

STALEN GELEIDEBARRIER MET HET NEW JERSEY PROFIEL II

Vervolg van het simulatie-onderzoek naar de veiligheid van een stalen
New Jersey barrier

R-91-20

Ing. W.H.M. van de Pol

Leidschendam, 1991

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

Voorwoord

1. Inleiding
2. Criteria
3. Constructie
4. Simulaties
 - 4.1. Opzet en uitvoering simulaties
 - 4.2. Resultaten simulaties
 - 4.3. Vergelijking van de verplaatsbare stalen New Jersey barrier met andere beveiligingsconstructies
5. Conclusie

Afbeeldingen 1 t/m 11

Tabellen 1 en 2

Bijlagen

VOORWOORD

Dit rapport doet verslag van een onderzoek om via enkele aanvullende simulaties met een personenauto en een vrachtauto de veiligheid vast te stellen van een stalen geleidebarrier voor tijdelijke bijzondere omstandigheden. Het betreft hier aanvullingen op de simulaties waarover in het SWOV-rapport R-90-7 is gerapporteerd over dezelfde constructie.

Het verslag van het onderzoek is samengesteld door ing. W.H.M. van de Pol.

1. INLEIDING

De Directie Bruggen van de Rijkswaterstaat heeft een stalen geleidebarrier ontwikkeld (met het New Jersey profiel) voor toepassing in de zgn. wisselrijstroken op enkele brugdekken van Rijksweg 1 (A1: Amsterdam-Muiden). Het is de bedoeling deze stalen barrier bij tijdelijke, bijzondere omstandigheden op autosnelwegen ook op andere plaatsen toe te passen.

De veiligheidsaspecten van deze constructie, zoals de optredende vertragingen van het botsende voertuig, de verplaatsing van de barrier in laterale richting, moeten nog worden onderzocht.

Om redenen van gewichtsbesparing is de barrier van staal gemaakt en niet van beton (reductiefactor 5,5). In de literatuur zijn echter alleen resultaten van full-scale tests op betonnen barriers met het New Jersey profiel te vinden. De nu voorgestelde constructie is voor zover ons bekend nog niet in de praktijk geplaatst en er zijn geen gegevens van full-scale tests in de literatuur gevonden. Er kunnen dan ook uitsluitend computersimulaties worden uitgevoerd, ter beoordeling van de veiligheid van de constructie.

In het rapport "Stalen geleidebarrier met New Jersey profiel" (SWOV R-90-7) zijn reeds twee simulaties met hetzelfde profiel onderzocht. Deze twee simulaties zijn ook in dit rapport opgenomen als simulaties 1 en 2. De conclusie uit het eerste rapport was dat de constructie weliswaar sterk genoeg was om de geselecteerde botsingen te doorstaan, maar dat bij botsingen met personenauto's het zgn. ASI-criterium (zie Bijlage 1) zou worden overschreden. Voor de botsingen met vrachtauto's werd de dynamische uitbuiging onaanvaardbaar groot. In dit rapport worden de resultaten van vier aanvullende simulaties gerapporteerd, simulaties die derhalve voortkomen uit de in het eerste rapport gedane aanbevelingen.

2. CRITERIA

De stalen New Jersey barrier is een vervormbare constructie. De eisen die in het algemeen aan de geleiderailconstructies worden gesteld zijn:

1. Het botsende voertuig mag niet door de constructie heen breken, er over heen rijden of kantelen, dan wel er onder door schieten.
2. Letsel van de inzittenden en schade aan de constructie en aan het voertuig moeten zo beperkt mogelijk blijven.
3. Het voertuig mag niet door de constructie in de eigen verkeersstroom worden teruggekaatst.
4. De constructie moet na een aanrijding zijn werking zo veel mogelijk blijven behouden.

In dit bijzondere geval zijn de eisen:

1. Het botsende voertuig mag niet door de constructie heen breken, er over heen rijden of kantelen.
2. Letsel van de inzittenden, schade aan de constructie en schade aan het voertuig moeten zo beperkt mogelijk blijven.
3. De dynamische uitbuiging mag niet zodanig groot zijn dat de constructie op de aanliggende rijstrook terecht komt en de verkeersafwikkeling daar beïnvloedt.
4. De constructie moet na een aanrijding zijn werking zo veel mogelijk blijven behouden.

Afbeelding 1 geeft een overzicht van de situatie ter plaatse van de wisselstrook. De beschikbare ruimte op de brugdekken voor de barrier bedraagt 75 cm en achter de barrier 100 cm tot binnenkant kantstreep. Dit wordt als de maximaal aanvaardbare uitbuiging beschouwd. De optredende vertragingen moeten voldoen aan het $ASI \leq 1,6$ criterium in het zwaartepunt (1) van het voertuig. Voor de personenauto zijn ook de ASI-waarden van de bestuurder (2) en de passagier (3) links achter gegeven; voor de vrachtwagen van de bestuurder (2) en bijrijder(3).

N.B. Omdat het ASI-criterium nog niet op een wetenschappelijk geheel verantwoorde wijze is vastgesteld, dient zij met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd (Bijlage 1). Vergelijking van de ASI-waarden met de ASI-waarden van gelijksoortige geleidesystemen is wel goed mogelijk en geeft een goede onderlinge rangschikking.

3. CONSTRUCTIE

Het profiel van deze stalen barrier is qua vormgeving identiek aan de bestaande betonnen barrier met het New Jersey profiel. De constructie is opgebouwd uit met bouten aan elkaar bevestigde elementen van 6 meter lengte. De elementen zijn om de 1,5 meter versterkt door ingelaste platen en T-profielen (zie Afbeelding 2). Aan de T-profielen zijn draagbeugels gelast zodat de constructie ca. 1 cm boven het brugdek staat. De verbindingen worden met slobgaten uitgevoerd om in het werk de montage van de elementen aan elkaar te vereenvoudigen en het plaatsen in bogen mogelijk te maken.

Om de invloed van de speling in de boutgaten en de slobgaten op de uitbui-
ging van de constructie zo klein mogelijk te maken, worden in de verbindingen voorspanbouten toegepast. Door het toepassen van de voorspanbouten wordt de invloed van de speling tot een minimum terug gebracht en kunnen de verbindingen in de simulatie als stijf worden beschouwd.

De wrijvingscoëfficiënt tussen de stalen draagbeugel en het brugdek is op 0.3 gesteld.

Tabel 1 geeft een overzicht van de gesimuleerde stalen barriers met het New Jersey profiel. De constructie A1 is 162 m lang en heeft een massa van 16.200 kg. De constructie is niet verankerd. Constructie B1 is 270 m lang en heeft een massa van 27.000 kg en is niet verankerd. Constructie B2 is 270 m lang (27.000 kg) en is aan het begin verankerd. Constructie A2 is 162 m lang (16.200 kg) en is aan beide einden verankerd.

4. SIMULATIES

4.1. Opzet en uitvoering simulaties

Voor de beoordeling van de veiligheid van de stalen New Jersey barrier zijn twee voertuigen geselecteerd, nl. een middenklasse personenauto met een massa van 990 kg en een beladen vrachtwagen met een totale massa van 10.000 kg. De inrijconditie is voor de personenauto 100 km/uur en 20 grd. en voor de vrachtwagen 80 km/uur en 15 grd.

Als criteria voor de beoordeling van de simulaties geldt de ASI-waarden van de voertuigen in het zwaartepunt en de dynamische uitbuiging van de constructie tijdens de aanrijding. Deze ASI-waarden, een maximale gewogen som van de gelijktijdig optredende lineaire versnellingen in het betreffende punt van het voertuig, zijn ook voor de beide voertuigen op de plaats van bestuurder en passagier of bijrijder berekend.

4.2. Resultaten

Simulatie 1

De constructie (162 m lang, niet verankerd) heeft bij de aanrijding met de personenauto een vloeiende uitbuiging waarbij de dynamische uitbuiging 65 cm bedraagt en de hele lengte van de constructie in werking is. Dit derhalve aanvaardbaar. De ASI-waarden voor de personenauto voldoen niet aan de $ASI \leq 1,6$ criterium (Afbeelding 3). De rolhoek van het voertuig is groot, nl. 30 grd (Tabel 2). Afbeelding 4 geeft een overzicht van het verloop van de aanrijding.

Simulatie 2

De aanrijding onder dezelfde condities als simulatie 1 met de vrachtwagen geeft een ander beeld te zien. De constructie wordt over zijn hele lengte zijdelings verplaatst. De daarbij behorende dynamische uitbuiging is te groot: 289 cm. Na ca. 0,8 seconde is de vrachtwagen parallel aan de constructie teruggeleid en botst het achtereind van de vrachtauto tegen de constructie (het zgn. rear-end effect), waardoor de vrachtauto de constructie nog verder opzij drukt. Het gedeelte van de constructie wat zich nu nog voor de vrachtwagen bevindt is te kort en heeft te weinig massa om de vrachtwagen terug naar de rijbaan te leiden. Na 2,5 seconde beweegt de vrachtwagen zich nog steeds parallel aan de constructie waarbij de uitbui-

ging gehandhaafd blijft (Afbeelding 5). De ASI-waarde 0,2 voldoet aan de $ASI \leq 1,6$ criterium (Afbeelding 6). Voor de bestuurder en de bijrijder bedraagt de ASI-waarde 0,6.

Simulatie 3

In deze simulatie is de lengte van de constructie vergroot van 162 m tot 270 m, zodat de massa van de constructie van 16.200 kg op 27.000 kg wordt gebracht. De aanrijding met de vrachtwagen op deze verlengde constructie geeft een vergelijkbaar beeld te zien als met de oorspronkelijke constructie. De dynamische uitbuiging is nu 293 cm. Na ca. 0,7 seconde beweegt de vrachtwagen zich parallel aan de constructie en treedt het rear-end effect op waardoor de vrachtwagen de constructie nog verder opzij drukt. Hoewel het gedeelte van de constructie wat zich voor de vrachtwagen bevindt ca. twee maal zo lang en dus twee maal zo zwaar is, wordt de vrachtwagen niet teruggeleid. Na 3,3 seconde beweegt de vrachtwagen zich nog parallel aan de constructie waarbij de uitbuiging gehandhaafd blijft (Afbeelding 7). Ook in deze situatie is de gesimuleerde constructie te kort en heeft te weinig massa om de vrachtwagen te kunnen terugleiden.

Simulatie 4

Het aanbrengen van een begin verankering heeft enige invloed op het resultaat. De dynamische uitbuiging is nu 250 cm in plaats van 293 cm (Afbeelding 8). De afloop van de aanrijding is verder gelijk aan de aanrijding zonder begin verankering.

Simulatie 5

De aanrijding met de personenauto tegen deze aan het begin verankerde verlengde constructie geeft een reductie in de dynamische uitbuiging te zien. De dynamische uitbuiging is nu 46 cm in plaats van de 65 cm bij de eerste simulatie (Afbeelding 9). Het verloop van de aanrijding is verder vergelijkbaar met de aanrijding met de korte constructie zonder beginverankering. Ook nu is de rolhoek groot (28 grd.) en de ASI-waarden voldoen niet aan het $ASI \leq 1,6$ criterium.

Simulatie 6

Wordt de constructie aan het begin en eind verankerd dan is de uitbuiging voor een aanrijding met de vrachtwagen 183 cm. De uitbuiging heeft een vloeiend verloop. Na ca. 0,6 seconde beweegt het voertuig zich parallel

aan de constructie en treedt het rear-end effect op waardoor de vrachtwagen de constructie nog wat verder opzij drukt. Na ca. 1,5 seconde wordt de vrachtwagen teruggeleid naar de rijbaan (Afbeelding 10). De ASI-waarden voldoen aan de $ASI \leq 1,6$ criterium. Voor de personenauto is deze simulatie niet uitgevoerd.

N.B. Het verschil in de optredende vertragingen en de ASI-waarden zijn zo klein dat de grafieken alleen voor één personenauto (simulatie 1) en één vrachtwagen (simulatie 2) zijn opgenomen.

Tabel 2 geeft een overzicht van de simulatie resultaten van de voertuigen en Tabel 3 van de constructies.

4.3. Vergelijking van de verplaatsbare stalen New Jersey barrier met andere beveiligingsconstructies

In Afbeelding 11 is een vergelijking gemaakt van de ernst van een aanrijding tegen een verplaatsbare stalen New Jersey barrier met de geleiderailconstructie en de starre betonnen constructie. Hiervoor is de ASI-waarde uitgezet tegen de laterale botsenergie. De gegevens zijn van zowel full-scale tests als van simulaties. De gegevens zijn alleen van personenauto's en gelden voor het zwaartepunt.

Uit de afbeelding blijkt dat de verplaatsbare stalen New Jersey barrier beter functioneert dan de starre betonnen New Jersey barrier, maar minder goed dan een stijve geleiderailconstructie. Dat de verplaatsbare stalen constructie minder goed reageert dan een stijve geleiderailconstructie ligt aan het feit dat de stalen constructie een grotere beginweerstand heeft voordat die gaat verplaatsen. In het begin reageert de constructie min of meer als een starre constructie.

5. CONCLUSIES

De werking van de stalen New Jersey barrier is gebaseerd op de invloed van de traagheids- en wrijvingskrachten. Naarmate de stijfheid van de constructie groter is, neemt de lengte van het deel, dat aan de opwekking van die krachten bijdraagt, toe. Met andere woorden, hoe groter deze stijfheid is, hoe groter de lengte en dus de massa die aan de botsing deelneemt om de botsingsenergie van het voertuig op te nemen en het voertuig terug te leiden naar de rijbaan.

Uit simulatie 1 blijkt dat de stalen New Jersey barrier de personenauto goed terugleidt. De stijfheid van de constructie is blijkbaar groot genoeg om voldoende traagheids- en wrijvingskrachten op te wekken.

Uit simulatie 2 met de vrachtwagen blijkt dat de stijfheid van de constructie (veel) te klein is om voldoende traagheids- en wrijvingskrachten te genereren om de vrachtwagen terug te leiden. Voor vrachtauto's voldoet deze constructie derhalve niet.

Het vergroten van de lengte van de constructie van 162 m naar 270 m heeft niet het gewenste resultaat; het terugleiden van de vrachtwagen naar de rijbaan. Uit simulatie 3 blijkt dat de stijfheid van de constructie te klein is om voldoende lengte, dus massa van de constructie aan de botsing te laten deelnemen.

Simulatie 4 laat de invloed van verankering zien. Ook wanneer de constructie voldoende lengte heeft verdient verankering de voorkeur om ook aanrijding aan begin of eind goed te laten verlopen. Zowel lange als korte constructies moeten dus verankerd worden.

Uit de simulaties blijkt verder dat de constructies goed zullen voldoen bij aanrijdingen met personenauto's. De ASI-waarden zijn echter te hoog. Voor aanrijdingen met vrachtwagens voldoet de constructie goed wanneer er voldoende uitbuigingsruimte beschikbaar is, is iets wat onder de gegeven condities niet het geval is.

Het sterk verstijven van de constructie zal waarschijnlijk niet tot gevolg hebben dat de constructie veel minder uitbuigt, omdat de totale massa steeds te gering zal zijn.

Dit alles samengevat leidt tot de conclusie dat de voorgestelde constructie, met modificaties in de lengte en verankering, aan begin en einde, niet in toereikende mate de veiligheid kan dienen. Botsingen van vrachtwagens leidt tot zodanige uitbuigingen dat het verkeer op de aanliggende

rijstroken in gevaar wordt gebracht. Bovendien is - afhankelijk van bijvoorbeeld de intensiteiten - de afloop niet te voorspellen.

Maar wordt de constructie op meer plaatsen verankerd, dan wel wordt het gewicht vergroot, dan zullen de optredende ASI-waarden te groot worden. Voor deze keuze gesteld (lichte constructie leidt tot te grote uitbuigingen, zware of verankerde constructie leidt tot te hoge ASI-waarden) is voor de brugdekken aan te bevelen te streven naar een constructie die meer aan de ondergrond verankerd is. Zodoende wordt de kans verkleind dat "on-schuldige passanten" bij een botsing betrokken raken.

TABELLEN 1 T/M 3

Tabel 1. Gegevens stalen New Jersey barrier.

Tabel 2. Simulatieresultaten van voertuigen bij de stalen New Jersey barrier.

Tabel 3. Simulatieresultaten van verschillende constructies bij de stalen New Jersey barrier.

Constructie	Element			Totaal		Verankerd
	lengte	massa	aantal	lengte	massa	
	m	kg		m	kg	
A1	6	600	27	162	16200	nee
A2	6	600	27	162	16200	begin/eind
B1	6	600	45	270	27000	nee
B2	6	600	45	270	27000	begin

Tabel 1. Gegevens stalen New Jersey barrier.

Simu- latie	Voertuig	Uitrij-			Rol- hoek	Vertragingen			ASI		
		snelh.	hoek	hoek		x	y	z	zwaarte	best.	pass.
		km/u	dV	grd		G	(piek)	punt			
1	pers.	83	17	1	-30	3,0	11,5	3,5	2,0	2,0	3,6
2	vracht	//	constructie		2	0,5	1,5	0,4	0,2	0,6	0,6
3	vracht	//	constructie		2						
4	vracht	//	constructie		2						
5	pers.	84	16	6	-28						
6	vracht	61	9	1	2						

Tabel 2. Simulatieresultaten van voertuigen bij de stalen New Jersey barrier.

Simu- latie	Constructie	Voertuig	Uitbuiging dyn cm	Verankerd
2	A1	vrachtwagen	289	neen
3	B1	vrachtwagen	293	neen
4	B2	vrachtwagen	250	begin
5	B2	personenauto	46	begin
6	A2	vrachtwagen	183	begin en eind

Tabel 3. Simulatieresultaten van verschillende constructies bij de stalen New Jersey barrier.

AFBEELDINGEN 1 t/m 11

Afbeelding 1. Overzicht plaatsing New Jersey barrier

Afbeelding 2. Stalen New Jersey barrier

Afbeelding 3. Simulatie 1, overzicht aanrijding van de personenauto op constructie van 162 m lang en niet verankerd

Afbeelding 4. Simulatie 1, vertragingswaarden van zwaartepunt personenauto en ASI-waarden van zwaartepunt (1), bestuurder (2) en passagier achter (3)

Afbeelding 5. Simulatie 2, invloedssfeer aanrijding vrachtauto op totale lengte (162 m), constructie zonder verankering

Afbeelding 6. Simulatie 2, vertragingswaarden van zwaartepunt vrachtauto en ASI-waarden van zwaartepunt (1), bestuurder (2) en bijrijder (3)

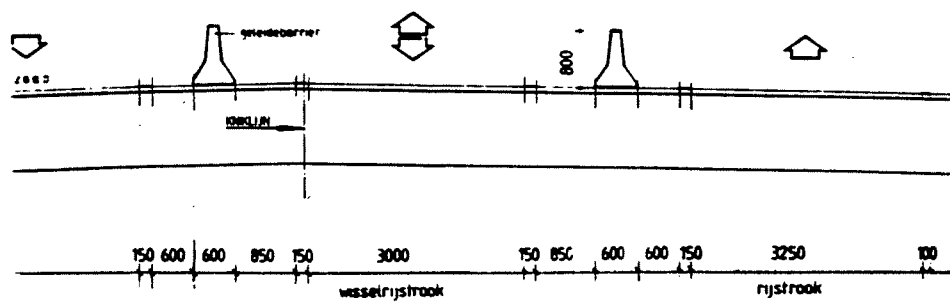
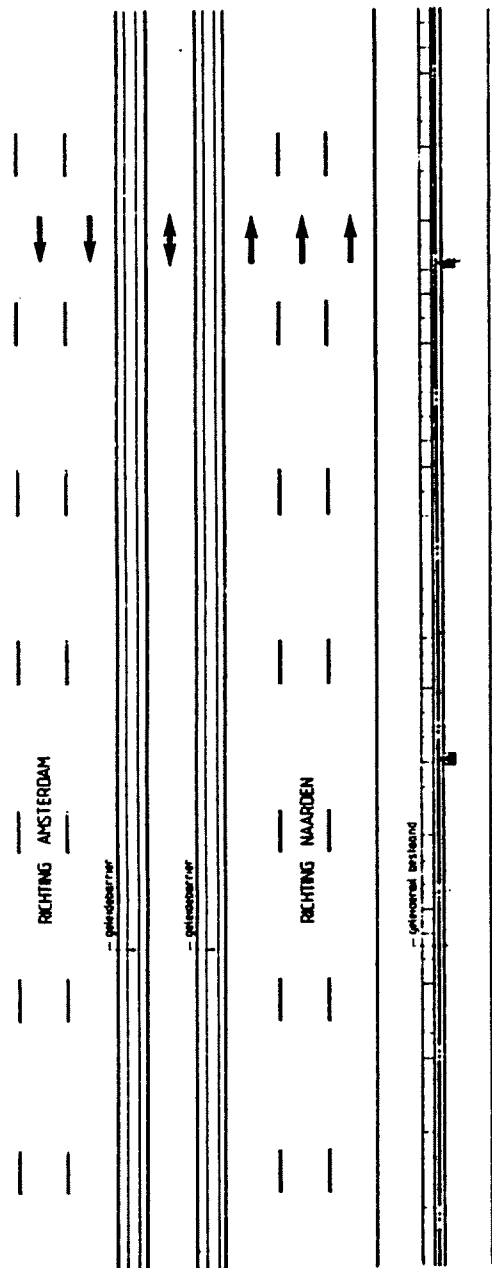
Afbeelding 7. Simulatie 3, invloedssfeer aanrijding vrachtauto op totale lengte (270 m), constructie zonder verankering

Afbeelding 8. Simulatie 4, begin en eindstand aanrijding met vrachtauto op totale lengte (270 m), constructie met beginverankering

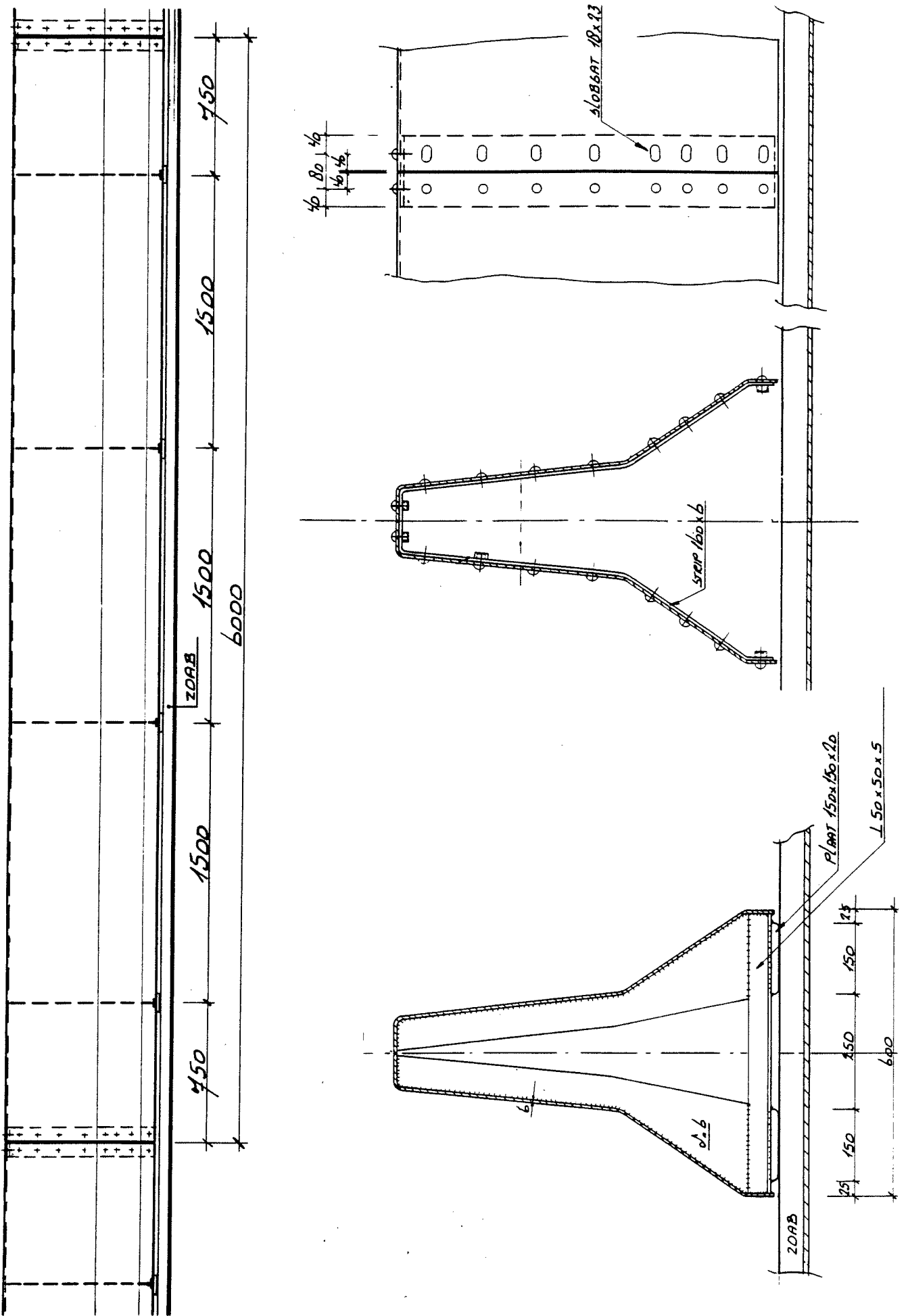
Afbeelding 9. Simulatie 5, aanzicht aanrijding met personenauto en boven-aanzicht totale lengte (270 m), constructie met beginverankering

Afbeelding 10. Simulatie 6, invloedssfeer aanrijding vrachtauto op totale lengte (162 m), constructie met begin en eindverankering

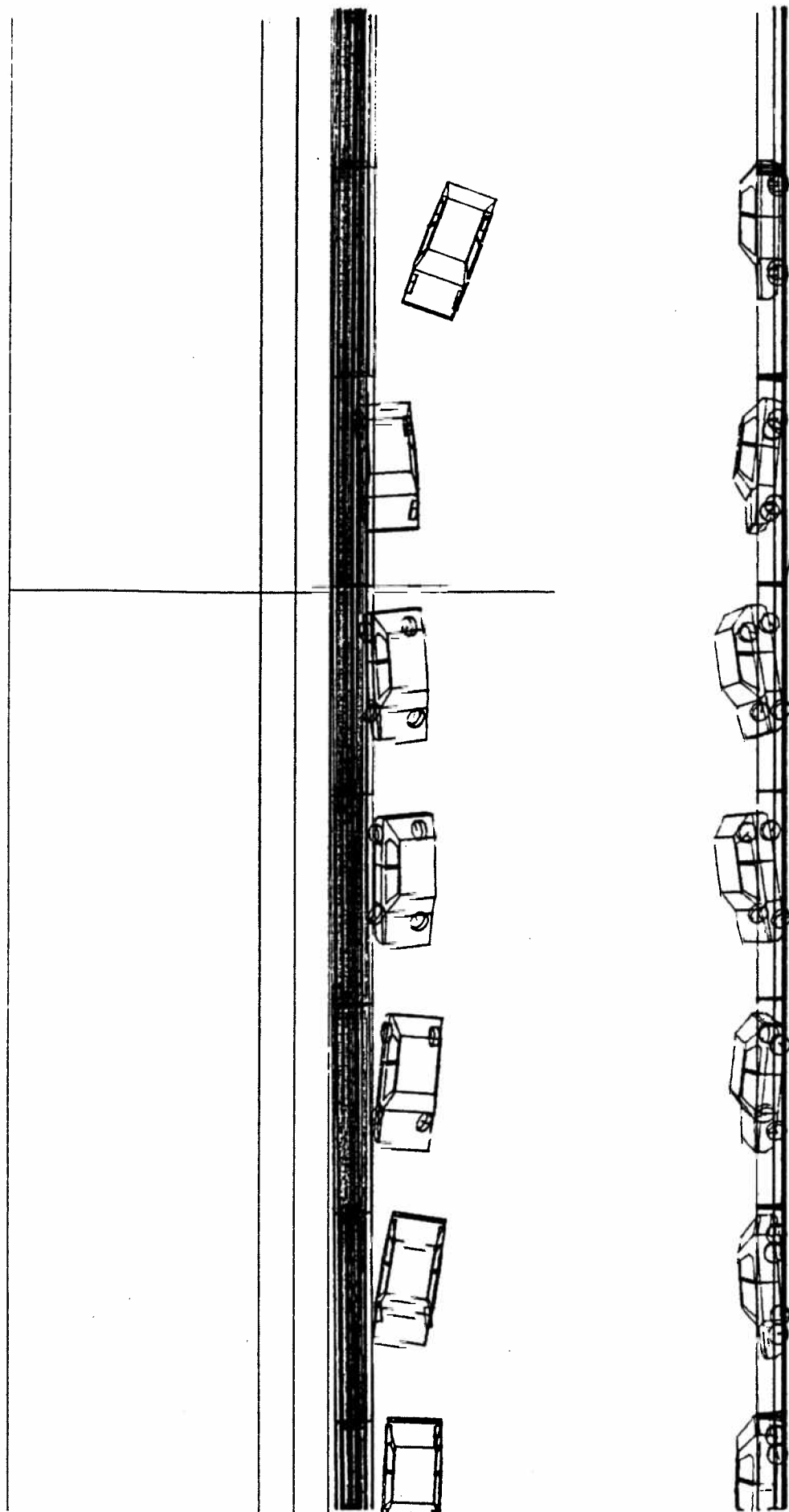
Afbeelding 11. Vergelijking van de verschillende geleidesystemen



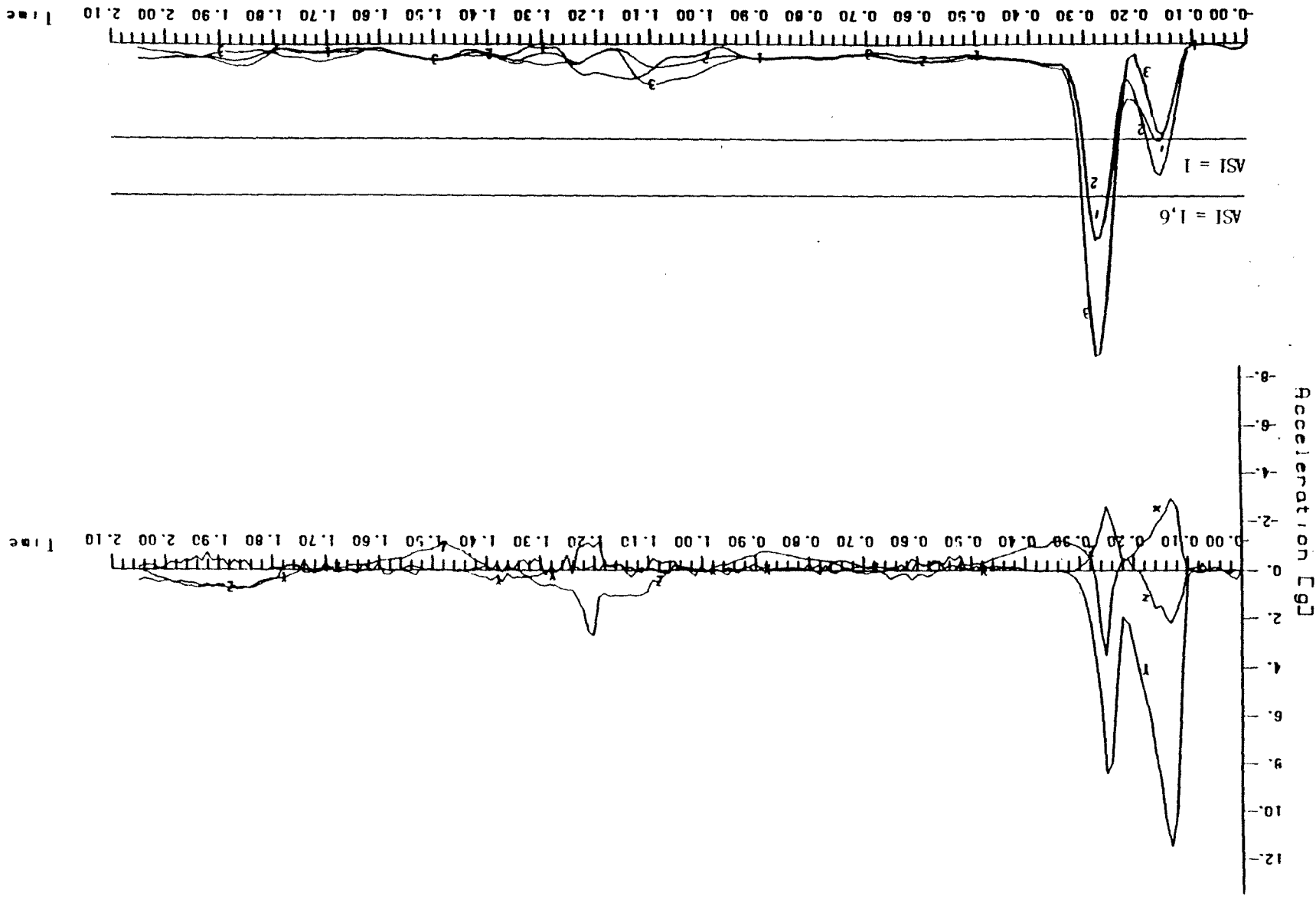
Afbeelding 1. Overzicht plaatsing New Jersey Barrier



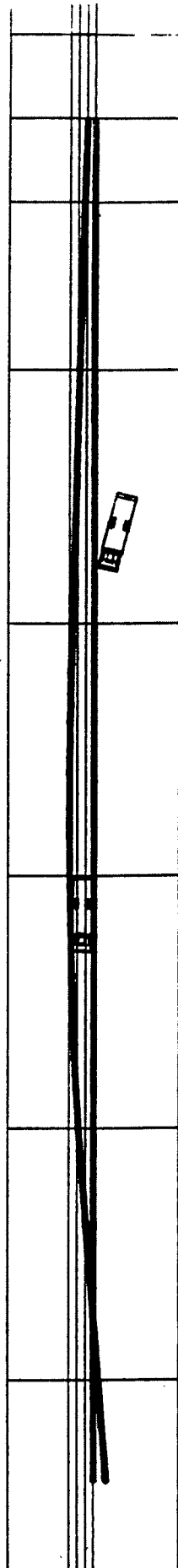
Afbeelding 2. Stalen New Jersey Barrier



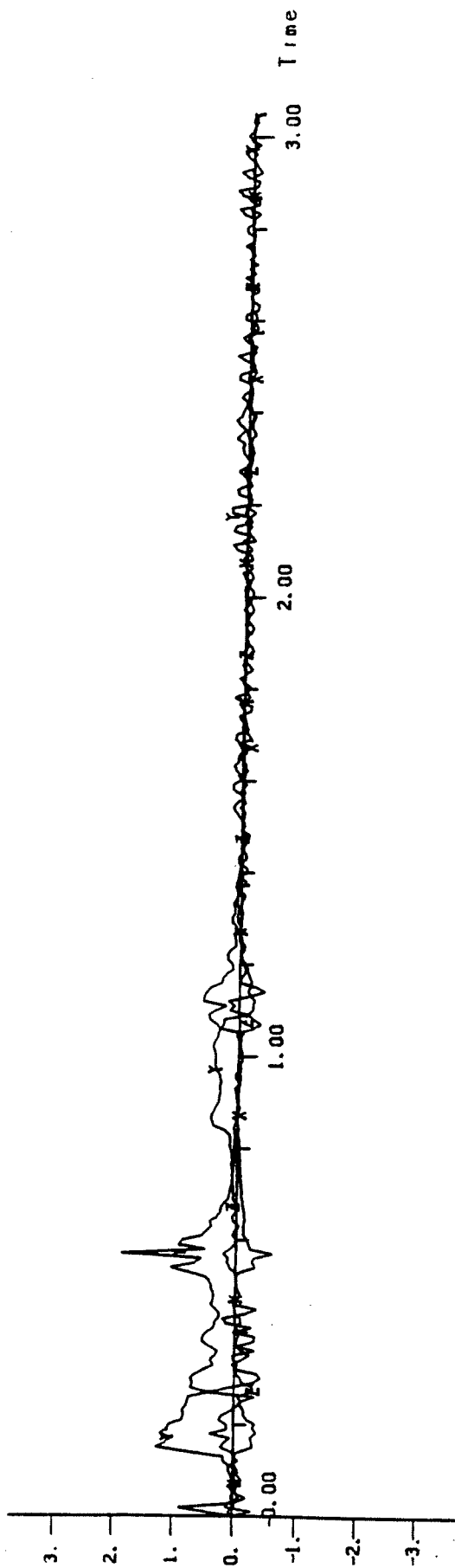
Afbeelding 3. Simulatie 1, overzicht aanrijding van de personenauto op constructie van 162 m lang en niet verankerd



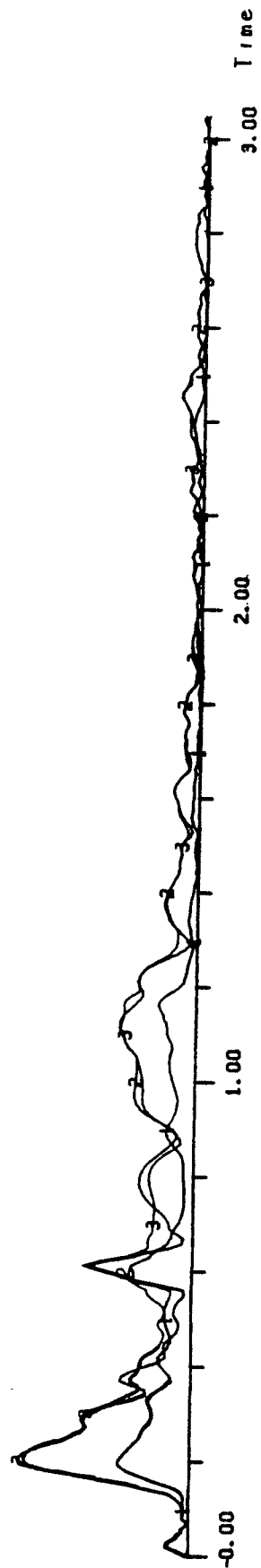
Afbeelding 4. Simulatie 1, vertragingwaarden zwpt personenauto en ASI-waarden zwpt (1), berstuurder (2) en passagier achter (3)



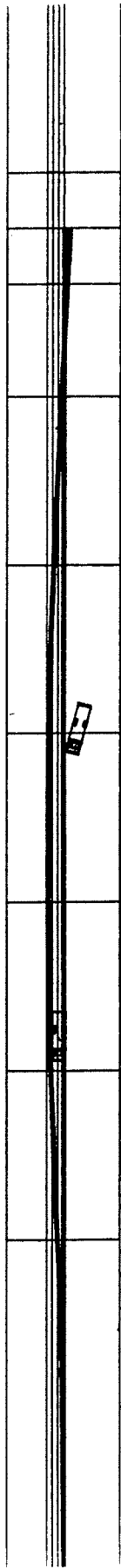
Afbeelding 5. Simulatie 2, invloedssfeer aanrijding vrachtauto op totale lengte (162 m) constructie zonder verankering



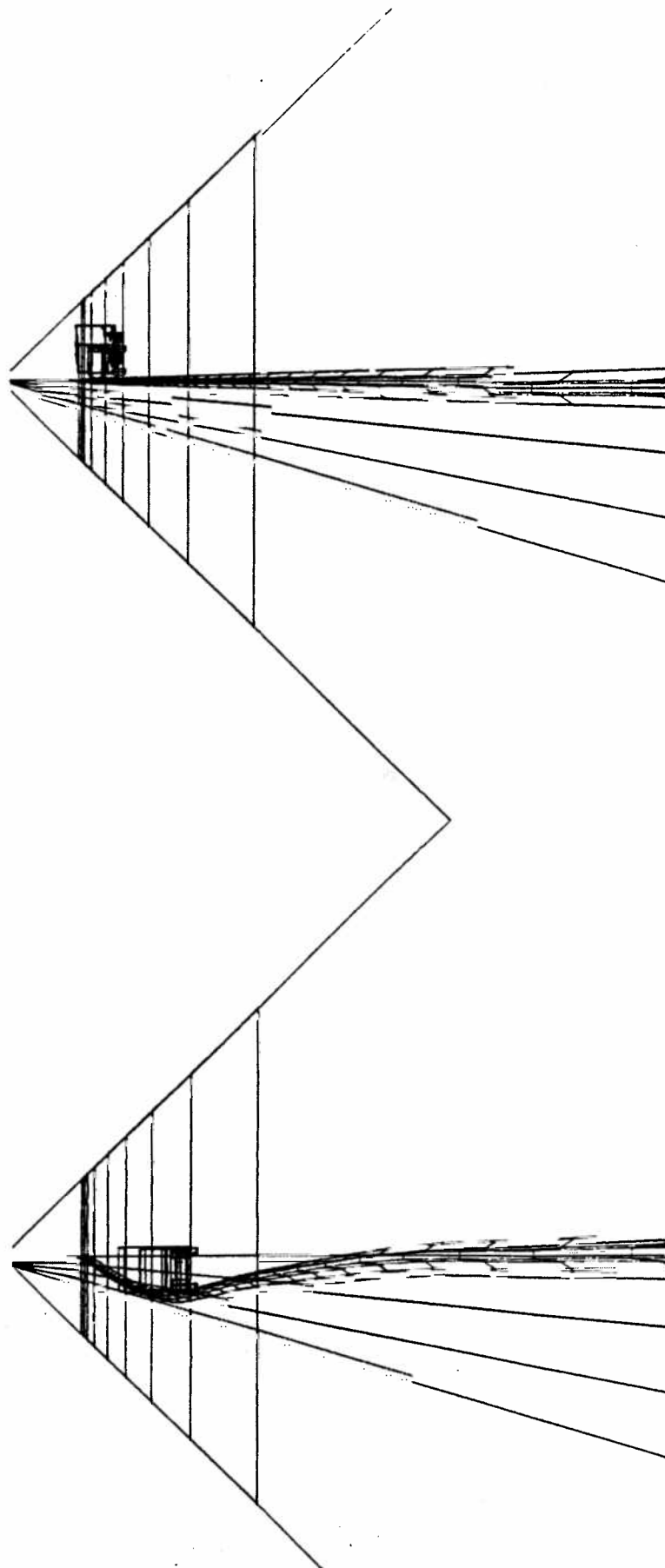
ASI =



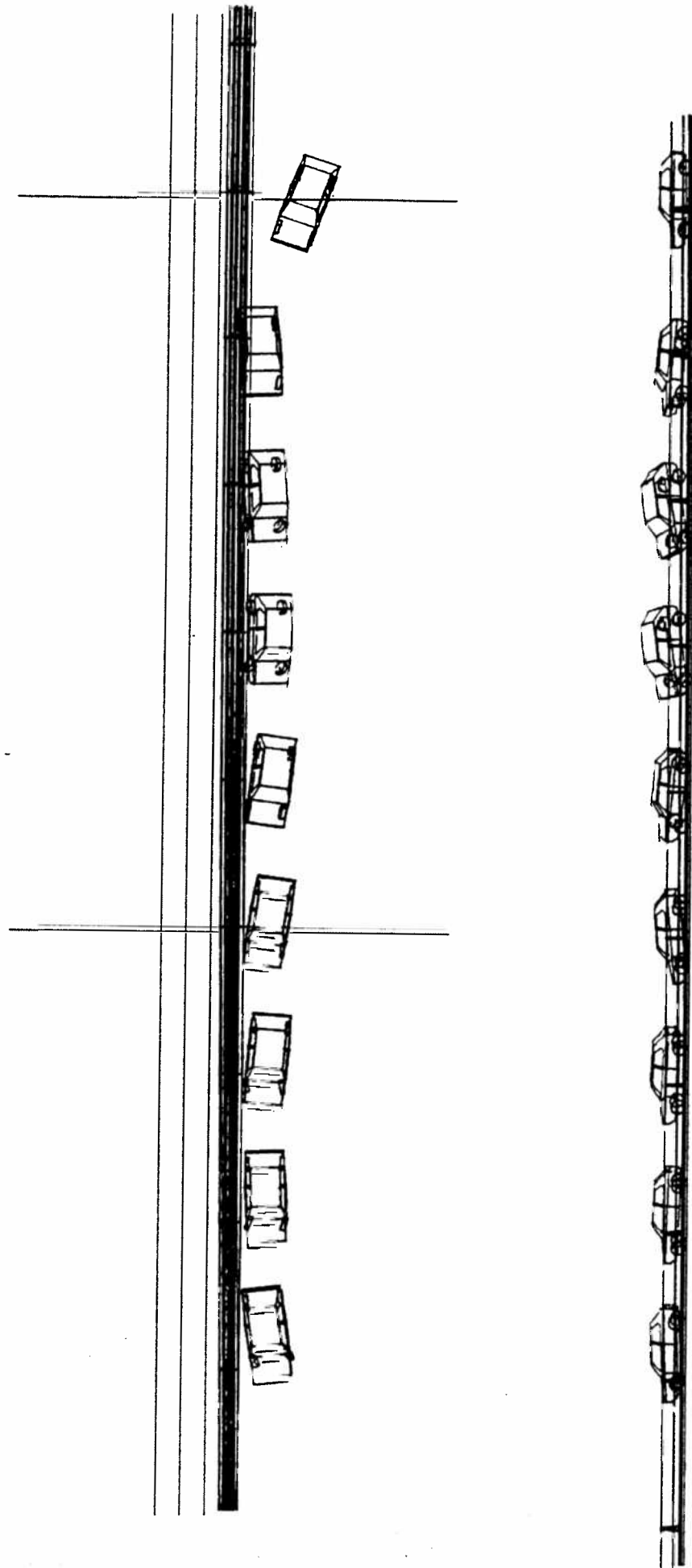
Afbeelding 6. Simulatie 2, vertragingwaarden zwpt vrachtauto en ASI-waarden zwpt (1), bestuurder (2) en bijrijder (3)



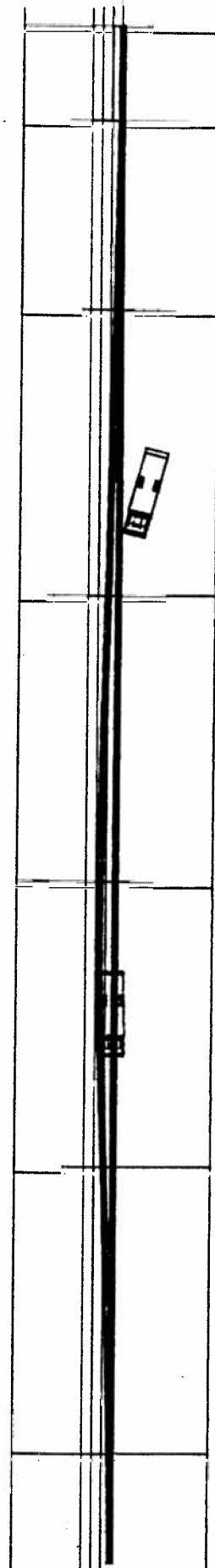
Afbeelding 7. Simulatie 3, invloedssfeer aanrijding vrachtauto op totale lengte (270 m) constructie zonder verankering



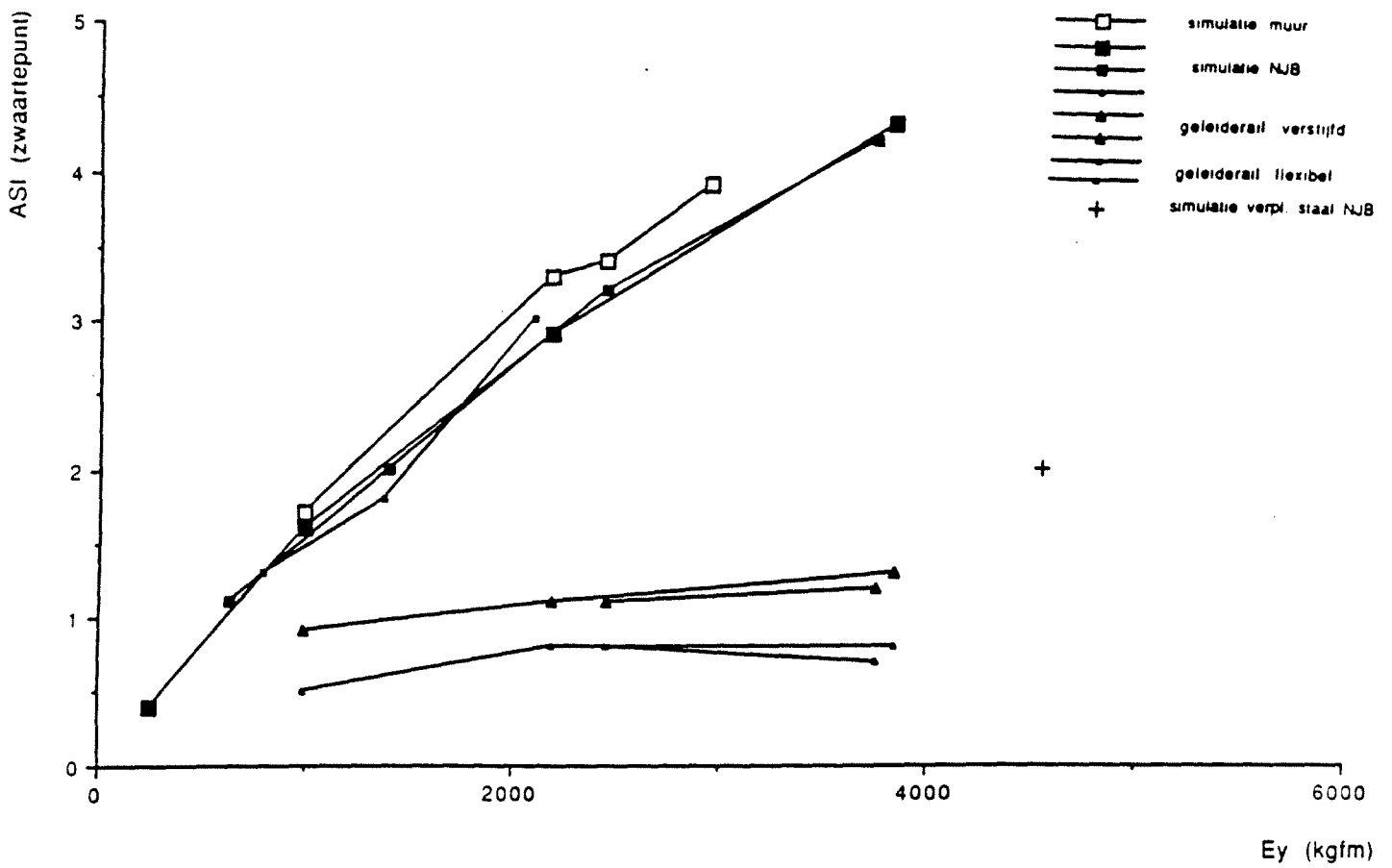
Afbeelding 9. Simulatie 5, aanzicht aanrijding met personenauto en bovenaanzicht totale lengte (270 m) constructie met beginverankering



Afbeelding 8. Simulatie 4, begin en eindstand aanrijding met vrachtauto op totale lengte (270 m) constructie met beginverankering



Afbeelding 10. Simulatie 6, invloedssfeer aanrijding vrachtauto op totale lengte (162 m) constructie met begin en eindverankering



Afbeelding 11. Vergelijking van de verschillende geleidesystemen