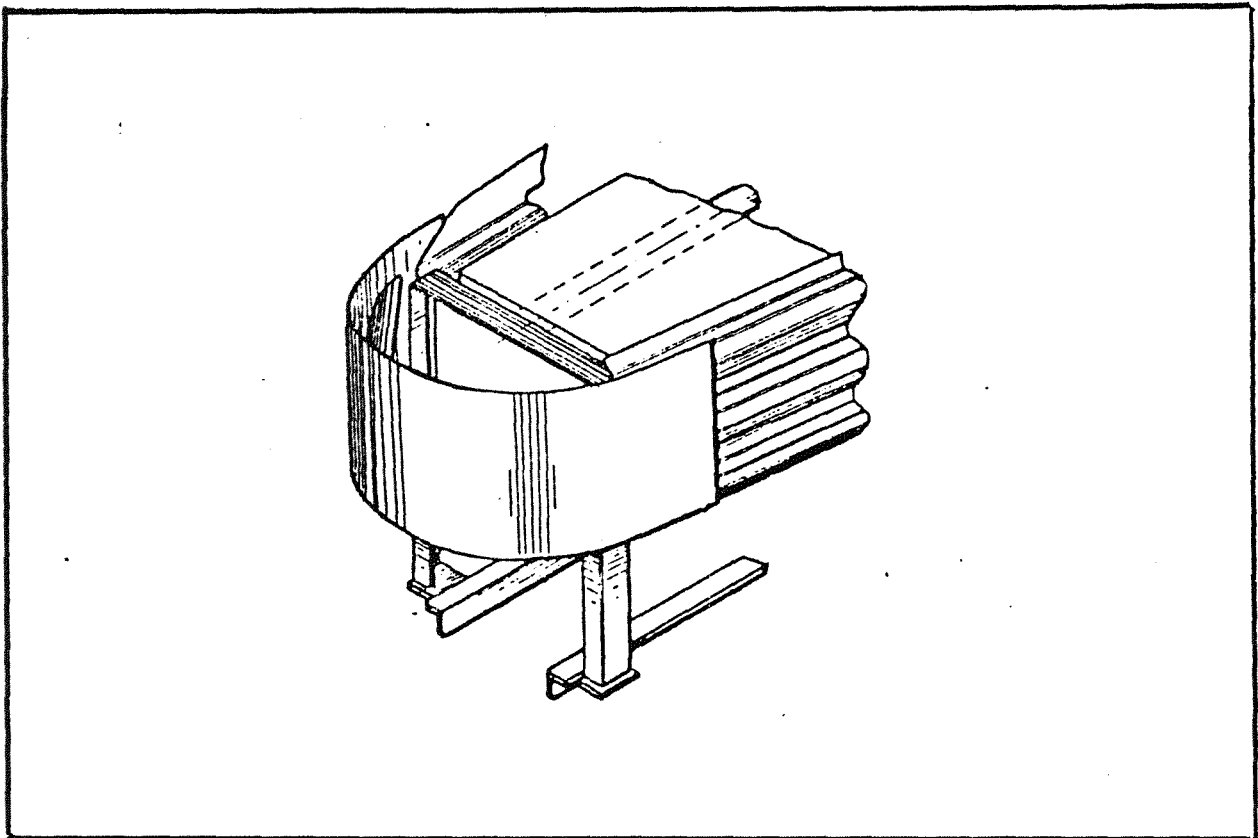
Afbeelding 17. De voorste dwarssteun zit in zijdelingse richting opgesloten. Bij een uitgeoefende langskracht glijdt hij uit de geleiding.



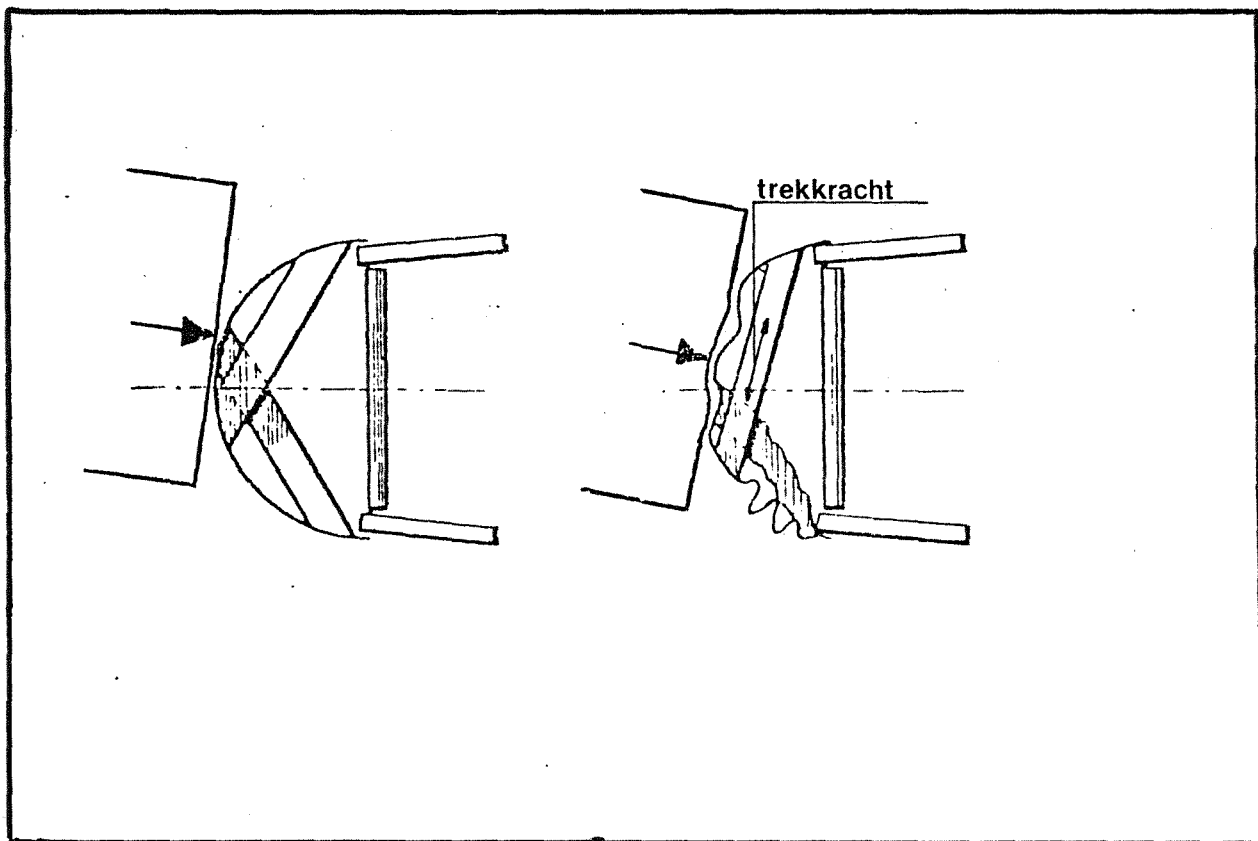
Afbeelding 18. De doosconstructie die een belangrijk aandeel heeft in de stabiliteit (perspectief en bovenaanzicht).



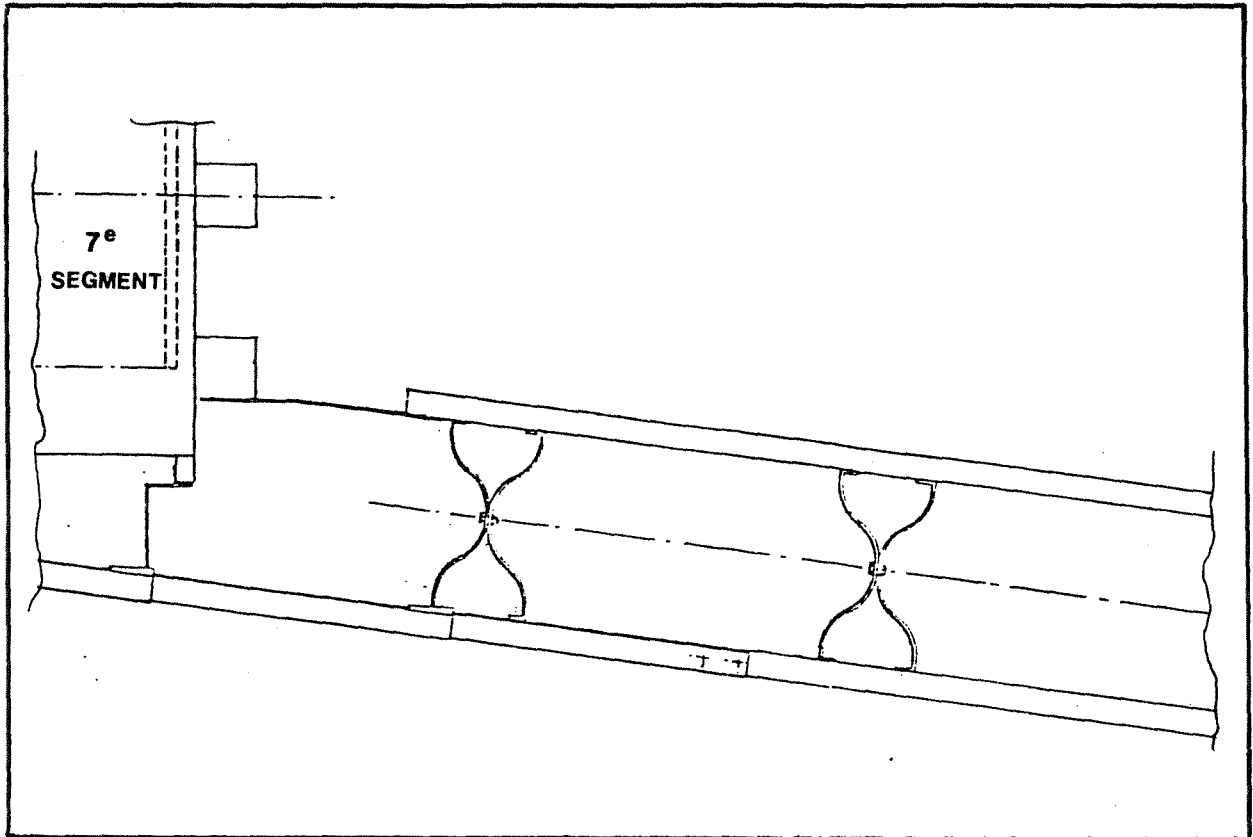
Afbeelding 19. Twee belastingsgevallen waarbij óf een druk- óf een trekbelasting optreedt.



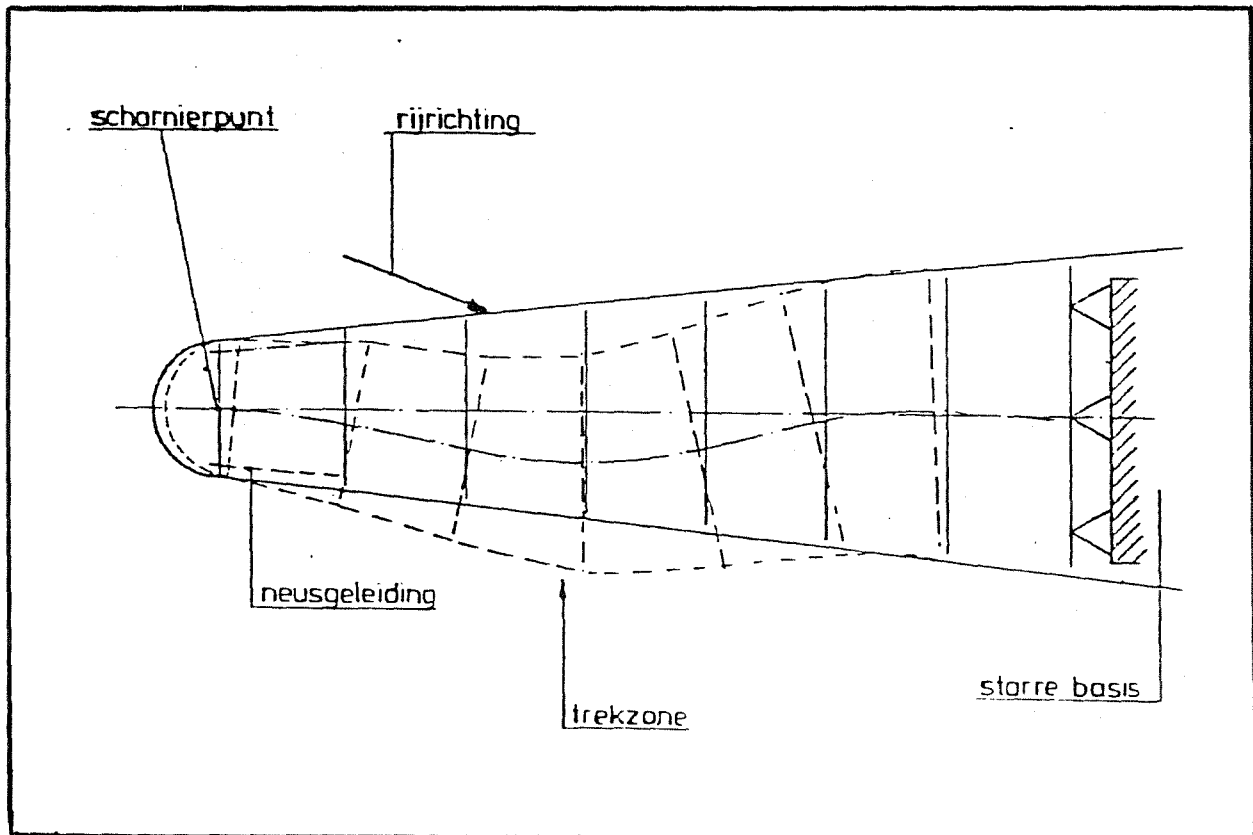
Afbeelding 20. Het neussegment dat de botsingskracht op de overige segmenten goed moet inleiden.



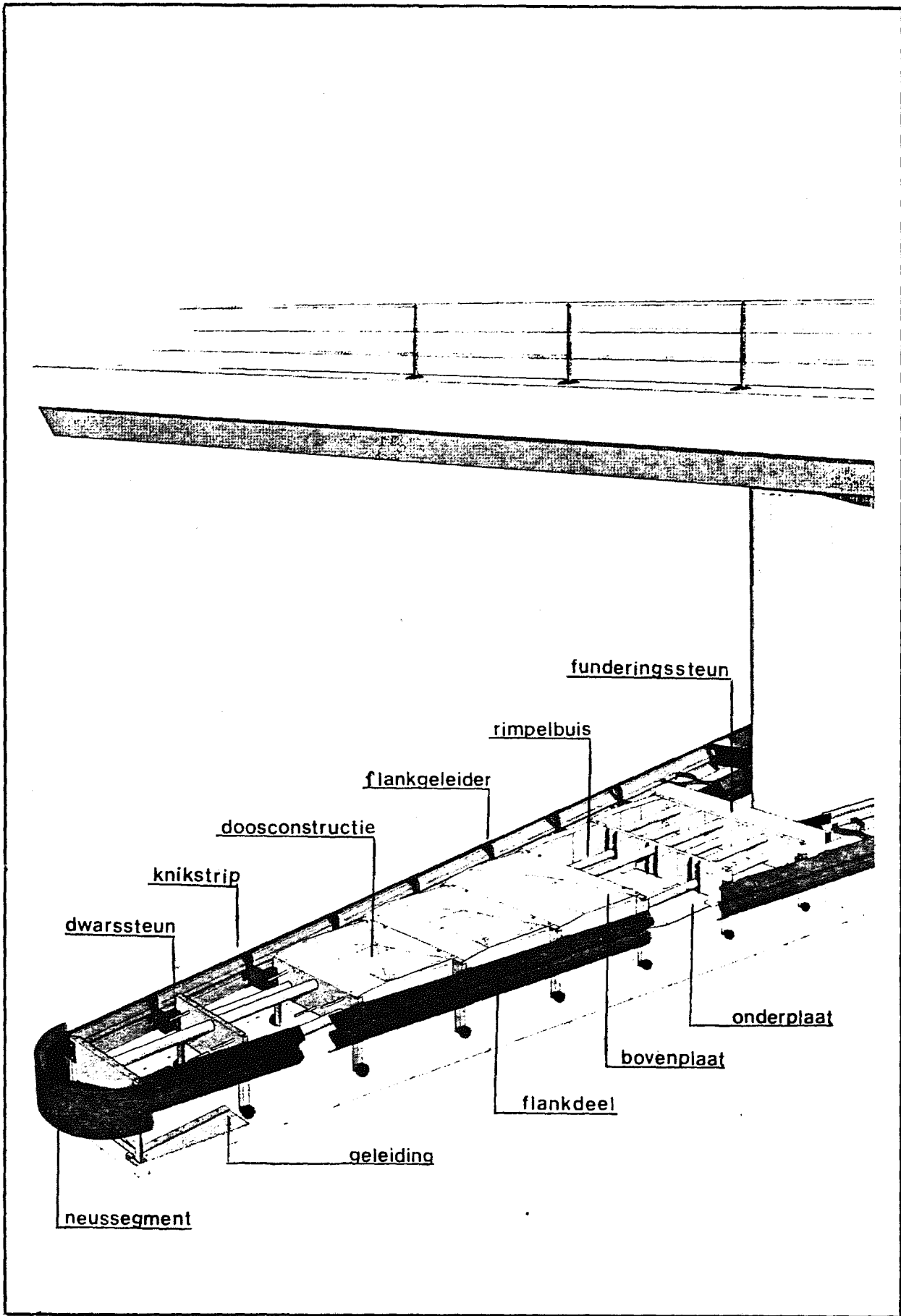
Afbeelding 21. Bij een schuine aanrijding op het neussegment zorgen de aldaar aangebrachte strippen ervoor dat het voertuig niet te veel zijdelings verplaatst.



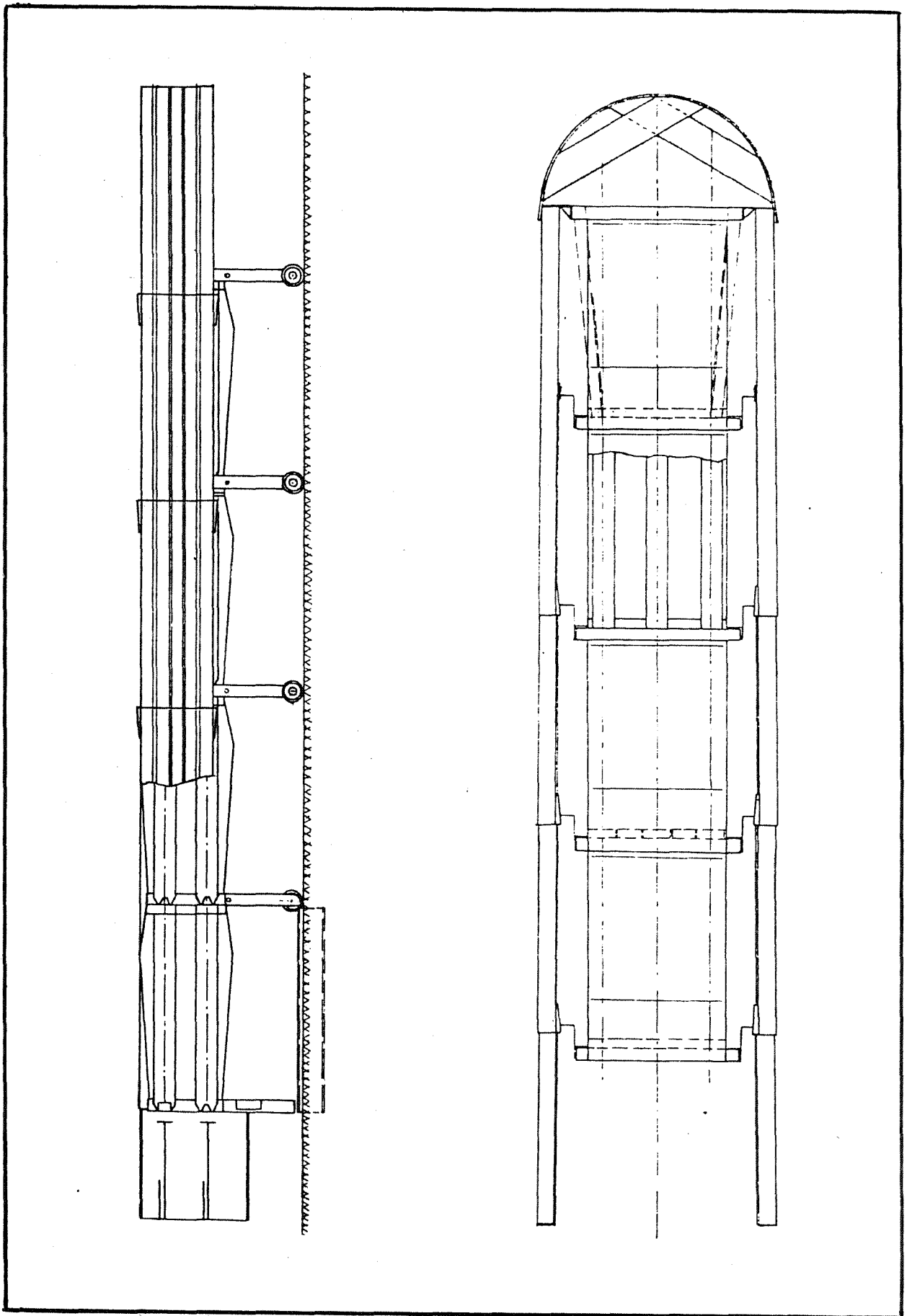
Afbeelding 22. Kelkbeugels beproefd bij botsproef OB F6 (eind flank, 15°, 80 km/u). De kelkbeugels hebben tot doel een soepele overgang tussen de RIMOB en de aangesloten geleiderailconstructie te bewerkstelligen.



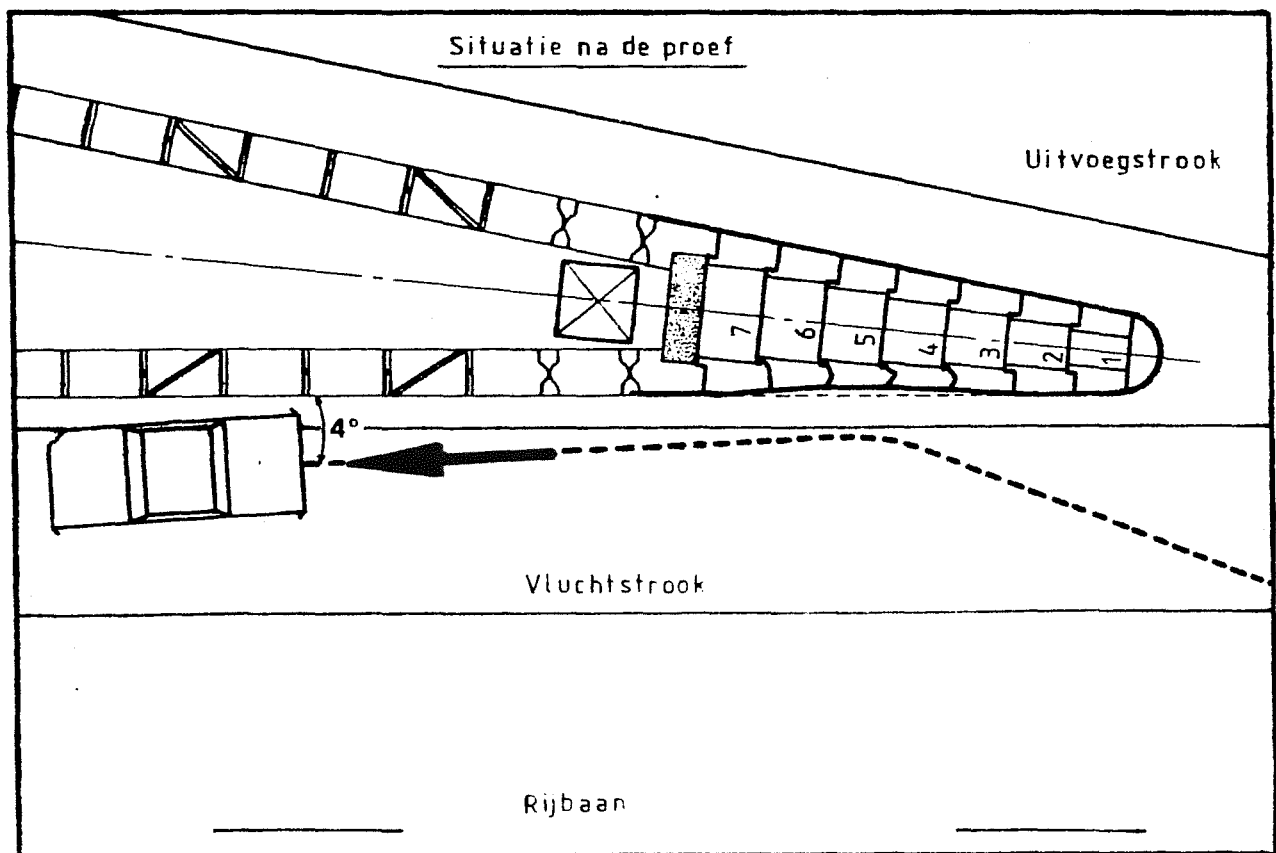
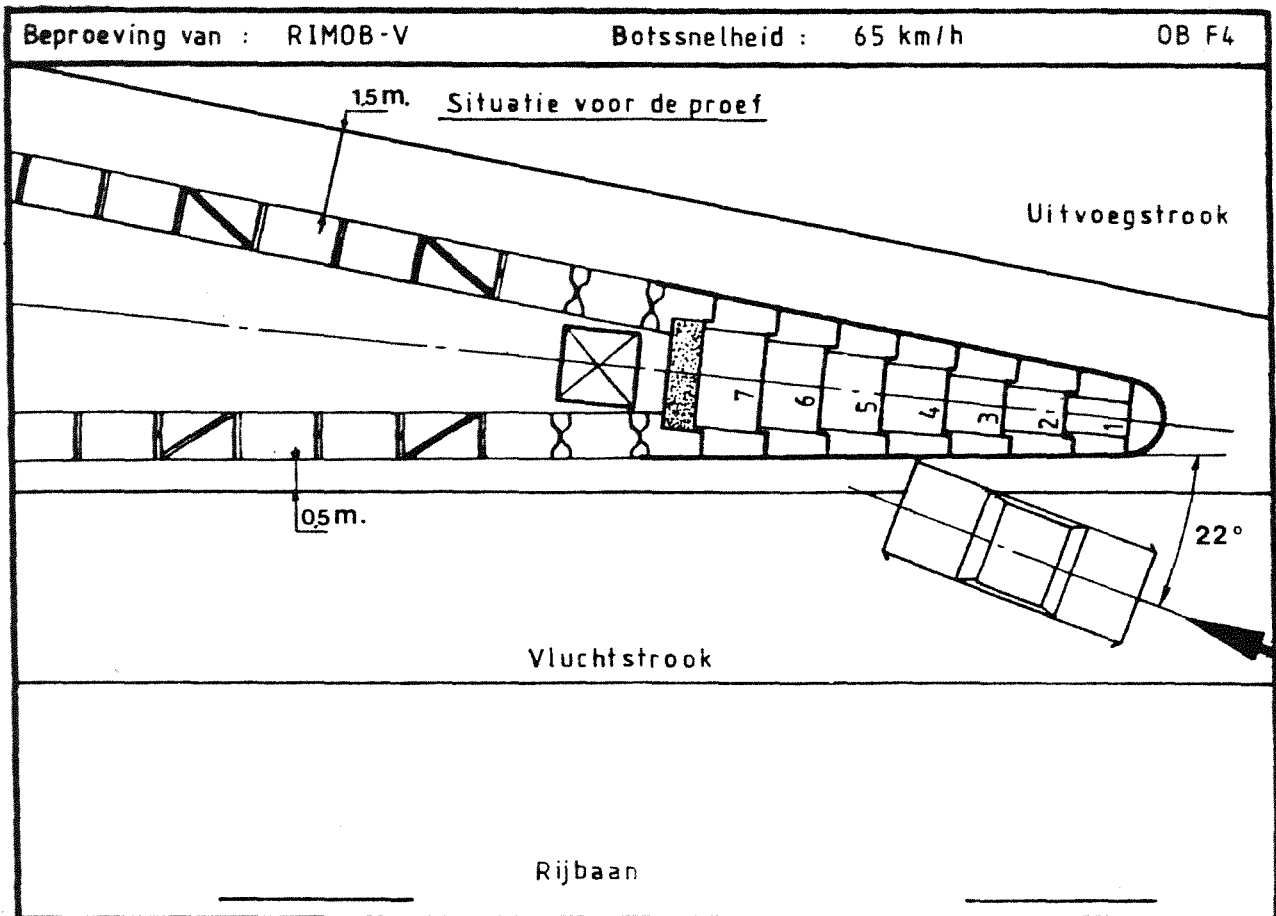
Afbeelding 23. Het uitbuigingspatroon bij een flankbotsing als geen knikstrippen worden toegepast.



Afbeelding 24. Opengewerkte tekening van de RIMOB-V (V-vormig).

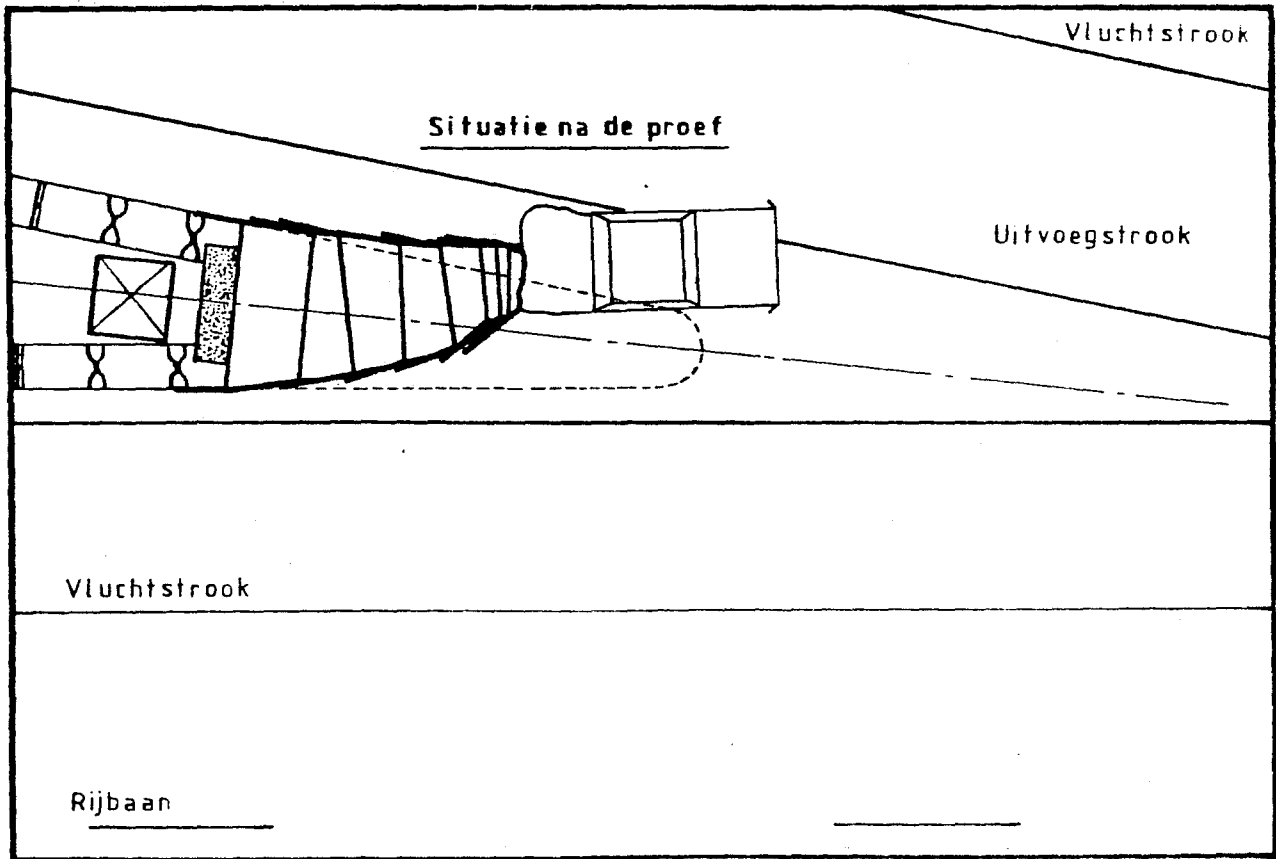
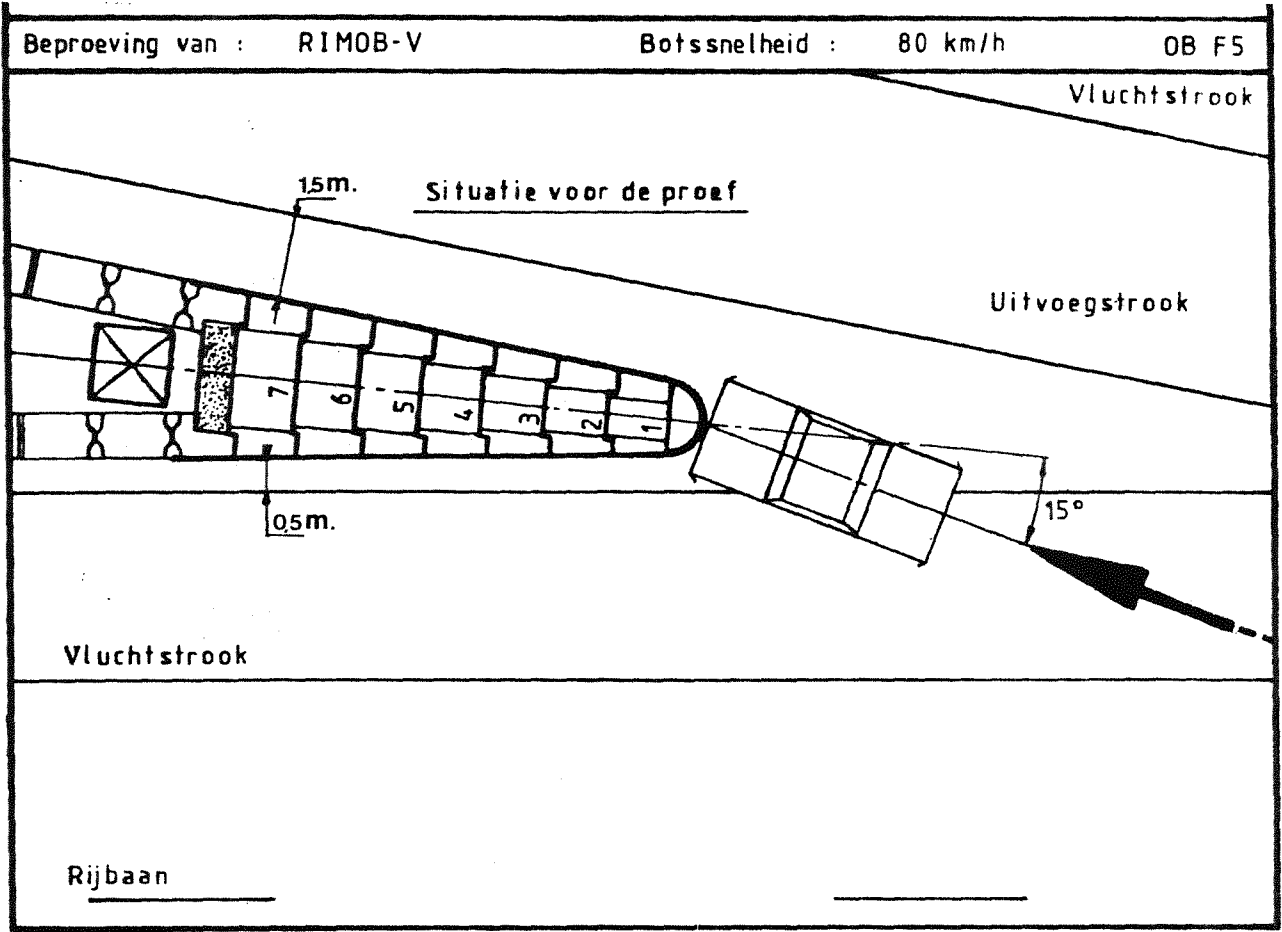


Afbeelding 25. Zij- en bovenaanzicht van de RIMOB-P (parallel-vormig) met vier segmenten.



Afbeelding 26. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F4 (midden flank, 22°, 65 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoeging).



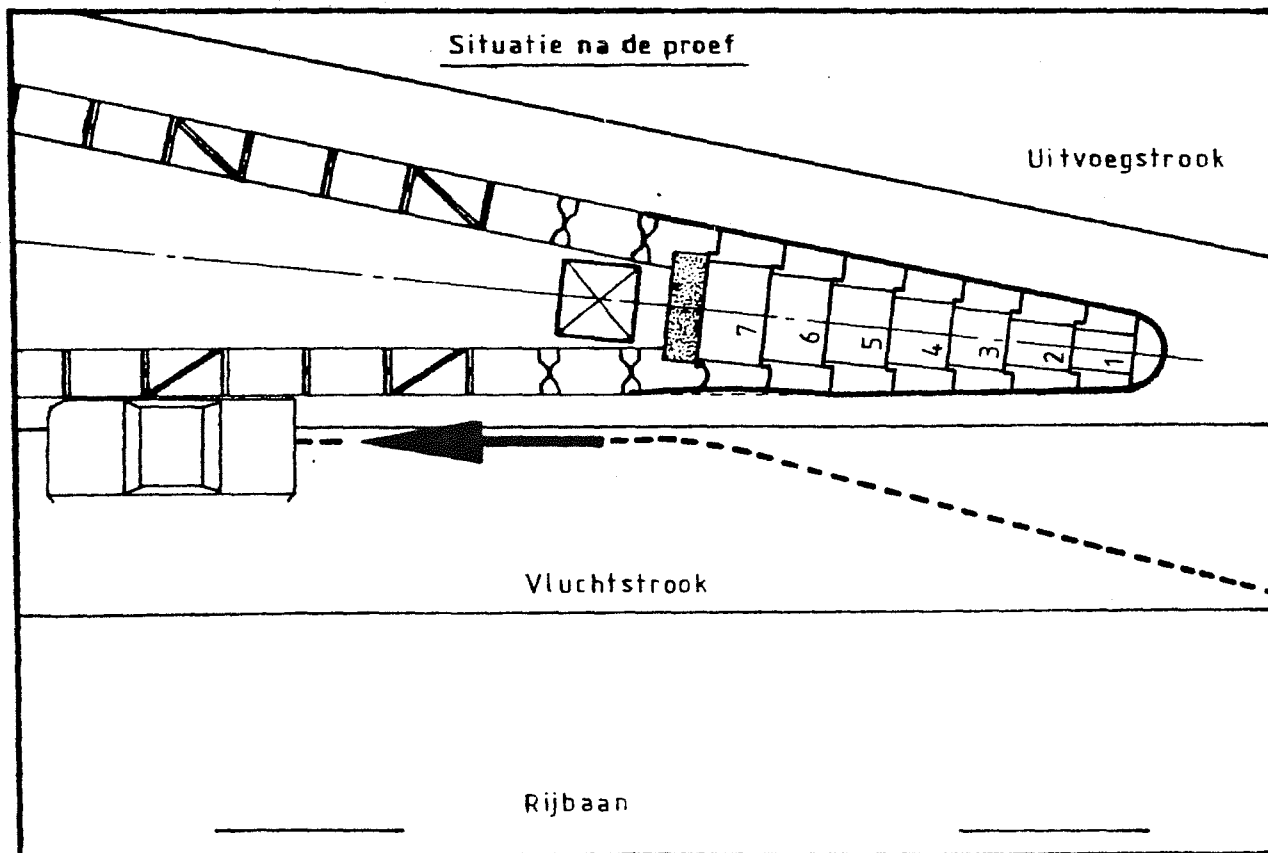
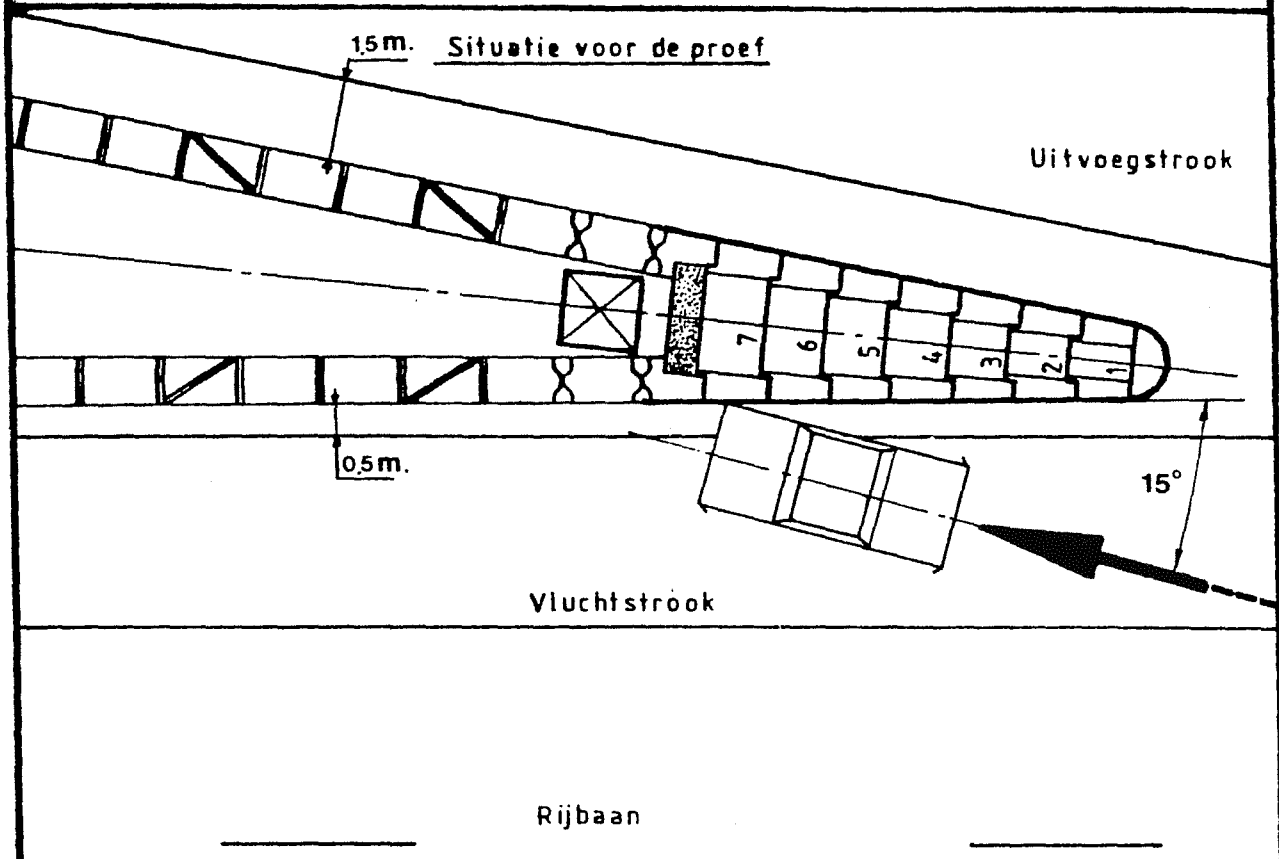


Afbeelding 27. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F5 (frontaal, 15°, 80 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoeging).

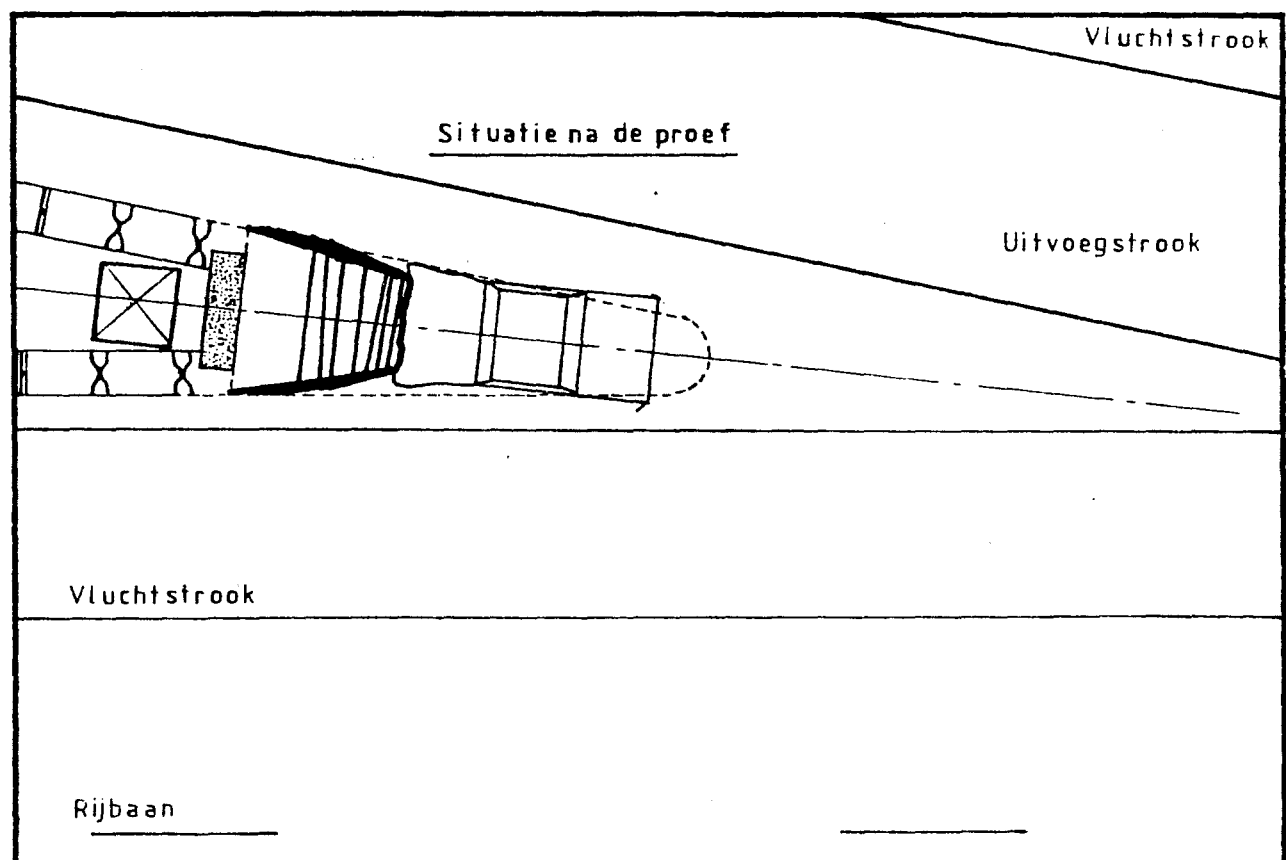
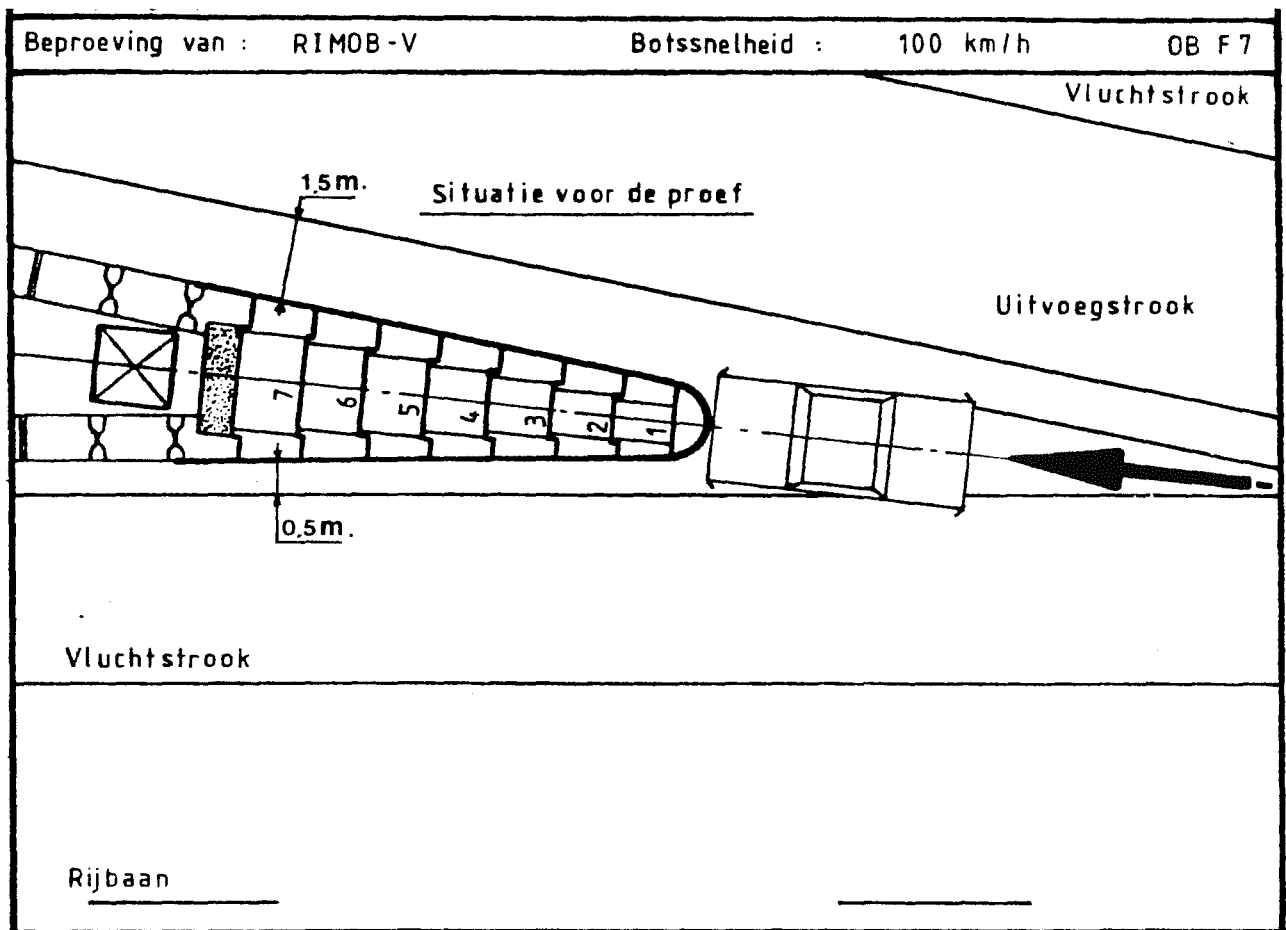
Beproeving van : RIMOB-V

Botssnelheid : 80 km/h

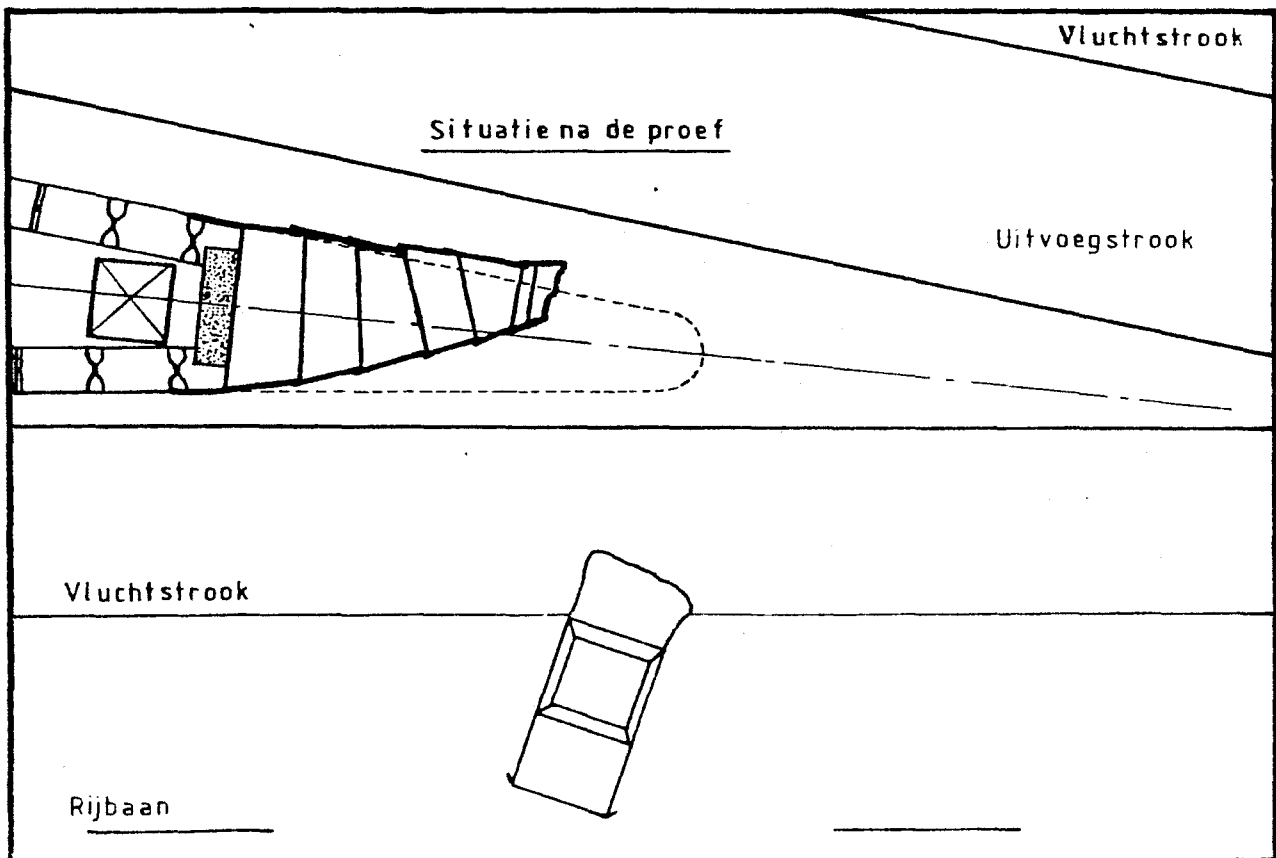
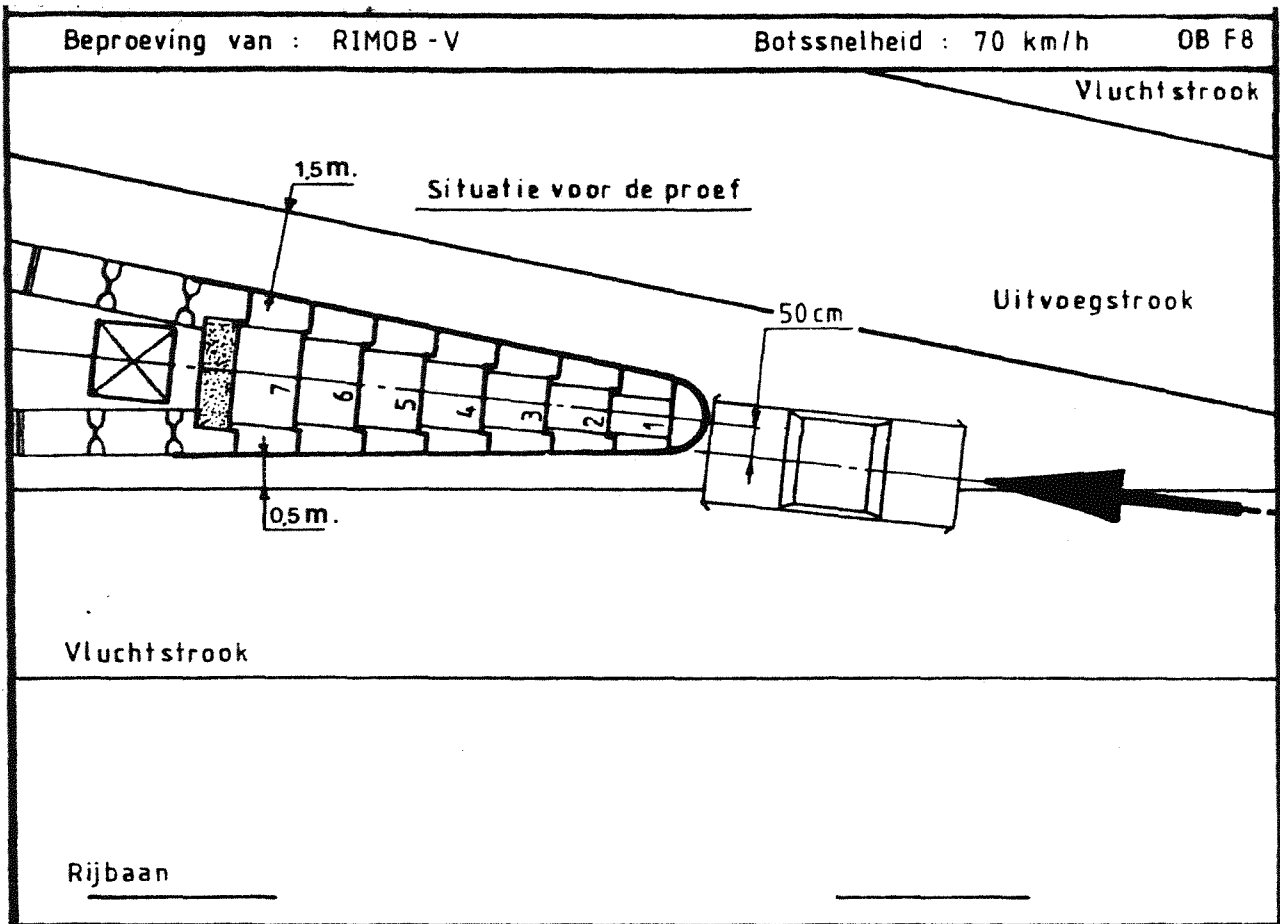
OB F6



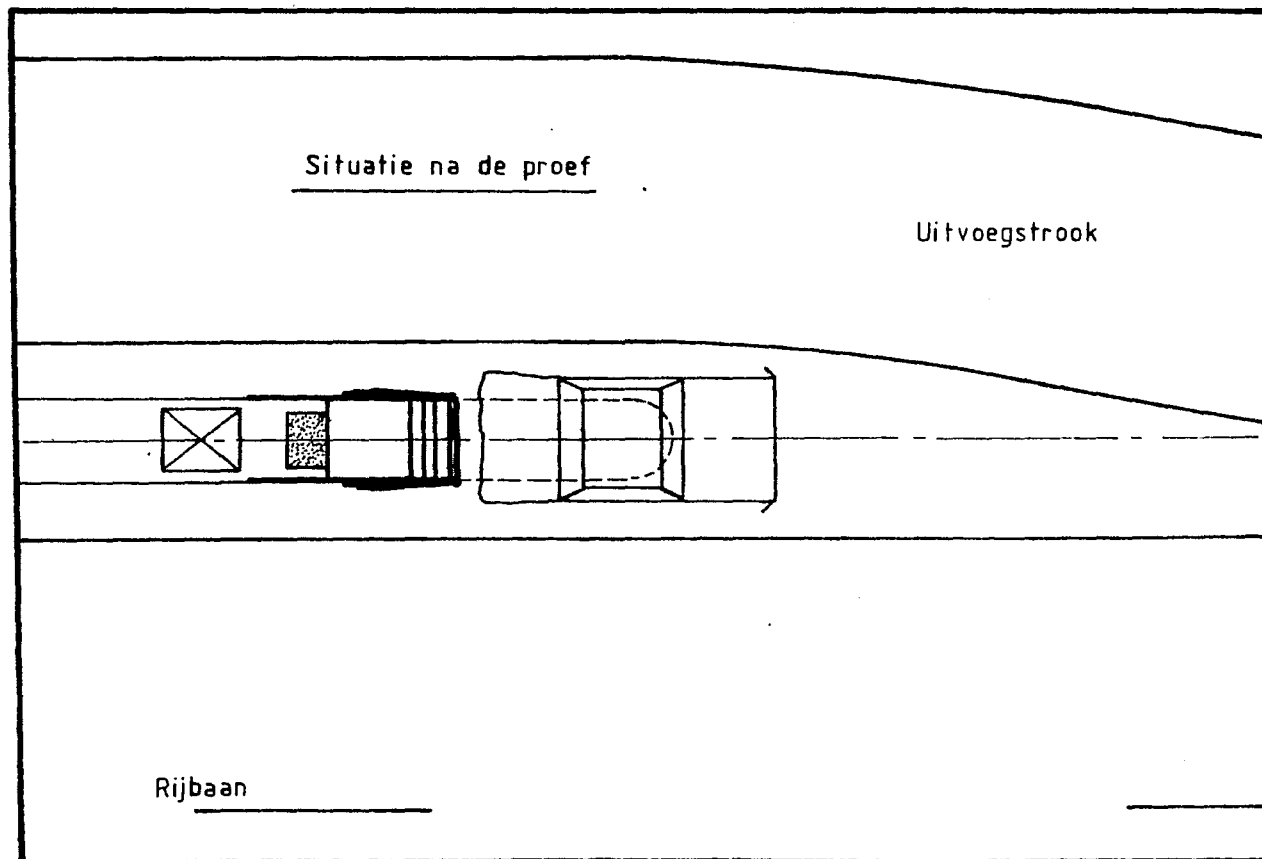
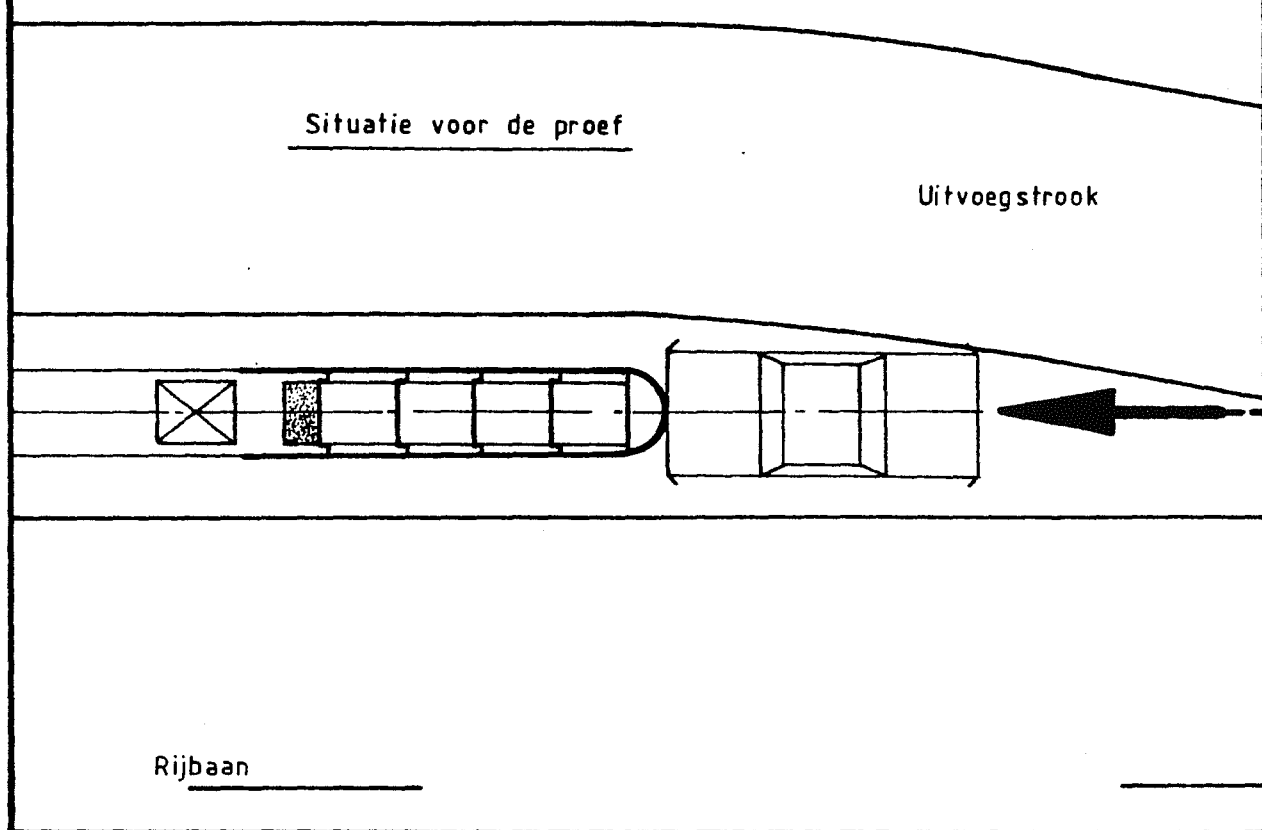
Afbeelding 28. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F6 (eind flank, 15°, 80 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoeging).



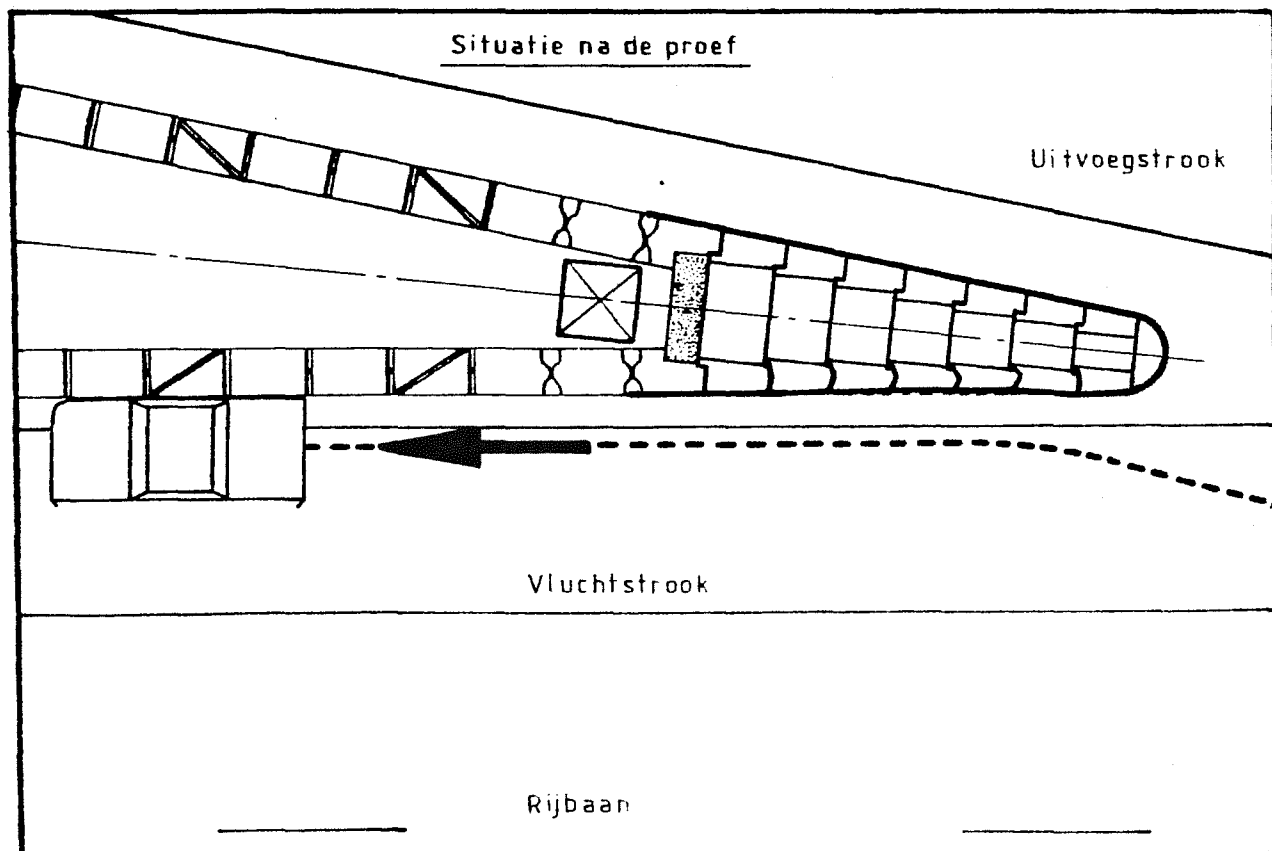
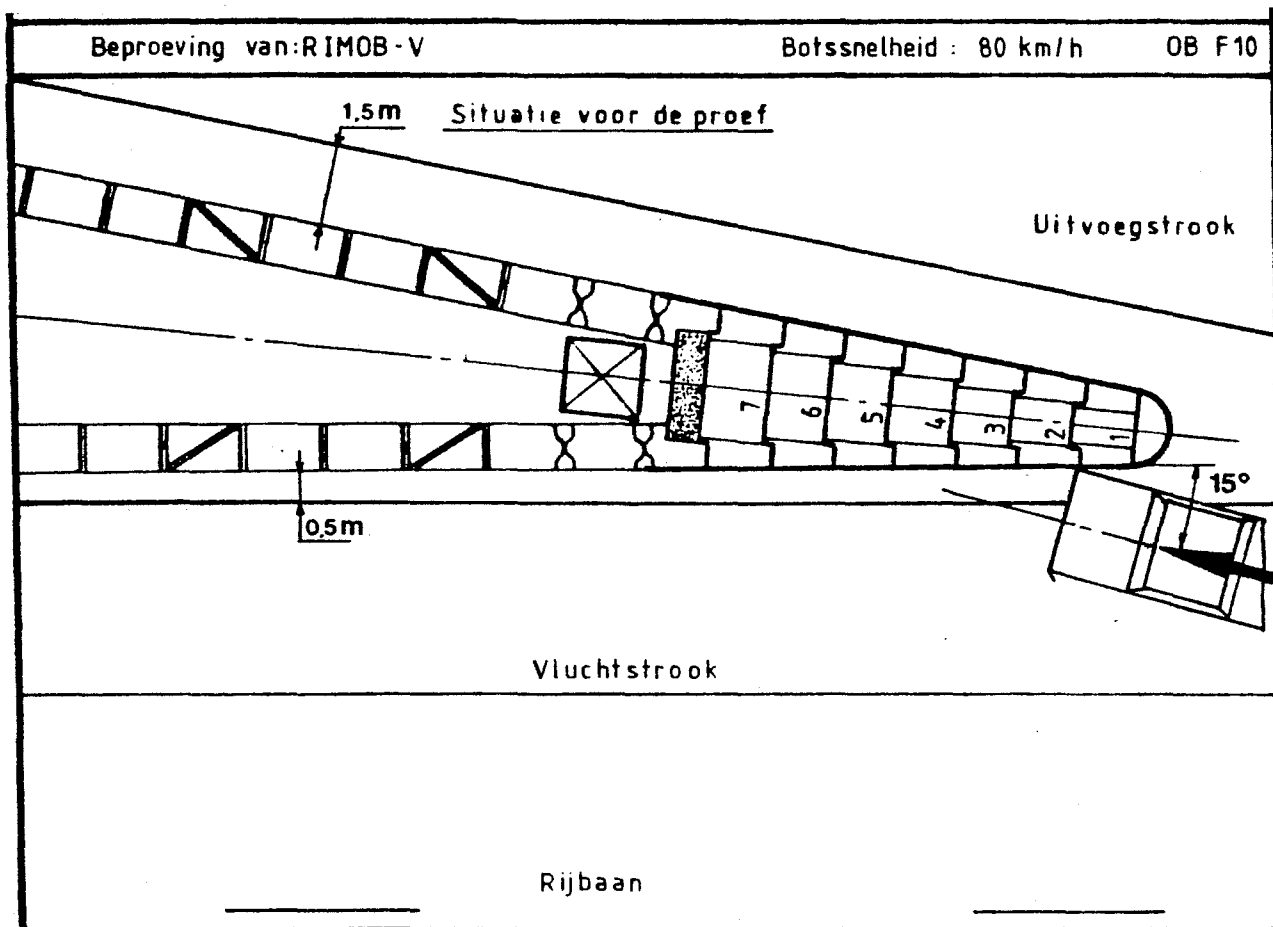
Afbeelding 29. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F7 (frontaal, 0°, 100 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoering).



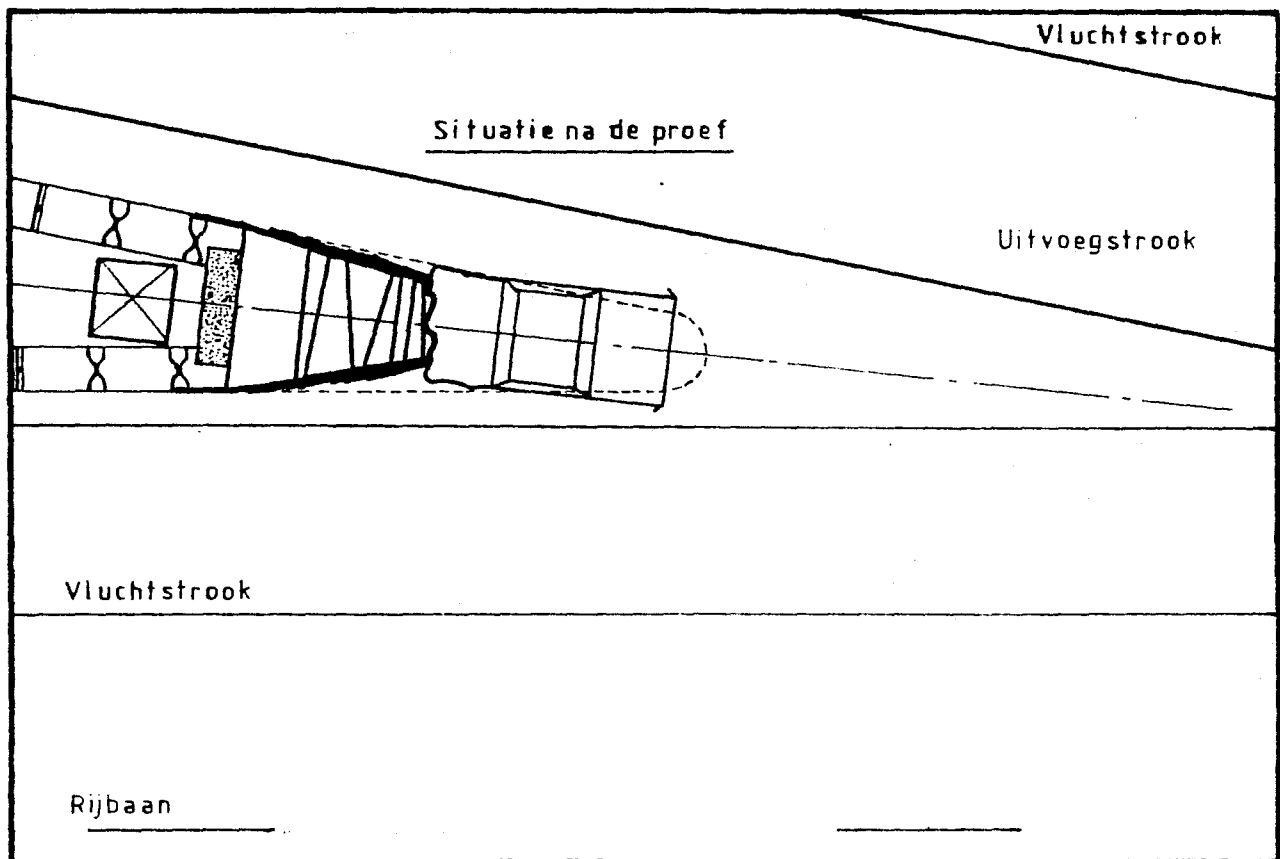
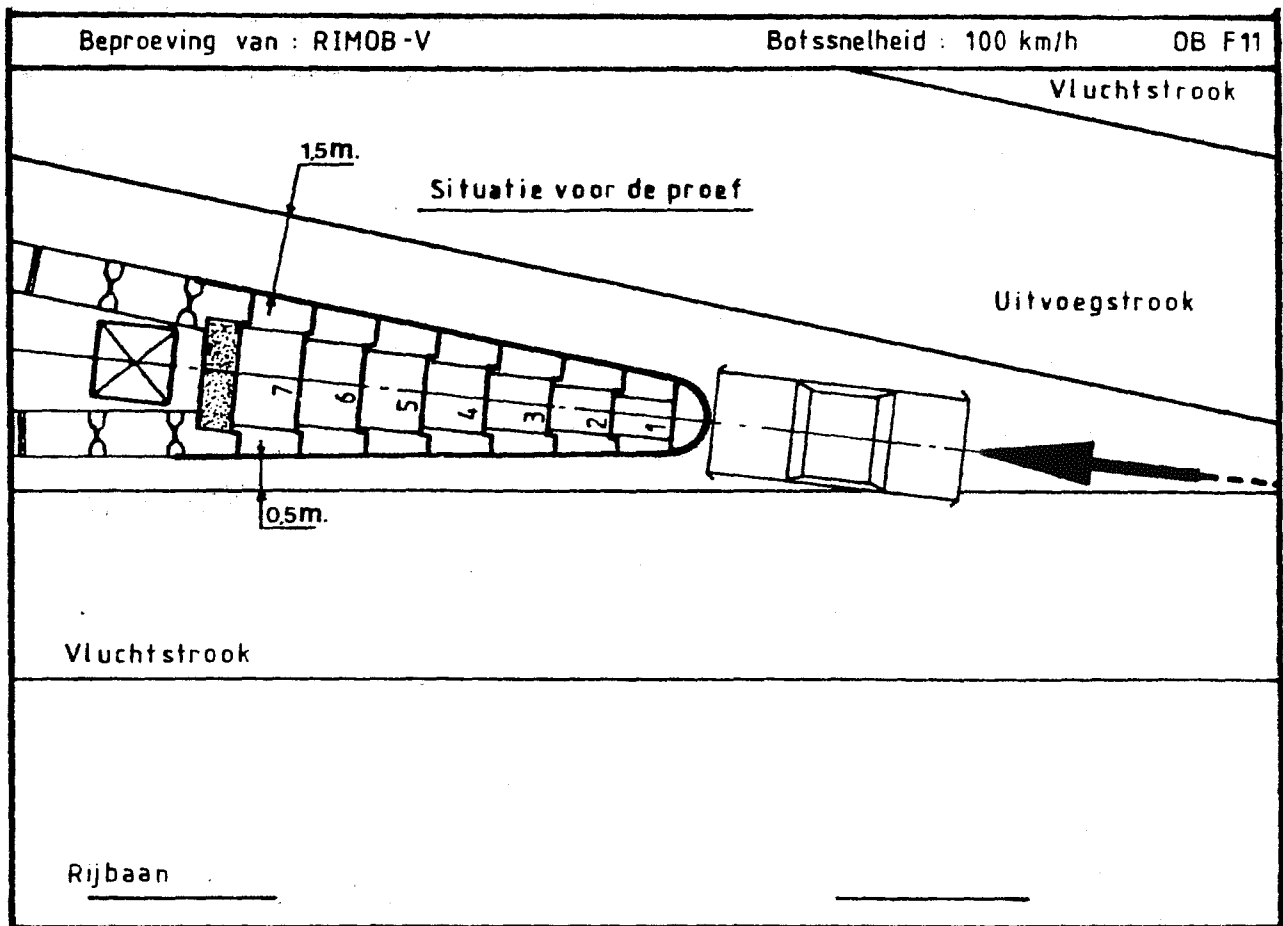
Afbeelding 30. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F8 (frontaal, excentrisch,  $0^{\circ}$ , 70 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoeging).



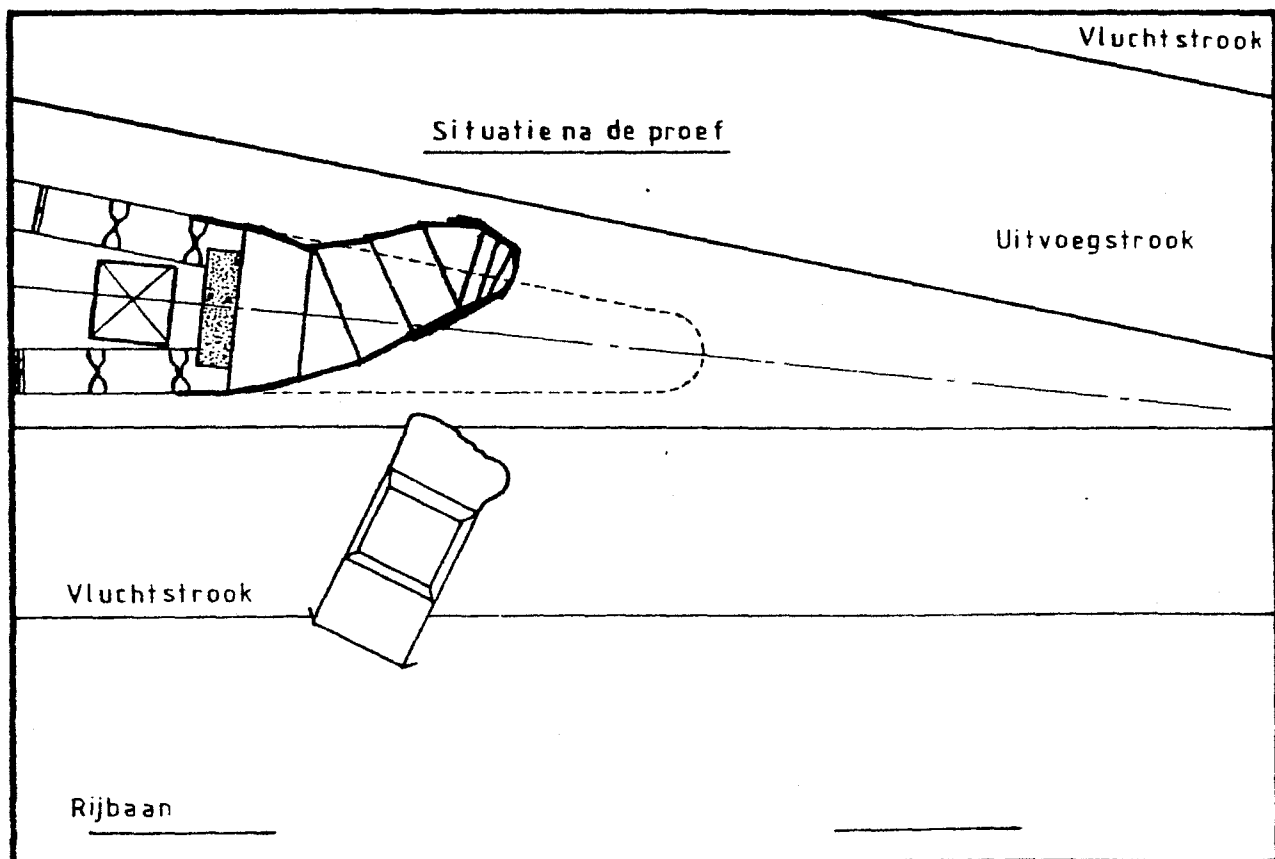
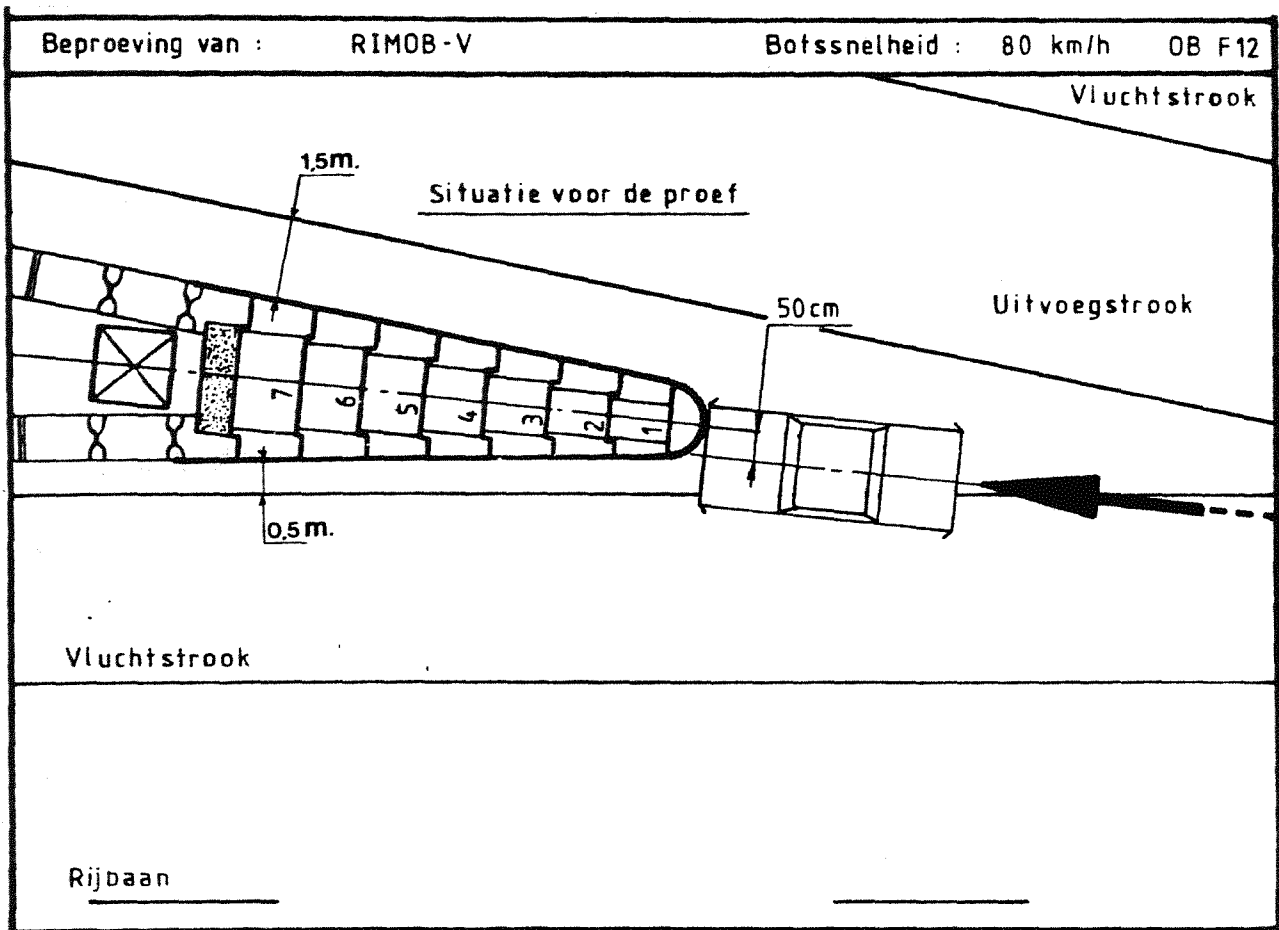
Afbeelding 31. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F9 (frontaal, 0°, 70 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoeging) (RIMOB-P).



Afbeelding 32. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F10 (begin flank,  $15^\circ$ , 80 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoeging).

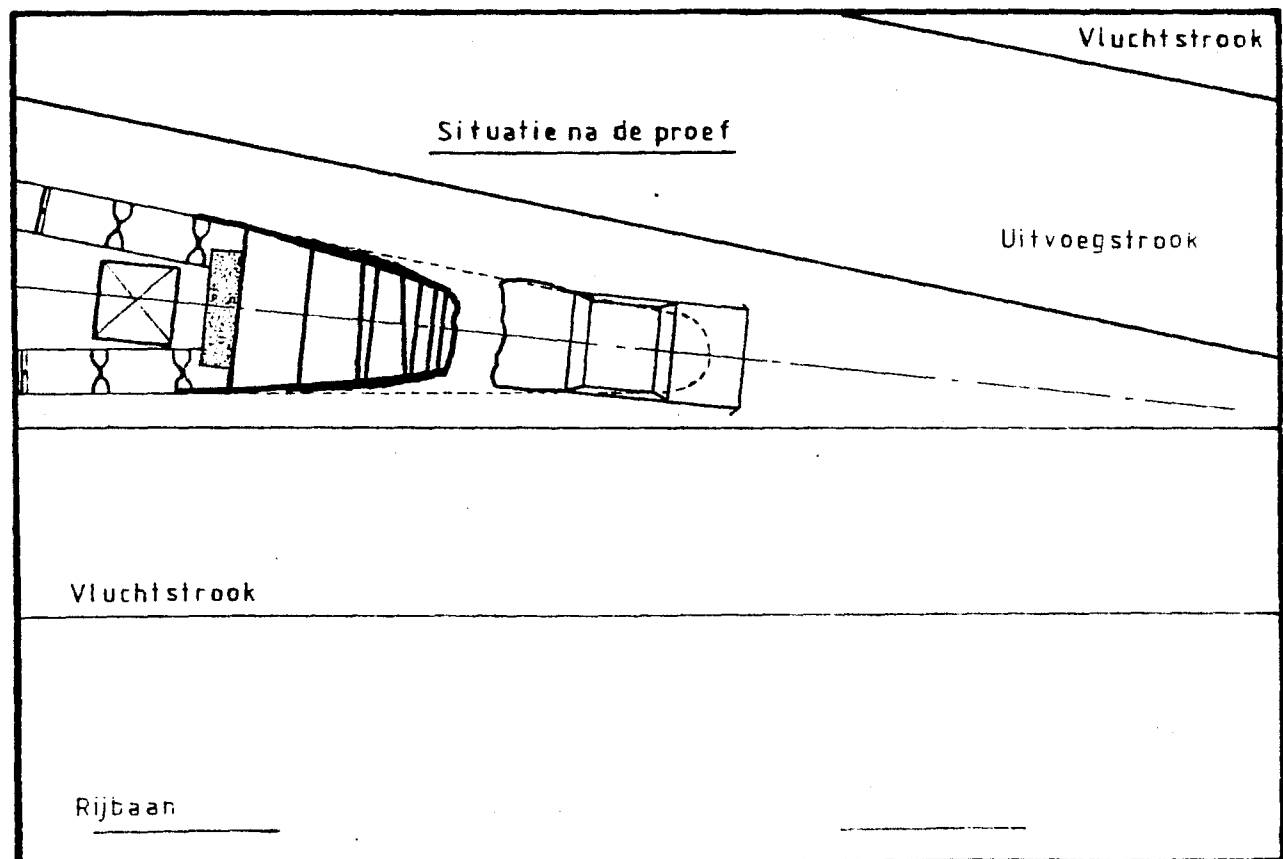
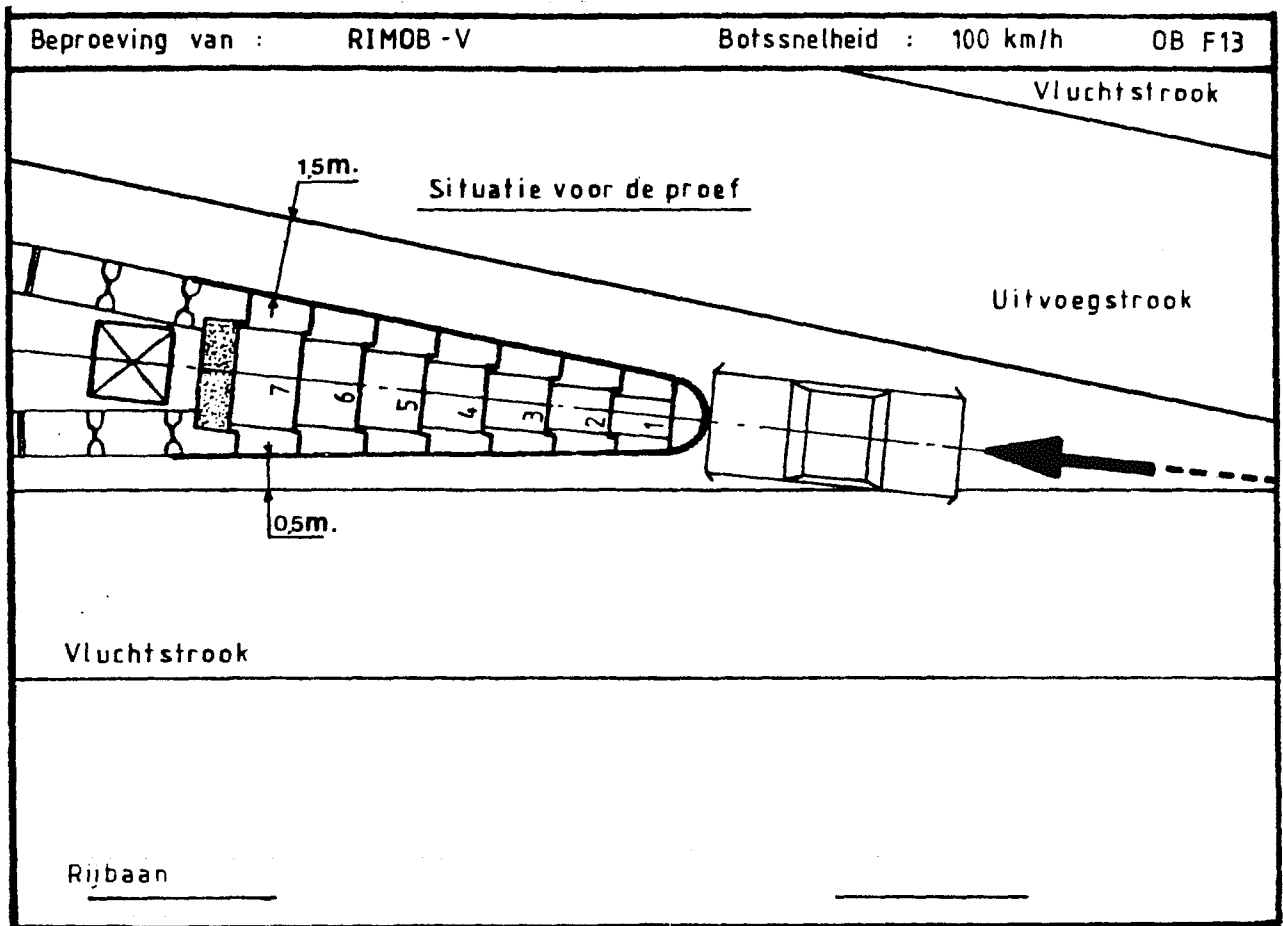


Afbeelding 33. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F11 (frontaal,  $0^{\circ}$ , 100 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoeging).

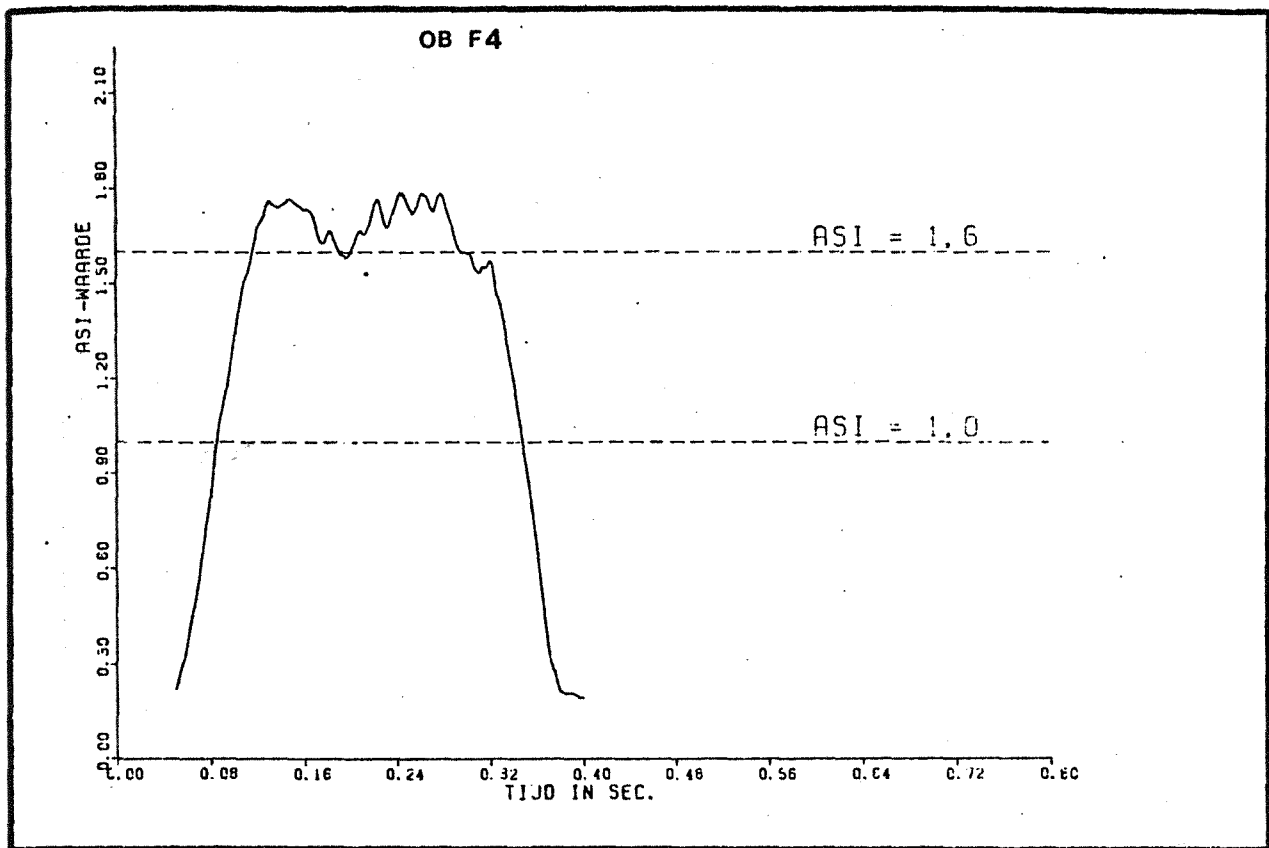


Afbeelding 34. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F12 (frontaal, excentrisch,  $0^{\circ}$ , 80 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoeging).

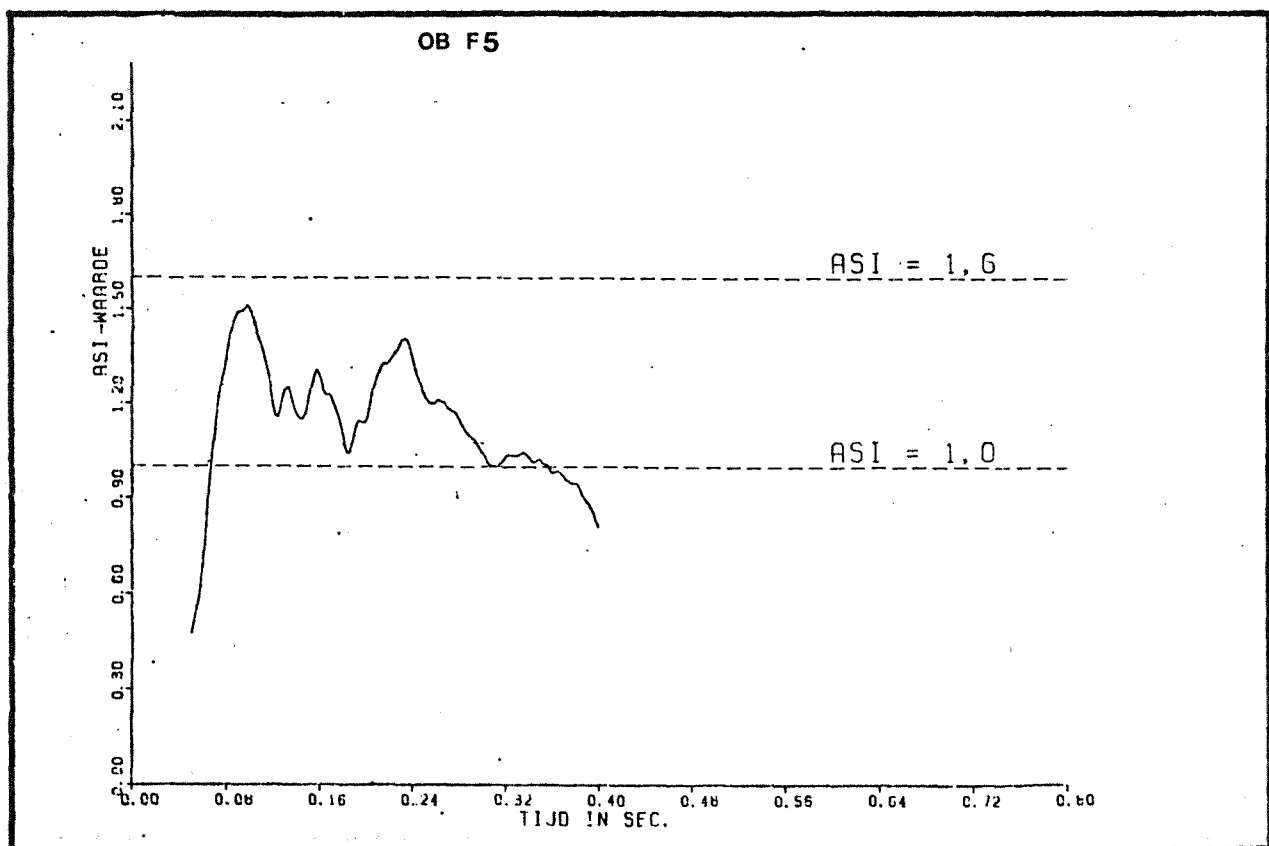




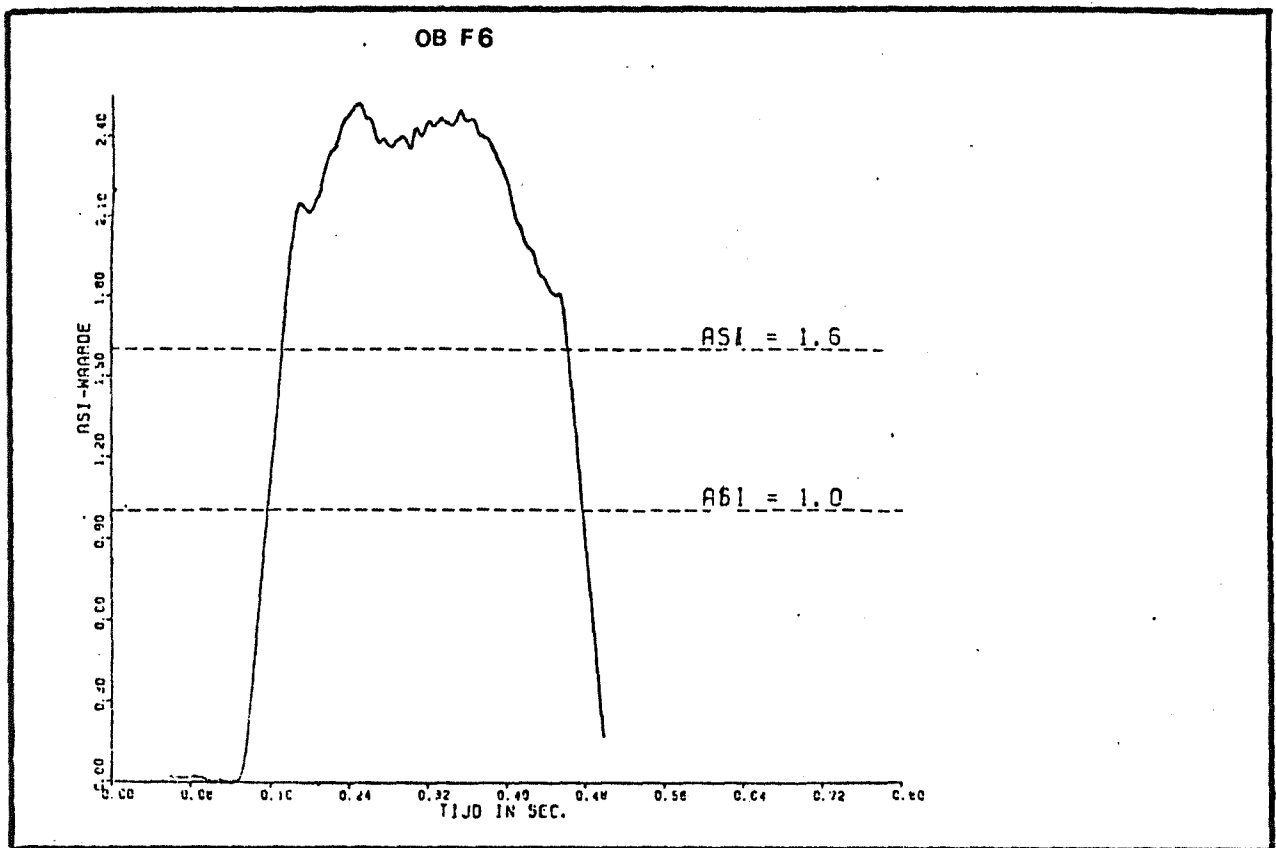
Afbeelding 35. Inrijcondities en situaties voor en na botsproef OB F13 (frontaal,  $0^{\circ}$ , 100 km/u) (geprojecteerd op een autosnelweg ter hoogte van een uitvoering).



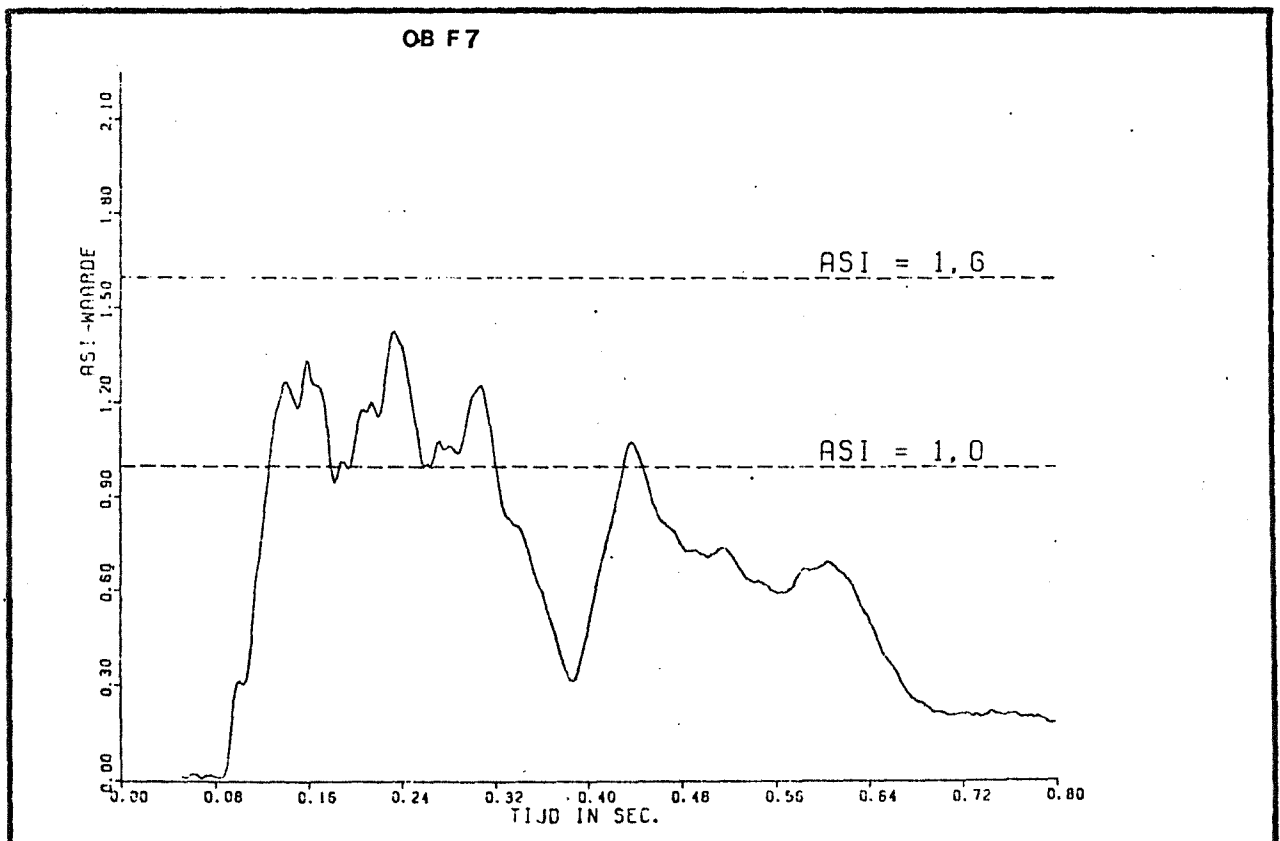
Afbeelding 36. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F4 (midden flank,  $22^{\circ}$ , 65 km/u).



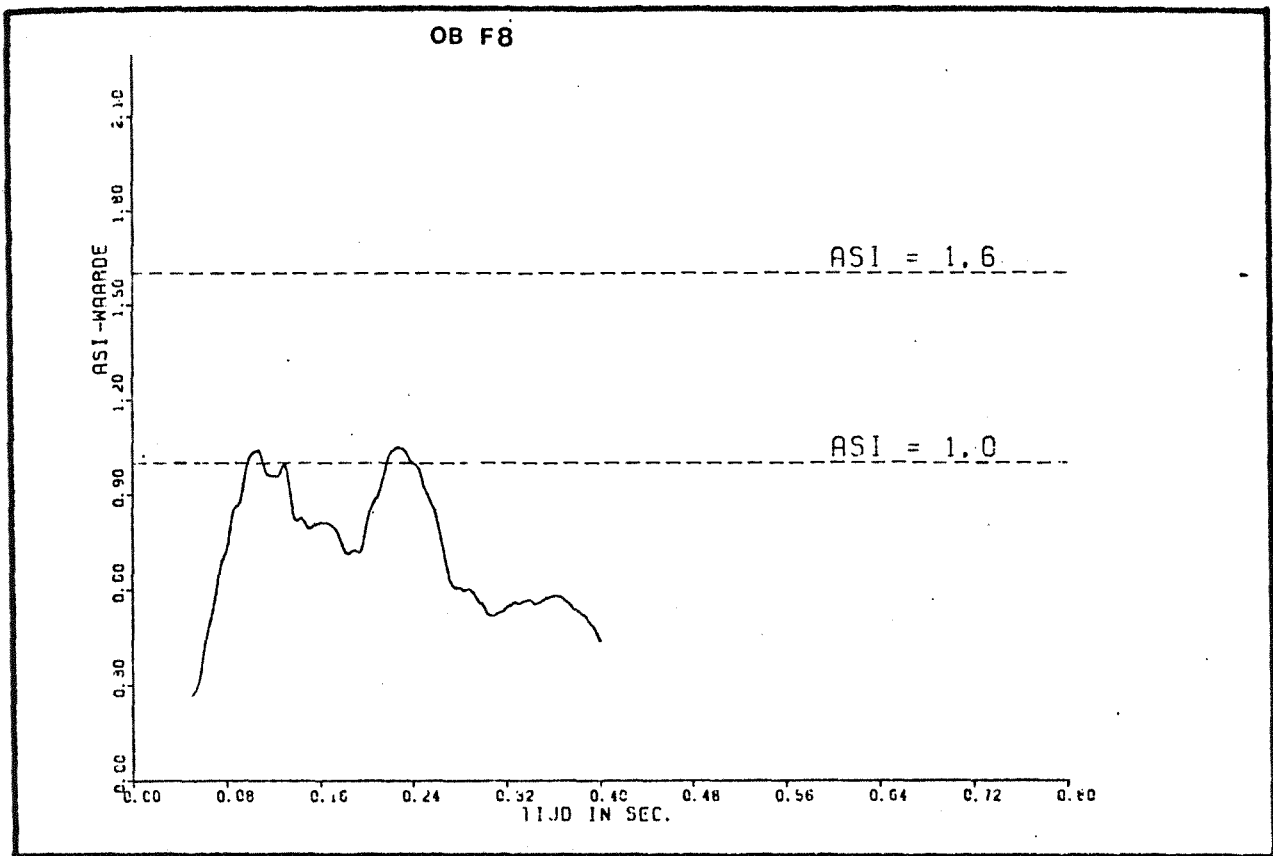
Afbeelding 37. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F5 (frontaal,  $15^{\circ}$ , 80 km/u).



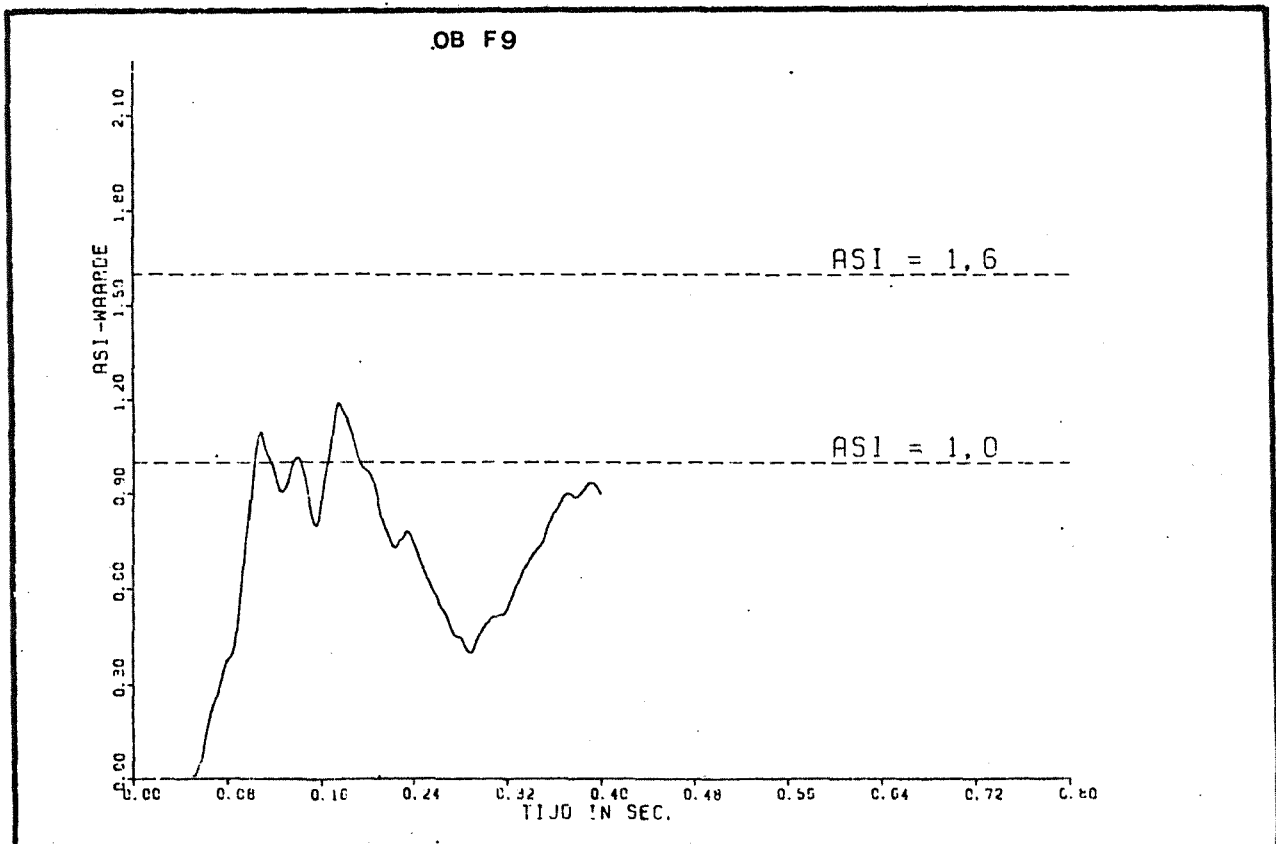
Afbeelding 38. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F6 (eind flank, 15°, 80 km/u).



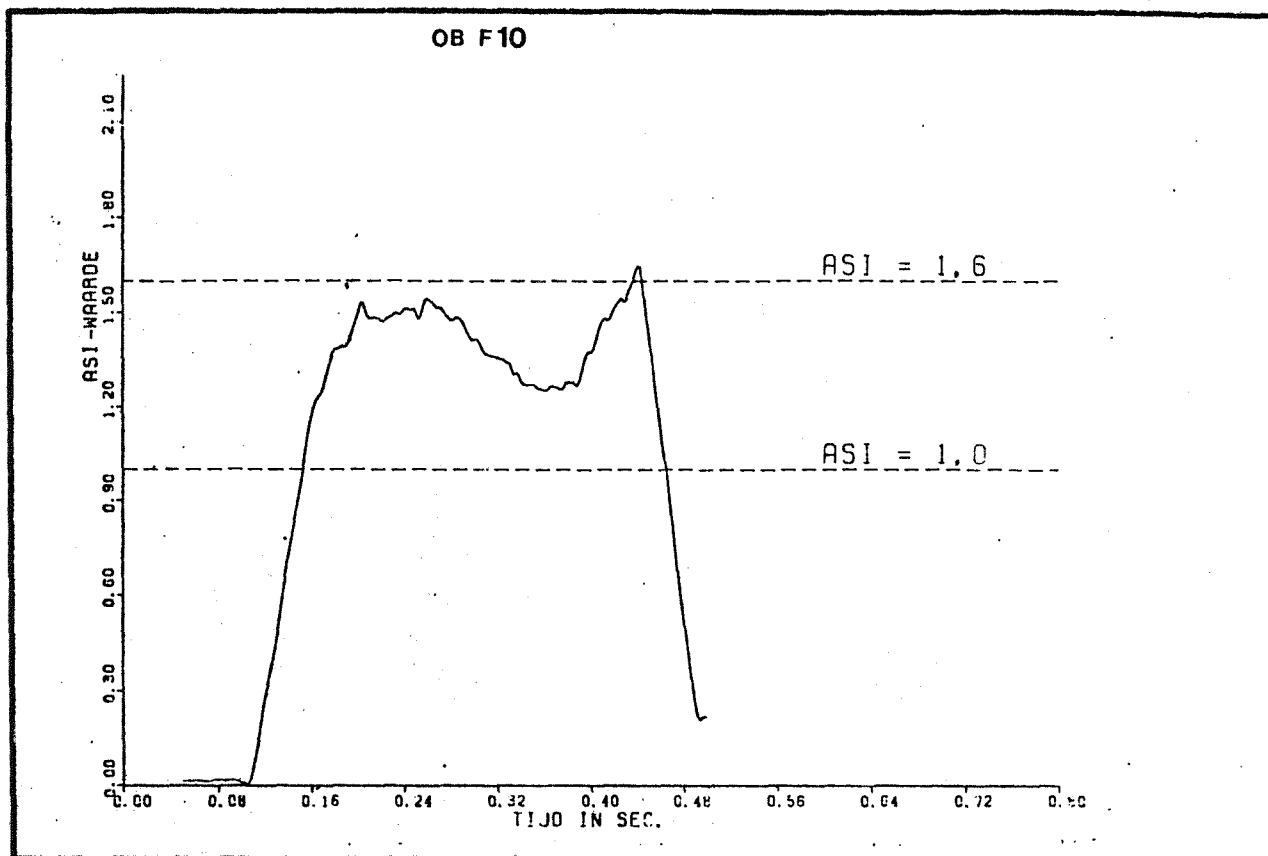
Afbeelding 39. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F7 (frontaal, 0°, 100 km/u).



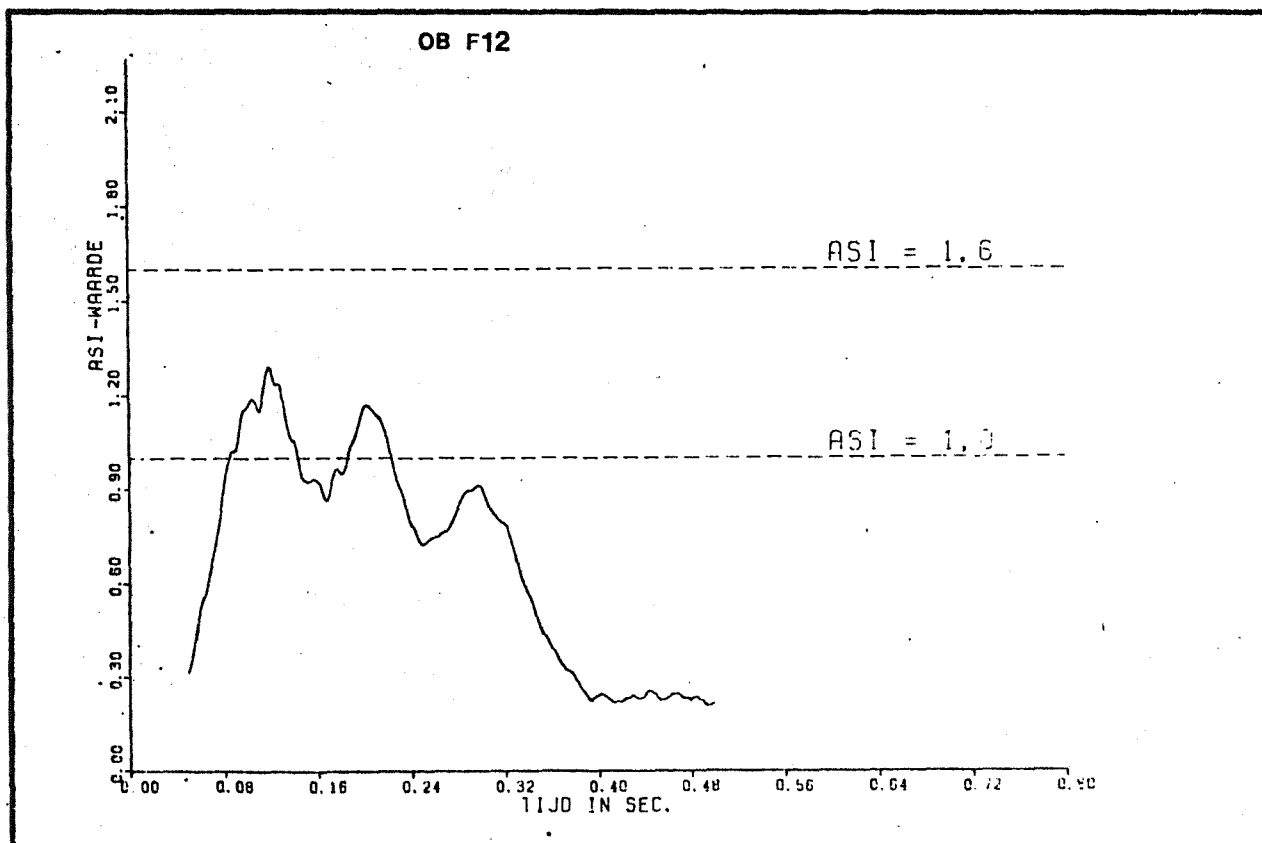
Afbeelding 40. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F8 (frontaal, excentrisch,  $0^{\circ}$ , 70 km/u).



Afbeelding 41. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F9 (frontaal,  $0^{\circ}$ , 70 km/u) (RIMOB-P).



Afbeelding 42. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F10 (begin flank,  $15^{\circ}$ , 80 km/u).



Afbeelding 43. Verloop van de ASI-waarden naar de tijd, gemeten op de cardantunnel van het voertuig bij OB F12 (frontaal, excentrisch,  $0^{\circ}$ , 80 km/u).

## LITERATUUR

Autobildynamische Versuchsstelle. Versuchsbericht Nr. 1. Kantonales Technikum, Biel, z.j.

Balz, R.T. (1964). Erfahrungen mit Metal-Leitplanken. Strasse und Verkehr, 1964, Nr. 10.

CBS (1977). Statistiek van de Motorvoertuigen 1 augustus 1976. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1977.

Chou, C.C. & Nyquist, G.W. (1974). Analytical studies of the Head Injury Criterion (HIC). SAE paper No. 740082. Society of Automotive Engineers Inc., New York, 1974.

Crocker, D.M. (1974). Crumpling tubes; Their use in the simulation of vehicles under impact. MIRA, 1974.

Deleys, N.J. & McHenry, R.R. (1967). Highway guardrails; A review of current practice. Report 36. National Cooperative Highway Research Program, 1967.

Dunlap, D.F. & Grote, P. (1972). Median dike impact evaluation: sensitivity analysis. Highway Research Record No. 386, 1972.

Garrett, J.W. & Tharp, K.J. (1969). Development of improved methods for reduction of traffic accidents. Report 79. National Cooperative Highway Research Program, 1969.

Iseth (1965). Auftreffwinkel und Auftreffgeschwindigkeiten bei Unfällen mit Leiteinrichtungen. Iseth, 1965.

IW-TNO (1982). SWOV Obstakelbeveiligingssystemen. Rapport nr. 700760120. Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO, Delft, 1982.

Olson, R.M. & Post, E.R. (1970). Tentative service requirements for bridge rail systems. Report 86. National Cooperative Highway Research Program, 1970.

Ross, H.E. & Post, E.R. (1972). Criteria for guardrail need and location on embankments; Volume I: Development of criteria. Research Report 140-4. Texas Transportation Institute, 1972.

Ross, H.E. & Nixon, J.F. (1975). Impact performance and an evaluation criterion for median barriers. Texas Transportation Institute, Texas, 1975.

RWS (1975). Richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen (ROA), Hoofdstuk IV: Kruispunten, Rijkswaterstaat, 's-Gravenhage, 1975.

RWS (1980). Ontwerp-voertuigen. Rapport nr. DVK 80-06. Rijkswaterstaat, 's-Gravenhage, 1980.

SWOV (1973); Obstakels in wegbermen; Een overzicht en beschrijving van de literatuur beschreven onderzoek omtrent het gedrag bij botsingen met vaste voorwerpen die voorkomen in zones langs de rijbaan + Tabellen en afbeeldingen. SWOV (C.C. Schoon). R-73-2 I + II. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1973.

SWOV (1977a). Obstakels langs de weg; Een literatuurstudie. Publicatie 1977-1N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1977.

SWOV (1977b). Obstakelbeveiligers; Een nadere beschrijving van een aantal oriënterende botsproeven met personenauto's, die in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep Bermbeveiligingen in 1971/1972 gehouden zijn op De Vlasakkers te Amersfoort. Herziene versie. SWOV (C.C. Schoon, D.J.R. Jordaan & W.H.M. van de Pol). R-77-8. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1977.

SWOV (1980). Beoordeling van twee nieuwe obstakelbeveiligers: de Energite en GREAT obstakelbeveiligers. Consult t.b.v. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde. R-80-52. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1980.

SWOV (1982). Wegbermongevallen; Omvang, ontwikkeling en kenmerken van belang bij wegbermongevallen vergeleken met die van alle overige ongevallen. R-82-13. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam, 1982.

Van Schie, Technisch Bureau (1982). De ontwikkeling van een obstakelbeveiligersconstructie met rimpelbuizen (RIMOB). Technisch Bureau "Van Schie", Strijen, 1982.



SWOV-LITERATUUR OVER OBSTAKELS IN WEGBERMEN

Proeven "uit"-borden. Intern memorandum. SWOV, 1968. (Niet gepubliceerd).

Flexibele geleiderailconstructies en lichtmasten in middenbermen. W.H.M. van de Pol & ir. M. Slop. *Wegen* 43 (1969) 12: 358 t/m 361.

Obstakelongevallen; Beschouwingen van onderzoek. Ir. F.C. Flury & ir. L.T.B. van Kampen. R-71-1. SWOV, 1971. 18 blz.

Botsingen tegen obstakels; Een analyse van beschikbare verkeersongeval-  
lencijfers. A. Blokpoel. R-71-2. SWOV, 1971. 36 blz.

Artikels als: Moet boom langs de weg verdwijnen; Botsingen tegen  
obstakels, een analyse van beschikbare ongevallencijfers. A. Blokpoel  
& H. van der Klei. *Wegen* 45 (1971) 10: 279 t/m 284.

Verkeersongevallen en obstakels. Ir. F.C. Flury. *Verkeerstechniek* 22  
(1971) 1: 34 t/m 35.

Beveiligingsconstructies op kunstwerken en obstakelbeveiliging; 1.  
Wetenschappelijk onderzoek. Ir. H.G. Paar. In: *Verslag Verkeerstechni-  
sche leergang ANWB 1972*, blz. 48 t/m 59. Koninklijke Nederlandsche  
Toeristenbond ANWB, 1973.

Bermbeveiliging en lichtmasten. Dr.ir. D.A. Schreuder. *Verkeerstechniek*  
23 (1972) 1: 22 t/m 25.

Obstakels in wegbermen; Een overzicht en beschrijving van in de lite-  
ratuur beschreven onderzoek omtrent het gedrag bij botsingen van vaste  
voorwerpen die voorkomen in zones langs de rijbaan + Tabellen en af-  
beeldingen. SWOV (C.C. Schoon). R-73-2 I + II. SWOV, 1973. 71 + 50  
blz.

Obstakels in wegbermen; Een overzicht en beschrijving van in de lite-  
ratuur beschreven onderzoek omtrent het gedrag bij botsingen met vaste  
voorwerpen die voorkomen in zones langs de rijbaan. C.C. Schoon.  
*Wegen* 49 (1975) (april) 713: 124 t/m 130.

Stalen en aluminium lichtmasten; Een nadere beschouwing van een aantal oriënterende botsproeven met personenauto's die in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep Lichtmasten in 1971 gehouden zijn op De Vlasakkers te Amersfoort. Herziene versie. SWOV (C.C. Schoon; D.J.R. Jordaan & W.H.M. van de Pol). R-76-3. SWOV, 1976. 54 blz.

Wegbermen en lichtmasten. Lezing gehouden op de Verkeerstechnische Leergang ANWB 1976. Ing. C.C. Schoon. R-76-19. SWOV, 1976. 15 blz.

Bijdrage Verslag Verkeerstechnische Leergang 1976, blz. 73 t/m 82.

Koninklijke Nederlandse Toeristenbond ANWB ('s-Gravenhage, 1977).

Het gedrag van lichtmasten bij aanrijdingen van personenauto's en de consequenties daarvan. C.C. Schoon. R-76-27. SWOV, 1976. 9 blz.

Bijdrage: SWOV-congres Toekomst in veiligheid: Programma en teksten van de bijdragen voor het SWOV-congres Toekomst in veiligheid, gehouden op 18 mei 1976 in het Internationaal Congrescentrum RAI te Amsterdam. Publikatie 1976-4N. SWOV, 1976.

Lichtmasten; Onderzoek naar het gedrag van lichtmasten bij zijdelingse en frontale botsproeven met personenauto's. SWOV (ing. C.C. Schoon & ir. A. Edelman). Publikatie 1976-6N. SWOV, 1976. 62 blz.

Gevaren bij het omvallen van lichtmasten; Overwegingen bij het plaatsen van voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten. SWOV (ing. C.C. Schoon & ir. A. Edelman). Publikatie 1976-7N. SWOV, 1976. 34 blz.

Obstakels langs de weg; Een verkorte weergave van de belangrijkste punten uit Obstakels in wegbermen; Een overzicht en beschrijving van het in de literatuur beschreven onderzoek omtrent het gedrag bij botsingen van vaste voorwerpen die voorkomen in zones langs de rijbaan. SWOV (ing. C.C. Schoon). Publikatie 1977-1N. SWOV, 1977. 28 blz.

Botsproeven met lichtmasten. Ing. C.C. Schoon. Registratie 9 (1977)  
1: 10 t/m 11.

Praatpalen; Een nadere beschouwing van een aantal oriënterende botsproeven die in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep Bermbevei-

ligingen in 1971 gehouden zijn op De Vlasakkers te Amersfoort. Herziene versie. SWOV (C.C. Schoon, D.J.R. Jordaan & W.H.M. van de Pol). R-77-7. SWOV, 1977. 40 blz.

Obstakelbeveiligers; Een nadere beschrijving van een aantal oriënterende botsproeven met personenauto's die in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep Bermbeveiligingen in 1971/1972 gehouden zijn op De Vlasakkers te Amersfoort. Herziene versie. SWOV (C.C. Schoon, D.J.R. Jordaan & W.H.M. van de Pol). R-77-8. SWOV, 1977. 42 blz.

Unieke beproevingsinstallatie voor zijdelingse botsingen met auto's ontwikkeld. Ing. C.C. Schoon. R-77-20. SWOV, 1977. 6 blz.

Artikel als: Slipproeven voor veiliger zijdelings botsen. PT-Aktueel (1977) 25 (22 juni): 7.

Lichtmasten en openbare verlichting; Kosten in relatie tot verkeersveiligheid; Een beslissingsmodel. SWOV (ir. F.C. Flury). R-77-25. SWOV, 1977. 43 blz.

Wegmeubilair; Verkeersveiligheid in relatie tot economische aspecten. (Verkorte versie van R-77-25). Ir. F.C. Flury. R-77-26. SWOV, 1977. 22 blz.

Artikel Verkeerskunde 29 (1978) 6: 286 t/m 290.

SWOV onderzoekt veiligheid taluds; Proeven op ware schaal ondersteunen theorie. SWOV. R-78-11. SWOV, 1978. 4 blz.

Ook in: Autokampioen 70 (1978) 36 (8-14 sept.): 2108 t/m 2111.

Beoordeling van twee nieuwe obstakelbeveiligers: De Energite en GREAT obstakelbeveiligers. Consult t.b.v. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde. SWOV (ing. C.C. Schoon). R-80-52. SWOV, 1980. 40 blz.

Wegbermongevallen; Omvang, ontwikkeling en kenmerken van belang bij wegbermongevallen vergeleken met die van alle overige ongevallen. SWOV (ing. C.C. Schoon, m.m.v. J.E. Lindeijer). R-82-13. SWOV, 1982. 51 blz.

SWOV-LITERATUUR OVER BERMBEVEILIGINGSCONSTRUCTIES

Metingen en registratie van voertuigen bij beproeving van middenbermbeveiligingen. SWOV (ir. J.L.P. van Ek). SWOV, 1964.

Theoretische en praktische achtergronden middenberm-beveiligingsconstructies. SWOV (ir. J.L.P. van Ek). SWOV, 1964.

Middenbermbeveiliging. Ir. E. Asmussen & ir. F.C. Flury. Wegen 39 (1965) 10: 250 t/m 260.

Discontinuïteiten in beveiligingsconstructies voor bermen en kunstwerken. SWOV (ir. F.C. Flury). Rapport 67-2. SWOV, 1967. 32 blz.

SWOV-onderzoek leidde tot flexibele en snel te repareren geleiderailconstructies. Ir. E. Thoënes & ir. M. Slop. Wegen 43 (1969) 10: 296 t/m 304.

Flexibele geleiderailconstructies en lichtmasten in middenbermen. W.H.M. van de Pol & ir. M. Slop. Wegen 43 (1969) 12: 358 t/m 361.

Bermbeveiliging; Een beschrijving van de ontwikkelde geleiderailconstructies. SWOV (ir. M. Slop). Rapport 1970-1. SWOV, 1970. 60 + 33 uitsl. blz.

Bermbeveiliging(sconstructies). Ir. E. Asmussen. Verkeerstechniek 21 (1970) 6: 301 t/m 305.

Bermbeveiligingsconstructies. Ir. E. Asmussen. In: Verkeerstechnische Leergang ANWB 1970, blz. 12 t/m 18. Koninklijke Nederlandsche Toeristenbond ANWB, 1970.

Roadside safety structures; Research and Applications. Report Question IV: The road in relation to traffic requirements. XIVth World Congress, Prague, 1971. B. Beukers & E. Asmussen. Association Internationale Permanente des Congrès de la Route, Paris, 1972.

Bermbeveiliging en lichtmasten. Dr.ir. D.A. Schreuder. Verkeerstechniek 23 (1972) 1: 22 t/m 25.

Beveiligingsconstructies op kunstwerken en obstakelbeveiliging; 1. Wetenschappelijk onderzoek. Ir. H.G. Paar. In: Verslag Verkeerstechnische leergang ANWB 1972, blz. 48 t/m 59. Koninklijke Nederlandsche Toeristenbond ANWB, 1973.

Crash-barrier research and application in The Netherlands. H.G. Paar. In: Traffic safety barriers and lighting supports. Highway Research Record No. 460, pp. 40-48. Highway Research Board, 1973.

Crash barrier research in The Netherlands. F.C. Flury & H.G. Paar. *Accid. Anal. & Prev.* 5 (1973) 3 (September): 215-222.

Paal/voetverbindingen volgens nieuwe L-lascodes bij beveiligingsconstructies op kunstwerken; Een beschrijving van een aantal proeven in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep "Bermbeveiligingen", gehouden op "De Vlasakkers" te Amersfoort (april 1973) en bij IWECO-TNO te Delft (december 1973). SWOV (ing. W.H.M. van de Pol). R-75-7. SWOV, Voorburg, 1975. 29 blz.

Beveiligingsconstructies op kunstwerken; Verslag en resultaten van de botsproeven ten behoeve van het onderzoek naar bermbeveiligingsconstructies op kunstwerken die in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep "Bermbeveiligingen" in 1969 t/m 1971 gehouden zijn op "De Vlasakkers" te Amersfoort. SWOV. R-75-8 I t/m IV. SWOV, Voorburg, 1975. 91 + 42 + 120 + 128 blz.

Deel I. Algemeen gedeelte.

Deel II. Beschrijving van de gehouden botsproeven en een overzicht van de resultaten.

Deel III. Resultaten per proef van de botsproeven C1 t/m C21.

Deel IV. Resultaten per proef van de botsproeven C22 t/m C38.

Hydraulische schokdempers; Expansiemogelijkheden in beveiligingsconstructies op kunstwerken; Een beschrijving van een aantal botsproeven in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep "Bermbeveiligingen",

gehouden in 1971 op "De Vlasakkers" te Amersfoort. SWOV (ing. W.H.M. van de Pol). R-75-9. SWOV, Voorburg, 1975. 32 blz.

Viaductbeveiligingsconstructie voor vrachtauto's; Een samenvatting van het verslag en de resultaten van een algemeen en een mathematisch onderzoek betreffende de ontwikkeling van een beveiligingsconstructie op een viaduct, bedoeld om ondoordringbaar te zijn voor zware vrachtauto's, verricht in opdracht van de Intercommunale BI te Brussel, België. SWOV (ing. W.H.M. van de Pol en ir. A. Edelman). R-77-36. SWOV, 1977. 52 blz.

Slagboomconstructies bij beveiligingsconstructies in bermten ten behoeve van doorgangen; Een beschrijving van een aantal botsproeven in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep "Bermbeveiligingen", gehouden in 1970-1972 op "De Vlasakkers" te Amersfoort. SWOV (D.J.R. Jordaan & ing. W.H.M. van de Pol). R-77-48. SWOV, Voorburg, 1977. 50 blz.

CRITERIA VOOR DE ERNST VAN BOTSINGEN1. ASI-criterium

De vertragingen die het voertuig tijdens de botsing ondergaat zijn een belangrijke maatstaf bij de beoordeling van de kans op letsel voor de inzittenden. Naarmate de voertuigvertragingen groter zijn, is ook de kans op (ernstig) letsel voor de inzittenden van het voertuig groter. Naast specifieke voertuigeigenschappen heeft vooral het gebruik van autogordels een belangrijke invloed op de grootte van de kans (ernstig) gewond te raken. De acceptabele voertuigvertragingen zijn voor inzittenden met autogordels groter dan voor inzittenden zonder autogordels. In de meeste gevallen zal een voertuigvertraging niet in één maar in meerdere richtingen werken. Dan is het gewenst een criterium te hebben waaraan de samengestelde vertragingen van het voertuig beoordeeld kunnen worden. Het tot nu toe meest gebruikte criterium is gebaseerd op berekeningen volgens de Acceleration Severity Index (ASI). Hierbij worden de geregistreerde voertuigvertragingen gerelateerd aan "acceptabele" referentiewaarden van het voertuig in de drie volgende richtingen: longitudinaal, lateraal en verticaal.

De formule m.b.t. de ASI luidt (Ross & Post, 1972):

$$ASI = \sqrt{\left(\frac{g_{\text{long}}}{g_{\text{long}_a}}\right)^2 + \left(\frac{g_{\text{lat}}}{g_{\text{lat}_a}}\right)^2 + \left(\frac{g_{\text{vert}}}{g_{\text{vert}_a}}\right)^2}$$

long	=	longitudinaal
lat	=	lateraal
vert	=	verticaal
index a	=	acceptabel

In de tellers van deze formule worden de geregistreerde voertuigvertragingen ingevuld. Als waarden voor deze vertragingen worden uit de vertragingcurven de gemiddelde vertragingen over een periode van 50 ms bepaald. Deze periode wordt zo gekozen dat de waarde voor de gemiddelde vertraging daarmee zo groot mogelijk wordt.

In de noemers worden de genoemde "acceptabele" referentiewaarden ingevuld. Voor inzittenden die geen autogordel dragen zijn deze waarden voor de longitudinale, laterale en verticale richting resp. 7, 5 en 6 g. Als criterium voor de ASI wordt een dimensieloze waarde voor de ASI van één gehanteerd. Als de waarde voor de ASI onder de 1 blijft, is de kans groot dat inzittenden die geen autogordel dragen geen ernstig letsel oplopen.

Wordt door de inzittenden wel de autogordel gedragen, dan worden de te verdragen vertragingsgroten. Arbitrair worden voor de longitudinale, laterale en verticale richting resp. de volgende waarden gehanteerd: 12, 9 en 10 g. Ingevuld in de formule komt dit per verdragingsrichting overeen met een waarde voor de ASI minimaal gelijk aan ca. 1,6 (de referentiewaarden blijven dus 7, 5 en 6 g). Analoog aan de bepaling van de acceptabele ASI-waarde van 1 voor inzittenden zonder autogordel, wordt de waarde van de ASI voor inzittenden met autogordel 1,6. Wordt bij het invullen van de geregistreerde voertuigvertragingsgroten in de formule een waarde beneden de 1,6 gevonden, duidt dit erop dat inzittenden die de autogordel dragen geen ernstig letsel oplopen.

Omdat dit ASI-criterium nog niet op een wetenschappelijk geheel verantwoorde wijze kon worden vastgesteld, dient zij met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd.

## 2. HIC-criterium

Om de ernst van mogelijk hoofdletsel bij laboratoriumproeven en bij reconstructies van ongevallen te schatten, wordt tot op heden het meest gebruik gemaakt van het Head Injury Criterion (HIC) (Chou & Nyquist, 1974).

De HIC-waarde wordt berekend op basis van het verloop van de resulterende versnellingen van het zwaartepunt van het hoofd. Deze versnellingen kunnen daarbij ontstaan als gevolg van een directe krachtingwerking op het hoofd (stoot) of in een versnellingsveld zonder direct contact.

Als grenswaarde voor niet-ontstaan van letsel bij een versnellingsveld (dus geen stoot) wordt meestal een HIC-waarde van 1000 gebruikt. Bij versnellingen ten gevolge van een directe krachtingwerking ligt de grenswaarde minder duidelijk vast. Sommige onderzoekers blijven de waarde van 1000 hanteren, andere stellen een waarde van 1500 voor.

Uit gegevens van diverse laboratoriumproeven en reconstructies van ongevallen kan echter de conclusie worden getrokken dat de HIC-waarde geen eenduidige voorspelling levert. Er zijn gevallen van ernstig hersenletsel bekend bij een HIC-waarde van ca. 850; daarentegen is in andere gevallen geen ernstig letsel gevonden bij een HIC-waarde van ca. 2400.



### 3. Gordelkracht-criterium

Hoewel geen als norm te hanteren berekeningswijze voor de ernst van borstletsels als gevolg van gordelkrachten beschikbaar is, zijn wel tamelijk veel literatuurgegevens over dit onderwerp bekend. Op grond hiervan mag worden verwacht dat een gordelkracht van 5000 N een kans van ca. 15% op een letsel geeft in de AIS-schaal 2 of hoger. De kans op levensgevaarlijk letsel (AIS-schaal 5) moet bij deze 5000 N heel klein worden geschat (+ 2%).

N.B. De AIS-schaal is een ordinale letselernstschaal voor individuele letsels. Een waarde van 1 op deze schaal duidt op licht letsel en een waarde van 5 op levensgevaarlijk letsel. De genoemde waarde op de AIS-schaal van 2 duidt op matig letsel.

Hetgeen bij het AIS-criterium is gesteld geldt ook voor de criteria voor hoofdletsels en borstletsels. De huidige stand van kennis laat niet toe te stellen dat de bepaling en toepassing van de criteria wetenschappelijk gezien geheel verantwoord zijn. Zolang echter betere criteria ontbreken, kunnen de resultaten ervan met de nodige voorzichtigheid gehanteerd worden.

FUNCTIONELE EISEN TE STELLEN AAN OBSTAKELBEVEILIGERS (RESUME)

De functionele eisen zijn te splitsen in een deel dat betrekking heeft op de inpassing van de obstakelbeveiliger in de wegberm en in een deel dat betrekking heeft op het functioneren van een obstakelbeveiliger bij een aanrijding. Verder stelt de wegbeheerder nog additionele voorwaarden aan een obstakelbeveiliger.

1. Inpassing in wegbermKenmerken van wegen

1. Toepasbaarheid van de obstakelbeveiliger bij uitvoeringen van wegen (achter puntstukken), gebaseerd op ROA-ontwerpnormen. De hoofdmaten van de obstakelbeveiliger dienen hiermee als volgt te zijn:

- neusbreedte ca. 1 m
- tophoek ca.  $13^{\circ}$
- lengte ca. 8 m.

2. Toepasbaarheid van de obstakelbeveiliger in niet-genormaliseerde uitvoeringen:

- mogelijkheid tot vervaardigen van varianten van de obstakelbeveiliger.

3. Toepasbaarheid van de obstakelbeveiliger in smalle tussenbermen:

- breedte van een parallel-vormige obstakelbeveiliger van ca. 1 m.

4. Toepasbaarheid van de obstakelbeveiliger voor tijdelijke situaties:

- afzonderlijke fundering is noodzakelijk.

5. De obstakelbeveiliger moet passen in het wegbeeld:

- op zoveel mogelijk "genormaliseerde" afstand van de rijbaan
- hoogte als bijv. geleiderailconstructies
- vorm en vóórkomen: niet erg afwijkend van bijv. geleiderailconstructies
- vormgeving en markering/bebakening van het front van de obstakelbeveiliger: hiervoor zijn nog geen functionele eisen op te stellen.

Kenmerken van het verkeer

1. De obstakelbeveiliger dient afgestemd te zijn (of te kunnen worden) op het voertuigenpark in samenhang met de constructieve mogelijkheden:
  - afstemmen op personenauto's (lichte en zware) en lichte bestelauto's.
2. De obstakelbeveiliger moet afgestemd (kunnen) worden op de gereden snelheden ter hoogte van de plaats van toepassing.

Kenmerken van ongevallen

1. De obstakelbeveiliger moet afgestemd (kunnen) worden op de verdeling van typen voertuigen die van de rijbaan afraken:

- afstemmen op personenauto's.

In feite beperkt deze eis de eis gesteld onder Kenmerken van het verkeer, punt 1. Als een obstakelbeveiliger tevens op lichte bestelauto's (of erg zware personenauto's) kan worden afgestemd, des te beter.

2. De obstakelbeveiliger moet afgestemd (kunnen) worden op de wijze van aanrijding (inrijhoek in combinatie met inrijsnelheid). De volgende combinaties zijn van toepassing:

snelheid: 100 km/h, inrijhoek tot  $10^{\circ}$   
 snelheid: 80 km/h, inrijhoek tot  $15^{\circ}$   
 snelheid: 60 km/h, inrijhoek tot  $25^{\circ}$ .

Kenmerken van voertuigen

1. De obstakelbeveiliger moet afgestemd (kunnen) worden op de volgende 85%-waarden van personenautokenmerken:

- massa: 600-1150 kg
- lengte: 3,55-4,50 m
- breedte: 1,44-1,73 m
- bodemvrijheid: 11,5-18,5 cm
- hoogte zwaartepunt: 49-59 cm (schatting).

2. Functioneren bij een aanrijding

1. Bij een aanrijding op de neus:

- het voertuig moet op acceptabele wijze voor de inzittenden tot stilstand gebracht worden.

Bij een aanrijding tegen de flank:

- het voertuig moet op acceptabele wijze voor de inzittenden geleid worden

- uitrijhoek moet gering zijn.

2. Acceptabel voor de inzittenden houdt in:

ASI kleiner dan ca. 1 voor inzittenden zonder gebruik autogordel

ASI kleiner dan ca. 1,6 voor inzittenden met gebruik autogordel

(Incidenteel kunnen criteria voor hoofdversnellingen en gordelkrachten worden gebruikt voor nadere beoordeling).

3. Voorkomen moet worden dat het voertuig met het af te schermen obstakel in aanraking komt:

- binnen de lengte van de obstakelbeveiliger moet het voertuig tot stilstand zijn gebracht

- het voertuig mag niet onder de constructie duiken

- het voertuig mag niet over de constructie heen schieten.

4. Het voertuig mag na de aanrijding niet op de rijbaan tot stilstand komen

- voorkomen moet worden dat het voertuig bij een aanrijding gaat roteren

- voorkomen moet worden dat de terugstoot groot is.

5. De obstakelbeveiliger mag bij een aanrijding geen gevaar voor andere weggebruikers opleveren

- er mogen geen onderdelen weggeslingerd kunnen worden.

6. Er mogen bij voorkeur geen scherpe delen aan de obstakelbeveiliger zitten. Dit in verband met het gevaar voor berijders van tweewielige voertuigen.

### 3. Additionele voorwaarden wegbeheerder

1. Eenvoudige montage en plaatsing.

2. Eenvoudig herstel na een aanrijding.

3. Duurzaamheid als bijv. van een geleiderailconstructie.

4. Bestand tegen vandalisme.

5. Gunstige kostprijs.

---

CHECK-LIST EN RESULTATEN BIJ TOETSING AAN DE FUNCTIONELE EISEN

---

Functionele eisen	Typen obstakelbeveiligers		
	ENERGITE	GREAT	RIMOB
<u>I. INPASSING IN WEGBERM</u>			
<u>Kenmerken van wegen</u>			
1. Toepasbaar in puntstukken volgens ROA-ontwerpnorm (V-vorm)	ja	neen	ja
2. Toepasbaar in van deze norm afwijkende puntstukken?	ja	soms	ja
3. Toepasbaar in smalle puntstukken of tussenbermen? (parallel-vorm)	neen	ja	ja
4. Toepasbaar voor tijdelijke situaties?	ja	soms	ja
5. Past de obstakelbeveiligers in het wegbeeld?	neen	ja	ja
6. Kan de obstakelbeveiligers op de Nederlandse geleiderailconstructie aangesloten worden?	neen	dient aangepast te worden	ja
<u>Kenmerken van het verkeer</u>			
1. Kan de obstakelbeveiligers constructief gezien op de "ontwerp-personenauto" en daarnaast ook op bestelauto's worden afgestemd?	niet voor flankbotsingen	in principe wel	ja

---

Functionele eisen	Typen obstakelbeveiligers		
	ENERGITE	GREAT	RIMOB
2. Kan de obstakelbeveiligers op de gereden snelheden van wegen worden afgestemd?	ja	ja	ja
<u>Kenmerken van ongevallen</u>			
1. Is de obstakelbeveiligers afgestemd op kenmerken van de "ontwerp-personenauto"?	ja	niet afgestemd op lichte personen-auto's	ja
2. Is de obstakelbeveiligers afgestemd op bij ongevallen voorkomende inrijsnelheid en inrijhoek?	neen	ja	ja
<u>Kenmerken van voertuigen</u>			
1. Is de obstakelbeveiligers afgestemd op de "ontwerp-personenauto"?	frontaal: ja flank: neen	frontaal: neen flank: mogelijk	frontaal: ja flank: ja
<u>II. FUNCTIONEREN BIJ EEN AANRIJDING</u>			
1. Kan bij een aanrijding op de punt van een obstakelbeveiligers een voertuig op acceptabele wijze tot stilstand gebracht worden?	redelijk acceptabel ASI-waarden: 1-1,6	lichte pers.auto's: neen zware pers.auto's: redelijk acceptabel ASI-waarden: (geschat): 1-1,6	redelijk acceptabel ASI-waarden: 1-1,6

Functionele eisen	Typen obstakelbeveiligers		
	ENERGITE	GREAT	RIMOB
2. Kan bij een aanrijding tegen de flank van de obstakelbeveiligers een voertuig op acceptabele wijze geleid worden of tot stilstand gebracht worden?	neen	acceptabel volgens ASI-norm, geregistreerd met zware Amerikaanse auto's	-niet acceptabel volgens ASI-norm; -wel acceptabel volgens HIC en gordelkrachtnorm
3. Komt een voertuig (onder normale botscondities) in aanraking met het af te scherpen obstakel?	niet onmogelijk (voertuig kan omhoog komen of er doorheen schieten)	neen	neen
4. Kan een voertuig na een frontale aanrijding op de rijbaan tot stilstand komen?	niet volgens proefresultaten (geen resultaten bekend van excentrische botsingen)	-wel bij excentrische aanrijdingen -waarschijnlijk ook bij aanrijdingen schuin op de neus	-wel bij excentrische aanrijdingen -niet bij aanrijdingen schuin op de neus
5. Kan de obstakelbeveiligers bij een aanrijding gevaar voor andere weggebruikers opleveren i.v.m. wegslingerende onderdelen?	ja	neen	neen
6. Zijn er scherpe delen aan de obstakelbeveiligers die gevaar voor berijders van tweewielers kunnen opleveren?	neen	in mindere mate	RIMOB-V: ja RIMOB-P: in mindere mate

Functionele eisen	Typen obstakelbeveiligers		
	ENERGITE	GREAT	RIMOB

III. VOORWAARDEN WEGBEHEERDER

1. Eenvoudige montage en plaatsing?	ja	redelijk	redelijk
2. Fundering noodzakelijk?	neen	ja	ja
3. Eenvoudig hersel na een aanrijding?	redelijk	ja, in mindere mate bij schuine aanrijdingen	neen
4. Duurzaamheid?	lijkt redelijk	lijkt redelijk	lijkt redelijk
5. Bestand tegen vandalisme?	onbekend	onbekend	onbekend
6. Kostprijs?	relatief hoog	hoog	relatief laag
7. Beschermd middels octrooi?	ja	ja	ja