

DE RIMPELBUIS-OBSTAKELBEVEILIGER (RIMOB)

Een verslag van het ontwikkelingsonderzoek: Inventarisatie van het probleem, formuleren van de functionele eisen, ontwikkeling van het ontwerp en de beproevingen.

Artikelen Verkeerskunde 33 (1982) 4: 177 t/m 182

Artikelen Wegen 56 (1982) 4: 797-107 t/m 797-116

R-82-23

Ing. R.F.B. Quack, Hoofddirectie van de Waterstaat

Ing. C.C. Schoon, Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid  
SWOV

Leidschendam, 1982

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



## SAMENVATTING

Eerst wordt ingegaan op de factoren die hebben meegespeeld bij de ontwikkeling van een nieuw type obstakelbeveiliger, afgestemd op de Nederlandse situatie.

Vervolgens wordt verslag gedaan van het onderzoek dat heeft geleid tot de ontwikkeling van een constructie, Rimob genoemd. Doel is vaste obstakels te beschermen tegen botsingen. Basisidee is een configuratie van buizen, die rimpelen onder druk. De Rimob als geheel werkt dan als een harmonica. Het is erg gemakkelijk beschadigde delen te vervangen, wat het onderhoud betrekkelijk goedkoop maakt. De Rimob is bedoeld voor afscherming van b.v. portaalsteunen bij afritten van autosnelwegen en pijlers van viaducten.

### THE RIPPLING-TUBE OBSTACLE BARRIER (RIMOB)

First are examined the various factors which have played on role in the development of a new type of obstacle barrier designed specifically to meet the requirements of the road system in The Netherlands.

Further the research is reported leading to the development of a crash cushion called Rimob. Its purpose is to guard individual rigid obstacles against collisions. The basic concept is a confuguration of tubes which ripple on impact. The Rimob as a whole then functions as a concertina. It is very easy to replace damaged parts, which makes maintenance relatively cheap. The Rimob is meant for the protection of e.g. gantry posts at motorway exits and piers of viaducts.



## 1. DE AFSCHERMING VAN STARRE OBSTAKELS IN WEGBERMEN

Ing. R.F.B. Quack, Hoofddirectie van de Waterstaat

### 1.1. Inleiding

Verkeersongevallen in wegbermen vormen voor de wegbeheerder een belangrijk aandachtsgebied. Hierin ligt dan ook de reden dat een aantal jaren geleden de toenmalige minister van Verkeer en Waterstaat een werkgroep opdracht heeft gegeven studies te (doen) verrichten naar maatregelen voor een veiliger wegberm. De werkgroep is thans samengesteld uit vertegenwoordigers van het ministerie van Verkeer en Waterstaat (de Rijkswaterstaat en de Directie Verkeersveiligheid) de provincies en gemeenten. Adviseur van de werkgroep is de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.

Een van de studies, waarvan de feitelijke afronding plaatsvond met de presentatie van het resultaat op Intertraffic 1982, is een studie naar een zogenaamde obstakelbeveiliger.

Als starre obstakels dicht langs de rijbaan staan, is zeker langs auto-snelwegen afscherming noodzakelijk. Staan er zoveel obstakels dat van een gevarezone gesproken kan worden, dan is doorlopende afscherming noodzakelijk, bijvoorbeeld met een geleiderailconstructie. Betreft het alleenstaande obstakels en kan er geen geleiderailconstructie toegepast worden, dan zal een obstakelbeveiliger uitkomst moeten bieden.

### 1.2. De omvang van de obstakelproblematiek

In 1980 zijn 352 vast-voorwerpongevallen met dodelijke afloop geregistreerd. Het aantal letselongevallen was nog aanzienlijk groter. Buiten de bebouwde kom gebeuren ruim vier maal zoveel ongevallen van dit type als binnen de bebouwde kom.

Het verloop van het aantal ongevallen met dodelijke afloop over een periode van 10 jaar (1971 t/m 1980) is grafisch uitgezet in afbeelding 1. De curve van het totale aantal ongevallen geeft een duidelijke daling te zien; dit in tegenstelling tot de curve van de vast-voorwerpongevallen, die min of meer constant blijft (SWOV, 1982).

### 1.3. Huidige situatie

De Rijkswaterstaat heeft sinds 1975 gezocht naar mogelijkheden om alleenstaande obstakels af te schermen. Er is in eerste instantie gezocht onder obstakelbeveiligers die al op de markt waren. Blijkens een SWOV-consult (SWOV, 1980) waren sommige Amerikaanse constructies in principe wel geschikt, maar ze waren qua uitvoering afgestemd op de (zware) Amerikaanse personenauto's. Aanpassing voor de "gemiddelde" personenauto in Nederland, gebaseerd op ontwerpnormen voor voertuigen (RWS, 1980), zou veel ontwikkelingsonderzoek gevergd hebben. Daarnaast waren octrooirechten en prijs belangrijke argumenten om van zo'n aanpassing af te zien.

Ondanks de genoemde beperkingen heeft de Rijkswaterstaat in situaties waar frontale aanrijdingen tot zeer ernstige gevolgen zouden kunnen leiden, buffertonnen geplaatst. De toepassing daarvan is echter zeer beperkt gebleven, en wel tot starre obstakels in puntstukken op wegen met hoge intensiteiten en snelheden.

### 1.4. De ontwikkeling van een nieuwe obstakelbeveiliging

Het consult van de SWOV over de Amerikaanse obstakelbeveiligers is voor de Rijkswaterstaat aanleiding geweest de SWOV te verzoeken de eisen te formuleren waaraan een obstakelbeveiliging zou moeten voldoen. Een en ander heeft geleid tot het opstellen van een pakket functionele eisen. De Rijkswaterstaat heeft, na positief advies van de werkgroep, de SWOV vervolgens opgedragen een obstakelbeveiliging te ontwikkelen die aan deze eisen voldoet. De reeds gememoreerde werkgroep zou het onderzoek begeleiden.

Onder begeleiding van de SWOV heeft het Nederlandse bedrijfsleven een prototype van een nieuw type obstakelbeveiliging ontworpen en gefabriceerd: de Rimpelbuisobstakelbeveiliging (Rimob).

De SWOV heeft over de ontwikkeling en beproefing van de Rimob een eindrapport uitgebracht aan de werkgroep, die met de inhoud hiervan heeft ingestemd.

In een vroeg stadium van de ontwikkeling van de Rimob is besloten octrooi aan te vragen voor de meeste Europese landen, de Verenigde Staten en Japan.

### 1.5. Het toepassingsgebied van de Rimob

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

De eerste betreft afscherming van starre obstakels (zoals kolommen van bewegwijzeringsborden) in puntstukken bij uitvoeringen van auto(snel)-wegen.

Het tweede toepassingsgebied van een obstakelbeveiliger is de afscherming van alleenstaande obstakels in de wegberm. Veelal kunnen deze met een geleiderailconstructie met een lengte van ca. 100 m worden afgeschermd. Er zijn echter situaties waarin voor een geleiderailconstructie te weinig ruimte beschikbaar is en/of deze het uitzicht ontnemt.

De derde toepassing betreft afscherming van obstakels in tijdelijke situaties, zoals bij werken in uitvoering.

In de opdracht aan de SWOV lag besloten dat het toepassingsgebied van de obstakelbeveiliger zo uitgebreid mogelijk moest zijn. In eerste instantie is deze ontwikkeld voor de hoge botssnelheden en situaties die op autosnelwegen te verwachten zijn: Rimob-V. Deze is echter zodanig ontworpen dat hij ook geschikt gemaakt kan worden voor situaties die afwijken van die op autosnelwegen, bijvoorbeeld stedelijke gebieden buiten de bebouwde kom. Er is al een variant ontwikkeld en beproefd voor situaties waarin erg weinig ruimte aanwezig is; deze Rimob-P is berekend op botssnelheden tot 70 km/h.

Om niet voor alle varianten van de Rimob beproevingen uit te hoeven voeren, ontwikkelt de SWOV in opdracht van de Rijkswaterstaat een mathematisch model. Hiermee kunnen varianten doorgerekend en dimensies vastgesteld worden.

### 1.6. Fundering en plaatsing van de Rimob

Het door de SWOV ontwikkelde prototype van de Rimob is inmiddels door de Rijkswaterstaat, in overleg met de SWOV, produktierijp gemaakt. Behalve aan een zo economisch mogelijke produktiewijze is ook aandacht besteed aan de wijze van montage langs de weg. Er is gekozen voor een systeem waarbij de Rimob in zijn geheel wordt aangevoerd en op een funderingsplaat wordt neergezet. De - geprefabriceerde - funderingsplaat is zodanig geconstrueerd dat hij de reactiekrachten bij frontale en zijdelingse aan-

rijdingen van de Rimob kan opnemen. Anderzijds is de funderingsplaat in staat reactiekrachten ten gevolge van aanrijdingen op eventuele aansluitende geleiderailconstructies op te vangen.

Bij het plaatsen van een obstakel in puntstukken en dergelijke kan tegelijkertijd de fundering voor een Rimob worden gelegd, hetgeen kostenbesparend is.

## 7. Besluit

De studie van de SWOV heeft naar de mening van de werkgroep geleid tot een zeer toepasbare en relatief goedkope obstakelbeveiliger. De obstakelbeveiliger zal door de Rijkswaterstaat in de naaste toekomst worden toegepast. Vooral in puntstukken en zijbermen waar plaatsing van een Rimob ten opzichte van de geleiderailconstructie voordelen heeft. De opzet van deze obstakelbeveiliger leent zich bijzonder goed voor een veelzijdige toepassing op de Nederlandse wegen.



## 2. ONTWIKKELINGSONDERZOEK: FUNCTIONELE EISEN, ONTWERP EN BEPROEVING

Ing. C.C. Schoon, SWOV

### 2.1. Algemeen

De ontwikkeling van een nieuw type obstakelbeveiliger, de Rimob, bedoeld om alleenstaande obstakels in wegbermen af te schermen, is uitgevoerd in opdracht van de Rijkswaterstaat.

Het onderzoek is begonnen met het opstellen van een pakket functionele eisen. Aan de hand daarvan zijn een aantal hoofdvoorwaarden opgesteld waaraan een obstakelbeveiliger moet voldoen; deze vormden de basis voor het ontwerp. Naar aanleiding van dynamische en statische beproevingen van de belangrijkste elementen van de Rimob zijn nog enkele wijzigingen in het ontwerp aangebracht.

Ter afsluiting van de ontwikkeling van deze op de Nederlandse situatie afgestemde obstakelbeveiliger zijn bij het Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO te Delft tien botsproeven uitgevoerd. Deze proeven waren bedoeld om de werking van de Rimob als geheel te toetsen onder verschillende botscondities.

### 2.2. Functionele eisen voor obstakelbeveiligers

Obstakelbeveiligers moeten in de wegsituatie ingepast kunnen worden. Ze moeten dan ook afgestemd zijn op kenmerken van de weg, het verkeer daarop en de ongevallen die er gebeuren.

Verder mogen verkeersdeelnemers die ermee in botsing komen geen ernstig letsel oplopen, terwijl ook andere verkeersdeelnemers ten gevolge van zo'n botsing geen gevaar mogen lopen.

Tenslotte moet een obstakelbeveiliger nog voldoen aan een aantal praktische eisen die vooral voor de wegbeheerder van belang zijn.

#### 2.2.1. Functionele eisen op basis van wegkenmerken

Wegkenmerken die voor de obstakelbeveiliger van belang zijn, betreffen in de eerste plaats zijn toepassingsgebied: wat zijn de dimensies van de af te schermen obstakels en van de ruimte die voor afscherming beschikbaar

is.

Bij het toepassen van een obstakelbeveiliger in een puntstuk bij een uitvoeging van een auto(snel)weg dient de obstakelbeveiliger zodanig gedi-mensioneerd te zijn dat hij past binnen de beschikbare ruimte of er min of meer het contour van volgt. Om de dimensies van een "standaard" obsta-kelbeveiliger te kunnen bepalen is gebruik gemaakt van een normtekening van uitvoegingen op autosnelwegen (RWS, 1975). Het gearceerde gedeelte van Afbeelding 2 geeft de ruimte aan die ongeveer voor een obstakelbevei-liger beschikbaar is. Hieraan kan de functionele eis worden ontleend dat de "standaard"-obstakelbeveiliger op de volgende dimensies afgestemd moet worden:

- neusbreedte : ca. 1 m
- tophoek : ca. 13<sup>o</sup>
- lengte : ca. 8 m
- basisbreedte: ca. 3 m

De obstakelbeveiliger wordt hiermee V-vormig. Deze vorm maakt het moge-lijk er een geleiderailconstructie op aan te sluiten.

In zijbermen zal normaal gesproken voldoende ruimte zijn om zo'n V-vormi-ge obstakelbeveiliger te plaatsen. Eventueel kan overwogen worden de ba-sisbreedte te verkleinen. In tussenbermen tussen hoofdrijbanen met ver-keer in dezelfde richting kan in diverse gevallen te weinig ruimte zijn om een V-vormige constructie te plaatsen. Dan is een smalle obstakelbe-veiliger nodig, bijv. met parallel lopende flanken. Er zullen ook andere situaties voorkomen waarin wegens ruimtegebrek geen "standaard" obstakel-beveiliger geplaatst kan worden. Daarom zullen er diverse varianten van de obstakelbeveiliger mogelijk moeten zijn.

Bij werken in uitvoering kan tijdelijke afscherming met een obstakelbe-veiliger gewenst zijn. Als functionele eis kan daarom gesteld worden dat de obstakelbeveiliger en de fundering verplaatsbaar moeten zijn.

Voorts moet de obstakelbeveiliger uit veiligheidsoogpunt qua uitvoering in het karakter van de wegberm passen. Een vorm die gelijkenis vertoont met de geleiderailconstructie past bijvoorbeeld goed bij wegen die van zo'n constructie voorzien zijn. Over de afstand tot de wegrand, die van belang is in verband met de visuele versmalling van de rijbaan, kunnen eisen worden ontleend aan de ROA-richtlijnen (RWS, 1975). Tot slot is het

van belang dat de vormgeving en plaatsing van de obstakelbeveiliger zodanig is dat de breedte van een eventueel aanwezige bergingszone niet wordt beperkt.

#### 2.2.2. Functionele eisen op basis van verkeerskenmerken

De obstakelbeveiliger dient afgestemd te worden op verkeerskenmerken zoals typen voertuigen en gereden snelheden.

Ruwweg kunnen de voertuigen in vier categorieën ingedeeld worden: tweewielers, personenauto's, bestelauto's en vrachtauto's/bussen. Theoretisch zou een obstakelbeveiliger op elk type afgestemd kunnen worden. Afstemming op tweewielers brengt echter nogal wat constructieve problemen met zich mee. Afstemming op de zwaarste categorie zou een obstakelbeveiliger met erg forse dimensies opleveren. In paragraaf 2.2.3. zal aan de hand van ongevallencijfers worden nagegaan, welke categorieën het meest gebaat zijn bij een obstakelbeveiliger. Bij het ontwerp moet echter ook zoveel mogelijk rekening worden gehouden met andere categorieën weggebruikers. Behalve met de voertuigtypen moet bij het ontwerp van een obstakelbeveiliger ook rekening worden gehouden met de gereden snelheden, omdat deze in belangrijke mate bepalend zijn voor de inrijsnelheid. Dit is de snelheid waarmee een van de weg geraakt voertuig de obstakelbeveiliger nadert.

#### 2.2.3. Functionele eisen op basis van kenmerken van ongevallen

De volgende kenmerken van ongevallen zijn van belang voor de functionele eisen: het voertuigtype, de inrijsnelheid en de inrijhoek.

In de Tabel 1 zijn de aantallen doden bij wegbermongevallen opgenomen, verdeeld naar binnen en buiten de bebouwde kom (zie verder SWOV, 1982). Inzittenden van personenauto's blijken het meest bij zulke ongevallen betrokken te zijn: buiten de bebouwde kom 78,2% en binnen de bebouwde kom 64,4%. Deze percentages geven aan dat de obstakelbeveiliger vooral op personenauto's afgestemd moet worden. Om het risico voor berijders van tweewielers te beperken, moeten scherpe delen aan de obstakelbeveiliger zoveel mogelijk worden vermeden.

Als belangrijkste personenauto-kenmerken kunnen de volgende gegeven worden:

- massa (onbelast) : 600-1150 kg (bron: CBS, verkoopcijfers 1967 t/m 1976)

- hoogte zwaartepunt: 49-59 cm (schatting op basis van gegevens van Automobildynamische Versuchsstelle).

Bij de massa zijn uitschieters buiten beschouwing gelaten door de frequentieverdeling aan de boven- en onderzijde met  $7\frac{1}{2}\%$  af te snijden. Overige kenmerken zijn ontleend aan het rapport Ontwerp-voertuigen (RWS, 1980) samengesteld op basis van de verkoopcijfers 1969 t/m 1975.

Een ander belangrijk kenmerk van ongevallen is de botsnelheid. Hierover is echter weinig bekend. Aangezien obstakelbeveiligers in het algemeen op vrij korte afstand van de rijbaan opgesteld zullen worden, zal de botsnelheid meestal niet veel lager zijn dan de inrijsnelheid. Over inrijsnelheden is wel iets bekend uit buitenlandse literatuur, hoewel de gegevens niet erg betrouwbaar zijn. Het is namelijk buitengewoon moeilijk de snelheid van een voertuig bij een ongeval vast te stellen. Op grond van diverse bronnen uit de literatuur wordt aangenomen, dat de inrijsnelheid in 85% van de gevallen onder de 100 km/h ligt. Deze snelheid kan bij toepassing van de obstakelbeveiliger op autosnelwegen dan ook als maximum ontwerpsnelheid worden gehanteerd.

Uit de literatuur blijkt ook dat er een relatie is tussen de inrijsnelheid in de inrijhoek: bij toenemende inrijsnelheid wordt de inrijhoek gemiddeld kleiner. Uitgaande van een snelheid van 100 km/h als bovengrens kunnen bij het ontwerp van de obstakelbeveiliger de volgende maximale inrijhoeken worden gehanteerd:

- bij een snelheid van 100 km/h maximaal  $10^{\circ}$ ;
- bij een snelheid van 80 km/h maximaal  $15^{\circ}$ ;
- bij een snelheid van 60 km/h maximaal  $25^{\circ}$ .

#### 2.2.4. Functionele eisen op basis van het gedrag bij een aanrijding

Aan de obstakelbeveiliger kunnen twee belangrijke algemene eisen gesteld worden: bij een aanrijding mogen inzittenden van het botsende voertuig geen ernstig letsel oplopen; overige weggebruikers mogen ten gevolge van de aanrijding geen gevaar lopen.

De ernst van een botsing bij proeven kan afgeleid worden uit de grootte van de voertuigvertragingen in drie richtingen, nl. longitudinaal, lateraal en verticaal. Aangezien ze in hun totaliteit de bewegingen van de inzittenden beïnvloeden, moeten ze dan ook in samengestelde vorm worden beoordeeld. Daartoe is in Amerika een criterium ontwikkeld (Ross & Post, 1972): de Acceleration Severity Index (ASI). Dit criterium is een dimensioneloos getal waaraan onderzoekers met de nodige voorzichtigheid de volgende grenswaarden koppelen:

- ASI < 1,0: inzittenden zonder autogordel lopen geen ernstig letsel op.
- ASI < 1,6: inzittenden met autogordel lopen geen ernstig letsel op.

Het ASI-criterium is gebaseerd op metingen aan het voertuig. Ook kunnen direct metingen aan proefpoppen uitgevoerd worden. Hiervoor zijn twee criteria bruikbaar: Bij de eerste mogen de versnellingen van het zwaartepunt van het hoofd een bepaald niveau niet overschrijden. Hiervoor is in Amerika een criterium ontwikkeld (Chou & Nyquist, 1974): het Head Injury Criterion (HIC). Het tweede betreft de ernst van borstletsels als gevolg van gordelkrachten. Dit gordelkrachtcriterium is afgeleid uit literatuurgegevens.

Om het gedrag van een voertuig bij een aanrijding met een obstakelbeveiliger te kunnen beoordelen, moet onderscheid worden gemaakt naar de principiële werking van de constructie. Vindt een aanrijding op de neus van de constructie plaats, dan moet het voertuig binnen de lengte van de obstakelbeveiliger op een acceptabele wijze tot stilstand komen. Het voertuig mag hierbij niet onder de constructie duiken of er overheen schieten.

Vindt een aanrijding tegen de flank van de obstakelbeveiliger plaats, dan dient de obstakelbeveiliger het voertuig op acceptabele wijze te geleiden. Hierbij moet de uitrijhoek klein blijven.

Bij een aanrijding met een obstakelbeveiliger mogen de overige weggebruikers geen gevaar lopen. Dit betekent dat het botsende voertuig na de aanrijding niet op de rijbaan tot stilstand mag komen. Verder mogen ook geen onderdelen van de obstakelbeveiliger weggeslingerd worden: andere weggebruikers kunnen getroffen worden en er kunnen schrikreacties ontstaan.

### 2.2.5. Functionele eisen van praktische aard

De volgende functionele eisen van praktische aard zijn van belang voor de wegbeheerder:

- montage en plaatsing moeten zo eenvoudig mogelijk zijn;
- het herstel na een aanrijding moet eenvoudig zijn;
- de duurzaamheid moet vergelijkbaar zijn met die van bijv. een geleiderailconstructie;
- de obstakelbeveiliger moet bestand zijn tegen vandalisme;
- de kostprijs moet redelijk zijn.

### 2.3. Ontwerp van een nieuw type obstakelbeveiliger

Het pakket functionele eisen vormde de basis voor het ontwerp. Het pakket leidde tot het opstellen van zes hoofdvoorwaarden waaraan de obstakelbeveiliger moest voldoen. Hieraan zijn de basiselementen van de constructie ontleend (Afbeelding 3). De zes hoofdvoorwaarden met bijbehorende basiselementen zijn:

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

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 met de flank van de obstakelbeveiliger moet het voertuig geleid worden.

De flank van de obstakelbeveiliger moet als een energie-absorberende ligger functioneren. Er moet een geleiderailconstructie op aangesloten kunnen worden. Aangezien de constructie ook in elkaar moet kunnen schuiven, is gekozen voor korte elkaar overlappende stukken rail (de flankdelen).

3. De tophoek van de "standaard" obstakelbeveiliger moet  $13^{\circ}$  zijn. De neusbreedte moet ca. 1 m bedragen.

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 het mogelijk maken dat de flankdelen langs elkaar schuiven (Afbeelding 4).

4. De montage en plaatsing van de obstakelbeveiliger en zijn fundering moet zo eenvoudig mogelijk zijn.

Gekozen is voor een ontwerp met slechts twee verankeringspunten: de basis van de constructie die tegen de fundering wordt afgesteund, en het eerste segment dat met pootjes in een geleiding in dwarsrichting opgesloten zit. Bij een frontale aanrijding schuiven deze pootjes uit de geleiding.

5. Voertuigen moeten gecontroleerd geleid of tot stilstand worden gebracht. Bij een aanrijding mag het voertuig niet onder de obstakelbeveiliger duiken of er overheen schieten. Ook mogen geen onderdelen losraken.

De obstakelbeveiliger moet voldoende stabiliteit bezitten. Behalve door de elkaar overlappende zijflanken en de beide verankeringspunten, wordt de stabiliteit bewerkstelligd door de boven- en onderplaten van de segmenten.

6. De constructie moet zowel lichte als zware personenauto's (en eventueel bestelauto's) tot stilstand brengen. Verder moeten er varianten op de "standaard" obstakelbeveiliger gefabriceerd kunnen worden.

Voor botsingen met lagere snelheden en ten behoeve van de lichtere personenauto's moet het voorste gedeelte van de obstakelbeveiliger licht uitgevoerd zijn. Dit is in de eerste plaats bewerkstelligd met een licht uitgevoerd neussegment. Verder is in de voorste segmenten minder energie-absorberend materiaal toegepast. Dit materiaal bestaat uit dunwandige buizen die in langsrichting in de segmenten opgesloten zitten. Bij axiale belasting worden deze buizen in elkaar gedrukt. Ze rimpelen hierbij (zie Afbeelding 5). Dit kan over een afstand van ca. 80% van hun oorspronkelijke lengte plaatsvinden. De toepassing van deze buizen maakt het mogelijk in diameter en wanddikte te variëren. Op deze wijze kan een progressieve werking van de obstakelbeveiliger verkregen worden. Verder kunnen bijvoorbeeld in het laatste segment meer buizen worden aangebracht. Dit segment zou dan als bufferzone dienst kunnen doen voor aanrijdingen met relatief zware voertuigen. Buizen die bij axiale belasting rimpelen, worden rimpelbuizen genoemd. Zij hebben het voordeel dat ze relatief veel energie per massa-eenheid kunnen absorberen.

#### 2.4. Deelbeproevingen

Voordat de Rimob met de aangegeven basiselementen kon worden samengesteld, zijn deelbeproevingen noodzakelijk geweest. Deze beproevingen zijn gefaseerd uitgevoerd:

- fase 1: onderzoek naar rimpelbuizen (dynamisch);
- fase 2: onderzoek naar de stabiliteit van één en meerdere segmenten (statisch);
- fase 3: onderzoek naar de werking van enkele segmenten en de gehele constructie (dynamisch).

Fase 1: Onderzoek naar rimpelbuizen. De rimpelbuizen moeten voor de energie-absorptie van het botsende voertuig zorgdragen. Vastgesteld diende te worden, welke materiaalsoort en dimensies het beste toegepast konden worden.

Als materiaalsoort is voor aluminium gekozen vanwege de corrosiebestendigheid en de kostprijs. De dimensies zijn allereerst met een benaderingsformule bepaald (Croker, 1974). Daarna zijn deze dimensies met behulp van dynamische rimpelbuisproeven gecontroleerd. Dit onderzoek heeft geresulteerd in de toepassing van rimpelbuizen met twee verschillende diameters: dunne voor de eerste twee segmenten in verband met een "zacht" eerste contact, en dikkere voor de overige segmenten. Er is ook voor verschillende diameters gekozen om montagefouten uit te sluiten.

Fase 2: Statische stabiliteitsproeven. De segmenten met de boven- en onderplaten (doosconstructie) moeten zorgen voor een erg belangrijk deel van de stabiliteit van de Rimob. Bij statische beproeving is gebleken dat de doosconstructie in zijdelingse richting veel kracht kan opnemen. Deze kracht wordt niet begrensd door uitknikken of scheuren van de platen, maar door de weerstand tegen rimpelen van de buizen. Ook is onderzocht hoeveel kracht het vergt als de doosconstructie - zonder de drie rimpelbuizen - in axiale richting in elkaar wordt gedrukt. Als dit nl. veel zou zijn, zouden de rimpelbuizen lichter uitgevoerd moeten worden. Een statische proef wees uit dat dit een kracht vergt die slechts ca. 5% bedraagt van de kracht die nodig is om drie rimpelbuizen te vervormen.



Fase 3: Dynamische werking van de Rimob. Om de werking van enkele segmenten en de gehele Rimob te beoordelen zijn eerst in het laboratorium dynamische proeven met botssledes uitgevoerd en later met proefauto's. Deze proeven wezen uit dat alle basiselementen van de constructie goed gefunctioneerd hadden, met uitzondering van de flankdelen. Deze hadden te weinig overlappingslengte, waardoor ze uitbogen. De flankdelen zijn daarom verlengd. Verder bleek dat het koppel dat het voertuig in het horizontale vlak op de Rimob uitoefende, te groot was om opgenomen te kunnen worden. De obstakelbeveiliger werd daarom verkort, het laatste segment werd als buffer uitgevoerd en de voorste twee segmenten werden gemakkelijker samendrukbaar gemaakt. Na aanbrengen van deze wijzigingen konden de deelproeven worden afgesloten. Wel was nog verificatie van de verwachte goede werking van de Rimob noodzakelijk.

## 2.5. Verificatieproeven

### 2.5.1. Resultaten

Ter afsluiting van de ontwikkeling van de Rimob zijn proeven uitgevoerd om te verifiëren of de Rimob voldeed aan de functionele eisen die er bij een aanrijding aan gesteld moeten worden (zie par. 2.2.4.). De Rimob is in tien proeven getest. Als proefvoertuigen zijn Opels Kadett gebruikt (gemiddelde massa 753 kg). De proeven werden onder variërende botscondities uitgevoerd: frontaal (centraal en niet-centraal) en in de flank.

Bij de drie centraal uitgevoerde frontale proeven kwam het proefvoertuig op redelijk acceptabele wijze tot stilstand. De botssnelheden bedroegen 100 km/h. Bij een aanrijding in de praktijk zouden inzittenden met een autogordel volgens het ASI-criterium geen ernstig letsel hebben opgelopen. Voor inzittenden zonder autogordel zou er wel kans op ernstig letsel zijn. Tijdens de botsingen trad geen koersafwijking van het voertuig op. De overcapaciteit van de Rimob bedroeg nog ca. 70 cm. De bufferzone, die nog in tact was, is hierbij niet meegerekend. De schade aan de Rimob betrof: neussegment, boven- en onderplaten, rimpelbuizen en knikstrippen. Afbeelding 6 toont de situatie voor een botsproef, Afbeelding 7 de situatie's na een frontale botsproef.

Bij één niet-centraal uitgevoerde frontale proef botste het voertuig onder een inrijhoek van  $15^{\circ}$  op de punt van de Rimob. De botssnelheid bedroeg 80 km/h. Bij deze proef bleek de Rimob voldoende stabiel te zijn. De ASI was acceptabel voor gordel dragers. De neus van de Rimob hield het voertuig goed vast; de voertuigrotatie was niet groot:  $18^{\circ}$ .

Twee andere niet-centraal uitgevoerde frontale proeven betroffen excentrische botsingen. Hierbij lag de hartlijn van het voertuig 50 cm uit het hart van de Rimob. De botssnelheden waren 70 en 80 km/h. De ASI-waarden bij deze proeven lagen relatief laag (1,1 en 1,3). Het voertuig onderging evenwel in beide gevallen een rotatie van ca.  $90^{\circ}$ . Afhankelijk van de afstand van de Rimob tot aan de rijbaan (wel of geen vluchtstrook), kan het voertuig geheel of gedeeltelijk op de rijbaan tot stilstand komen. Aangenomen wordt dat de geconstateerde voertuigrotatie inherent is aan dit type botsing.

Bij de flankproeven is op drie verschillende plaatsen tegen de Rimob gebotst: voor, midden en achter. Bij de aanrijding in het midden was de botssnelheid 65 km/h en de inrijhoek  $22^{\circ}$ . Bij de twee overige proeven bedroeg de botssnelheid 80 km/h en de inrijhoek  $15^{\circ}$ . De proefauto's werden door de Rimob goed geleid: de schade aan het voertuig en de Rimob was gering, de uitrijhoek ook:  $< 4^{\circ}$ . Er zijn echter wel hoge voertuigvertragingen geregistreerd. Bij één proef zijn metingen aan proefpoppen op de voorstoelen verricht. Daarbij bleek dat deze hoge vertragingen geen grote uitwerking op de inzittenden zouden hebben gehad. Zowel volgens het HIC-criterium als het gordelkracht-criterium zou de kans op ernstig letsel zeer klein zijn.

Er is ook een speciale Rimob ontworpen voor smalle tussenbermen in wegen waar de botssnelheden naar verwachting niet boven de 70 km/h komen. De constructie is opgebouwd uit vier segmenten en de flanken lopen parallel aan elkaar; deze is Rimob-P genoemd. Evenals bij de andere Rimob's is ook bij deze constructie het laatste segment als buffer uitgevoerd, in dit geval door er één extra rimpelbuis in aan te brengen. Deze extra buis vergroot niet alleen de buffercapaciteit, maar geeft ook extra stabiliteit. Met deze Rimob-P is een centrale frontale botsproef uitgevoerd. De botssnelheid was 70 km/h. De ASI-waarde bedroeg 1,2. De constructie had nog enige overcapaciteit. De bufferzone is in tact gebleven.

### 2.5.2. Nabeschouwing

De flankproeven hebben aangetoond dat het ASI-criterium bij dit type botsingen geen goede voorspelling geeft van de kans op letsel. Dit komt doordat er binnen zeer korte tijd een rotatie van het voertuig optreedt. Aangenomen wordt dat metingen aan proefpoppen een betere voorspelling van het letsel geven. Hiernaar is nader onderzoek wenselijk.

De Rimob heeft tijdens de botsproeven in het algemeen bevredigend gefunctioneerd, hoewel bij de frontale aanrijdingen de dwarssteunen niet allemaal rechtstandig naar achteren werden gedrukt. Gedurende het gehele onderzoek is hier aandacht aan besteed. De scheefstand van de dwarssteunen heeft echter geen grote invloed gehad op de afloop van de botsingen.

De gegevens die verkregen zijn bij de botsproeven, zullen gebruikt worden voor de toetsing van een mathematisch model. Een dergelijk model biedt het voordeel dat varianten op de Rimob doorgerekend kunnen worden, zonder dat botsproeven uitgevoerd hoeven worden. Verder zal dit model de mogelijkheid bieden de werking van onderdelen van de Rimob nader te analyseren ten behoeve van een mogelijke optimalisering.

### 2.6. Slotopmerkingen

Op basis van een pakket functionele eisen is voor de Nederlandse situatie een nieuwe obstakelbeveiliger ontworpen. Dit pakket is opgebouwd uit twee hoofdvoorwaarden: de inpassing van de obstakelbeveiliger in de wegberm en het functioneren van de obstakelbeveiliger bij een aanrijding.

Via ontwikkelingsonderzoek is de Rimob tot stand gekomen: een obstakelbeveiliger die zijn werking ontleent aan de energie-absorptie door rimpelbuizen. Proeven die noodzakelijk waren om de Rimob te toetsen aan de functionele eisen, leverden op dat de V-vormige Rimob in algemene zin aan deze eisen voldoet.

De Rimob is in staat personenauto's die voldoen aan bepaalde ontwerpnormen, bij frontale aanrijdingen tijdig tot stilstand te brengen. Alleen bij excentrische botsingen zijn koersafwijkingen van het voertuig te verwachten.

Voertuiginzittenden zullen bij gebruik van de autogordel geen ernstig letsel oplopen. Wanneer zij de autogordel niet gebruiken, is ernstig letsel niet uitgesloten.

Bij aanrijdingen tegen de flank van de Rimob wordt de personenauto goed geleid en blijft de uitrijhoek klein. Het risico voor voertuiginzittenden is klein, zeker bij gebruik van de autogordel.

Varianten op de Rimob zijn mogelijk. Dit is al gebleken uit een proef met een parallelvormige Rimob. Verdere varianten behoeven niet meer op empirische wijze beproefd te worden, maar kunnen doorgerekend worden met een mathematisch model dat momenteel wordt ontwikkeld.

## 2.7. Verantwoording

Behalve de reeds genoemde instanties zijn de volgende instanties bij het onderzoek betrokken geweest.

Begeleiding: Overheidswerkgroep BOWG "Obstakels in wegbermen".

Ontwerp: Technisch Bureau "Van Schie", Strijen.

Leveranciers prototypen Rimob: Erfmann & Co, Strijen en Prins NV, Dokkum.

Filmopnamen: Stichting Film en Wetenschap, Utrecht.

Definitief ontwerp: Rijkswaterstaat, Directie Bruggen.

LITERATUUR

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

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.

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.

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 (1980). Beoordeling van twee nieuwe obstakelbeveiligers: De Energite en Great obstakelbeveiligers. Consult t.b.v. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde. R-80-52. SWOV, Voorburg, 1980.

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

TABEL EN AFBEELDINGEN

Tabel 1. Verdeling van doden t.g.v. bermongevallen naar wijze verkeersdeelname, plaats ongeval buiten of binnen de bebouwde kom en wegbeheerder (1974 t/m 1977).

Afbeelding 1. De ontwikkeling van de totale aantallen ongevallen en de vast-voorwerp ongevallen met dodelijke afloop in de jaren 1971 t/m 1980.

Afbeelding 2. De beschikbare ruimte voor een obstakelbeveiliger in het puntstuk van een éénstrooks-uitvoeging.

Afbeelding 3. De basiselementen van de Rimob.

Afbeelding 4. Het bewegingspatroon van de flankdelen van een Rimob-V, resp. zonder en met knikstripjes.

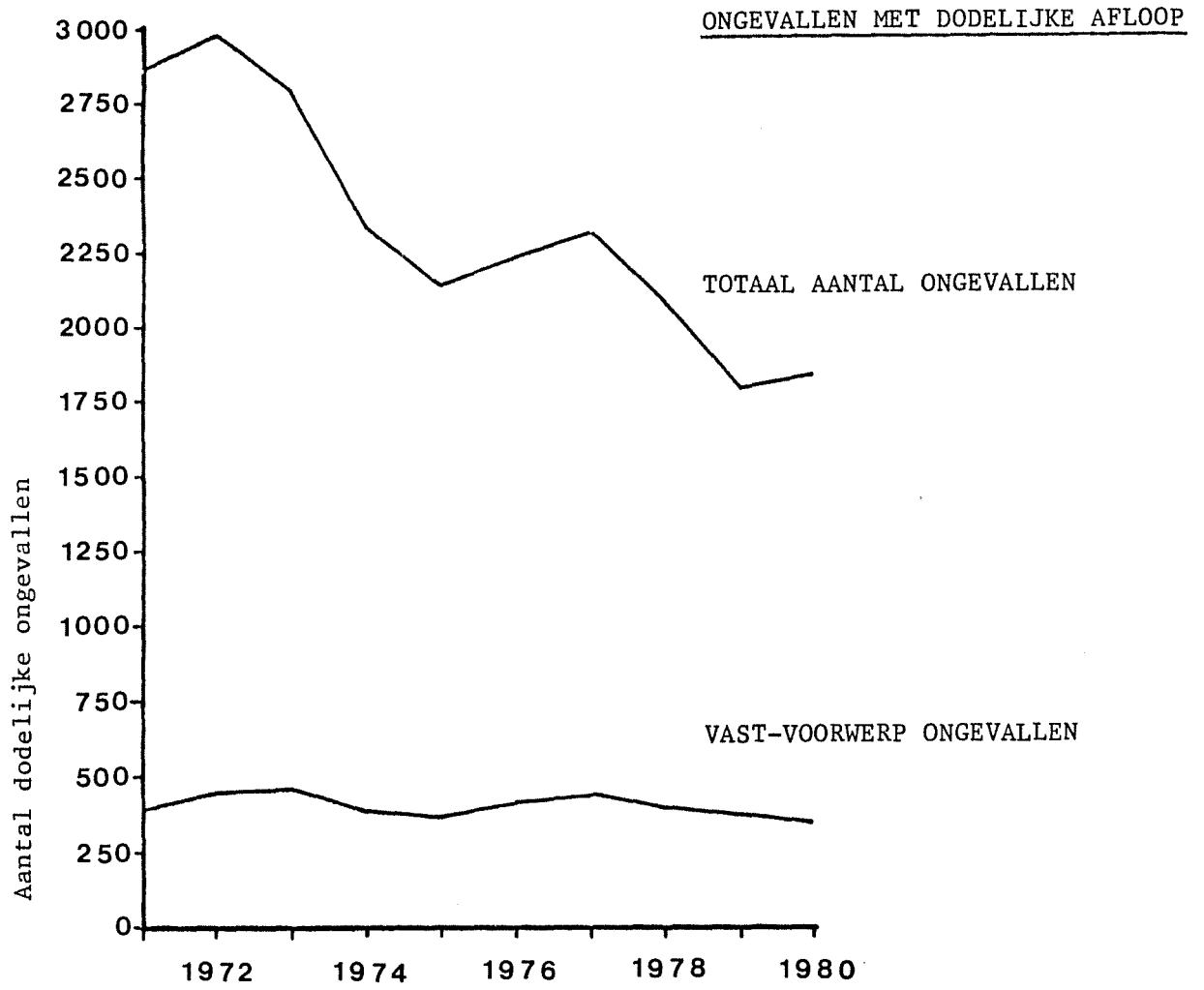
Afbeelding 5. De rimpelbuizen worden bij axiale belasting in elkaar gedrukt.

Afbeelding 6. De Rimob voor een botsproef.

Afbeelding 7. De Rimob na een frontale botsproef (100 km/u).

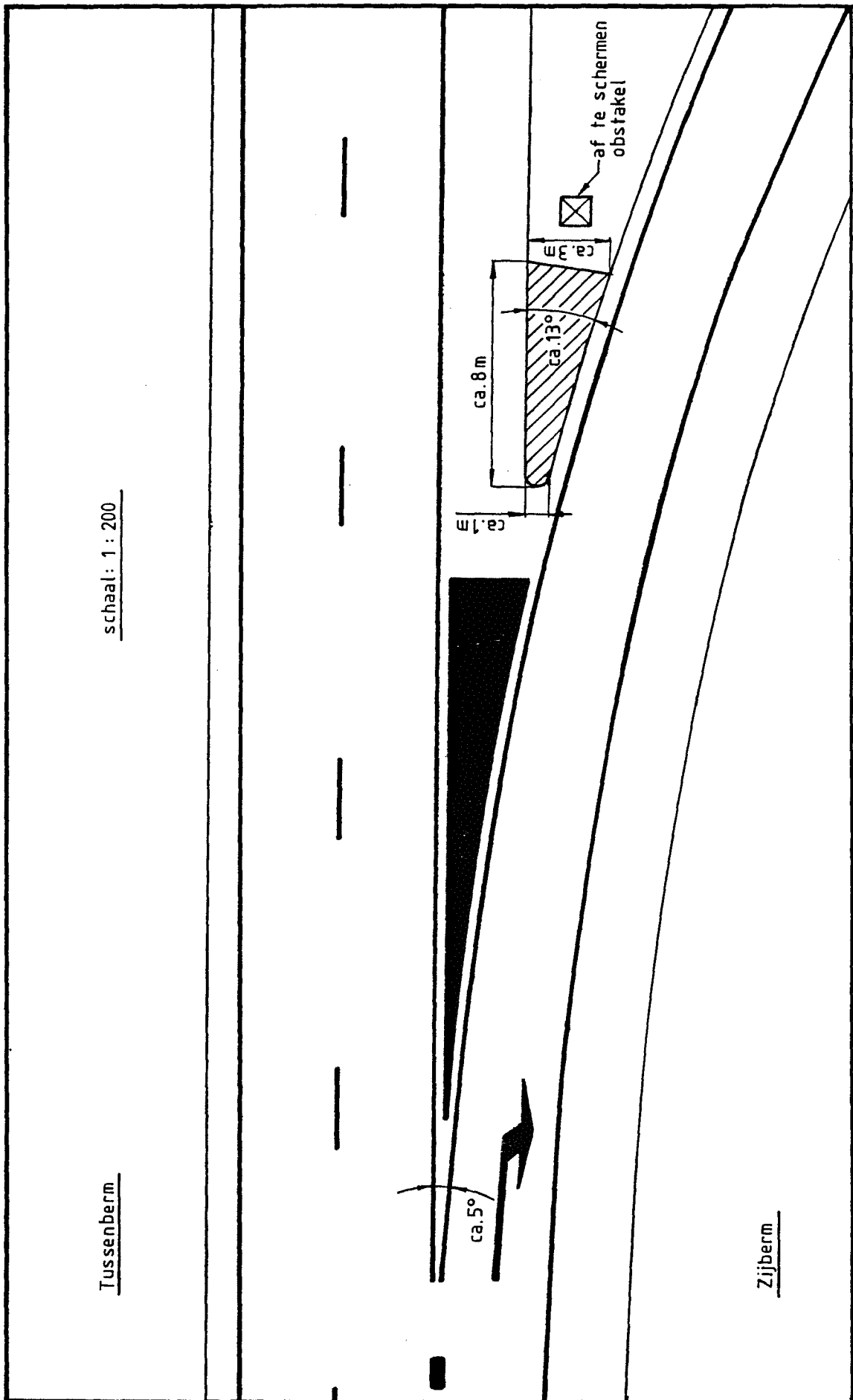
Wijze verkeersdeelname	Doden bij bermongevallen <u>buiten</u> de bebouwde kom								Doden bij bermongevallen <u>binnen</u> de bebouwde kom							
	Aantal				Percent				Aantal				Percent			
	GEM.	PROV.	RIJK	TOT.	GEM.	PROV.	RIJK	TOT.	GEM.	PROV.	RIJK	TOT.	GEM.	PROV.	RIJK	TOT.
Personenauto	624	526	267	1417	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 1. Verdeling van doden t.g.v. bermongevallen naar wijze verkeers-  
deelname, plaats ongeval buiten of binnen de bebouwde kom en wegbeheerder  
(1974 t/m 1977).

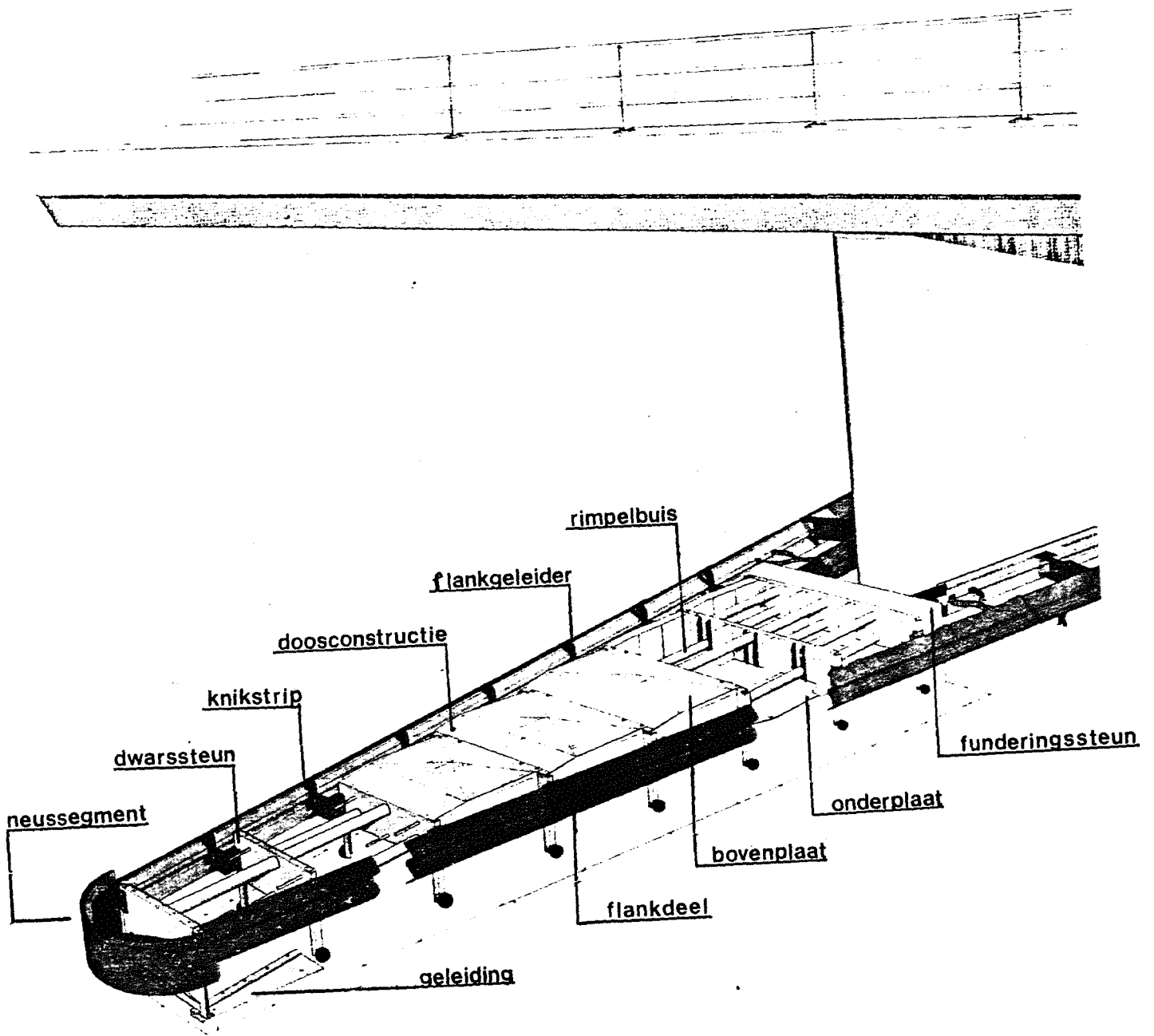


Afbeelding 1. De ontwikkeling van de totale aantallen ongevallen en de vast-voorwerp ongevallen met dodelijke afloop in de jaren 1971 t/m 1980.

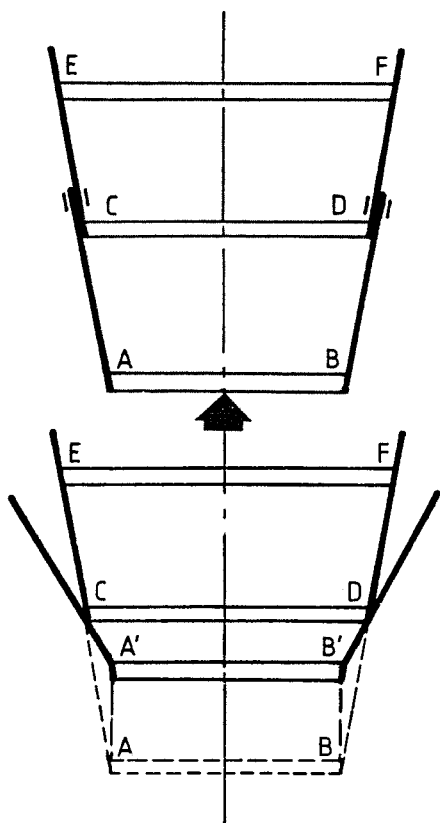




Afbeelding 2. De beschikbare ruimte voor een obstakelbeveiliging in het puntstuk van een éénstrooks-uitvoeging.

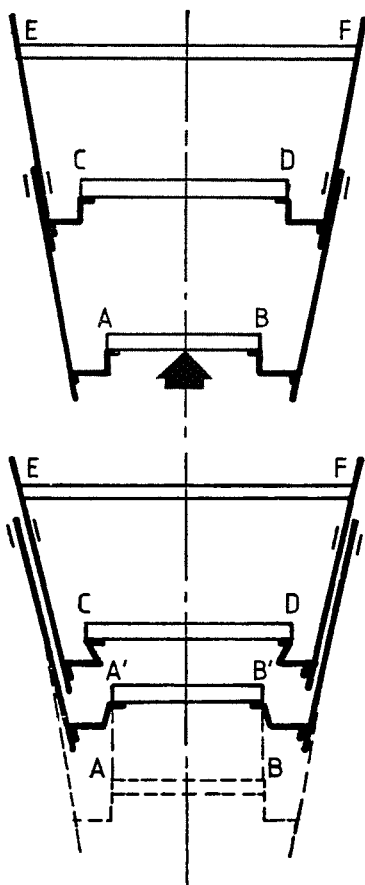


Afbeelding 3. De basiselementen van de Rimob.



#### ZONDER KNIKSTRIPPEN

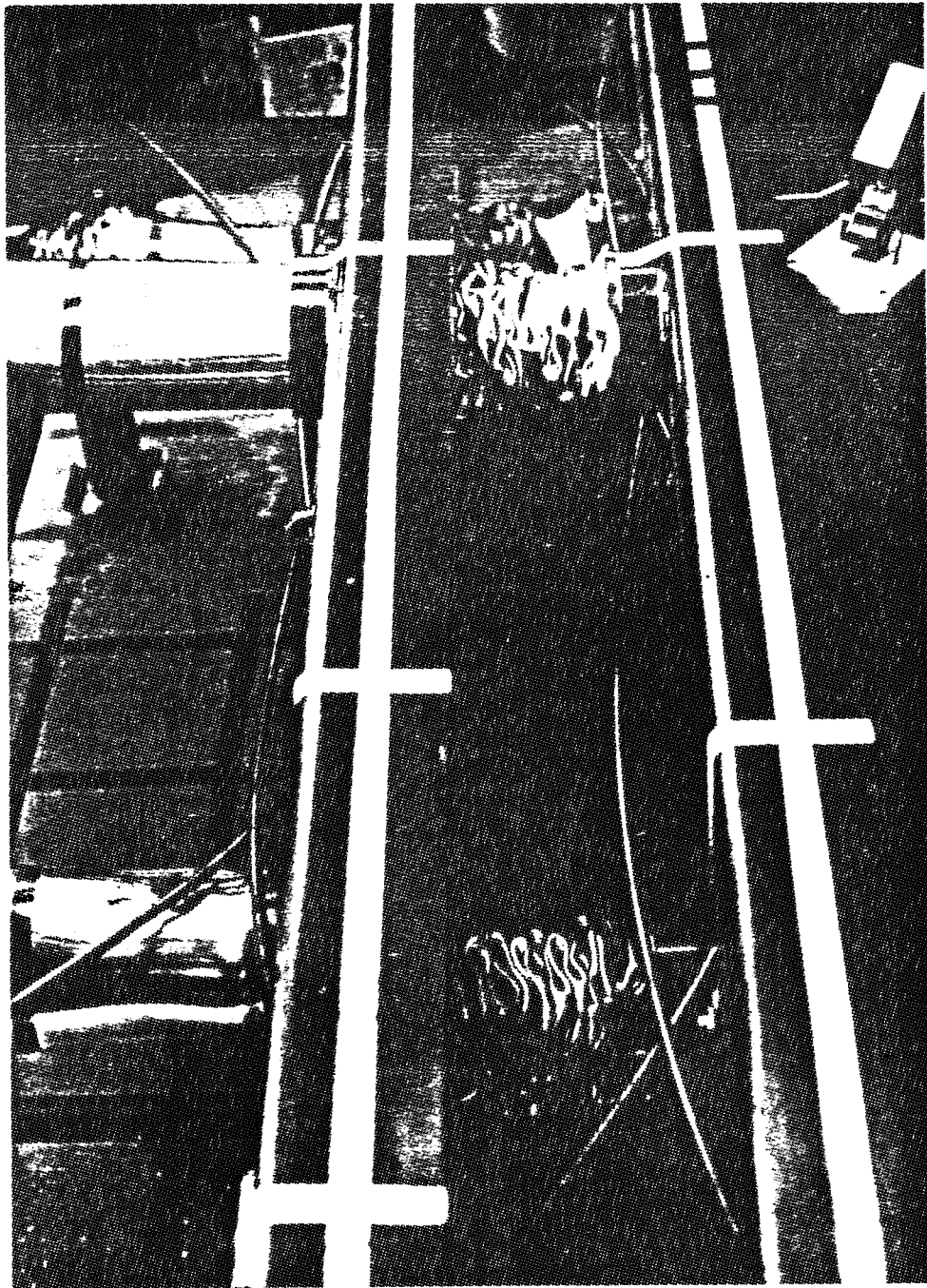
Als AB belast wordt gaat AB naar A'B'. CD zijn vaste punten. De flanken AC en BD worden gedwongen naar buiten uit te buigen. De ingetekende geleiding wordt hierdoor verbroken.



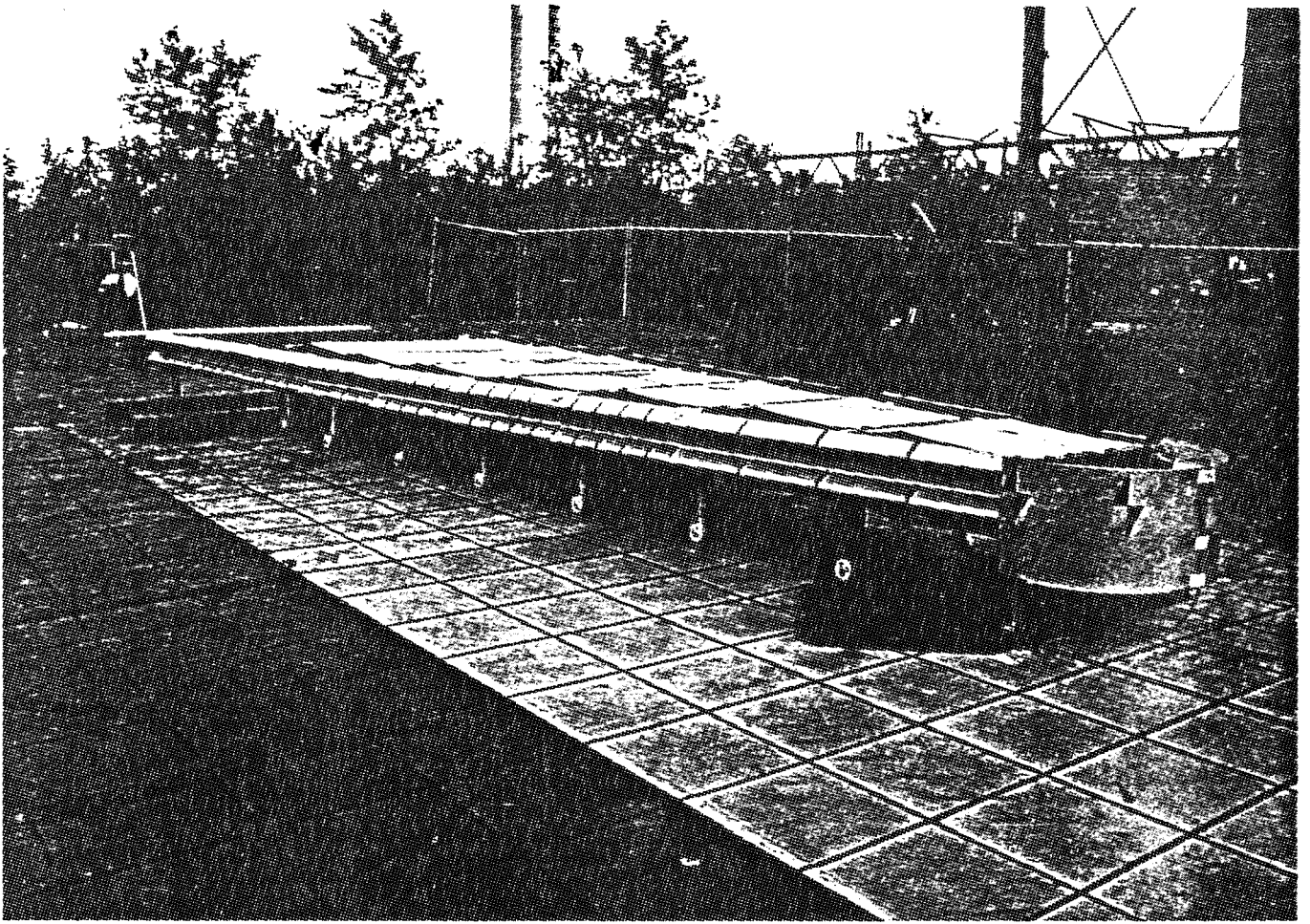
#### MET KNIKSTRIPPEN

De verbinding tussen A, B, C en D met de flanken 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 flanken parallel, mede door de aangebrachte geleiding.

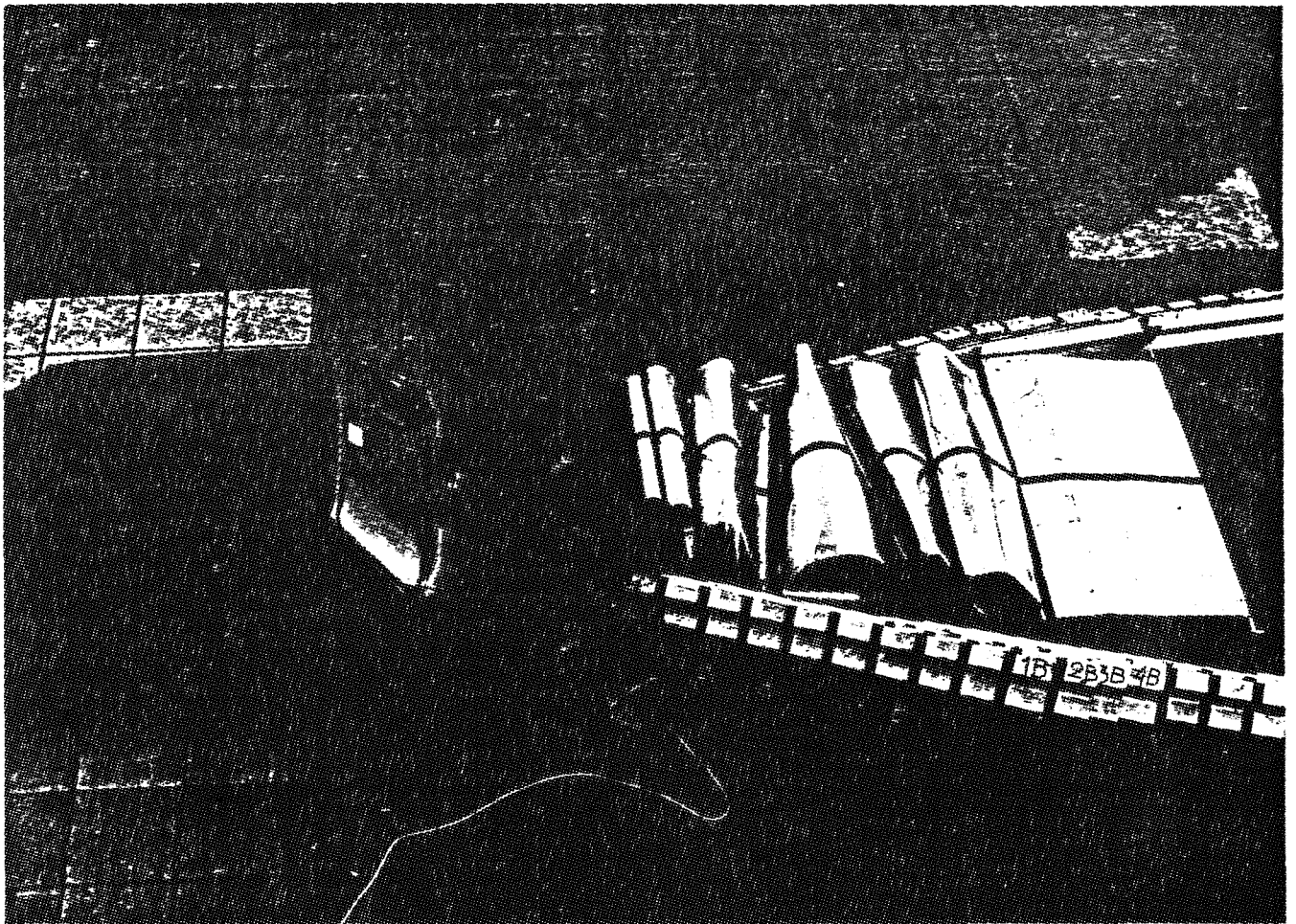
Afbeelding 4. Het bewegingspatroon van de flankdelen van een Rimob-V, resp. zonder en met knikstrippen.



Afbeelding 5. De rimpelbuizen worden bij axiale belasting in elkaar gedrukt.



Afbeelding 6. De Rimob voor een botsproef.



Afbeelding 7. De Rimob na een frontale botsproef (100 km/u).