

OBSTAKELBEVEILIGERS

Een nadere beschrijving van een aantal oriënterende botsproeven met personenauto's die in opdracht van de Rijkswaterstaatwerkgroep "Bermbeveiligingen" in 1971/1972 gehouden zijn op "De Vlasakkers" te Amersfoort

R-77-8

(Herziene versie)

Voorburg, 1977

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

<u>Voorwoord</u>	4
1. <u>Inleiding</u>	7
1.1. Doel en werking van obstakelbeveiligers	7
1.2. Doel van de proeven	8
2. <u>Testcriteria</u>	9
2.1. Algemeen	9
2.2. Nadere beschouwing van het criterium van de voertuigvertraging	9
3. <u>Opzet proevenprogramma</u>	11
3.1. Proefterrein	11
3.2. Proefvoertuigen	11
3.3. Beproefde obstakelbeveiligers	11
3.4. Plaatsing obstakelbeveiligers en inrijhoek	12
3.5. Beproevingssnelheden	12
3.6. Registratie	13
4. <u>Het verloop van de proeven</u>	14
4.1. Proefverloop obstakelbeveiligers Pk1 (polyetheen)	14
4.2. Proefverloop obstakelbeveiligers Pk2 (pertinax)	15
4.3. Proefverloop obstakelbeveiligers Pk3 (PVC-plast)	16
4.4. Proefverloop obstakelbeveiligers Pk4 (hardschuimschalen)	17
5. <u>Discussie van de resultaten</u>	19
5.1. Grootte van de voertuigvertraging	19
5.2. De afstand waarbinnen het voertuig tot stilstand kwam	19
5.3. De zijdelingse afwijkingen van het voertuig	19
5.4. Het gedrag van de obstakelbeveiligers tijdens de botsing	19
6. <u>Samenvatting en conclusies</u>	22

<u>Tabellen en Afbeeldingen</u>	24
<u>Literatuur</u>	38
<u>Verwante SWOV-publicaties</u>	39

VOORWOORD

In opdracht van de Rijkswaterstaatwerkgroep "Bermbeveiligingen" is door de SWOV in 1971/72 een klein aantal proeven genomen dat tot doel had de effectiviteit van obstakelbeveiligers in de Nederlandse situatie na te gaan. Daarnaast moest worden getracht een redelijk alternatief te vinden voor een Amerikaanse obstakelbeveiliging, de Fitch Inertial Barrier. Deze barrier is ontworpen voor het beveiligen van starre obstakels op puntstukken (de plaats waar één weg zich in twee wegen splitst en waar twee geleiderailconstructies samen komen). Ook andere alleenstaande starre obstakels langs autowegen, bijvoorbeeld pijlers van viaducten, kunnen ermee worden beveiligd. De Fitch Inertial Barrier bestaat uit tonnen die vervaardigd zijn van polyetheen hardschuimschalen, direct in de uiteindelijke vorm geperst volgens een procédé dat in Nederland niet wordt toegepast. Enkele van deze barriers zijn o.a. geplaatst op het Kleinpolderplein in Rotterdam.

De reden dat naar een alternatief gezocht werd, is dat de aanschafkosten van de Fitch Inertial Barrier - gezien de uitvoering van de tonnen en de daarvoor gebruikte materialen - o.a. vanwege de transportkosten zeer hoog zijn. Een en ander gezien in het licht van eventuele uitgebreidere toepassing van deze obstakelbeveiligers in Nederland.

Aan het Kunststoffen en Rubberinstituut TNO, Delft werd daarom opdracht gegeven tot het vervaardigen van alternatieve tonnen, samengesteld uit materialen waarvan een gelijkwaardige werking verwacht kon worden. Nader informatie over deze alternatieve materialen is opgenomen in het rapport van de Afdeling Produktontwikkeling van het TNO-instituut: Beschrijving proefseries beveiligingstonnen. Memorandum nr. KRI 19/'72. Kunststoffen en Rubberinstituut TNO, Delft, 1972 (ter inzage in de SWOV-bibliotheek).

De botsproeven werden gehouden op het terrein "De Vlasakkers" te Amersfoort, dat ter beschikking werd gesteld door het Ministerie van Defensie. Organisatorische medewerking ter plaatse werd verleend door Adjuvant-Onderofficier-Instructeur J.M. Haazen (Cavalerie).

Het filmwerk ter registratie van de proeven werd verzorgd door een filmgroep van de Stichting Film en Wetenschap te Utrecht onder leiding van de heer W. van den Berg.

De analyse van de high-speedfilm met betrekking tot de optredende snelheden en vertragingen werd verzorgd door het Centraal Technisch Instituut TNO te Delft.

De terreinwerkzaamheden, zoals het opstellen, vullen en afmonteren van de tonnen, werden verricht door de Fa. Gebr. Kramer te Elst (Utrecht).

Een concept-rapport over deze botsproeven is samengesteld door D.J.R. Jordaan in samenwerking met ing. W.H.M. van de Pol en ing. C.C. Schoon, allen werkzaam op de SWOV-afdeling Crash en Post-crash onderzoek. Dit concept-rapport is in 1973 aangeboden aan de Rijkswaterstaatwerkgroep Bermbeveiligingen.

Een nadere beschouwing van deze kleine serie botsproeven is noodzakelijk geworden doordat nieuwe beoordelingscriteria voor de agressiviteit ter beschikking zijn gekomen.

Het verloop van de botsproeven is gedeeltelijk vastgelegd in de film "Botsingen op enkele obstakels", zwart/wit, optisch of magnetisch, duur 15 minuten, die op aanvraag verkrijgbaar is bij de Stichting Film en Wetenschap te Utrecht.

De problemen die werden gesignaleerd met betrekking tot obstakels in wegbermen in het algemeen, zijn er voorts aanleiding toe geweest dat door de Minister van Verkeer en Waterstaat een Begeleidende Overheids- werkgroep is ingesteld, opdat deze BOWG op basis van het onderzoek Obstakels in wegbermen dat door de SWOV wordt uitgevoerd, aanbevelingen kan formuleren met als doel de zone naast de rijbaan zo veilig mogelijk en daardoor de kans op ongevallen of ernstige gevolgen daarvan, zo klein mogelijk te maken.

Over het onderwerp Obstakels in wegbermen zijn, naast de reeks eerder gepubliceerde rapporten en artikelen (zie blz. 39 e.v.), de volgende SWOV-rapporten verschenen of zullen verschijnen:

1. Obstakels in wegbermen: Literatuurstudie betreffende onderzoek omtrent het gedrag van obstakels bij botsingen.

2. Lichtmasten: Onderzoek naar het gedrag van lichtmasten bij zijdelingse en frontale botsproeven met personenauto's.
3. Gevaren bij het omvallen van lichtmasten: Overwegingen bij het plaatsen van voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten.
4. Obstakelvrije zone: Onderzoek naar de relatie tussen aanrijdingen tegen obstakels langs diverse typen wegen en de laterale afstand van deze obstakels tot de wegrand.

Projectleider van het onderzoek Obstakels in wegbermen, dat wordt begeleid door de gelijknamige Begeleidende Overheidswerkgroep, is ing. C.C. Schoon (Afdeling Crash en Post-crash onderzoek).

Ir. E. Asmussen

Directeur Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

1. INLEIDING

1.1. Doel en werking van obstakelbeveiligers

Voor het afschermen van alleenstaande starre obstakels is tenminste 100 m geleiderailconstructie nodig, met inbegrip van de verankering. Er zijn echter situaties waarin geleiderailconstructies niet bruikbaar zijn en afscherming van een obstakel toch nodig is. Een voorbeeld hiervan zijn puntstukken.

Zoals reeds in het voorwoord aangehaald is, is de Fitch Inertial Barrier ontworpen om in dergelijke gevallen uitkomst te bieden.

Het doel van een obstakelbeveiligers is een personenauto die uit zijn koers geraakt is en met zo'n beveiligers in aanraking komt, tot stilstand te brengen. Hierbij mogen de inzittenden niet worden blootgesteld aan ontoelaatbaar hoge vertragingen en moet de schade aan het voertuig, zo mogelijk, betrekkelijk gering blijven. Met andere woorden: de agressiviteit van de obstakelbeveiligers ten opzichte van personenauto's moet zo laag mogelijk gehouden worden.

Bij deze proeven bestonden de obstakelbeveiligers uit tien kunststof-tonnen, die gevuld waren met zand. Het zand was zodanig in en over de tonnen verdeeld, dat het zwaartepunt van de zandmassa van de beveiligers op de gemiddelde hoogte van de zwaartepunt van personenauto's lag. De werking van obstakelbeveiligers berust op het principe dat bij aanrijdingen de tonnen successievelijk stukspringen, waardoor er steeds een massa "zwevend" zand voor de opname van energie zorgdraagt. De eerste tonnen van de obstakelbeveiligers, die met de hoogste snelheid getroffen werden, bevatten het minste zand; de daaropvolgende steeds meer. De laatste tonnen, die uiteindelijk het voertuig tot stilstand moesten brengen, bevatten de grootste hoeveelheid zand. Hierdoor werd een zekere gelijkmatigheid in de optredende vertragingen bereikt. De juiste hoogte van de zandvulling werd verkregen door het toepassen van losse kunststofbodems met daaronder blokken van polystyreenschuim. Een en ander wordt verduidelijkt op de Afbeeldingen 1 en 2.

1.2. Doel van de proeven

Het doel van de proeven was op korte termijn, in een kleine serie proeven, de effectiviteit van de obstakelbeveiligers bij botsingen met Europese personenauto's na te gaan en een keuze mogelijk te maken ten aanzien van het toe te passen alternatieve constructiemateriaal voor de tonnen. Een constructiemateriaal, waarvan een werking verwacht kon worden die gelijkwaardig zou zijn aan die van het materiaal waaruit de tonnen van de oorspronkelijke Fitch Inertial Barrier zijn samengesteld. Een materiaal tevens, dat duurzaam, goedkoop en gemakkelijk verwerkbaar moest zijn.

2. TESTCRITERIA

2.1. Algemeen

Wat betreft de werking van de obstakelbeveiligers bij frontaal inrijden moeten uit de resultaten van de proeven de volgende punten worden beoordeeld (zie ook: SWOV, 1973):

1. De vertraging die het voertuig tijdens de botsing ondergaat. Deze is in hoge mate bepalend voor de kans op letsel voor de inzittenden en dient dan ook als het belangrijkste criterium beschouwd te worden. Er zal nader op worden ingegaan in paragraaf 2.2.
2. De afstand waarbinnen het voertuig tot stilstand komt. Het dient binnen de lengte van de obstakelbeveiligers tot stilstand te komen, omdat anders gevaar bestaat dat het met het achterliggende starre obstakel in aanraking komt.
3. De zijdelingse afwijkingen van het voertuig tijdens de botsing. Het voertuig dient min of meer in rijrichting tot stilstand gebracht te worden om te voorkomen dat het na de botsing op de rijbaan terecht komt.
4. Het gedrag van de obstakelbeveiligers tijdens de botsing. Er mogen geen onderdelen van de beveiligers zodanig uit het botsingsvlak weggedrukt of weggeslingerd worden, dat deze onderdelen een niet gewenst obstakel op de rijbaan gaan vormen en zo gevaar of hinder voor het overige verkeer op kunnen leveren.

2.2. Nadere beschouwing van het criterium van de voertuigvertraging

Bij een aanrijding zal de vertraging nooit exact in één richting werken. Het is daarom gewenst een norm te hebben waaraan de samengestelde vertraging moet voldoen. Deze norm is de Acceleration Severity Index (ASI), die werd opgesteld door Ross & Post (1972).

De formule, afgeleid in Ross & Post (1971), luidt:

$$ASI = \sqrt{\left(\frac{g_{long}}{g_{long_a}}\right)^2 + \left(\frac{g_{lat}}{g_{lat_a}}\right)^2 + \left(\frac{g_{vert}}{g_{vert_a}}\right)^2}$$

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

Omdat bij de botsproeven van de SWOV de laterale vertraging niet is gemeten, komt in de formule de daarbij behorende term $\frac{g_{lat}}{g_{lat a}}$ te vervallen.

De in dit rapport vermelde waarden voor ASI zullen daarom in de meeste gevallen iets lager uitvallen dan wanneer de volledige formule van Ross & Post gehanteerd zou zijn.

In de tellers van de formule worden de geregistreerde voertuigvertragingen ingevuld. Als waarden voor deze vertragingen worden uit de vertragingcurven (zie Afbeelding 1 t/m 4) de gemiddelde vertragingen over een periode van 50 ms bepaald. Deze periode dient zo gekozen te worden, dat de waarde voor de gemiddelde vertraging daarmee zo groot mogelijk wordt. (Om de rekenkundige bewerkingen te vereenvoudigen heeft de SWOV hier als extra voorwaarde voor deze serie proeven aan toegevoegd dat de maxima van de beide perioden - nl. voor de longitudinale en de verticale vertraging - binnen een tijdsinterval van 50 ms moesten liggen. Bij het aannemen van deze voorwaarde is er van uitgegaan, dat dan de optredende vertragingen nog als "samenwerkend" kunnen worden beschouwd en dus een gezamenlijke uitwerking op de inzittenden van het voertuig zullen hebben.)

In de noemers komen de voor de mens "acceptabele" voertuigvertragingen te staan. Voor inzittenden zonder autogordel zijn deze in longitudinale, laterale en verticale richting op resp. 7, 5 en 6 g gesteld. Als de waarde voor ASI dan niet groter wordt dan één, duidt dit erop, dat de inzittenden van het voertuig niet ernstig gewond zullen raken.

Omdat de ASI-norm nog niet op wetenschappelijk verantwoorde wijze kon worden vastgesteld, dient hij echter met de nodige omzichtigheid gehanteerd te worden.

Bij deze serie proeven zijn de snelheden en vertragingen bepaald door middel van analyse van de high-speedfilm (400 beelden per seconde). De film is hiertoe per beeld afgelezen, waarna over drie aflezingen is gemiddeld. Aan de hand van deze gemiddelde waarden zijn de snelheden en de vertragingen berekend, met behulp waarvan de vertragingcurven zijn opgezet (zie Afbeeldingen 3 t/m 6).

3. OPZET PROEVENPROGRAMMA

3.1. Proefterrein

De proeven werden gehouden op het proefterrein "De Vlasakkers" te Amersfoort, waar gebruik werd gemaakt van de reeds aanwezige faciliteiten voor het beproeven van de beveiligingsconstructies in wegbermen en op kunstwerken.

3.2. Proefvoertuigen

Ten aanzien van de proefvoertuigen viel de keuze op gebruikte Opels Rekord 1700, bouwjaar 1960/1962. Deze auto's hebben een lege masse van ca. 900 kg en vallen daarmee in de klasse van 800-1000 kg, die ca. 25% van het totale personenwagenbestand uitmaakte. Doordat alle proeven met dit type auto hebben plaatsgevonden, hoefde bij het onderling vergelijken van de resultaten geen rekening gehouden te worden met eventuele verschillende invloeden van de proefvoertuigen.

3.3. Beproefde obstakelbeveiligers

Er zijn vier obstakelbeveiligers beproefd, nl. de originele Fitch Inertial Barrier en drie alternatieve obstakelbeveiligers, vervaardigd van kunststoffen die door het Kunststoffen en Rubberinstituut TNO (1972) waren voorgesteld. De tonnen van de diverse obstakelbeveiligers waren vervaardigd uit de volgende materialen:

de drie alternatieve obstakelbeveiligers:

polyetheen in plaat 5 mm dik (Pk1)

pertinax in plaat 1,5 mm dik (Pk2)

PVC-plast in plaat 3 mm dik (Pk3)

de Fitch Inertial Barrier:

polyetheen hardschuimschalen 8 mm dik (Pk4)

De tonnen werden gevuld met droog, niet-grofkorrelig zand.

Elk van de genoemde obstakelbeveiligers is slechts eenmaal beproefd.

Bij de vier proeven was de opstelling van de tonnen binnen de verschil-

lende obstakelbeveiligers steeds gelijk. Omdat het aangevoerde materiaal geen andere keuze toeliet, moest in de proefopstelling van de Fitch Inertial Barrier voor ton 4 een lage ton van 76 cm hoogte worden opgesteld in plaats van een ton met de voorgeschreven hoogte van 91,5 cm. Bij deze ton moest dus met een geringere zandvulling worden volstaan. De invloed hiervan op de resultaten van de proeven wordt klein verondersteld.

De maten van de verschillende tonnen en de hoeveelheid zand waarmee ze gevuld waren, zijn aangegeven op Afbeelding 7.

3.4. Plaatsing obstakelbeveiligers en inrijhoek

De beproefde obstakelbeveiligers werden op het proefterrein op geëgaliseerde zandgrond opgesteld. Er van uitgaande dat de beproefde obstakelbeveiligers dienden voor de afscherming van een puntstuk, kunnen op 1 m afstand van de obstakelbeveiligers links en rechts twee kantlijnen gedacht worden. In het verloop van dit rapport zal er van uitgegaan worden dat deze denkbeeldige kantlijnen de rijbaan afbakenen. Op de Afbeeldingen 8 t/m 11 is te zien welke (delen van) tonnen na de botsing op de rijbaan terecht kwamen. De opstelling van de tonnen was zodanig dat de as van de obstakelbeveiligers een hoek van ca. 5° maakte met de denkbeeldige kantlijn. De aanloopbaan van het proefvoertuig maakte geen hoek met de as van de obstakelbeveiligers: de botsing was frontaal.

3.5. Beproevingssnelheden

Om te kunnen beoordelen of het voertuig met een acceptabele vertraging en binnen de lengte van de obstakelbeveiligers tot stilstand gebracht zou worden, is bij de proeven gestreefd naar een hoge botssnelheid, nl. 85 km/h. De werkelijke botssnelheden (herleid uit analyse van high-speedfilms) weken hier enigszins van af. De botssnelheden bij de proeven Pk1, Pk2, Pk3 en Pk4 bedroegen nl. respectievelijk 84, 89, 82 en 78 km/h. Het grootste verschil tussen snelheden bedroeg dus 11 km/h. Bij de beschouwing van de uitkomsten van de proeven zal hier nader op ingegaan worden.

3.6. Registratie

Het verloop van de proeven werd op film vastgelegd door vier camera's waaronder twee high-speedcamera's (400 beelden per seconde). De high-speedopnamen zijn gebruikt om de afgelegde weg van het voertuig, de voertuigsnelheid en de voertuigvertraging te analyseren. De eindtoestand werd gefotografeerd, opgemeten en schriftelijk vastgelegd.

4. HET VERLOOP VAN DE PROEVEN

In de nu volgende paragrafen worden korte omschrijvingen van elk van de proeven afzonderlijk gegeven. In deze omschrijvingen zijn de aanduidingen "links" en "rechts" gezien vanuit de rijrichting van het proefvoertuig. Als moment van botsing wordt het moment aangemerkt waarop het eerste contact van het proefvoertuig met de eerste ton plaatsvindt.

De uitkomsten van de proeven zijn weergegeven in Tabel 1. Het verloop van de vertragingen van het proefvoertuig in de tijd is grafisch weergegeven in de Afbeeldingen 3 t/m 6. Een fotografisch overzicht van de proeven geven de Afbeeldingen 12 en 13.

De schade aan de proefvoertuigen verschilde per proef weinig, zodat hier volstaan kan worden met een algemene omschrijving. In Tabel 1 wordt de grootte van de indeuking van het front gegeven.

Bij de botsing werden eerst die delen vervormd die weinig weerstand gaven, zoals de bumper en de grille, de motorkap, de radiator en de spatborden. Genoemde delen in het front werden vervolgens tegen het motorblok gedrukt. Op dit moment nam de vertraging van het voertuig sterk toe als gevolg van de stijvere delen van de carrosserie, het chassis en het motorblok.

Bij de proeven Pk1 en Pk4 is het motorblok iets naar achteren gekomen (respectievelijk 3 en 1 cm). Bij alle vier de proeven was na afloop het proefvoertuig nog bestuurbaar.

4.1. Proefverloop obstakelbeveiliger Pk1

(Polyetheen, plaat 5 mm)

Tijdens de aanrijding speelde zich het volgende af:

A. Het zand werd voor een groot deel opwaarts uit die tonnen geperst, die zich in het botsingsvlak met het voertuig bevonden. Het droeg alleen op dat moment aan de energievernietiging bij. Daarna verspreidde het zich als een waaier in rijrichting over de tonnen. Geen van de tonnen was gebroken.

B. De tonnen 3, 5 en 8 werden naar rechts uit de opstelling weggedrukt. Doordat deze tonnen niet braken, deden zij slechts gedeeltelijk mee aan de energievernietiging van het botsende voertuig. Bovendien zijn

deze tonnen op de denkbeeldige rijbaan terecht gekomen. Nadat deze tonnen uit het botsingsvlak waren weggedrukt, reed het voertuig er langs. Daarbij onderging het voertuig reactiekrachten van deze weggedrukte tonnen, wat er naar alle waarschijnlijkheid de oorzaak van is geweest, dat de auto in zijn geheel enigszins naar links is uitgeweken.

C. Uit het onder B. genoemde volgt, dat de linker rij tonnen zeer zwaar werd belast. Het feit dat geen van deze tonnen is gebroken, is er de oorzaak van geweest dat het zand uit deze tonnen is weggeperst.

De lege platgevouwen omhulsels van de linker rij tonnen werden door de neus van het voertuig meegevoerd en tegen de opvolgende tonnen gedrukt, die op hun beurt eveneens werden meegevoerd. Het voertuig is niet op de denkbeeldige rijbaan terechtgekomen. De eindtoestand na de botsing is te zien op Afbeelding 8.

De grootte van de voertuigvertraging, uitgedrukt in de waarde voor de ASI, bedroeg 1,7. Dit is ver boven de maximaal toegestane waarde. De afstand waarbinnen het voertuig tot stilstand kwam, was 1,10 m minder dan de lengte van de obstakelbeveiliger.

Enkele verschijnselen waren in de film niet voldoende waar te nemen door het zich verspreidende zand. Dit was het geval bij het gebeuren met de tonnen 9 en 10.

Enkele deksels werden weggeslingerd, maar deze zijn alle in de rijrichting achter de beveiliging terecht gekomen op afstanden variërend van ca. 3 tot ca. 12 m.

De blokken van polystyreenschuim, die deel uitmaakten van de kern van de vaten, zijn bij deze proef praktisch niet verspreid.

4.2. Proefverloop obstakelbeveiliger Pk2

(Pertinax, plaat 1,5 mm)

De belangrijkste punten die bij deze proef naar voren kwamen, zijn:

A. De tonnen 1 t/m 8 werden volledig stukgereden, waardoor minder zand dan bij proef Pk1 in opwaartse richting uit de tonnen werd geperst. Het

kwam daarentegen vrij in het botsingsvlak met het voertuig en werd deels opzijgeschoven, deels door het voertuig doorploegd en nam aldus nog een deel van de botsingsenergie op.

B. Ook bij deze proef vond een gedeeltelijk weggedruken van de tonnen 3, 5 en 8 naar rechts plaats. Deze tonnen barstten hierbij open zodat, anders dan bij de vorige proef, niet al het zand buiten het botsings-vlak van de auto terecht kwam. De tonnen 3, 5 en 8 werden weggedrukt doordat ze zich afzetten tegen de tonnen 4, 6 en 7 van de andere rij.

C. Uit het feit dat ton 9 is opengebarsten en ton 10 betrekkelijk onbeschadigd is gebleven, mag geconcludeerd worden dat ook hier de belasting van de linker rij zwaarder is geweest dan die van de rechter rij. De uitwijking van het gehele voertuig naar links kan hiervan het gevolg zijn geweest.

Het proefvoertuig is voor een klein deel op de denkbeeldige linker rijbaan terecht gekomen. De eindtoestand na de botsing is te zien op Afbeelding 9.

De waarde voor de ASI bedroeg bij deze proef 1,3. Dit is boven de maximaal toegestane waarde. Het voertuig kwam 0,5 m voor het einde van de obstakelbeveiliger tot stilstand.

Enkele verschijnselen aan het eind van de botsing kwamen in de film niet duidelijk tot uiting door de zich verspreide zanddeken.

De meeste deksels lagen vlak achter de beveiliging. Eén deksel is op 2 m van de kantstreep op de rijbaan terecht gekomen. Twee deksels lagen op ca. 18 m afstand, één hiervan is dwars over de rijbaan gezield en tenslotte in de tegenoverliggende berm gerold. Van het kernmateriaal polystyreenschuim heeft een uitworp plaatsgevonden dwars over de rijbaan.

4.3. Proefverloop obstakelbeveiliger Pk3

(PVC-plast, plaat 3 mm)

Als bijzonderheden van deze proef kunnen hier genoemd worden:

A. De tonnen 1 t/m 6 werden volledig stukgereden, waarbij in mindere mate dan bij proef Pk1 zand naar boven werd geperst en meer zand vrij-

kwam in het botsingsvlak van het voertuig. Het werd vervolgens deels overreden, d.w.z. doorploegd door het voertuig, en nam op deze wijze nog een deel van de botsingsenergie op; anderdeels werd het opzijgeschoven.

B. Na te zijn aangereden barstten de tonnen 7 en 8 op de naad open en de opschuivende massa zand in het botsingsvlak deed de tonnen 9 en 10 kantelen. Deze liepen als het ware aan de onderzijde leeg, waarbij het opvallend was, dat de zandmassa voor een groot deel in het botsingsvlak met het voertuig bleef en alsdus direct heeft bijgedragen tot de vernietiging van de botsingsenergie.

Voor zover terzijde schuiven heeft plaatsgevonden, is dit naar beide zijden in ongeveer gelijke mate gebeurd.

C. Ook bij deze proef is het achtereinde van de auto naar links weggedraaid, maar niet op de denkbeeldige rijbaan terecht gekomen. De eindtoestand na de botsing is te zien op Afbeelding 10.

De waarde voor de ASI bedroeg bij deze proef 1,2. Dit is nog boven de toegestane limietwaarde van 1. Het voertuig kwam bijna 1 m vóór het einde van de obstakelbeveiliger tot stilstand.

Zes deksels lagen onmiddellijk achter de beveiliger, geheel of gedeeltelijk onder het zand. Twee deksels lagen op ca. 5 m afstand langs de kantstreep. Eén deksel lag op ca. 11 m afstand op de rijbaan, 0,5 m over de kantstreep; één deksel was op ongeveer gelijke afstand in de tegenoverliggende berm terechtgekomen.

Van het kernmateriaal polystyreenschuim lagen wat brokken schuin achter de beveiliger op de rijbaan.

4.4. Proefverloop obstakelbeveiliger Pk4 (Polyetheen, hardschuimschalen, 8 mm)

De meest opvallende punten van deze proef met de originele Fitch Inertial Barrier waren:

A. De voorzijde van het proefvoertuig kwam omhoog, nadat het met ton 6 in botsing was gekomen. Het voertuig schoof daarna over de daarachter opgestelde tonnen heen. Hierdoor was het proefverloop anders dan bij de overige obstakelbeveiligers.

B. De tonnen 1, 2 en 4 werden stukgereden; 3, 5 en 8 barstten open op de naden; 6, 7, 9 en 10 werden platgereden en het zand werd eruit geperst. Kenmerkend was bij deze constructie dat de tonnen zijwaarts uitstulpten alvorens te barsten, wat was waar te nemen bij de tonnen 2, 3 en 5. Hierdoor verdween het zand iets geleidelijker uit het botsingsvlak met het voertuig. Het droeg daardoor iets langer bij tot de energievernietiging en werkte aldus in de beginfase van de botsing sterk vertragend op de voertuigbeweging.

C. Evenals bij Pk1, met tonnen uit kunststof op gelijke basis (polyethleen), werden de tonnen 3, 5 en 8 zijwaarts naar rechts weggedrukt. Ton 3 is daarbij gedeeltelijk op de denkbeeldige rijbaan terecht gekomen.

D. Het wegdraaien van het vooreind van het voertuig naar links trad pas op, toen het voertuig vrijwel volledig tot stilstand was gekomen. De eindtoestand na de botsing is te zien op Afbeelding 11.

De waarde voor de ASI bedroeg 1,2; dit is nog boven de limietwaarde. Doordat het voertuig omhooggekomen is, is het niet binnen de lengte van de obstakelbeveiliger tot stilstand gekomen (45 cm doorgeschoten).

5. DISCUSSIE VAN DE RESULTATEN

Door hun beperkte opzet kunnen de proeven slechts een indicatie geven van de effectiviteit van de beproefde obstakelbeveiligers en van de mate waarin de werking van de alternatieve materialen overeenkomt met die van het originele materiaal van de Fitch Inertial Barrier. In deze beperkte proevenserie is er niet naar gestreefd de bestaande constructie te verbeteren.

5.1. Grootte van de voertuigvertraging

Bij de proef Pk1 kwam als meest opmerkelijk feit naar voren, dat de tonnen heel bleven. Als oorzaak kan aangemerkt worden dat het materiaal waaruit de tonnen waren samengesteld, te taai was. Hierdoor konden zij zich tegen elkaar afzetten. Omdat de grootste zandmassa zich bij de proefopstelling in de linker rij bevond, had deze materiaaleigenschap tot gevolg dat bij aanrijding de rechter rij tonnen (3, 5 en 8) rechts zijwaarts uit de opstelling gedrukt werd. Deze tonnen oefenden daarbij reactiekrachten uit op het passerende voertuig, dat naar links gedwongen werd.

Ook de grote opwaartse uitworp van zand uit de tonnen bij deze proef is te verklaren uit de grote taaiheid van het materiaal. De tonnen barstten nl. niet open, maar werden platgedrukt tegen de volgende tonnen en vervolgens meegenomen door het voertuig. De totale weerstand van de meegevoerde tonnen en het daaruit vrijkomende zand was zo groot, dat deze proef de kortste weg tot stilstand en de hoogste ASI-waarde opleverde.

Aangezien deze proef en proef Pk3 uitgevoerd zijn met een snelheid die midden in het snelheidsgebied van de vier proeven ligt, zal de snelheid bij deze proeven als referentiesnelheid genomen worden.

Bij de proeven Pk2 en Pk3 was de uitworp naar boven van weggeperst zand minder, doordat bij deze proeven de tonnen kapot werden gereden. Deze twee proeven geven ook vrijwel overeenkomstige waarden voor de ASI te zien. Gezien het feit dat bij Pk2 de botssnelheid hoger was dan

Pk3, mag ook de waarde voor de ASI iets hoger zijn.

Proef Pk4 verliep aanvankelijk volgens hetzelfde patroon als de andere proeven, hoewel de tonnen van Pk4 eerst zijwaarts uitstulpten door een grotere taaiheid van het gebruikte materiaal, en het zand als het ware in deze uitstulpingen uitweek voordat de tonnen openbarstten. Na de botsing met ton 6 kwam de voorzijde van het voertuig echter omhoog en schoof daarna over de achterliggende tonnen heen. Hierdoor was de afstand waarbinnen het voertuig tot stilstand kwam, groter dan de lengte van de obstakelbeveiliger. Dat ondanks de grotere remweg de waarde voor de ASI niet laag is uitgevallen, komt omdat deze ASI bepaald is gedurende de eerste fase van de botsing, toen het voertuig nog niet omhoog gekomen was. De weerstand die het voertuig in deze fase onderging was relatief hoog.

De waarde voor de ASI zou waarschijnlijk iets hoger zijn geweest als de botssnelheid even hoog was geweest als bij Pk1 of Pk3.

5.2. De afstand waarbinnen het voertuig tot stilstand kwam

Bij de eerste drie proeven is het voertuig binnen de lengte van de obstakelbeveiliger tot stilstand gekomen. De constructie zou ook nog voertuigen met een grotere massa of grotere snelheid tijdig tot stilstand gebracht kunnen hebben. Bij proef Pk4 is het voertuig 45 cm voorbij de laatste tonnen geschoten. Als er een obstakel direct achter de obstakelbeveiliger gestaan had, zou het voertuig hiermee in aanraking zijn gekomen.

5.3. De zijdelingse afwijkingen van het voertuig

Bij één proef (Pk2) heeft het voertuig een dermate grote zijdelingse verplaatsing ondergaan, dat het enigszins op de denkbeeldige linker rijbaan terecht is gekomen. Bij de andere proeven zijn de voertuigen binnen de kantlijnen gebleven.

5.4. Het gedrag van de obstakelbeveiliger tijdens de botsing

Bij proef Pk1 en Pk4 zijn er tonnen op de denkbeeldige rechter rijbaan terechtgekomen. Dit komt vooral omdat de tonnen bij deze proeven niet volledig stuk gingen.

Verder zijn er bij alle proeven deksels op de rijbaan terecht gekomen. Indien deze deksels onderling verbonden en aan een vast punt bevestigd worden, kan het wegvliegen worden voorkomen.

6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In het algemeen bestaat de indruk dat een obstakelbeveiliger bevredigender werkt naarmate de tonnen vollediger kapot springen. De voertuigvertraging wordt dan geringer, het voertuig zal minder neiging hebben omhoog te komen en de tonnen zullen niet in hun geheel opzij weggedrukt worden.

Op grond van de uitkomsten van de vier proeven is de indicatie verkregen dat de obstakelbeveiliger in de opstelling zoals beproefd nog niet volledig bevredigend werkte. In alle gevallen was de vertraging te hoog. Als de uitkomsten onderling worden vergeleken, kan voorzichtig geconcludeerd worden dat de uitkomsten van Pk2 en Pk3 het meest bevredigend waren. Als ook rekening wordt gehouden met de gegevens in het rapport van KRI-TNO dat in het Voorwoord wordt gememoreerd, kan worden gesteld dat pertinax (Pk2) het meest voor de hand liggende materiaal is om te worden gebruikt ter vervanging van het originele materiaal van de Fitch Barrier.

De berekende ASI-waarden van de vier proeven zijn alle hoger dan 1. De voertuigvertragingen zijn dus te hoog. Uit de Afbeeldingen 3 t/m 6 blijkt dat vooral de langsvertraging van de proefvoertuigen bepalend is geweest voor de hoogte van de ASI-waarden. In paragraaf 2.2. is reeds gesteld dat de ASI-norm met de nodige omzichtigheid moet worden gehanteerd, daar de wetenschappelijke waarde beperkt is. De SWOV heeft toch voor deze norm gekozen vanwege het feit dat alle drie de vertragingrichtingen in de norm vertegenwoordigd zijn.

Een botsing tegen een obstakelbeveiliger is geen kortstondig gebeuren maar duurt relatief gezien vrij lang. De vertraginggrafieken laten dan ook een hoge langsvertraging zien over een lange tijd. Uit de literatuur is bekend dat reeds bij relatief lage, maar langdurige vertragingen letsel optreedt. Dit kan dus inhouden dat wanneer de ASI-waarde lager is dan 1 toch nog letsel optreedt. Voor de beoordeling van de obstakelbeveiliger betekent deze redenering dat, zeker gezien van de toch al te hoge ASI-waarden, de beproefde obstakelbeveiligers te agressief zijn. Een mogelijkheid om de grootte van de langsvertraging in het be-

gin te beperken, is in de neus van de obstakelbeveiligers meer tonnen met de kleinste zandmassa op te stellen. Deze oplossing wordt ondersteund door het feit dat de gebruikte zandmassa's per ton bij de Fitch Inertial Barrier gebaseerd zullen zijn op Amerikaanse personenauto's. De Europese personenauto's zijn lichter. Dit verschil in massa van de personenauto's vraagt ook om een "zachtere" obstakelbeveiliging. Concluderend kan gesteld worden dat het principe van de obstakelbeveiliging zeker ook voor de Nederlandse situatie toegepast kan worden, maar dat nader onderzoek noodzakelijk is.

TABELLEN EN AFBEELDINGEN

Tabel 1. Uitkomsten van de proeven.

Afbeelding 1. Basisopstelling obstakelbeveiliger.

Afbeelding 2. Principeschema zandvulling.

Afbeelding 3. Verdragingscurven obstakelbeveiliger Pk1.

Afbeelding 4. Verdragingscurven obstakelbeveiliger Pk2.

Afbeelding 5. Verdragingscurven obstakelbeveiliger Pk3.

Afbeelding 6. Verdragingscurven obstakelbeveiliger Pk4.

Afbeelding 7. Maten van de tonnen, storthoogte en massa van de zandvulling.

Afbeelding 8. Obstakelbeveiliger Pk1, overzicht toestand na botsing.

Afbeelding 9. Obstakelbeveiliger Pk2, overzicht toestand na botsing.

Afbeelding 10. Obstakelbeveiliger Pk3, overzicht toestand na botsing.

Afbeelding 11. Obstakelbeveiliger Pk4, overzicht toestand na botsing.

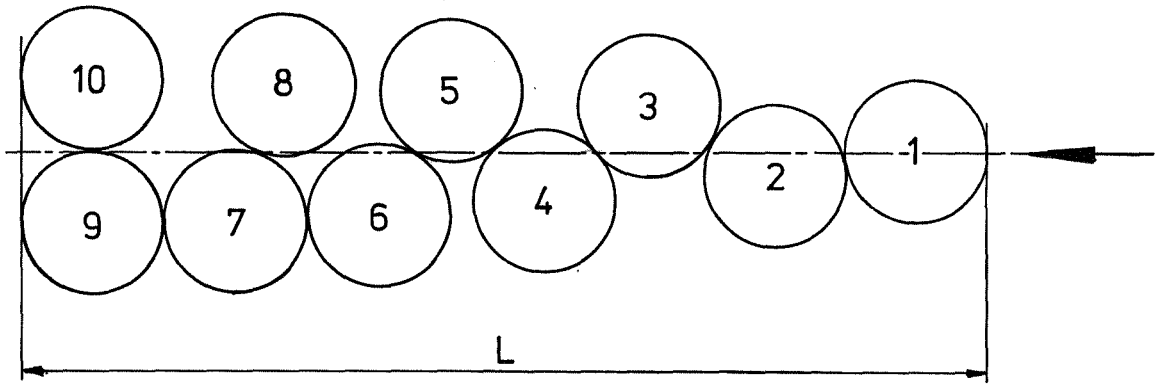
Afbeelding 12. Obstakelbeveiligers, proeven Pk1 en Pk2.

Afbeelding 13. Obstakelbeveiligers, proeven Pk3 en Pk4.

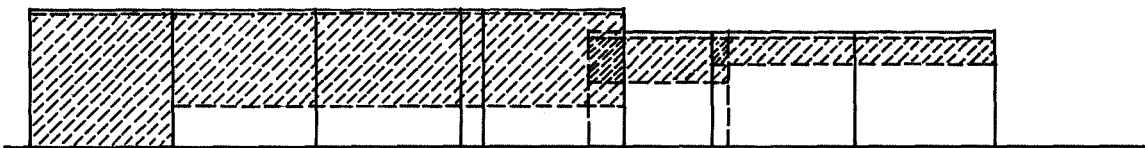
Proef	Type obstakelbeveiliging	Lengte obstakelbeveiliging	Inrij-snelheid voertuig	UITKOMSTEN					
				ASI 1)	Stop-afstand voertuig	Voertuig tijdig tot stilstand; afstand voor of voorbij laatste tonnen	Indeuking van het front van het proefvoertuig	Voertuig op rijbaan terecht gekomen?	Tonnen op rijbaan terecht gekomen?
Pk1	Polyetheen plaat 5 mm	5,80 m	84 km/h	1,7	4,70 m	ja; 1,10 m	44 cm	nee	ja
Pk2	Pertinax plaat 1,5mm	6,25 m	89 km/h	1,3	5,75 m	ja; 0,50 m	39 cm	ja, weinig	nee
Pk3	PVC-plast plaat 3 mm	6,55 m	82 km/h	1,2	5,60 m	ja; 0,95 m	37 cm	nee	nee
Pk4	Polyetheen hardschuim-schalen 8mm	5,75 m	78 km/h	1,2	6,20 m	nee; 0,45 m	42 cm	nee	ja (ged.)

1) Limietwaarde 1; geen dwarsvertraging gemeten

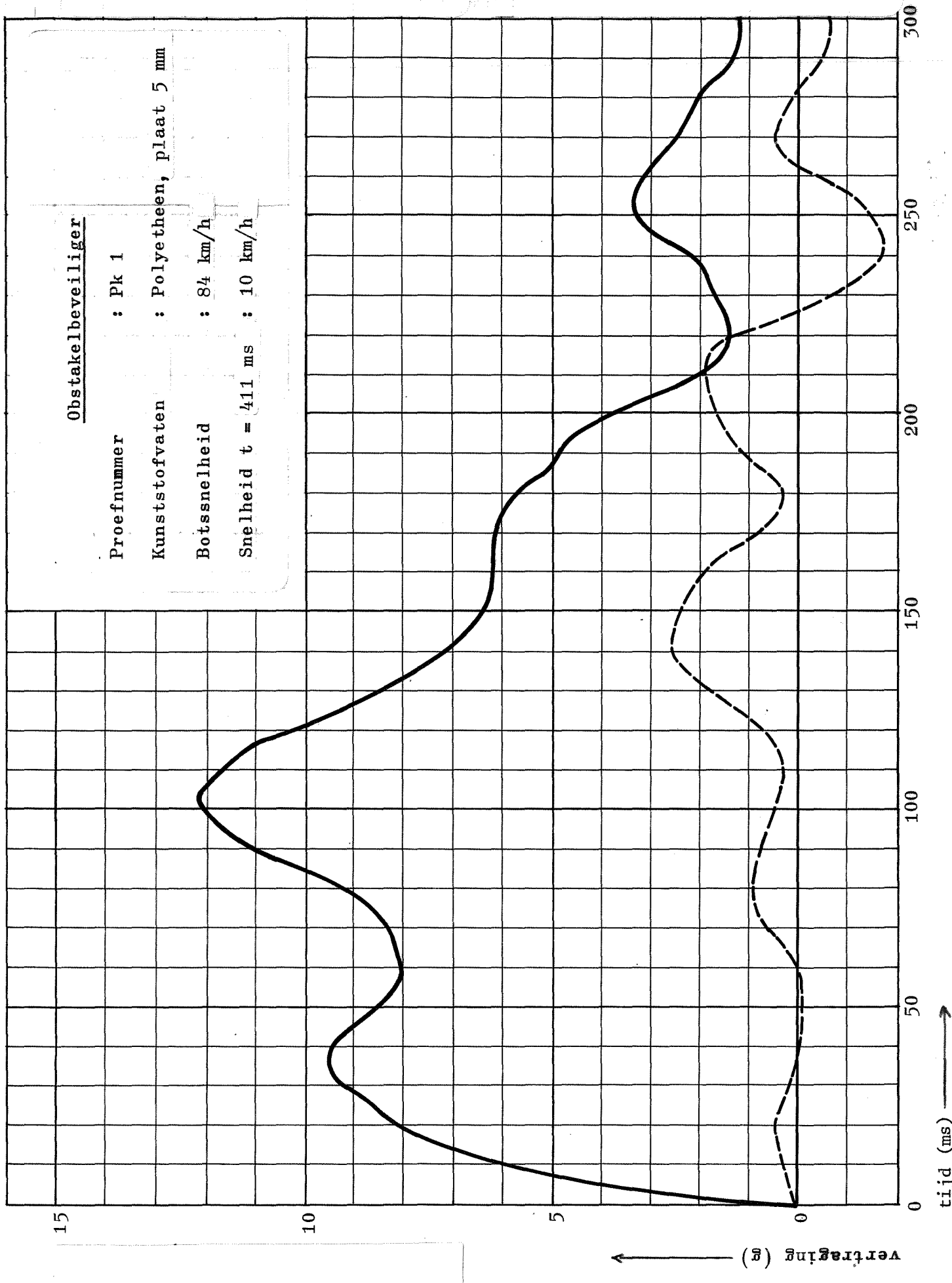
Tabel 1. Uitkomsten van de proeven



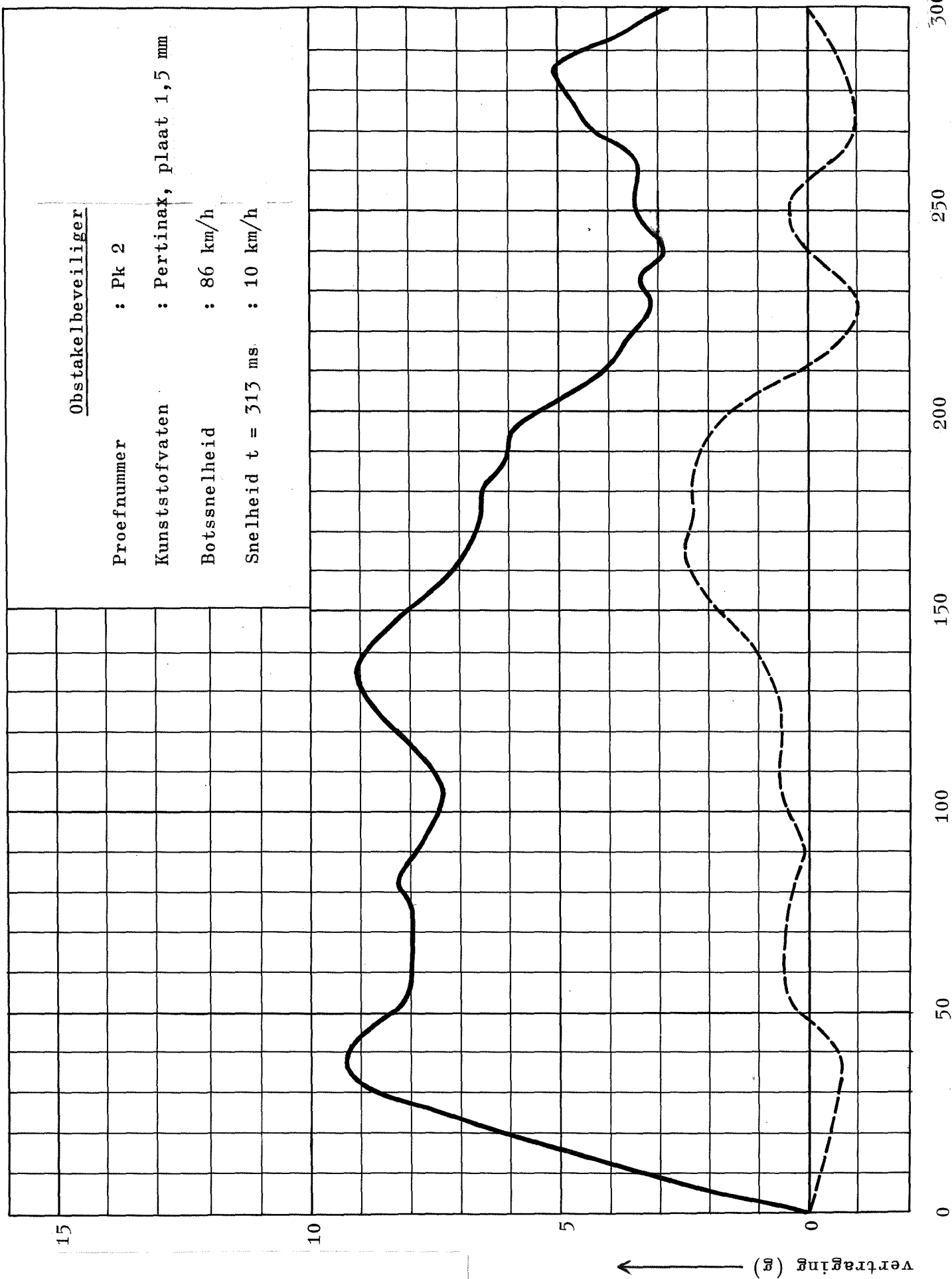
Afbeelding 1. Basisopstelling obstakelbeveiliger.



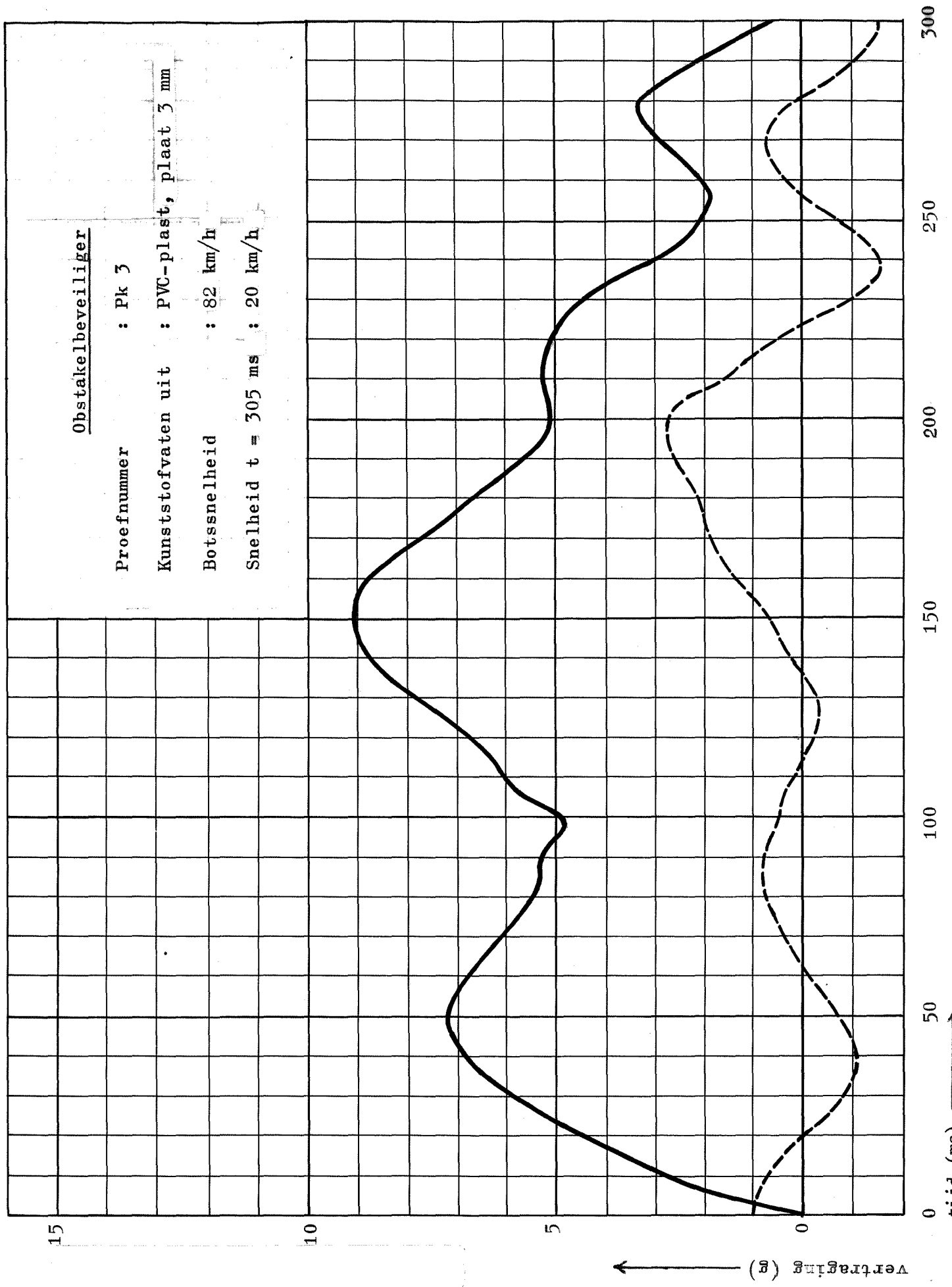
Afbeelding 2. Principeschema zandvulling.



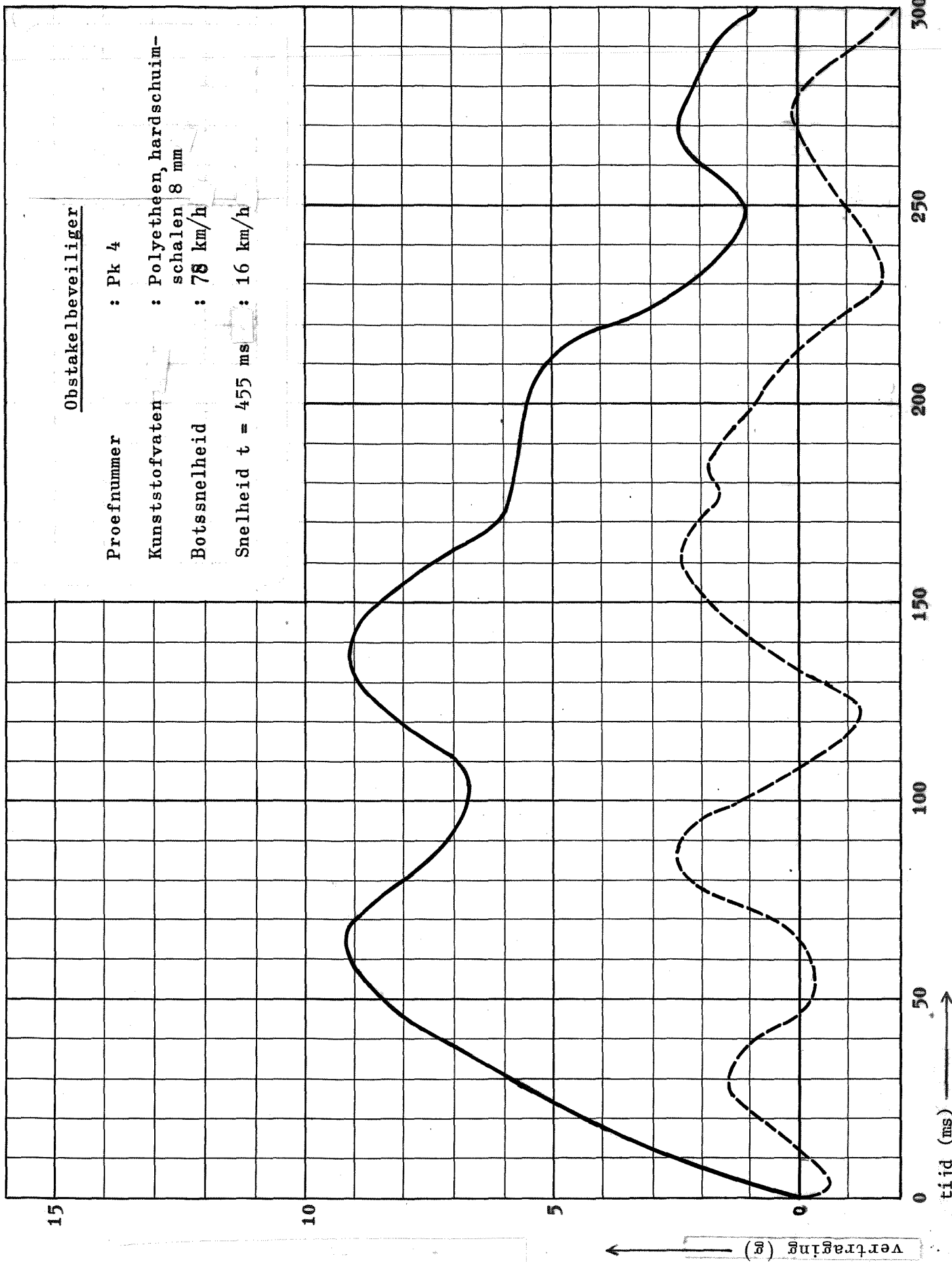
Afbeelding 3. Vertragingcurven obstakelbeveiliger Pk1.



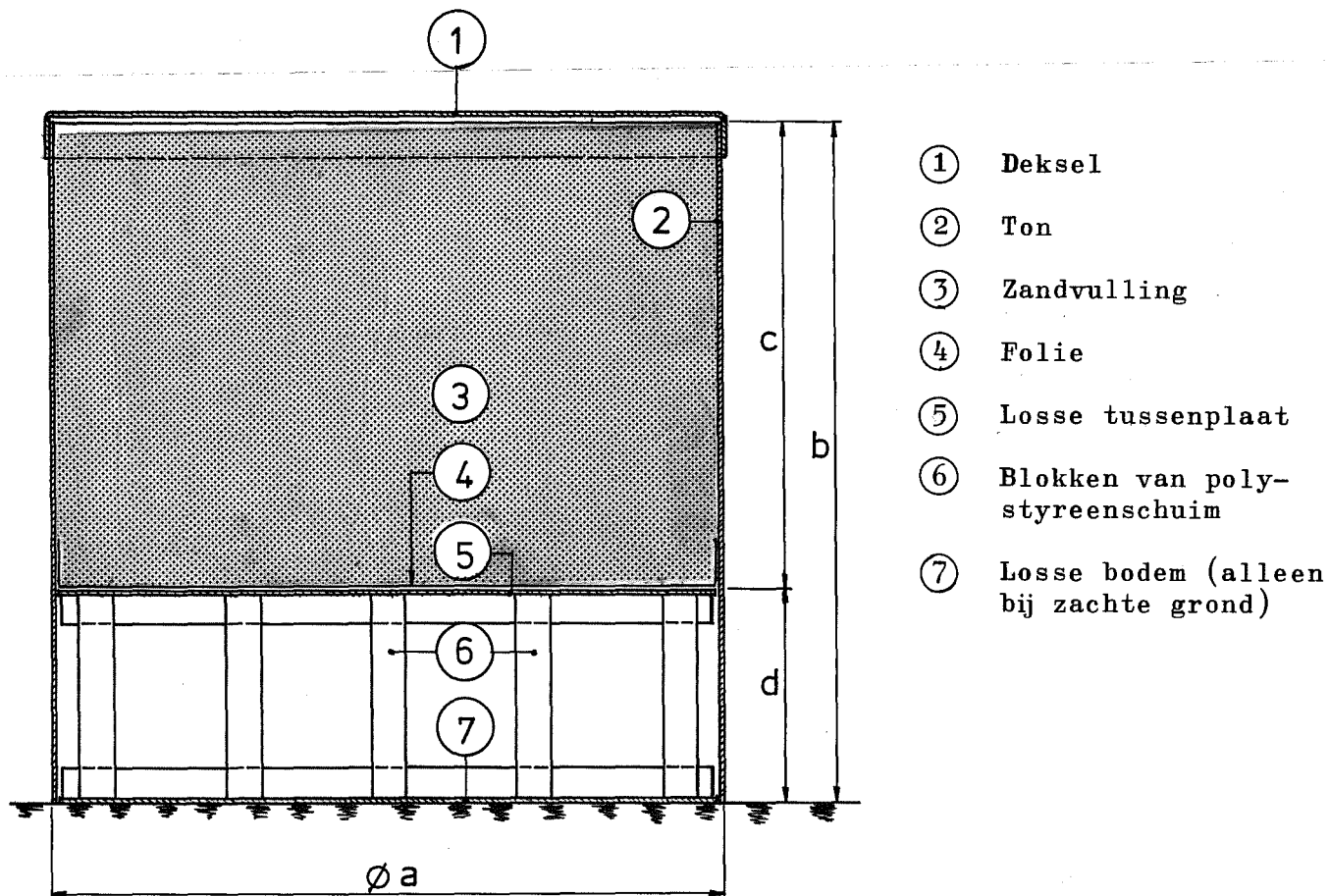
Afbeelding 4. Vertragingscurven obstakelbeveiliger Pk2.



Afbeelding 5. Vertragingcurven obstakelbeveiligiger Pk3.



Afbeelding 6. Vertragingcurven obstakelbeveiliger Pk4.

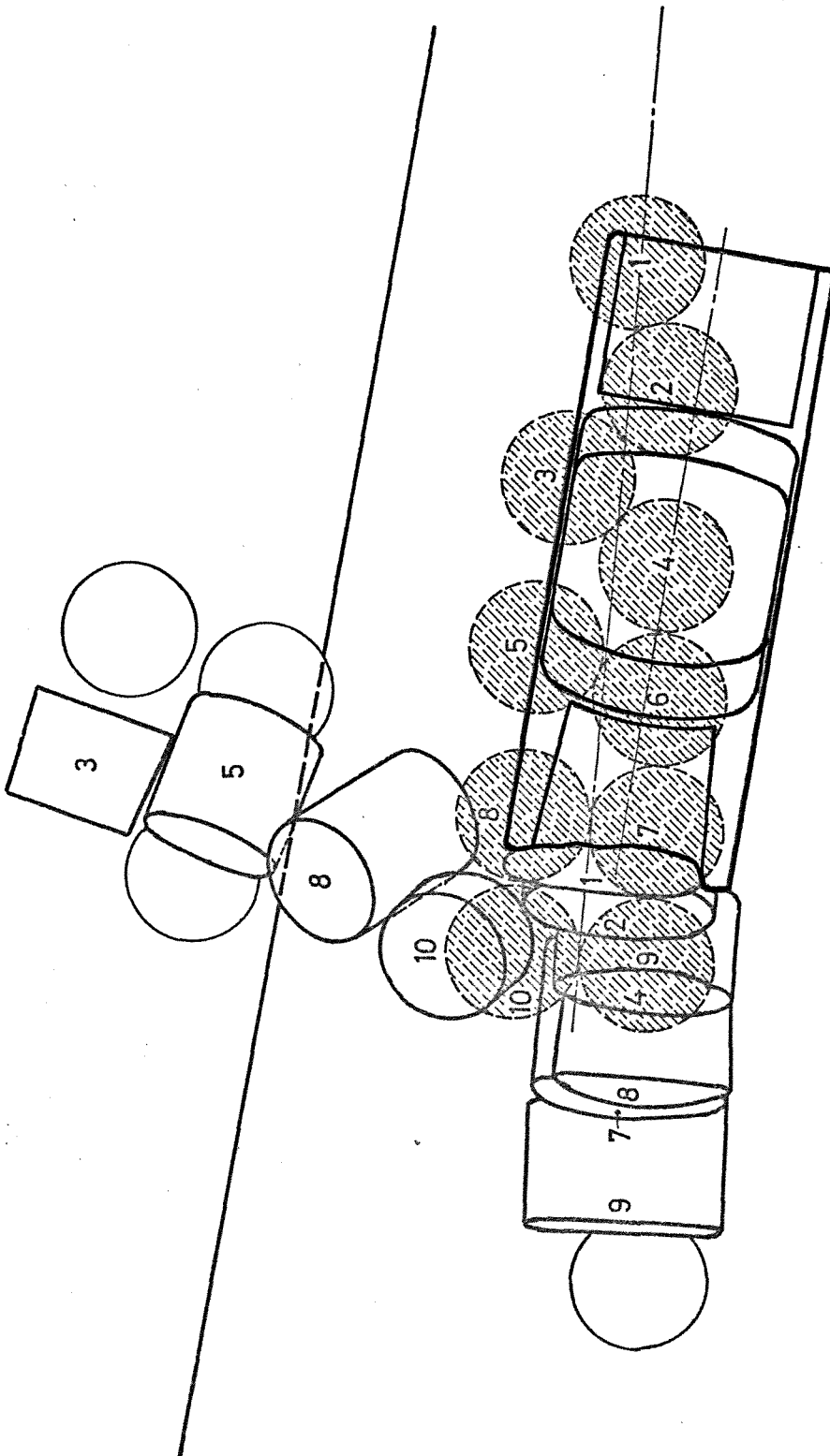


tonnen nrs:	maten in cm				zandmassa G in kg
	ϕa	b	c	d	
1, 2	91	76	17	52	182
3	91	76	29	42	318
4, 5, 6, 7, 8	91	91,5(1)	62 (2)	29	636 (3)
9, 10	91	91,5	82	0	954

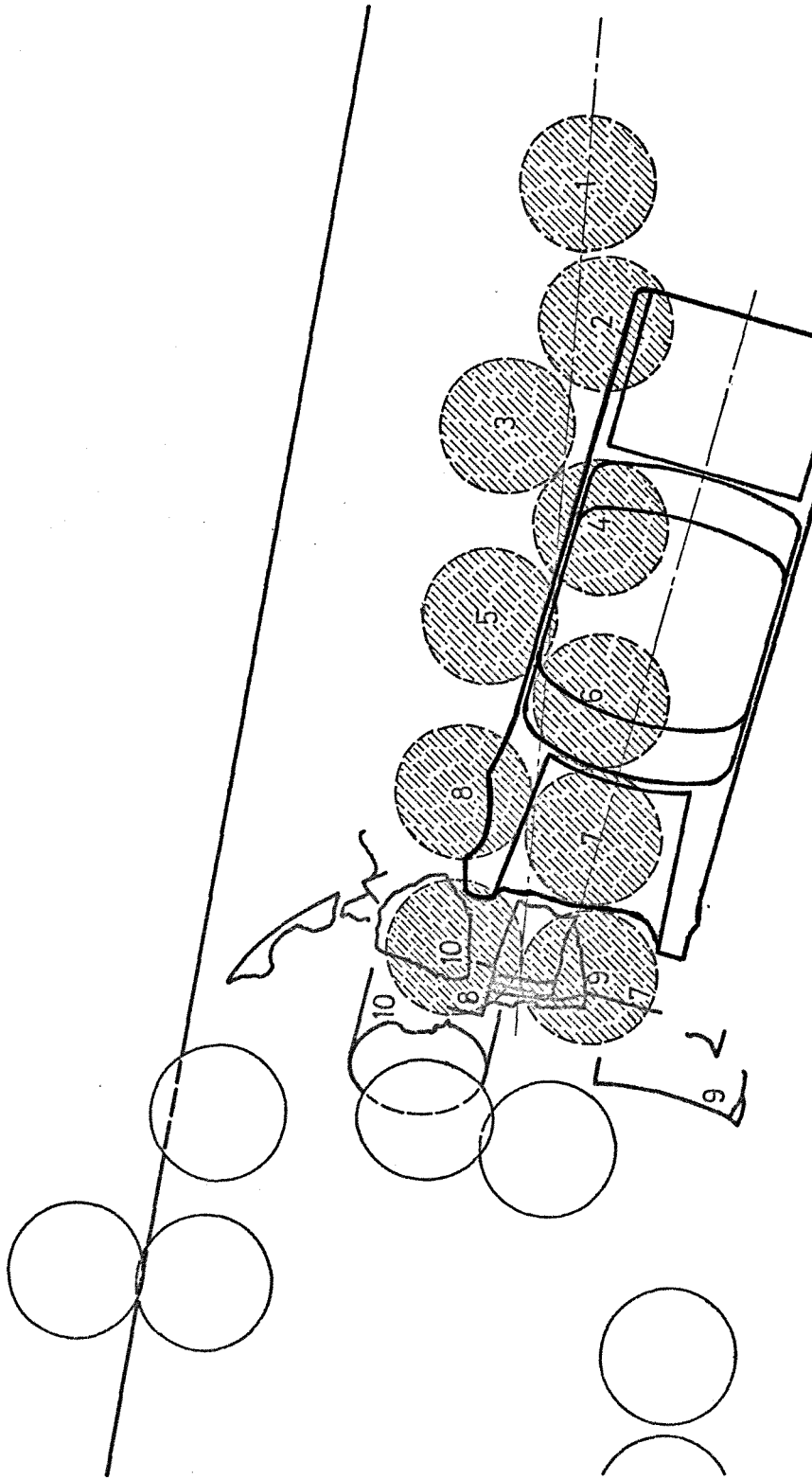
De totale zandmassa is 5766 kg, waarbij is uitgegaan van een soortelijke massa van 18 N/dm^3

- (1) bij proef 4 ton $b = 76 \text{ cm}$
- (2) bij proef 4 ton $c = 47 \text{ cm}$
- (3) bij proef 4 ton $G = 483 \text{ kg}$

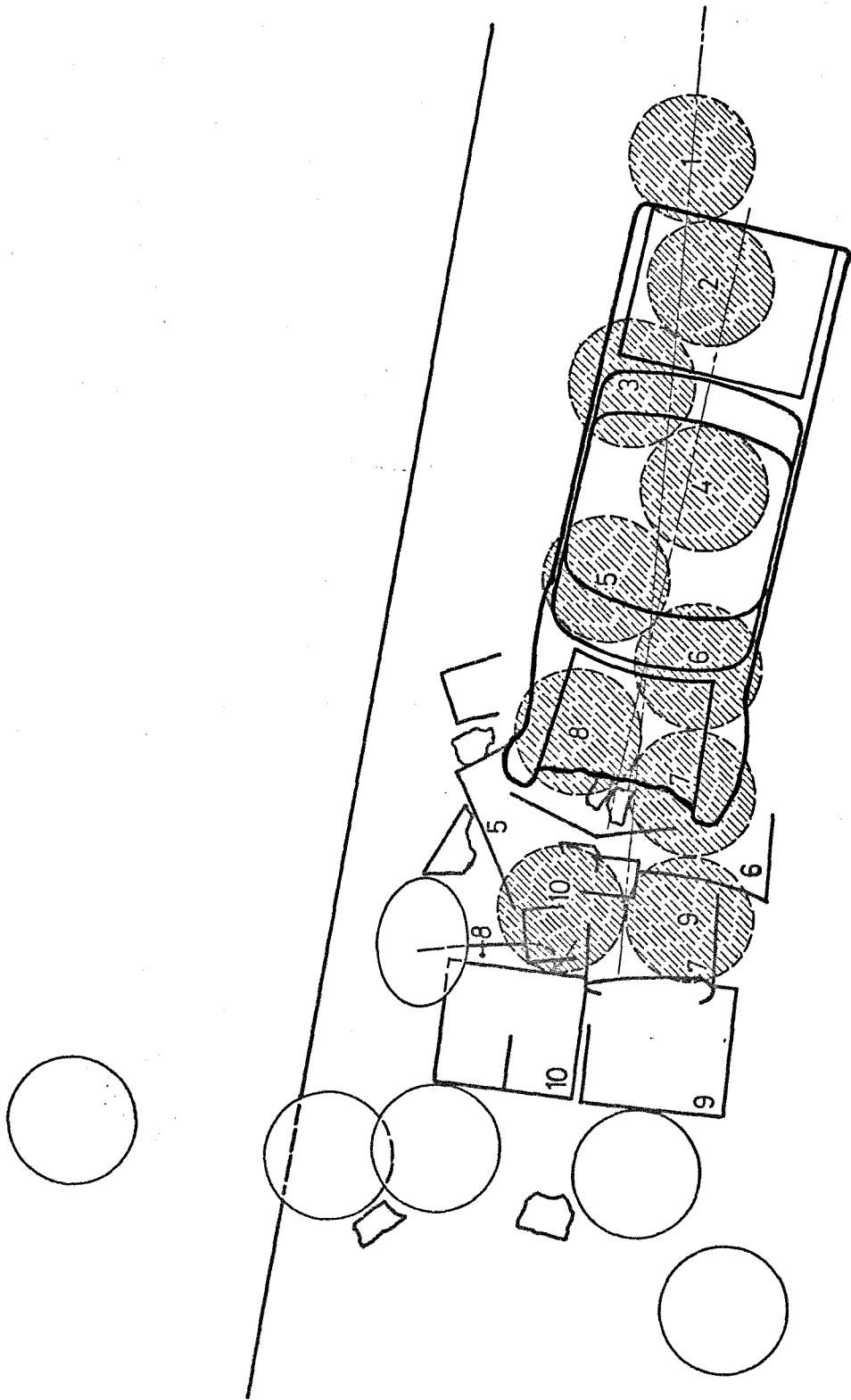
Afbeelding 7. Maten van de tonnen, storthoogte en massa van de zandvulling.



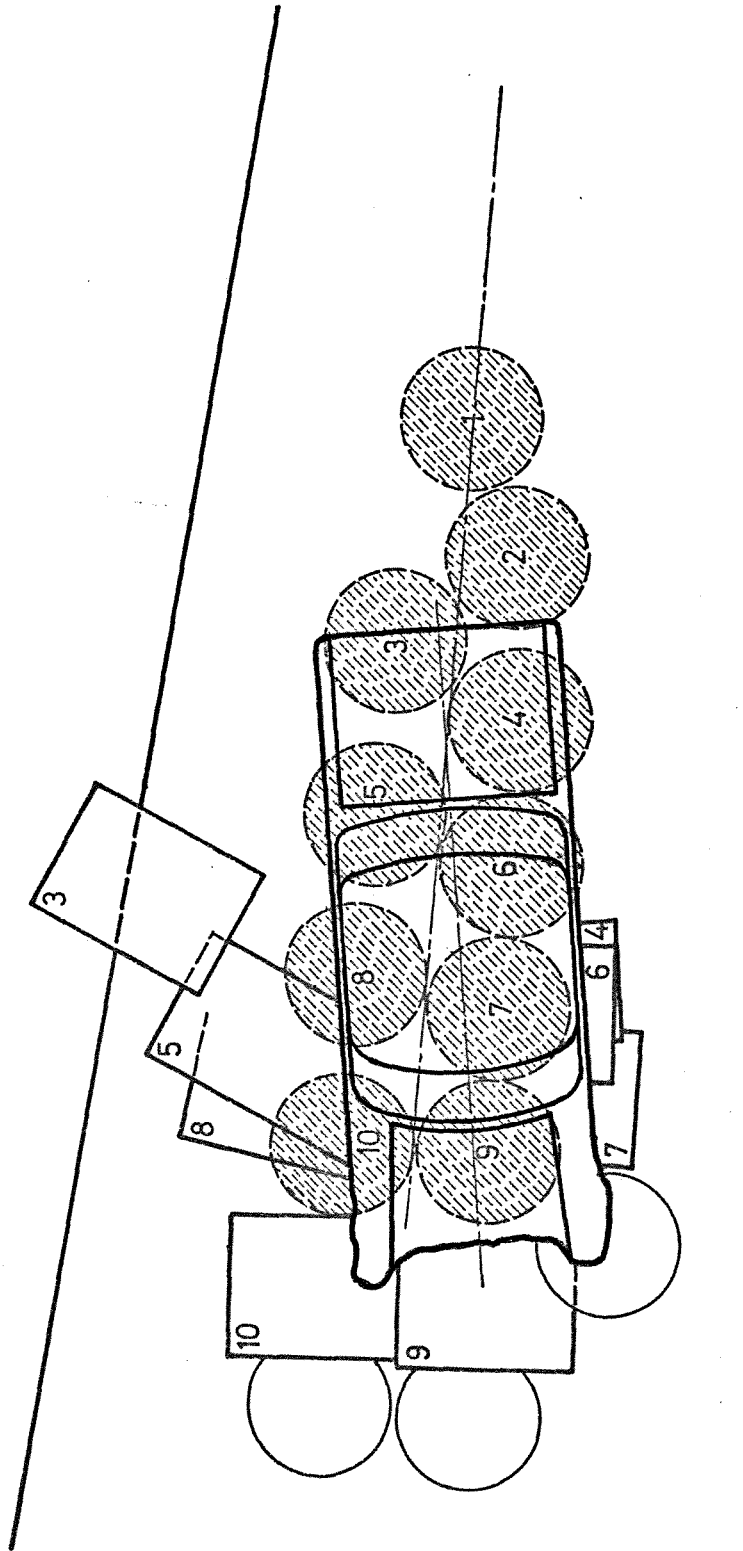
Afbeelding 8. Obstakelbeveiliger Pk1, overzicht toestand na de botsing.



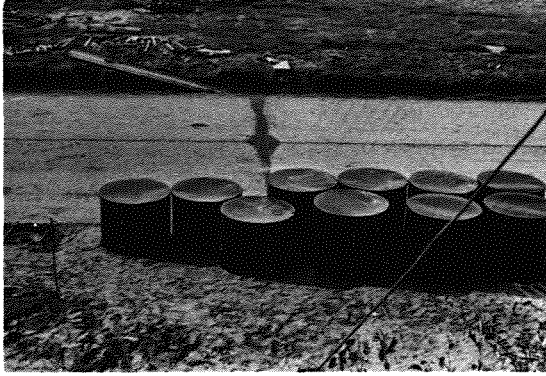
Afbeelding 9. Obstakelbeveiliger Pk2, overzicht toestand na de botsing.



Afbeelding 10. Obstakelbeveiligiger Pk3, overzicht toestand na de botsing.



Afbeelding 11. Obstakelbeveiligiger PK4, overzicht toestand na de botsing.



Pk 1



Pk 1



Pk 1



Pk 1



Pk 2



Pk 2

Afbeelding 12. Obstakelbeveiligers, proeven Pk1 en Pk2.



Pk 3



Pk 3



Pk 3



Pk 4



Pk 4

Afbeelding 13. Obstakelbeveiligers, proeven Pk3 en Pk4.

LITERATUURLIJST

Ross, H.E. & Post, E.R. Criteria for guardrail need and location on embankments. Volume 1: Development of criteria. Texas Transportation Institute, 1971.

Ross, H.E. & Post, E.R. Tentative criteria for the design of safe sloping culvert grates. Texas Transportation Institute, 1972.

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

VERWANTE SWOV-PUBLIKATIES

Obstakels in wegbermen

Pol, W.H.M. van de & Slop, M. Flexibele geleiderailconstructies en lichtmasten in middenbermen. *Wegen* 43 (1969) (dec.) 649: 358 t/m 361.

Blokpoel, A. Botsingen tegen obstakels; Een analyse van beschikbare verkeersongevallencijfers. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1971.

Blokpoel, A. & Klei, H. van der. Moet boom langs de weg verdwijnen; Botsingen tegen obstakels, een analyse van beschikbare ongevallencijfers. *Wegen* 45 (1971) (okt.) 671: 279 t/m 284.

Flury, F.C. & Kampen, L.T.B. van. Obstakelongevallen; Beschouwingen van onderzoek. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1971.

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

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

Schreuder, D.A. Bermbeveiligingen en lichtmasten. *Verkeerstechniek* 23 (1972) 1: 22 t/m 25.

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

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

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

Schoon, C.C. Het gedrag van lichtmasten bij aanrijdingen van personenauto's en de consequenties daarvan. In: SWOV-congres Toekomst in veiligheid: Programma en teksten van de bijdragen voor het SWOV-congres Toekomst in veiligheid, gehouden op 18 mei 1976 in het Internationaal Congrescentrum RAI te Amsterdam. Publikatie 1976-4N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

SWOV (C.C. Schoon & A. Edelman). 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 (C.C. Schoon & A. Edelman). Gevaren bij het ómvallen van lichtmasten: Overwegingen bij het plaatsen van voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten. Publikatie 1976-7N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

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

SWOV (F.C. Flury). Lichtmasten en openbare verlichting: Kosten in relatie tot verkeersveiligheid; Een beslissingsmodel. SWOV-rapport. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1977.

SWOV (C.C. Schoon, D.J.R. Jordaan & W.H.M. van de Pol). Praatpalen; Een nadere beschouwing van een aantal oriënterende botsproeven die in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep "Bermbeveiligingen" in 1971 zijn gehouden op "De Vlasakkers" te Amersfoort. (Herziene versie.) SWOV-rapport. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1977.

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

Bermbeveiligingen

Ek, J.C.P. van. Metingen en registratie van voertuigen bij beproeving van middenbermbeveiligingsconstructies. Intern memorandum. SWOV, 1964.

Asmussen, E. & Flury, F.C. Middenbermbeveiliging. Wegen 39 (1965) (okt.) 599: 250 t/m 260.

SWOV (F.C. Flury). Discontinuïteiten in beveiligingsconstructies voor bermen en kunstwerken. Rapport 67-2. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1967.

Thoënes, E. & Slop, M. SWOV-onderzoek leidde tot flexibele en snel te repareren geleiderailconstructies. Wegen 43 (1969) okt. 647: 296 t/m 304.

SWOV (M. Slop). Bermbeveiliging; Een beschrijving van de ontwikkelde geleiderailconstructies. Rapport 1970-1. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1970.

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

Asmussen, E. Bermbeveiligingsconstructies. In: Verkeerstechnische leer- gang ANWB, 1970, blz. 12 t/m 18. Koninklijke Nederlandsche Toeristen- bond ANWB, 1970.

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

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

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