

CONSULT t.b.v. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde

BEOORDELING VAN TWEE NIEUWE OBSTAKELBEVEILIGERS: DE ENERGITE EN  
GREAT OBSTAKELBEVEILIGER

R-80-52

Voorburg, 1980

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



## INHOUD

<u>Voorwoord</u>	5
<u>Inleiding</u>	7
1. <u>Beoordelingscriteria</u>	9
1.1. Algemeen	9
1.2. Nadere beschouwing van het criterium Voertuigvertragingen	10
2. <u>Beschrijving van twee nieuwe obstakelbeveiligers</u>	12
2.1. De Energite obstakelbeveiliger	12
2.1.1. Principe	12
2.1.2. Uitvoeringsvorm	12
2.2. De GREAT obstakelbeveiliger	13
2.2.1. Principe	13
2.2.2. Uitvoeringsvorm	13
3. <u>Beschouwing van de Energite obstakelbeveiliger</u>	15
3.1. Beschrijving uitgevoerde botsproeven	15
3.1.1. Inleiding	15
3.1.2. Beproeving afzonderlijke tonnen	15
3.1.3. Beproeving Energite obstakelbeveiliger	17
3.1.4. Beproeving obstakelbeveiliger bestaande uit een combinatie van Fitch en Energite tonnen	19
3.2. Beschrijving uitgevoerde tests m.b.t. stabiliteit en duurzaamheid van de tonnen en vorstbestendigheid van het zand	19
3.2.1. Stabiliteitstests	19
3.2.2. Duurzaamheidstests	20
3.2.3. Test m.b.t. vorstbestendigheid van het zand	21
3.3. Opmerkingen over montage en verplaatsbaarheid	22
3.3.1. Montage	22
3.3.2. Verplaatsbaarheid	23

4.	<u>Beschouwing van de GREAT obstakelbeveiliger</u>	24
4.1.	Beschrijving uitgevoerde proeven	24
4.1.1.	Inleiding	24
4.1.2.	Frontale botsingen met een inrijhoek van $0^{\circ}$	24
4.1.3.	Frontale botsingen met een inrijhoek van $10^{\circ}$	25
4.1.4.	Flankbotsing met een inrijhoek van $20^{\circ}$	26
4.1.5.	Flankbotsing met een inrijhoek van $24^{\circ}$	26
4.2.	Opmerkingen over duurzaamheid	28
5.	<u>Samenvatting van de proefresultaten</u>	29
5.1.	Algemeen	29
5.2.	De Energite obstakelbeveiliger	29
5.3.	De GREAT obstakelbeveiliger	31
6.	<u>Conclusies</u>	32
	<u>Literatuur</u>	36
	<u>Afbeeldingen 1 t/m 3</u>	38

## VOORWOORD

Rijkswaterstaat (Dienst Verkeerskunde) heeft in juni 1978 de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV verzocht in de vorm van een consult een beoordeling te geven van twee nieuwe obstakelbeveiligers die onlangs op de (Amerikaanse) markt zijn gebracht.

Obstakelbeveiligers zijn voorzieningen die ontworpen zijn om (starre) obstakels af te schermen op die plaatsen waar dit met een geleiderailconstructie niet mogelijk is.

In 1971/1972 zijn door de SWOV enkele oriënterende botsproeven uitgevoerd met dergelijke obstakelbeveiligers (SWOV, 1977). Beproefd zijn toen de Fitch Inertial Barrier en enkele varianten, alle behorende tot het type obstakelbeveiliger dat bestaat uit een opstelling van een aantal kunststof tonnen die met zand gevuld zijn. Het doel van de proeven was op korte termijn de effectiviteit van dit type obstakelbeveiliger vast te stellen en een keuze mogelijk te maken uit van verschillende soorten kunststof vervaardigde tonnen. Als resultaat kwam naar voren dat wat de beproefde soorten kunststof betreft, de obstakelbeveiliger van pertinax tonnen goede botseigenschappen had. Op basis van deze proeven heeft Rijkswaterstaat een aantal obstakelbeveiligers geplaatst bestaande uit tonnen van pertinax. Na verloop rezen er echter bezwaren, vooral wat betreft de montage, de stabiliteit, de duurzaamheid en de verplaatsbaarheid. Er is dan ook behoefte aan (een) obstakelbeveiliger(s) waaraan deze problemen niet kleven.

Onlangs zijn in de Verenigde Staten twee nieuwe obstakelbeveiligers ontwikkeld. De eerste is de Energite Module Inertial Barrier: behorende tot het type obstakelbeveiliger bestaande uit kunststof tonnen gevuld met zand. De andere is de Guard Rail Energy Absorbing Terminal, de zgn. GREAT obstakelbeveiliger, een speciale geleiderailconstructie met energie-absorberende eigenschappen; dit type kan beschouwd worden als het resultaat van een nieuwe ontwikkeling van vele jaren.

Alle verschillende typen obstakelbeveiligers zijn reeds eerder beschreven in het SWOV-rapport Obstakels in wegbermen (SWOV, 1976), dat

o.m. een overzicht geeft van beveiligingsconstructies die voorkomen in zones langs de rijbaan. Sinds het gereedkomen van dit rapport zijn er voor zover bekend, naast de genoemde Energite en GREAT obstakelbeveiliger, geen nieuwe modellen ontwikkeld.

In het kader van het SWOV-onderzoek "De inrichting van de wegberm m.b.t. de crashvoorzieningen", dat tot doel heeft te komen tot een inrichting van de wegberm, gericht op het beperken van risico voor van de rijbaan afgeraakte weggebruikers, is thans het deelonderzoek "Obstakelbeveiligers" in voorbereiding. Dit deelonderzoek behelst onder andere het formuleren van functionele vereisten t.a.v. obstakelbeveiligers, op basis waarvan criteria en uitvoeringsvormen opgesteld kunnen worden.

Hoewel het wellicht beter was geweest de twee nieuwe obstakelbeveiligers aan deze criteria en uitvoeringsvormen te toetsen, is toch gemeend Rijkswaterstaat ter wille te zijn en op korte termijn - en dus vóór het eigenlijke onderzoek - een beoordeling te geven van beide nieuwe obstakelbeveiligers. Dat niet alle aspecten hierbij aan de orde zijn gekomen zal duidelijk zijn, gezien het feit dat e.e.a. op korte termijn moest worden gerealiseerd. De beoordeling is dan ook beperkt gebleven tot hetgeen hierover in de beschikbare literatuur en op grond van bij de SWOV aanwezige kennis over dit onderwerp bekend is.

Dit consult is samengesteld door ing. C.C. Schoon (afdeling Crash en Post-crash onderzoek).

Ir. E. Asmussen

Directeur Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

## INLEIDING

De meest gangbare manier om starre obstakels af te schermen is die met behulp van de bekende geleiderailconstructies. Er zijn echter situaties waar een geleiderailconstructie niet kan toegepast worden, bijvoorbeeld bij puntstukken. Ook bij "werk in uitvoering" zal het niet altijd doenlijk zijn solitaire obstakels met een geleiderailconstructie af te schermen. Er is dan behoefte aan een beveiligingsconstructie die in dergelijke situaties bruikbaar is. Zo'n constructie is de obstakelbeveiliger.

Het doel van obstakelbeveiligers is het zodanig afschermen van solitaire obstakels, dat wordt voorkomen dat van de rijbaan afgeraakte personenauto's met een dergelijk obstakel in aanraking komen.

Het afschermen kan daarbij op twee manieren plaatsvinden: het voertuig wordt door de obstakelbeveiliger tot stilstand gebracht voordat het afgeschermd obstakel geraakt wordt, ofwel het voertuig wordt door de obstakelbeveiliger gekeerd en langs het obstakel geleid. In beide gevallen mogen de inzittenden niet blootgesteld worden aan ontoelaatbaar hoge vertragingen.

In het voorliggende consult wordt van twee nieuwe obstakelbeveiligers een beoordeling gegeven, nl. van de zgn. Energite obstakelbeveiliger en van de zgn. GREAT obstakelbeveiliger.

De voornaamste beoordelingscriteria betreffen het gedrag van de voertuigen en de obstakelbeveiliger bij een aanrijding. Daartoe zijn in hoofdstuk 1 de voor de beoordeling van de resultaten van de diverse botsproeven belangrijkste criteria beschouwd, zoals de optredende voertuigvertragingen, de stopafstand, het gedrag van het voertuig en de obstakelbeveiliger tijdens de aanrijding.

Vervolgens zijn in hoofdstuk 2 het principe en de uitvoeringsvorm van de te beoordelen modellen beschreven.

Daarna volgen de beschouwingen over de twee obstakelbeveiligers. Van de Energite wordt naast die naar aanleiding van de botsproeven een beoordeling gegeven van een aantal andere eigenschappen, zoals stabiliteit, duurzaamheid en verplaatsbaarheid. Over de GREAT obstakelbe-

veiliger wordt volstaan met enige opmerkingen over duurzaamheid, aangezien over andere eigenschappen in de literatuur geen gegevens bekend zijn.

Ten slotte volgen nog de samenvatting van de proefresultaten en de conclusies.



## 1. BEOORDELINGSCRITERIA

### 1.1. Algemeen

De resultaten van de in de beschouwde onderzoekverslagen beschreven botsproeven zijn zoveel mogelijk beoordeeld volgens onderstaande criteria, die overigens alleen betrekking hebben op personenauto's. In lang niet alle gevallen was een dergelijke beoordeling mogelijk, omdat diverse aspecten in de rapporten ongenoemd bleven.

1. De vertragingen die het voertuig tijdens de botsing ondergaat, zijn in hoge mate bepalend voor de kans op letsel voor de inzittenden en dienen dan ook als het belangrijkste criterium beschouwd te worden. Hierop wordt nog nader ingegaan in paragraaf 1.2.

2. De afstand waarbinnen het voertuig bij een frontale botsing tot stilstand komt moet zodanig zijn dat het voertuig binnen de lengte van de obstakelbeveiliger tot stilstand komt, omdat anders het gevaar bestaat dat het met het achterliggende starre obstakel in aanraking komt. Het voertuig mag dus ook niet tijdens de aanrijding zodanig omhoogkomen dat het over de obstakelbeveiliger heen schiet en tegen het te beveiligen obstakel botst. Uiteraard is het eveneens zeer ongewenst als het voertuig onder de obstakelbeveiliger terecht zou kunnen komen.

3. De zijdelingse afwijkingen van het voertuig tijdens een frontale botsing moeten zo gering mogelijk zijn. Het voertuig dient min of meer in de bewegingsrichting tot stilstand gebracht te worden om te voorkomen dat het na de botsing op de rijbaan terecht komt.

4. Ook bij een aanrijding in de flank van de obstakelbeveiliger moet het voertuig zonder al te grote vertragingen zodanig tot stilstand kunnen komen, dat het niet met het starre obstakel in aanraking komt. Als afscherming van de flank plaats vindt teneinde het voertuig te geleiden dient het voertuig zodanig gekeerd te worden dat de uitrijhoek gering blijft en het voertuig na de aanrijding nog redelijk vrijuit kan rijden.

5. Ook met gevaar of hinder voor het overige verkeer dient rekening te worden gehouden. Tijdens de botsing mogen geen onderdelen van de obstakelbeveiliger zodanig uit het botsingsvlak weggedrukt of weg-

geslingerd worden, dat deze onderdelen niet gewenste obstakels op de rijbaan vormen.

## 1.2. Nadere beschouwing van het criterium Voertuigvertragingen

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 beschouwde rapporten is de voertuigvertraging meestal slechts in één richting gegeven. Als de vertraging uitsluitend in deze ene richting heeft gewerkt, geeft deze waarde voldoende informatie. Bij een frontale aanrijding kan dan als norm aangehouden worden dat de gemiddelde langsvertraging van het voertuig voor inzittenden zonder autogordel niet meer dan 7 g mag bedragen en voor inzittenden met autogordel niet meer dan 12 g. Hierbij wordt (door de SWOV) aangehouden dat de hoogste, over een periode van 50 ms berekende, gemiddelde vertraging, bepalend is.

In de meeste gevallen zal een vertraging niet alleen in één richting werken. Dan is het gewenst een norm te hebben waaraan de samen- gestelde vertraging moet voldoen. De tot nu toe meest bruikbare norm is die gebaseerd op berekeningen volgens de Acceleration Severity Index (ASI). Hierbij worden de geregistreerde voertuigvertragingen gerelateerd aan acceptabele referentiewaarden van het voertuig in langs-, dwars- en verticale richting. Voor een uiteenzetting van deze ASI-norm wordt verwezen naar het SWOV-rapport Lichtmasten (SWOV, 1976).

In aanvulling op hetgeen in dit SWOV-rapport is gesteld, zij hier opgemerkt dat, op grond van dezelfde gegevens t.a.v. de acceptabele voertuigvertragingen zonder gordelgebruik als waarvan daar is ge-

bruik gemaakt, de eisen voor de grenswaarden van de ASI als wel wordt uitgegaan van gordelgebruik, op een andere en voor de berekeningswijze, maar vooral bij de interpretatie op een eenvoudiger manier kunnen worden gehanteerd.

Als n1. in de ASI-formule in beide gevallen in de noemers de acceptabele voertuigvertragingen zonder gordelgebruik worden gebruikt, dan geldt:

Is de berekende ASI-waarde gelijk aan of kleiner dan 1, dan is deze acceptabel voor inzittenden zonder gordel; is de waarde gelijk aan of kleiner dan 1,6 dan is deze acceptabel voor inzittenden met gordel. Acceptabel wil hier zeggen dat er mag worden verondersteld dat betreffende voertuiginzittenden geen ernstig letsel zullen oplopen.

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

## 2. BESCHRIJVING VAN TWEE NIEUWE OBSTAKELBEVEILIGERS

### 2.1. De Energite obstakelbeveiliger

#### 2.1.1. Principe

Deze obstakelbeveiliger behoort tot het type dat bestaat uit een opstelling van een aantal tonnen die gevuld zijn met zand. Het zand is zodanig in en over de tonnen verdeeld dat het zwaartepunt van de zandmassa van de beveiligiger op de gemiddelde hoogte van het zwaartepunt van personenauto's ligt. De werking van dit type obstakelbeveiliger berust op het principe dat bij aanrijding de tonnen succesievelijk stukspringen, waardoor er steeds een massa "zwevend" zand voor de opname van energie zorgdraagt. De eerste tonnen van de obstakelbeveiliger, die met de hoogste snelheid getroffen worden, bevatten het minste zand; de daaropvolgende 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.

#### 2.1.2. Uitvoeringsvorm

De eerste obstakelbeveiliger die volgens dit principe is geconstrueerd is de Fitch Inertial Barrier. Iedere "ton" (de bodem ontbreekt) bestaat daarbij uit 36 onderdelen.

Bij de nieuwere Energite Module Inertial Barrier is een ton uit slechts drie onderdelen opgebouwd, nl. een buitenton (met bodem), een binnenton en een deksel. De afmetingen van de buitenton zijn vermeld in Afbeelding 1. Er zijn drie soorten binnentonnen van verschillende vorm en inhoud (zie Afbeelding 1). De tonnen met 200 of 400 lbs zand worden vooraan gezet; daarachter de tonnen met 700 lbs zand, en achteraan de tonnen met 1400 lbs zand.

Het aantal toe te passen tonnen binnen een opstelling is onder meer afhankelijk van de breedte van het af te schermen obstakel, de te verwachten botssnelheden en de voertuigmassa's waarop de obstakelbeveiliger dient te zijn afgestemd. Afbeelding 2 geeft een schematisch overzicht van een mogelijke opstelling.

De tonnen kunnen los worden neergezet zonder dat een fundering noodzakelijk is.

## 2.2. De GREAT obstakelbeveiliger

### 2.2.1. Principe

De Guard Rail Energy Absorbing Terminal of GREAT obstakelbeveiliger bestaat uit een U-vormige inschuifbare geleiderailconstructie op poten, waarbij in de ruimten tussen de geleiderailelementen energie-absorberend materiaal is aangebracht.

Bij een aanrijding op de neus van de opstelling schuiven successievelijk de geleiderailelementen (panelen) langs elkaar, terwijl het energie-absorberend materiaal voor de energievernietiging zorgt.

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

### 2.2.2. Uitvoeringsvorm

Afbeelding 3 toont een uitvoeringsvorm van de GREAT obstakelbeveiliger, hier als afscherming van het begin van de massief betonnen New Jersey barrier. Aansluiting op een geleiderailconstructie is eveneens mogelijk.

De 3-golvige geleiderailpanelen (zie ③) overlappen elkaar. Ze zijn zowel aan elkaar verbonden met bouten die in slotgleuven opgesloten zitten, als met breekboutjes. Deze laatste zijn zo gedimensioneerd dat zij eerst bij zwaardere aanrijdingen bezwijken, waardoor dan de gehele constructie enigszins in elkaar kan worden gedrukt.

Met ① zijn de kisten aangegeven waarin zich enkele of meerdere kokervormige cellen van een energie-absorberend materiaal bevinden.

Het aantal cellen kan per kist varieëren, zodat er voor kan worden gezorgd dat de weerstand van de obstakelbeveiliger voorin kleiner is, en achterin groter. De kokervormige cellen bestaan uit verkrui- melbaar lichtbeton, waaromheen ijzerdraad is gespiraleerd; het ge- heel ingepakt in asfaltpapier (zie Afbeelding).

De neussectie, aangegeven als ④, is vervaardigd van kunststof, in vormgeving aansluitend op de 3-golvige geleiderailpanelen, met in de door deze sectie omsloten ruimte een aangepaste hoeveelheid ener- gie-absorberende cellen teneinde een "zachte" neus te verkrijgen. De gehele constructie wordt op een betonnen fundering opgesteld, waaraan tevens de kettingen worden bevestigd. Aan het einde van de obstakelbeveiliger dient een zodanige constructie aanwezig te zijn dat de krachten bij een frontale aanrijding opgevangen kunnen wor- den. Bij de versie die aangesloten kan worden op een geleiderailcon- structie is het noodzakelijk dit te bewerkstelligen met behulp van een speciale stootbuffer.

### 3. BESCHOUWING VAN DE ENERGITE OBSTAKELBEVEILIGER

#### 3.1. Beschrijving uitgevoerde botsproeven

##### 3.1.1. Inleiding

Alle in de literatuur beschreven proeven m.b.t. de Energite obstakelbeveiliger zijn uitgevoerd door of vanwege de fabrikant: Energy Absorption Systems, Inc. Ook de verslaggeving van de proeven is door de fabrikant verzorgd. Bij veel proeven ontbreken de vertragingwaarden, omdat of de vertraging niet gemeten is of de apparatuur tijdens de proef niet functioneerde. In die gevallen is getracht de beoordeling te doen plaatsvinden op grond van de overige proefresultaten.

##### 3.1.2. Beproeving afzonderlijke tonnen

De proefnemingen met de Energite obstakelbeveiliger zijn begonnen met proeven met afzonderlijke tonnen, waarbij de resultaten vergeleken zijn met die van de Fitch tonnen (Young, 1974-1). Beoordeeld is de grootte van de vertraging en/of de grootte van de snelheidsreductie en de grootte van de brokstukken. Het verschil tussen beide typen tonnen bleek, voor wat de uitwerking op het proefvoertuig betreft, niet groot te zijn. De Fitch tonnen braken alleen aan de voorzijde, met als gevolg dat er brokstukken ontstonden ter grootte van halve buitentonnen. De Energite tonnen braken in kleinere stukken.

Opmerking 1. Bij deze proeven was het front van het proefvoertuig verstevigd met een stalen plaat. Dit is gedaan om verschillen uit te sluiten die kunnen ontstaan ten gevolge van verschillen in vervormingskarakteristieken van het front van het proefvoertuig. Wellicht hebben ook kostenoverwegingen een rol gespeeld. Hoewel gebruik van een dergelijke verstevigde bumper t.b.v. het onderling vergelijken legitiem is, kunnen de gevonden absolute waarden van de snelheidsreductie en voertuigvertraging niet gebruikt worden om de effectiviteit van de tonnen aan te tonen.

Opmerking 2. Uit proeven met een volledige Energite obstakelbeveiliger is gebleken dat niet alle tonnen zo volledig braken als bij de proeven met de afzonderlijke tonnen. Toch was meestal bij de Energite tonnen het aantal brokstukken groter (en de afmetingen daarvan geringer) dan bij de Fitch tonnen. De mate van breuk is ondermeer afhankelijk van de interactie tussen de tonnen. Een alleen staande ton zal eerder breken dan een ton die in zijn bewegingsvrijheid door andere tonnen beperkt wordt. Ook het onvervormbare front van het proefvoertuig kan er toe bijgedragen hebben dat de Energite tonnen bij de proeven met de afzonderlijke tonnen vollediger braken, omdat door het niet vervormen van het proefvoertuig de impuls op het afzonderlijke vat groter was. Verder is ook de grootte van de aanrijksnelheid van belang voor de mate van breuk; bij de afzonderlijke tonnen is evenwel een aanrijksnelheid gekozen die min of meer overeenkomt met de snelheid waarmee de betreffende ton in een complete obstakelbeveiliger zou zijn aangereden.

Twee andere proeven met afzonderlijke tonnen (Young, 1975-1), zijn uitgevoerd om het eventuele verschil in effectiviteit na te gaan tussen een ton die geheel met zand gevuld is (Fitch 2100 lbs) en een ton die minder gevuld is en waarbij het zand op enige hoogte boven maaiveld wordt gehouden (Energite 1400 lbs). (Bij de Fitch obstakelbeveiliger worden de 2100 lbs-tonnen als laatste tonnen toegepast en de 1400 lbs-tonnen als voorlaatste).

Uit de proeven bleek dat de snelheidsreductie van het proefvoertuig bij beide tonnen dezelfde was, maar dat de meest gevulde ton de grootste vertraging gaf. Met berekeningen kon aangetoond worden dat in de gegeven omstandigheden bij de 2100 lbs-ton er 400 lbs zand (21%) niet heeft bijgedragen aan de energievernietiging en dat dit bij de 1400 lbs-ton 40 lbs zand bedroeg (3%).

Bovendien zal bij een (zware) aanrijding tegen een 2100 lbs-ton een grotere hoeveelheid zand op de grond komen te liggen met als gevolg een grotere kans dat het voertuig er overheen rijdt en omhoog komt. Op basis van deze twee proeven heeft men besloten bij de Energite opstelling de 1400 lbs-tonnen als laatste te gebruiken.

Opmerking: Bij de proeven werd een Fitch ton met een Energite ton



vergeleken waarbij de hoeveelheden zand verschilden. De opmerkingen die in het onderzoekverslag gemaakt zijn over de zandmassa's hebben echter alleen dan geldigheid als de botseigenschappen van beide tonnen dezelfde zijn.

### 3.1.3. Beproeving Energite obstakelbeveiliger

De Energite obstakelbeveiliger is beproefd onder diverse omstandigheden (Young, 1974-2, 1975-2).

Bij één van de eerste proeven bleek dat het belangrijk is dat bij de voorste (met de minste hoeveelheid zand gevulde) tonnen het zwaartepunt van het zand voldoende hoog ligt. Is namelijk het zwaartepunt te laag, dan rijdt het voertuig over deze tonnen heen, met als gevolg dat het omhoog komt. Dit kwam naar voren toen voor de voorste tonnen als binnenton een model met een (te) lage bodem werd gebruikt (de 700 lbs-binnenton). Bij de voorste tonnen werden dan ook voortaan binnentonnen gebruikt met een hogere bodem (200 of 400 lbs-binnentonnen). Bij geen van de volgende proeven is verder melding gemaakt van het omhoog komen van het voertuig.

Bij de proefnemingen is in nagenoeg alle gevallen de elektronische registratie van de voertuigvertraging uitgevallen. Wel zijn in sommige gevallen uit analyse van high speed films de voertuigvertragingen bepaald.

Opmerking. Het is bekend dat vertragingswaarden verkregen uit analyse van high speed films onnauwkeuriger zijn dan de waarden verkregen uit elektronische registratie (SWOV, 1976-1N). Aangezien daarnaast in enkele gevallen in het geheel geen vertragingswaarden gegeven zijn, is het niet altijd mogelijk geweest op basis van de vertragingswaarden een oordeel te vormen. Soms moest de afstand waarbinnen het voertuig tot stilstand was gekomen als beoordelingsnorm gehanteerd worden.

#### A. Frontale botsingen met een inrijhoek van $0^{\circ}$

De frontale botsproeven met een inrijhoek van  $0^{\circ}$  (dit is in de lijn van de lengte-as van de obstakelbeveiliger) zijn uitgevoerd met

botssnelheden tussen de 90 en 100 km/h. De lengte van de obstakelbeveiliger bedroeg tussen de 7,80 en 9,20 m.

Bij een aantal proeven bleken de Amerikaanse proefvoertuigen door de gehele obstakelbeveiliger heen te schieten, zodat ze een er achter aanwezig obstakel geraakt zouden hebben. Bij geen van de lichtere Europese of Japanse proefvoertuigen is een dergelijke volledige doorschrijding geconstateerd.

Opmerking. Niet alleen de lengte van de obstakelbeveiliger is hier van belang, maar ook het aantal tonnen, de plaatsing van de tonnen en de verdeling van de zandmassa over de tonnen.

Bij de proeven met de Energite obstakelbeveiliger zijn waarden voor de gemiddelde langsvertraging (voertuigvertraging gedurende de gehele botsing) gevonden tussen de 3 en 7 g.

Opmerking. Bij de proeven die de SWOV met de Fitch obstakelbeveiliger heeft uitgevoerd, zijn gemiddelde waarden van tussen de 3 en 6 g geconstateerd. Bij deze SWOV-proeven bedroeg de langsvertraging gedurende een periode van 50 ms tussen de 7 en 10 g. Hiervan uitgaande zouden de 50 ms-vertragingwaarden voor de Energite obstakelbeveiliger tussen de 7 en 12 g kunnen liggen.

#### B. Frontale botsing met een inrijhoek van $10^{\circ}$

Bij een proef met de Energite obstakelbeveiliger, uitgevoerd onder een inrijhoek groter dan  $0^{\circ}$ , was het resultaat slechter dan bij die met een inrijhoek van  $0^{\circ}$ . Bij een botsing op de neus van de obstakelbeveiliger, met een inrijhoek van  $10^{\circ}$  en het botspunt 45 cm naast de lengte-as van het voertuig, roteerde het voertuig  $120^{\circ}$ , en kwam 14 m voorbij de obstakelbeveiliger tot stilstand.

Opmerking. Hoewel de botspunten bij de frontale botsingen met een inrijhoek van  $0^{\circ}$  ook niet op de lengte-as van de betreffende voertuigen lagen, zijn bij deze proeven dergelijke grote voertuigrotaties niet geconstateerd. In het onderzoekverslag wordt hierover geen verklaring gegeven. Vergelijking met proeven met een Fitch obstakelbeveiliger is niet mogelijk omdat geen vergelijkbare proef is uitgevoerd.

### C. Flankbotsingen

De twee botsingen halverwege in de flank van de Energite obstakelbeveiliging met inrijhoeken van  $13^{\circ}$  en  $20^{\circ}$  gaven erg hoge voertuigvertragingen te zien. In het ene geval (inrijhoek  $13^{\circ}$ ) roteerde het voertuig  $105^{\circ}$  en kwam daarna 7,5 m voorbij de obstakelbeveiliging tot stilstand, in het andere geval (inrijhoek  $20^{\circ}$ ) schoot het proefvoertuig door een aantal tonnen heen en raakte het starre obstakel.

Opmerking. In geen van de beschrijvingen van de resultaten van de proeven wordt gesproken over de afstand waarover de deksels weggelingerd werden. Van de Fitch obstakelbeveiliging is bekend dat dit over een grote afstand het geval kan zijn, met alle mogelijke gevolgen van dien.

#### 3.1.4. Beproeving obstakelbeveiliging bestaande uit een combinatie van Fitch en Energite tonnen

Een frontale proef met deze gecombineerde opstelling onder een inrijhoek van  $0^{\circ}$  en met een snelheid van 95 km/h geeft over het algemeen geen resultaten te zien die afwijken van die bij de proeven met een complete Fitch- of Energite-opstelling (Young, 1975-3). Wel is het voertuig omhoog gekomen (45-60 cm).

Opmerking 1. Het is niet duidelijk of dit omhoogkomen van het proefvoertuig te wijten is aan de Fitch tonnen of dat bij deze opstelling een oud model Energite tonnen stond opgesteld.

Opmerking 2. Het nut van deze proef wordt niet aangegeven. Mogelijk wilde de fabrikant aangeven dat na een aanrijding tegen een obstakelbeveiliging met Fitch tonnen, de obstakelbeveiliging weer gecompleteerd kan worden met Energite tonnen.

#### 3.2. Beschrijving uitgevoerde tests m.b.t. stabiliteit en duurzaamheid van de tonnen en vorstbestendigheid van het zand

##### 3.2.1. Stabiliteitstests

Bij Fitch obstakelbeveiligingen blijken in de praktijk een aantal tonnen na verloop van tijd scheef te hangen. Als mogelijke oorzaken

worden genoemd: de trillingen veroorzaakt door het wegverkeer, al-  
dan-niet in combinatie met een niet-geheel-vlakke opstelling van de  
tonnen.

Om deze situatie te kunnen simuleren is door de Energite Absorption  
Systems, Inc. een vibratie-toestel ontworpen, waarvan het mogelijk  
is zowel de frequentie, de amplitude als ook de hellingshoek (tot  
30°) te variëren (Young, 1974-1).

Uit proeven hiermee bleek dat een 400 lbs Fitch ton op een vlakke  
tafel na ruim 1 uur kantelde en bij plaatsing op een vlak met een  
helling van 2° na 20 minuten. Als oorzaak voor het kantelen wordt  
genoemd dat het zand langs de zijkant van de tonnen liep en op de  
tafel terecht kwam (Fitch-tonnen hebben immers geen bodem!). Door  
het vibreren en de frictie tussen de afstandhouders van polystyreen  
en de omhullende buitenwand kwam één zijde omhoog, waarna het ge-  
heel na verloop van tijd kantelde.

Bij identieke proeven met een 700 lbs Energite ton werd geen kan-  
telen geconstateerd.

### 3.2.2. Duurzaamheidtests

In 1975 zijn bij de University of Texas zowel twee Fitch tonnen als  
twee Energite tonnen getest op hun duurzaamheid (Toth & Lee, 1976).  
De tonnen werden blootgesteld aan binnen een kort tijdsbestek steeds  
wisselende grote temperatuurverschillen (-18°C tot 55°C). Het bleek  
dat de Energite tonnen hier minder goed tegen bestand zijn dan de  
Fitch tonnen: het materiaal vervormde en scheurde.

Op grond van deze experimenten zijn de Energite tonnen op een aan-  
tal punten aangepast. De belangrijkste betroffen een wijziging in  
de samenstelling van het materiaal, waardoor het elastischer werd.  
Ook is de wanddikte van zowel de binnen- als de buitenton vergroot.  
De mate van toename wordt evenwel niet genoemd. Andere aanpassingen  
zijn de versteviging van de bodem van de buitenton, van de deksel  
en het beter in de buitenton doen inpassen van de binnenton.

Nadat deze modificaties waren aangebracht zijn in 1977 de tempera-  
tuurproeven herhaald (Lee & Arcienegas, 1977). Als resultaat wordt  
vermeld dat er geen zichtbare scheuren en vervormingen zijn waarge-

nomen. Eind 1977 is een aanvang gemaakt met duurproeven die een aantal maanden in beslag zouden nemen. De resultaten daarvan zijn thans nog niet beschikbaar.

Opmerking. Alle in paragraaf 3.1. beschreven botsproeven zijn uitgevoerd met de niet-gemodificeerde Energite tonnen. De later aangebrachte modificaties zouden echter van invloed kunnen zijn op de resultaten bij botsproeven.

Wel zijn nog twee botsproeven gedaan met een uit 12 (gemodificeerde) tonnen bestaande opstelling (Walker, 1976). Beide proeven waren frontaal met een inrijhoek van  $0^{\circ}$  met een snelheid van 93 km/h; als proefvoertuigen zijn een Japanse en Amerikaanse personenauto gebruikt. Ook bij deze twee proeven zijn geen metingen van de voertuigvertragingen gepresenteerd. Voor zover uit de verstrekte summiere gegevens is op te maken, is het (zware) Amerikaanse voertuig ca. 1 m te ver doorgeschoten, het Japanse proefvoertuig kwam ca. 1 m voor het einde van de obstakelbeveiliger tot stilstand. Beide proefvoertuigen zijn tijdens de botsing omhoog gekomen. Ook kan uit de gegevens worden opgemaakt dat het Japanse proefvoertuig zelfs over de laatste tonnen heengeschoten is. De conclusie in het onderzoekverslag is overigens dat de gemodificeerde tonnen bevredigend werkten.

Opmerking: Op grond van de bovengenoemde gegevens mag worden verondersteld dat de gemodificeerde tonnen niet veel van de oorspronkelijke afwijken. Dat bij beide proeven de voorzijde van het proefvoertuig omhoogkwam, had tot de conclusie moeten leiden dat dit wel eens een gevolg kon zijn geweest van de wijziging van de materiaalsamenstelling en de wanddikte. Nader overleg met de fabrikant hieromtrent is zeker gewenst.

### 3.2.3. Test m.b.t. vorstbestendigheid van het zand

Het vermoeden bestaat dat als het zand in de tonnen van de Fitch of Energite obstakelbeveiliger bevriest, dit een ongunstige uitwerking heeft op het functioneren van de obstakelbeveiliger tijdens een aanrijding. Er zijn evenwel geen ongevalgegevens die dit kunnen bevestigen.

Het Ohio Department of Transportation (Brenneman & Feltz, 1977) heeft

vanaf 1974 een testprogramma uitgevoerd met het oogmerk na te gaan hoe zand van verschillende vochtigheidsgraad en al-dan-niet vermengd met een pekeloplossing zich houdt bij verschillende weersomstandigheden (o.m. bij een temperatuur tot  $-25^{\circ}\text{C}$ ). De resultaten zijn als volgt:

Als zand erg droog is (0,4% water) kan van een ideale situatie gesproken worden: het bevriest niet en blijft gedurende de winter maanden los. Het zand dat t.b.v. deze proef gebruikt werd, was evenwel van te voren in een oven gedroogd. Als bezwaar kan worden genoemd dat het erg moeilijk is zand in grote hoeveelheden op een dergelijke wijze te drogen.

Zand met een hogere vochtigheidsgraad dan 4,3% bevroor.

Zand vermengd met een 5% pekeloplossing bevroor niet.

### 3.3. Opmerkingen over montage en verplaatsbaarheid

#### 3.3.1. Montage

Zoals gezegd is de Energite ton samengesteld uit slechts drie delen: een buitenton, een binnenton en een deksel. Dit is tegenstellig tot de Fitch ton die uit 36 delen bestaat. Het in elkaar zetten van een Energite ton is dan ook slechts een kwestie van seconden. De onderzijde van de binnenton wordt door een centreerrand in de bodem van de buitenton opgesloten. De deksel klemt om de rand van de binnenton en wordt niet extra vastgezet.

N.B. Aangezien het mogelijk is dat de deksels min of meer gemakkelijk afneembaar zijn, dient men rekening te houden met vandalisme. Als de deksels worden verwijderd kan het zand nat worden, terwijl ze ook bijv. op de rijbaan terecht kunnen komen. In verband hiermee lijkt het gewenst (na overleg met de fabrikant) de deksels vast te zetten.

Het vullen van Energite tonnen met de juiste hoeveelheid zand wordt vergemakkelijkt, doordat op de binnenzijde van de binnentonnen merktekens zijn aangebracht.

Doordat de buitentonnen een vlakke bodem hebben, kunnen de tonnen op de grond geplaatst worden zonder verdere voorzieningen aan te brengen

(m.u.v. het egaliseren). Bij het plaatsen op flauwe hellingen kunnen de buitentonnen op hun plaats gehouden worden door een verankering van de bodem.

### 3.3.2. Verplaatsbaarheid

De Energite tonnen zijn goed geschikt om zonodig op een andere plaats opnieuw gebruikt te worden. Het lijkt gewenst dat bij verplaatsing de tonnen geheel leeg geschept worden. Verplaatsing van geheel met zand gevulde tonnen zou kunnen leiden tot vervormingen waardoor breuk ingeleid zou kunnen worden.

#### 4. BESCHOUWING VAN DE GREAT OBSTAKELBEVEILIGER

##### 4.1. Beschrijving uitgevoerde proeven

###### 4.1.1. Inleiding

Evenals de botsproeven met de Energite obstakelbeveiliger zijn ook de proeven met de GREAT obstakelbeveiliger uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van Energy Absorption Systems, Inc. (E.A.S., 1975-1, 1975-2). Met als uitzondering de proef die is uitgevoerd onder leiding en met apparatuur van het Southwest Research Institute (F.H.A., 1976). De hierna beschreven botsproeven zijn alle uitgevoerd met de momenteel op de markt zijnde uitvoering van de GREAT obstakelbeveiliger zoals beschreven in par. 2.2.

###### 4.1.2. Frontale botsingen met een inrijhoek van $0^{\circ}$

Er zijn twee botsproeven uitgevoerd op de neus van de GREAT obstakelbeveiliger met een inrijhoek van  $0^{\circ}$ . In beide gevallen lag de hartlijn van de aanrijrichting van het voertuig iets naast de hartlijn van de obstakelbeveiliger. Bij beide proeven zijn Amerikaanse proefvoertuigen gebruikt; de inrijksnelheden bedroegen 93 en 100 km/h. De obstakelbeveiliger functioneerde volgens het beschreven principe: de opstelling werd in lengterichting in elkaar gedrukt, waarbij de energie-absorberende cellen voor de energievernietiging zorgden. De uitwerking van de botsing op het proefvoertuig was echter minder goed. De grootte van de langsvertraging (gedurende de 50 ms-periode) lag bij beide proeven tussen de 10 en 12 g. Van de andere richtingen zijn geen vertragingwaarden bekend. Verder ondergingen de proefvoertuigen tegen het einde van de botsing een rotatie van  $40^{\circ}$ - $50^{\circ}$ . De schade aan de GREAT obstakelbeveiliger beperkte zich tijdens deze frontale aanrijdingen in hoofdzaak tot de energie-absorberende cellen. Na de proef kon volstaan worden met het met behulp van een lichte bedrijfsauto weer in de oorspronkelijke stand trekken van de geleiderailpanelen. Hierna konden (kistjes met) nieuwe cellen geplaatst worden. Verder werden nieuwe afschuifboutjes gemonteerd en



werden de kettingen opnieuw bevestigd. De gehele handeling was binnen een half uur gereed.

Opmerking 1. Het is opvallend dat bij deze frontale botsingen met een inrijhoek van  $0^{\circ}$  alleen de langsvertraging gegeven wordt. Aangezien blijkt dat voertuigen aanzienlijke rotaties ondergingen, zou de dwarsvertraging voor de bepaling van de ASI van niet geringe invloed kunnen zijn geweest. Bij navraag bleek dat bij frontale proeven in geen enkel geval dwarsvertragingen gemeten zijn, omdat men stelt dat alleen de langsvertraging van invloed is. Weliswaar deelde men desgevraagd mede dat bij beide proeven de rotatie pas tegen het einde van de botsing plaatsvond en de grootste langsvertraging in het begin ervan. Dit behoeft overigens nog niet in te houden dat ook aan het begin van de botsing niet reeds aanzienlijke initiële dwarsvertragingen kunnen zijn opgetreden.

Opmerking 2. Een ander aspect van de rotatie van het proefvoertuig is dat het mogelijk is dat voertuigen na een frontale botsing (gedeeltelijk) op de rijbaan tot stilstand kunnen komen. Hier kunnen zij gevaar voor overige weggebruikers opleveren.

Opmerking 3. Uitgaande van een langsvertraging van 10 - 12 g en de overige vertragingen op nul stellend, kan berekend worden dat de waarde voor de ASI tussen de 1,4 en 1,7 heeft gelegen. Voor voertuiginzittenden zonder autogordels is dit onacceptabel hoog, voor voertuiginzittenden met gordel wellicht maar net acceptabel.

Opmerking 4. De proefnemingen zijn met (zware) Amerikaanse proefvoertuigen uitgevoerd. De grootte van de voertuigvertraging en daarmee de grootte van de ASI zal bij lichtere (Europese) voertuigen nog hoger uitvallen.

#### 4.1.3. Frontale botsingen met een inrijhoek van $10^{\circ}$

Ook zijn twee frontale botsproeven uitgevoerd met een inrijhoek van  $10^{\circ}$ . Ook bij deze proeven zijn Amerikaanse voertuigen gebruikt, terwijl de inrijhoeken 86 en 93 km/h bedroegen.

Opmerking. Een aanrijding op de neus van een GREAT obstakelbeveiligder en onder een hoek, kan als de zwaarst mogelijke beproevingsconditie aangemerkt worden. Naarmate de grootte van de hoek toeneemt (waarschijnlijk vanaf ca.  $10^{\circ}$ ), zal de ernst van de aanrijding toenemen.

Bij beide proeven is een rotatie van het proefvoertuig van  $30^{\circ}$  geconstateerd. De voertuigvertragingen in langsrichting bedroegen ca. 8 g bij de botsing met 86 km/h en 11 g bij de botsing met 93 km/h. De GREAT obstakelbeveiliger was bij de proef met de laagste snelheid het minst beschadigd: 3 geleiderailpanelen en een aantal energie-absorberende cellen. Bij de andere proef raakten enkele geleiderailpanelen van elkaar los, waardoor de voorkant  $90^{\circ}$  omknikte. Tevens werd een ankerbout losgetrokken. Hier dienden vier geleiderailpanelen vervangen te worden, alsmede een aantal energie-absorberende cellen.

#### 4.1.4. Flankbotsing met een inrijhoek van $20^{\circ}$

Bij deze botsproef, ongeveer halverwege de flank van de obstakelbeveiliger (inrijhoek  $20^{\circ}$ ), is als proefvoertuig een Amerikaanse personenauto gebruikt, met een inrijnsnelheid van 100 km/h.

De resultaten van deze proef waren goed. Het proefvoertuig werd goed door de obstakelbeveiliger gekeerd; de uitrijhoek van het proefvoertuig bedroeg  $7^{\circ}$ . Het proefvoertuig kwam 270 m voorbij de obstakelbeveiliger tot stilstand. Als grootste langsvertraging over de periode van 50 ms werd uit de grafiek een waarde van 2,5 g berekend. De dwarsvertraging bedroeg 1,5 g. De schade aan het voertuig was gering. De obstakelbeveiliger had in het geheel geen schade opgelopen.

Opmerking 1. Als de gevonden vertragingwaarden worden gehanteerd, en de waarde van de verticale vertraging op 0 wordt gesteld, volgt uit de berekening een ASI-waarde van 0,5. Deze is dus acceptabel voor voertuiginzittenden zonder autogordel (gelijk aan of kleiner dan 1).

Opmerking 2. De veronderstelling is gewettigd dat het gebruik van een Amerikaans proefvoertuig (o.a. grote massa en massatraagheid) ertoe heeft bijgedragen dat de constructie bij de gegeven inrijcondities buiten verwachting goed heeft gewerkt.

#### 4.1.5. Flankbotsing met een inrijhoek van $24^{\circ}$

Deze botsproef is uitgevoerd onder leiding en met de apparatuur van het Southwest Research Institute (F.H.A., 1976). Het botspunt lag hierbij echter bij het achtereinde van de GREAT obstakelbeveiliger.

Deze was hier aangesloten op een betonnen zgn. New Jersey barrier (zie ook Afbeelding 3). De botssnelheid bij deze proef bedroeg 90 km/h bij een inrijhoek van  $24^{\circ}$ . Als proefvoertuig werd een (zware) Amerikaanse personenauto gebruikt.

Het resultaat van de proef was dat het voertuig zowel door de GREAT obstakelbeveiliger als door de New Jersey barrier goed gekeerd werd en langs beide constructies werd geleid. De voertuigvertragingen in langs- en dwarsrichting bedroegen resp, 5,4 en 6,4 g. Wel bleek dat het voertuig een vrij aanzienlijke schade had opgelopen. De GREAT obstakelbeveiliger bleek na de proef slechts licht beschadigd te zijn.

Opmerking 1. Hoewel de waarden voor de langs- en dwarsvertraging afzonderlijk gezien niet uitzonderlijk hoog zijn, bedraagt de ASI-waarde 1,5, dit is onacceptabel hoog voor voertuiginzittenden zonder autogordels, maar nog net acceptabel voor voertuiginzittenden met autogordels.

Opmerking 2. Ogenschijnlijk lijkt het dat beide laatst beschreven proeven goed met elkaar te vergelijken zijn. Ze betreffen beide aanrijdingen in de flank van de GREAT obstakelbeveiliger, terwijl de inrijsnelheid, de inrijhoek en de massa van het proefvoertuig redelijk overeenkomen.

Een erg belangrijk verschil is echter de plaats waar de aanrijding in de flank van de obstakelbeveiliger heeft plaatsgevonden. Bij de eerst genoemde proef was dit halverwege en bij de andere was dit aan het einde van de obstakelbeveiliger.

Een ander belangrijk verschil is de grootte van de opgetreden voertuigvertragingen bij beide proeven. De ASI-waarde bij de eerstgenoemde proef was ca. 3 maal zo klein als die bij de laatste.

Bij nadere analyse van foto's van filmopnamen van deze laatste proef bleek dat de hoge vertragingen die zijn opgetreden, zijn ontstaan bij de aanrijding tegen de betonnen New Jersey barrier, waar de GREAT obstakelbeveiliger op aangesloten was, en dus niet t.g.v. het contact met de obstakelbeveiliger zelf.

Een vergelijking tussen de resultaten van beide proeven is hierdoor dan ook niet mogelijk.

Wel kan nog worden opgemerkt dat de aansluiting van een GREAT obsta-

kelbeveiliger op een andere constructie met de nodige voorzorgen dient te geschieden.

#### 4.2. Opmerkingen over duurzaamheid

Zoals uit de beschrijving van de GREAT obstakelbeveiliger opgemaakt kan worden, zijn de schokabsorberende cellen van licht-beton omwikkeld met asfaltpapier, onder meer om inwerking van vocht tegen te gaan. Er zijn echter geen gegevens bekend over de duurzaamheid van deze cellen, bijvoorbeeld met betrekking tot de vochtinwerking. Bovendien blijken de kisten waarin de cellen zitten opgesloten afgedekt te (moeten) worden met een folie-omhulsel. Dit omhulsel kan, evenals de cellen zelf, bij vandalisme mogelijk stuk gesneden worden.

## 5. SAMENVATTING VAN DE PROEFRESULTATEN

### 5.1. Algemeen

Bijna alle proefnemingen met de Energite en de GREAT obstakelbeveiligers zijn uitgevoerd door of vanwege Energy Absorption Systems, Inc., de fabrikant van beide systemen. De verslagen van deze onderzoeken zijn ook door de fabrikant verzorgd. Als uitzondering geldt één proef met de GREAT obstakelbeveiligers die onder leiding van een research instituut is uitgevoerd, en waarover dit ook rapporteerde. Over de botsproeven met de Energite obstakelbeveiligers kan worden opgemerkt dat in veel gevallen in het geheel geen vertragingscurven beschikbaar zijn. Van de proeven met de GREAT obstakelbeveiligers zijn in een aantal gevallen geen curven van de dwarsvertragingen aanwezig en in alle gevallen geen curven van de verticale vertraging.

Toch is getracht een beoordeling van de resultaten van deze proefnemingen te geven, waarbij dan gegevens over de grootte van de remweg en de voertuigvervorming in de overwegingen zijn betrokken. Een vergelijking van de resultaten van de proeven met de GREAT obstakelbeveiligers die zijn uitgevoerd door de fabrikant, met die welke zijn uitgevoerd door het research instituut bleek niet doenlijk omdat de resultaten van de laatstgenoemde proeven te veel werden beïnvloed door de betonnen constructie waaraan de obstakelbeveiligers was bevestigd.

### 5.2. De Energite obstakelbeveiligers

Bij de beproeving van losse tonnen bleek dat er t.a.v. de opgenomen energie niet veel verschil was tussen de Fitch en de Energite tonnen. Wel waren de brokstukken van de Fitch tonnen groter dan die van de Energite tonnen.

Uit proeven is geconstateerd dat het beter is geen geheel met zand gevulde Fitch tonnen (inhoud 2100 lbs) in de opstelling te gebruiken. De effectiviteit van een Energite ton met minder zand (inhoud 1400 lbs) is namelijk nagenoeg even groot als die van een geheel gevulde

ton. Verder bestaat bij de laatste een grotere kans dat het voertuig bij een aanrijding ertegen omhoog komt.

Bij proefnemingen met een gehele Energite obstakelbeveiliger bleek het noodzakelijk voor de voorste (en dus met het minste zand gevulde) tonnen een speciale kleinere binnenton te nemen, om zodoende het zwaartepunt van de tonnen op voldoende hoogte te brengen, zodat minder gevaar zal bestaan dat voertuigen bij frontale botsingen omhoog komen. Ook bleek dat de bij de proeven aangehouden lengte van de opstelling (7,80 - 9,20 m) te kort was voor Amerikaanse proefvoertuigen: deze werden nl. niet tijdig tot stilstand gebracht. De lengte bleek voldoende te zijn voor lichtere proefvoertuigen.

Van de voertuigvertragingen is niet veel bekend, omdat in veel gevallen de elektronische apparatuur niet functioneerde. Uit de remweg die de voertuigen tijdens de botsing hebben afgelegd kan evenwel geconcludeerd worden dat de Energite obstakelbeveiliger bij frontale botsingen onder een hoek van  $0^{\circ}$  niet veel van de Fitch obstakelbeveiliger zal afwijken.

Bij frontale botsingen onder een hoek is een grote voertuigrotatie te constateren. Er kan niet worden nagegaan of dit bij een Fitch obstakelbeveiliger eveneens het geval zal zijn omdat geen vergelijkbare proef hiermee bekend is.

Bij botsingen in de flank van de opstelling bleek de Energite obstakelbeveiliger slecht te functioneren: er zijn namelijk erg hoge voertuigvertragingen te constateren.

Een proef uitgevoerd met een opstelling bestaande uit een combinatie van Fitch en Energite tonnen gaf weinig verschil te zien t.o.v. een opstelling met tonnen van één fabrikant.

De vibratie-proeven om de stabiliteit van de tonnen na te gaan leverden op dat Energite tonnen goed tegen trillingen bestand zijn en dat Fitch tonnen binnen een kortere of langere tijd kantelden. Uit de eerste door de University of Texas uitgevoerde duurproeven om de temperatuurinvloeden op het materiaal vast te stellen, bleek dat Energite tonnen vervormden en scheurden. Bij de Fitch tonnen werd dit niet waargenomen. De tests zijn herhaald met Energite tonnen van een andere materiaalsamenstelling en een grotere wanddikte. Genoemde nadelen werden toen niet meer geconstateerd.

Naderhand zijn nog twee botsproeven uitgevoerd met de gemodificeerde tonnen in een gehele opstelling. Uit de verstrekte summier gegevens kan geconcludeerd worden dat de verschillen in botseigenschappen t.o.v. die van de oude tonnen niet groot zullen zijn, met uitzondering van het feit dat er geconstateerd is dat de voorzijden van de proefvoertuigen omhoog gekomen zijn, waarvan bij één voertuig in aanzienlijke mate.

Proeven die uitgevoerd zijn om de conditie van het zand na te gaan bij temperaturen tot  $-25^{\circ}\text{C}$ , lieten zien dat zand met een vochtigheidsgraad groter dan 4,3% bevroor, zand vermengd met een pekeloplossing of kunstmatig gedroogd zand bevroor niet. Gebruik van op deze wijze gedroogd zand op grote schaal geeft echter praktische problemen.

### 5.3. De GREAT obstakelbeveiliger

De GREAT obstakelbeveiliger functioneerde tijdens de zes tot dusver bekende proeven volgens verwachting: bij aanrijdingen op de neus werd de obstakelbeveiliger in de lengterichting in elkaar gedrukt; bij aanrijdingen in de flank werd het proefvoertuig door de geleiderailpanelen gekeerd en langs de zijkant geleid.

Opgemerkt dient te worden dat in de meeste gevallen de geregistreerde voertuigvertragingen niet acceptabel zijn voor inzittenden zonder autogordel. Ook ondergingen de proefvoertuigen bij frontale botsingen grote rotaties. In de praktijk zou dit kunnen betekenen dat de voertuigen gedeeltelijk op de rijbaan tot stilstand komen.

Bij deze frontale botsproeven was het verschil tussen de resultaten van die onder een inrijhoek van  $0^{\circ}$  en die onder een hoek van  $10^{\circ}$  niet groot, althans voor zover dit de proefvoertuigen betrof. De schade aan de obstakelbeveiliger daarentegen was bij een inrijhoek van  $10^{\circ}$  groter dan die bij een inrijhoek van  $0^{\circ}$ .

Een flankbotsing met een Amerikaanse personenauto, onder een inrijhoek van  $20^{\circ}$  en het botspunt halverwege de obstakelbeveiliger had een gunstige afloop. De resultaten bij een flankaanrijding bij het achtereinde van de obstakelbeveiliger worden erg nadelig beïnvloed als de constructie waaraan een GREAT obstakelbeveiliger wordt bevestigd, weinig flexibel is.

## 6. CONCLUSIES

Bij de huidige uitvoering van zowel de Energite als de GREAT obstakelbeveiliger doen zich nog wel een aantal problemen voor, die eerst moeten worden opgelost alvorens ze geschikt zijn om in Nederland te worden toegepast.

Uit botsproeven blijkt dat de Energite obstakelbeveiliger qua bots-eigenschappen niet veel afwijkt van de Fitch obstakelbeveiliger. Dit houdt onder meer in dat - althans bij de opstelling en beproevingswijze zoals die in de Verenigde Staten is toegepast - de grootte van de voertuigvertragingen bij frontale botsingen hoger zijn dan de acceptabele waarden voor voertuiginzittenden zonder autogordel maar nog wel acceptabel zijn voor voertuiginzittenden met autogordel. Een ander punt van overeenkomst tussen de Energite en de Fitch obstakelbeveiliger is het principiële bezwaar dat tegen een dergelijk type obstakelbeveiliger bestaat, nl. dat bij botsingen in de flank van de obstakelbeveiliger het voertuig met ook bij gordelgebruik onacceptabel hoge vertragingen afgeremd wordt en in aanraking kan komen met het af te schermen object.

Bij de Energite obstakelbeveiliger blijft een vraagpunt het omhoogkomen van de voorzijde van de proefvoertuigen, zoals dat tijdens de laatste proeven met de obstakelbeveiliger opgebouwd uit gemodificeerde tonnen geconstateerd is. Deze modificaties waren noodzakelijk om een meer duurzame ton te verkrijgen. Het ziet er naar uit dat de oorzaak van het omhoogkomen van de proefvoertuigen gezocht moet worden in deze wijziging van de uitvoering van de tonnen.

De praktische toepasbaarheid van de Energite obstakelbeveiliger is groter dan van de Fitch obstakelbeveiliger. Omdat de Energite obstakelbeveiliger uit slechts drie delen bestaat kan de montage snel en probleemloos geschieden. De kans dat de tonnen na verloop van enige tijd scheef gaan hangen lijkt niet groot, enerzijds omdat het zand goed opgesloten blijft in de binnenton en anderzijds omdat de binnenton van een vlakke bodem voorzien is, waardoor deze stabiel op een ondergrond geplaatst kan worden.

De (huidige) Energite obstakelbeveiliger lijkt geschikt om op die



plaatsen toegepast te worden waar een tijdelijke afscherming gewenst is. Wel dient daarbij een zodanige opstelling van de tonnen gekozen te worden dat de grootte van de optredende voertuigvertragingen beperkt wordt. Dit zal overigens consequenties kunnen hebben voor de benodigde ruimte. Met behulp van bij de SWOV aanwezige programmatuur kan door middel van mathematische simulaties een optimale opstelling bepaald worden. Het verschijnsel van het omhoogkomen van de voorzijde van de voertuigen is ongewenst en in overleg met de fabrikant dient bekeken te worden welke maatregelen getroffen kunnen worden, alvorens tot gebruik kan worden overgegaan.

De werking van de GREAT obstakelbeveiliger is principieel anders dan die van obstakelbeveiligers als de Energite. Dit blijkt vooral bij botsingen in de flank van de obstakelbeveiliger: bij flankbotsingen wordt het uit de koers geraakte voertuig door de GREAT obstakelbeveiliger gekeerd en langs de obstakelbeveiliger en het obstakel geleid. Uit één tegen de flank van de obstakelbeveiliger uitgevoerde botsing wordt de indruk verkregen dat de constructie, althans voor (zware) Amerikaanse personenauto's, bevredigend werkt bij een inrijhoek tot  $20^{\circ}$ . Voor zover de inrijhoeken niet groter dan ca.  $20^{\circ}$  bedragen, wordt verwacht dat bij dergelijke flankbotsingen de GREAT obstakelbeveiliger beter functioneert dan de Energite obstakelbeveiliger, met name wat betreft het geleidend effect en de grootte van de optredende vertraging. Hoe de constructie zal werken bij grotere inrijhoeken is niet bekend. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de GREAT obstakelbeveiliger bij een aanrijding in de flank niet zo flexibel zal zijn als de in Nederland toegepaste geleiderailconstructie. In dit verband is de flexibiliteit van de constructie waaraan de obstakelbeveiliger wordt bevestigd en de uitvoering van de bevestigingsconstructie een punt waaraan veel aandacht geschonken zal moeten worden.

De huidige uitvoering van de GREAT obstakelbeveiliger, die tot dusver uitsluitend met (zware) Amerikaanse proefvoertuigen beproefd is, geeft bij frontale botsingen nog hoge vertragingen: voor inzittenden zonder autogordel zijn zij niet acceptabel. Een ander punt is de grote voertuigrotatie die bij frontale aanrijdingen optreedt. In de

eindsituatie kan een voertuig die een dergelijke rotatie ondergaan heeft, gevaar voor andere weggebruikers opleveren. Het ziet ernaar uit dat deze rotatie bij excentrische frontale botsingen inherent is aan de toepassing van dit smalle type obstakelbeveiliger. Bezien dient te worden of in overleg met de fabrikant de gebleken nadelen te verhelpen zijn.

Als voordeel van de GREAT obstakelbeveiliger kan genoemd worden dat hij waarschijnlijk goed op de Nederlandse geleiderailconstructies aangesloten kan worden. Bij beveiliging van puntstukken kan de GREAT obstakelbeveiliger mogelijk in het te beveiligen puntstuk geïntegreerd worden.

De GREAT obstakelbeveiliger lijkt nog niet zonder meer geschikt om in Nederland toegepast te worden. Nadere ontwikkeling om de bezwaren bij frontale aanrijdingen (te hoge vertragingen, rotatie) en bij flankbotsingen (waarschijnlijk hogere vertragingen bij lichtere voertuigen dan bij zwaardere voertuigen) te reduceren, is zeker aan te bevelen. Bij deze ontwikkeling verdient de aansluiting van de GREAT obstakelbeveiliger op een geleiderailconstructie eveneens de nodige aandacht.

Opgemerkt dient te worden dat bij een keuze voor een van beide typen obstakelbeveiligers de ruimte die beschikbaar is bij de overwegingen betrokken dient te worden. Hierbij biedt de GREAT obstakelbeveiliger meer mogelijkheden dan de Energite obstakelbeveiliger, vanwege zijn toepasbaarheid voor zowel erg smalle obstakels in smalle zones als voor bredere obstakels in bredere zones. Een nadeel van de GREAT obstakelbeveiliger t.o.v. de Energite obstakelbeveiliger is de fundering die t.b.v. de montage en de juiste werking van de eerst genoemde obstakelbeveiliger noodzakelijk is. Bezien kan worden op welke wijze een dergelijke fundatie met die van het af te schermen obstakel gecombineerd kan worden.

Een laatste opmerking is dat in enkele gevallen bij de beoordeling van de voertuigvertragingen de ASI-norm gehanteerd is. Ondanks dat deze nog niet op verantwoorde wetenschappelijke wijze kon worden vastgesteld, is dit criterium gebruikt omdat betere normen momenteel

ontbreken. De beoordeling van beide typen obstakelbeveiligers is geschiedt op grond van bestudering van de beschikbare literatuur en bestaande kennis.

LITERATUUR

Brenneman, J.E. & Feltz, N.R. (1977). Moisture and salt concentration test program for sand barrel impact attenuation systems. Ohio Department of Transportation, 1977.

E.A.S. (1975-1). The GREAT system: Design manual; Guard Rail Energy Absorbing Terminal; A proven-effective crash cushion for narrow-site hazards. Energy Absorption Systems, Inc., 1975.

E.A.S. (1975-2). Crash test evaluation of the Guard Rail Energy Absorbing Terminal. Energy Absorption Systems, Inc., 1975.

F.H.A. (1976). Concrete median barrier research, Vol. 2 Research Report. Final Report. Report No. FHWA-RD-77-4. Federal Highway Administration, Offices of Research & Development, 1976.

Lee, C.E. & Arcienegas, R. (1977). Effects of temperature change on plastic crash cushions. Phase 2. University of Texas, Center for Highway Research, 1977.

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

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

SWOV (Schoon, C.C.; Jordaan, D.J.R. & Van de Pol, W.H.M.) (1977). Obstakelbeveiligers; Een nadere beschrijving van een aantal oriënterende botsproeven met personenauto's die in opdracht van de

Rijkswaterstaatsgroep "Bermbeveiligingen" in 1971/1972 gehouden zijn op "De Vlasakkers" te Amersfoort. (Herziene versie). R-77-8. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1977.

Toth, V.N. & Lee, C.E. (1976). Effects of temperature change on plastic crash cushions. Research Report 514-1F. University of Texas, Center for Highway Research, 1976.

Walker, G.W. (1976). Energite tests No's 50676-26 and 51376-27; Test data and memo's to files. Energy Absorption Systems, Inc., 1976.

Young, B.O. (1974-1). Crash test evaluation of the Energite module inertial barrier. Energy Absorption Systems, Inc., July 24, 1974.

Young, B.O. (1974-2). Crash test evaluation of the Energite module inertial barrier. Energy Absorption Systems, Inc., October 18, 1974.

Young, B.O. (1975-1). Evaluation of 1400 lbs Energite and 2100 lbs Fibco inertial barrier models. Energy Absorption Systems, Inc., 1975.

Young, B.O. (1975-2). Preliminary report of crash test at angle impacts on sand inertial barrier systems. Energy Absorption Systems, Inc., 1975.

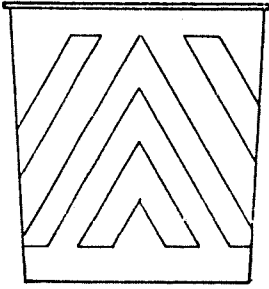
Young, B.O. (1975-3). Preliminary report on crash test evaluation of mixed inertial barrier array containing Fibco and Energite modules. Energy Absorption Systems, Inc., 1975.

AFBEELDINGEN 1 T/M 3

Afbeelding 1. Schetsen van de bij de Energite obstakelbeveiliger toegepaste buitenton en binnentonnen en de afmetingen van de buitenton.

Afbeelding 2. Mogelijke opstelling van de tonnen bij de Energite obstakelbeveiliger.

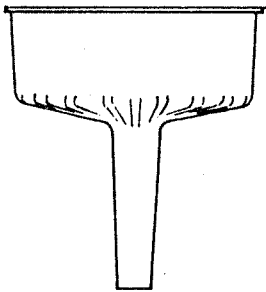
Afbeelding 3. Boven- en zijaanzicht van de GREAT obstakelbeveiliger direct aangesloten op een betonnen zgn. New Jersey barrier, met verwijzing naar de afzonderlijke onderdelen.



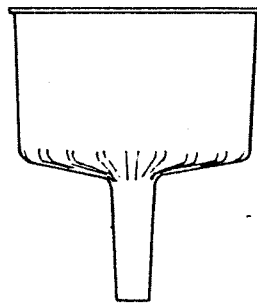
Buitenton

Afmetingen buitenton:

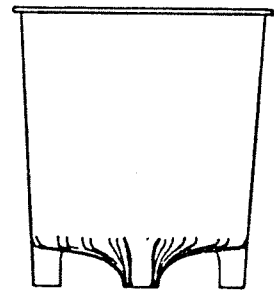
hoogte	91,5 cm
diameter bovenkant	93 cm
diameter onderkant	82,5 cm



Binnenton  
200 of 400 lbs

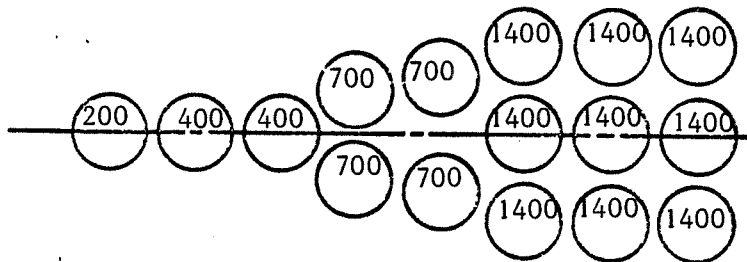


Binnenton  
700 lbs

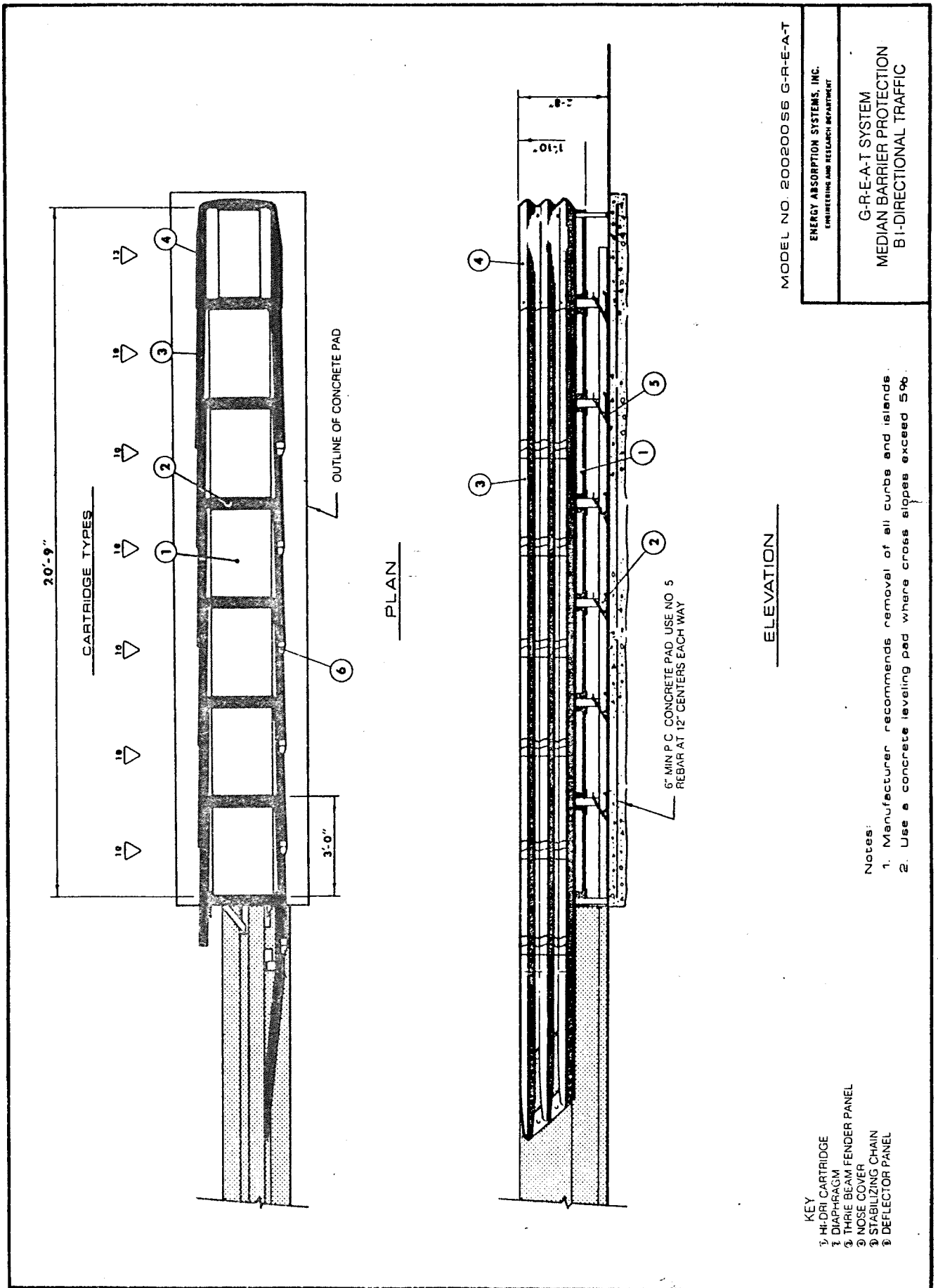


Binnenton  
1400 lbs

Afbeelding 1. Schetsen van de bij de Energite obstakelbeveiliger toegepaste buitenton en binnentonnen en de afmetingen van de buitenton



Afbeelding 2. Mogelijke opstelling van de tonnen bij de Energite obstakelbeveiliger



Afbeelding 3. Boven- en zijaanzicht van de GREAT obstakelbeveiliger direct aangesloten op een betonnen zgn. New Jersey barrier, met verwijzing naar de afzonderlijke onderdelen