

De mogelijkheden van een rijnsimulator voor onderzoek

Marieke Martens
Wytze Hoekstra

TNO Technische Menskunde

Samenvatting

Deze presentatie stelt aan de orde welke verkeerskundige vraagstukken een rijnsimulatorstudie onder andere kan beantwoorden. Hierin worden de mogelijkheden van onderzoek met rijnsimulatoren besproken, en worden voorbeelden gegeven van verschillende types rijnsimulatorstudies waarbij het visuele aspect met name van belang was. Het doel van deze presentatie is verkeerskundigen inzicht te verschaffen in het soort vragen dat in een rijnsimulator beantwoord kan worden.

Leeg

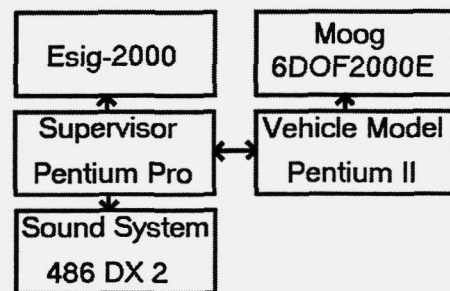
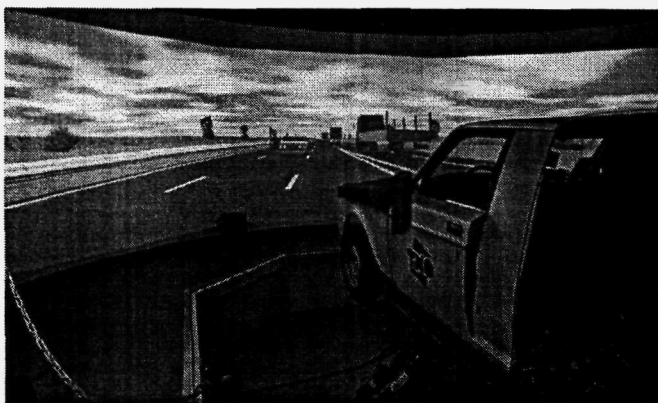
1. Inleiding

Voor een aantal verkeerskundige vraagstukken wordt reeds veelvuldig gebruik gemaakt van rij simulator studies. Zo kan men er bijvoorbeeld bij een nieuw wegontwerp met behulp van een rij simulator achter komen of weggebruikers het ontwerp begrijpen en/of het ontwerp aanleiding geeft tot onveilig gedrag. Maar ook andere zaken, die niet specifiek een wegontwerp te maken hebben maar wel met rijgedrag of verkeersveiligheid in het algemeen, kunnen onderzocht worden in een rij simulator. Het doel van dit artikel is om aan de hand van enkele voorbeelden de mogelijkheden van een rij simulator bij onderzoek naar aspecten van verkeersveiligheid aan te geven.

2. Een rij simulator

2.1 Onderdelen van een rij simulator

Een prototypische rij simulator bestaat uit een voertuig mock-up en een beeldgeneratiesysteem. Deze combinatie verschaft de mogelijkheid door nog niet bestaande maar wel reeds ontworpen wegontwerpen te rijden, of om aspecten te onderzoeken die in werkelijkheid te gevaarlijk zouden zijn of waar in de praktijk niet voldoende zaken gecontroleerd zouden kunnen worden om eenduidige uitspraken te kunnen doen. Het beeldgeneratiesysteem toont het wegontwerp en berekent aan de hand van de input van de bestuurder wat de momentane positie en de oriëntatie van het virtuele voertuig is. De mock-up biedt dezelfde bedieningsmiddelen als een echt voertuig, waardoor een weggebruiker met hoog realisme door dit virtuele ontwerp kan rijden. Een moving-base, ofwel een bewegingsplatform zorgt voor de bewegingservaring binnen de mock-up, en een geluidssysteem zorgt voor het bijpassende geluid, zoals van wind, banden en het overige verkeer. In Figuur 1 wordt een schematisch overzicht gegeven van de rij simulator van TNO Technische Menskunde.



Figuur 1: Foto van de TNO rij simulator met schematisch overzicht van de aansturing van de verschillende deelsystemen.

2.2 Voordelen van een rij simulator

Het grote voordeel van het gebruik van een rijnsimulator is dat de effecten van een bepaalde weg- of verkeerssituatie op de begrijpelijkheid of het rijgedrag kunnen worden gemeten in een dynamische setting, waarin alle elementen die van invloed kunnen zijn worden vastgelegd. Hiermee kan dus niet alleen de vraag worden beantwoord of men het begrijpt, maar ook of men hierbij veilig rijgedrag vertoont. Hoe reageert een weggebruiker op bepaalde borden, hoe reageert een weggebruiker op een combinatie van wegontwerp en reacties van ander verkeer, hoe reageert een weggebruiker op zich plotseling ontwikkelende kritische scenario's of bijna ongevallen?

In een dergelijk onderzoek kan onderscheid gemaakt worden tussen gedrag dat vertoond wordt in een bepaalde conditie in vergelijking met een andere conditie (waardoor je dus het verschil weet tussen die condities), maar ook bijvoorbeeld tussen verschillende groepen proefpersonen (wat is het verschil in gedrag tussen jongere en oudere automobilisten?). Ook kan het verloop van een bepaald gedrag in de tijd worden gemeten, zoals bijvoorbeeld van belang is wanneer iemand langere tijd achter elkaar moet rijden. Er zijn dus vele verschillende mogelijkheden waarop een rijnsimulator als onderzoeksmiddel ingezet kan worden.

Een tweede voordeel van een rijnsimulator is dat het mogelijk is om nog niet bestaande situaties aan de weggebruiker te vertonen. Dit houdt in dat men dus voor het introduceren van een nieuwe maatregel al kan onderzoeken of deze maatregel leidt tot het gewenste gedrag. Ook kunnen weinig voorkomende of gevaarlijke situaties relatief makkelijk in een rijnsimulator worden aangeboden. Het voordeel van een rijnsimulator is dan dat men -- zoals in de praktijk het geval zou zijn -- niet lang op dergelijke situaties hoeft te wachten, zodat de doorlooptijd van een onderzoek niet erg lang wordt. Met name ook wanneer verwacht wordt dat de verkeersveiligheid bij praktijkonderzoek in het gedrang zal komen biedt de rijnsimulator uitkomst, aangezien hierbij andere weggebruikers of de proefpersoon zelf nooit in fysiek gevaar gebracht worden.

Een laatste groot voordeel is dat de omstandigheden waaronder een proefpersoon rijdt goed kunnen worden beheerst zodat systematisch onderzocht kan worden welke aspecten leiden tot welk gedrag. In de praktijk zijn er vaak veel versturende omstandigheden, zoals weersinvloeden, de verkeersintensiteit, of de proefpersoon gehinderd wordt zijn taak op een bepaalde manier uit te voeren door het overige verkeer etc. Indien bekend is welke invloed al dan niet aanwezig is geweest kunnen er eenduidiger conclusies uit het onderzoek worden getrokken dan wanneer men in de praktijk zou gaan meten. Hierbij kan het andere verkeer dusdanig worden gegenereerd dat de meest geschikte verkeerssituatie ontstaat voor dat specifieke onderzoek. De TNO-rijnsimulator heeft de beschikking over een drietal verschillende methodes om ander verkeer te genereren. Afhankelijk van het type experiment, de te beantwoorden vraag en de verkeersomgeving kan er gekozen worden uit de volgende methoden:

- Verkeer volgens een longitudinaal verkeersmodel: Dit model is specifiek ontwikkeld voor snelwegsituaties. Het beschouwt de verschillende rijstroken als individuele stromen waarin de voertuigen zich bewegen. Elk voertuig heeft een aantal kenmerken zoals

volgtijd, maximale versnelling, en agressiviteit. Deze stromen kunnen bestaan uit zowel personenauto's, vrachtwagens, en bussen. In principe kijkt elke auto alleen naar zijn voorligger en bepaalt zijn snelheid op basis van eerder genoemde parameters. Rijstrookwisselingen kunnen plaats vinden op basis van diverse parameters (verschilsnelheid, benodigde tussenruimte). Deze verkeersstromen laten zich makkelijk modelleren voor speciale verkeerssituaties als files, in- en uitvoegsituaties, en inhaalmanoeuvres.

- Verkeer volgens een autonoom systeem: Het verkeer wordt gegenereerd met behulp van een expert systeem waarin elke verkeersdeelnemer autonoom in een verkeersomgeving rondrijdt. Het gedrag van deze verkeersdeelnemer wordt globaal bepaald via een scenario. Hij bepaalt zijn gedrag door de wegsituatie te beoordelen, bijvoorbeeld het naderen van een kruispunt. Er wordt eerst gekeken of het een voorrangskruispunt, een door verkeerslichten geregelde kruising of een gelijkwaardige kruising is, daarna wordt er gekeken of er eventueel kruisend verkeer is etc. Afhankelijk van al deze voorwaarden, de verkeersregels en het scenario bepaalt deze verkeersdeelnemer zijn gedrag. Dit model is buitengewoon geschikt voor niet-snelwegsituaties, waarbij er veel interactie is met de verkeersomgeving (bebording, kruisingen etc.)

- Verkeer volgens het MIXIC model: MIXIC is een microscopisch verkeersmodel waarin de gegevens van lussen in het wegdek worden gebruikt om verkeersstromen te simuleren op snelwegen. Dit door TNO-INRO ontwikkeld model wordt onder andere gebruikt om de effecten van Intelligente Bestuurders Ondersteunde Systemen, zoals bijvoorbeeld Intelligent Cruise Control, te bestuderen. Het is binnenkort mogelijk om dit model aan de simulator te koppelen, waarbij de proefpersoon in de simulator een deelnemer is in de MIXIC-simulatie. De koppeling tussen deze twee modellen geschiedt via HLA (High Level Architecture), de standaard van het Amerikaanse ministerie van Defensie, voor het koppelen van simulatoren.

2.3 Vaak gevoerde kritiekpunten op een rijnsimulator

Een vaak gevoerd kritiekpunt is dat mensen zich in de rijnsimulator anders zouden gedragen dan op de weg, en dat daarom de resultaten van een rijnsimulatorstudie niet te vertalen zijn naar de werkelijkheid. Juist de mogelijkheid dat mensen zich in een rijnsimulator anders gedragen dan op de weg heeft geleid tot grondig validiteitsonderzoek, ofwel onderzoek waarin gekeken wordt of wat je meet in een rijnsimulator ook is wat je zou hebben gemeten in de praktijk (zie o.a. Kaptein, Theeuwes & van der Horst, 1995, 1996). Dat betekent dus dat je dingen meet tijdens rijden op de weg, en tijdens rijden in de rijnsimulator, en vervolgens kijkt in hoeverre dit gedrag overeenstemt. Toch kan niet gesproken worden over validiteit in het algemeen, het heeft altijd betrekking op validiteit voor het beantwoorden van een bepaalde onderzoeksvraag.

Van allerlei gedragsmaten is bekend dat er sowieso sprake is van relatieve validiteit. Dit houdt in dat wanneer men bijvoorbeeld wil weten welke van een aantal snelheidsbeperkende maatregelen het meest effectief is, relatieve validiteit al voldoende is. De rangorde van de effecten van de verschillende maatregelen is dan dezelfde als de volgorde van de effecten in de praktijk, zodat de meest effectieve maatregel gekozen kan

worden. Daarnaast wordt er in onderzoek ook altijd gebruik gemaakt van een controle-groep, ofwel een groep die dient om je resultaten mee te vergelijken: Hoe rijdt iemand in de rijnsimulator in een neutrale situatie (bijvoorbeeld zonder snelheidsreducerende maatregel), en wat gebeurt er met het rijgedrag in diezelfde simulator als ik iemand onderwerp aan snelheidsbeperkende maatregel X of Y? Ook daar gaat het dus om vergelijkingen, c.q. verhoudingen. Indien men echter geïnteresseerd is in de absolute grootte van het effect dan zal de grootte vergelijkbaar moeten zijn met die in werkelijkheid en spreken we over absolute validiteit. Zo zijn er ook veel validatie-gegevens waarbij we dus weten welk gedrag mensen op de weg vertonen, zodat we een middel hebben om de rijnsimulator te ijken: Je weet nu immers hoeveel het gedrag in absolute zin afwijkt, en dus kun je de simulatorresultaten in zo'n geval omrekenen naar de absolute werkelijkheid. Zo is bijvoorbeeld bekend dat men in de rijnsimulator iets harder rijdt dan men in werkelijkheid zou doen. Dit gegeven zorgt er dus voor dat snelheidsgegevens uit een rijnsimulatorstudie omgerekend kunnen worden naar wat dit in de praktijk zou worden.

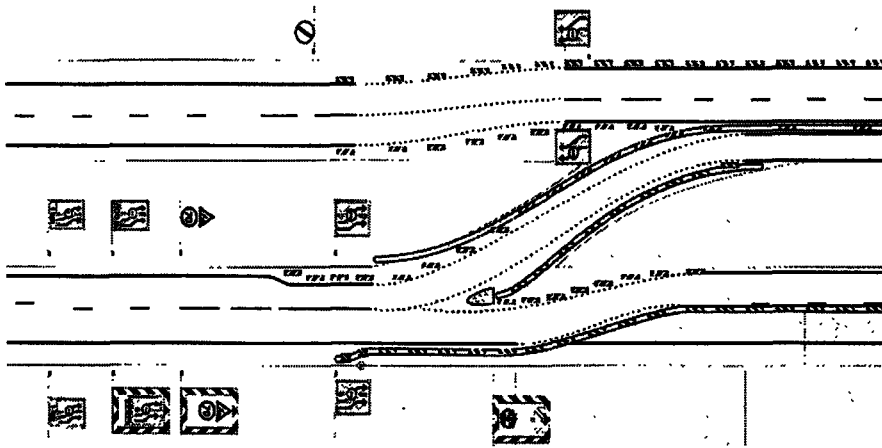
Wanneer we kijken naar de werkelijkheid waarin weggebruikers de wereld stereoscopisch waarnemen lijkt dit te contrasteren met het getoonde beeld bij een rijnsimulator, waarin het buitenbeeld op een plat scherm wordt geprojecteerd. Het is echter een misverstand dat stereoscopisch zien belangrijk is bij het autorijden. Stereoscopisch zicht is alleen belangrijk op kleine afstanden (enkele meters) dus bij parkeermanoeuvres en dergelijke. Bij grotere afstanden zijn de afzonderlijke beelden die de beide ogen leveren namelijk (zo goed als) identiek, zodat deze 'cue' voor diepte-zien dan vervalt. Oordelen om in te halen en dergelijke berusten op perspectivische informatie. In rijnsimulatorstudies wordt altijd gebruik gemaakt van onderzoeksopzetten waarin een weggebruiker niet hoeft te vertrouwen op cues die zich binnen enkele meters bevinden.

3. Voorbeeldstudies

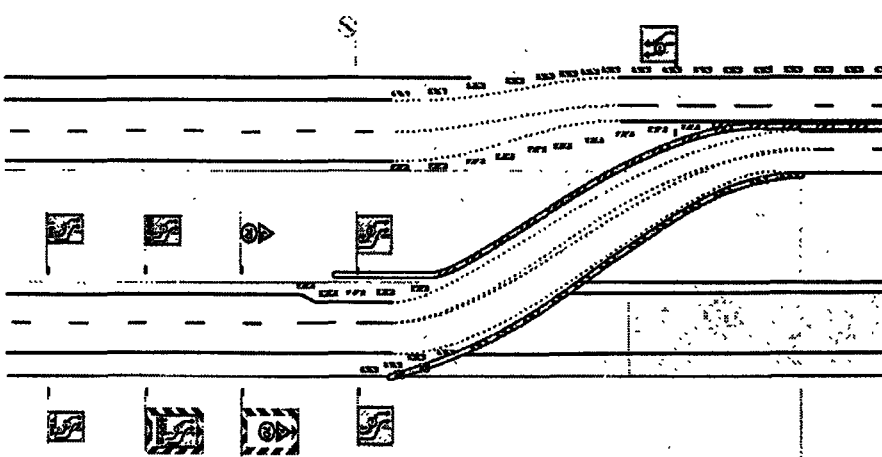
Aan de hand van een drietal projecten zal de inzetbaarheid van een rijnsimulator voor onderzoek worden geïllustreerd. Hierbij heeft één voorbeeld betrekking op onderzoek naar specifieke wegwontwerpen bij werk-in-uitvoering, één voorbeeld op het gebruik van vormen van signalering en de begrijpelijkheid hiervan, en één voorbeeld over het voorspellen van ongevallen ten gevolge van vermoeidheid.

3.1 Werk-in-uitvoering

Bij werk-in-uitvoeringssituaties wordt reeds veelvuldig gebruik gemaakt van zogenaamde contraflow-systemen, waarbij het verkeer van één rijbaan deels (3-1 systeem) of geheel (4-0 systeem) naar de andere rijbaan met versmalde rijstroken wordt geleid. Figuur 2 toont een voorbeeld van een 3-1 contraflow systeem en Figuur 3 van een 4-0 contraflow systeem.



Figuur 2: Voorbeeld van een 3-1 contraflow systeem waarbij het verkeer van de linkerrijstrook van de rechterbaan geleid wordt naar een aparte éénstrooksrijbaan van de linkerbaan. Het verkeer van de rechterrijstrook wordt naar een aparte éénstrooksrijbaan op de rechterbaan geleid.



Figuur 3: Voorbeeld van een 4-0 contraflow systeem waarbij het verkeer van de linkerbaan geleid wordt naar een aparte tweestrooksrijbaan op de linkerbaan.

Volgens de richtlijnen werk-in-uitvoering mag een dergelijk contraflow-systeem maximaal 4 km lang zijn, aangezien verondersteld wordt te lang rijden op smalle rijstroken de weggebruiker te hoog belast. In opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) van Rijkswaterstaat heeft TNO Technische Menskunde een rijnsimulatoronderzoek uitgevoerd naar de effecten van lange contraflow-systemen op de rijprestatie, waarbij de vraag was of lange contraflow systemen inderdaad dermate belastend zijn dat de richtlijn strikt gehanteerd moet worden (Martens & Brookhuis, 1998).

In het onderzoek reden proefpersonen op dergelijke lange werk-in-uitvoeringssituaties en werd gekeken of dit gedrag na de volgens de richtlijn toegestane 4 km verslechterde. Indien dit het geval zou zijn is er dus inderdaad een reden om systemen langer dan 4 km niet toe te staan. In het onderzoek werd wel een onderscheid gemaakt tussen het rijgedrag op lange werkvakken bij een 3-1 systeem en een 4-0 systeem, aangezien te verwachten was dat er een verschil zou zijn tussen het 3-1 systeem, waarbij men alleen op een smalle

rijstrook rijdt, en het 4-0 systeem, waarbij men rijdt met een aangrenzende smalle rijstrook waarop zich ander verkeer bevindt. Ook is de factor 'Rijstrookbreedte' in het onderzoek betrokken. De aanname was dat het voor de weggebruikers moeilijker is om op smallere rijstroken een veilig rijgedrag over langere tijd te vertonen dan bij iets minder versmalde rijstroken. Wellicht kan je dus langere systemen wel toestaan als de rijstrookbreedte niet al te smal is. In het onderzoek was ander verkeer ook gesimuleerd, waarbij bij het 4-0 systeem ook vrachtverkeer op de smalle rechterrijstrook reed. De linkerrijstrook was altijd vrij voor de proefpersonen, zodat men in te kiezen snelheid niet gehinderd werd door ander verkeer. Naast snelheid is ook de stuurinspanning gemeten, waarbij een hogere stuurinspanning inhoudt dat men meer moeite doet om een goede positie binnen de rijstrook in te nemen. Ook is gekeken naar de standaardafwijking van de laterale positie, hetgeen een maat is voor slingeren, en het percentage lijnoverschrijdingen.

Een resultaat dat direct bleek was dat proefpersonen ook in de simulator soms problemen hebben met het inhalen van vrachtverkeer. Men durft het in die gevallen als het ware niet aan om op een smalle rijstrook een brede vrachtwagen in te halen. Dit is een fenomeen dat in werkelijkheid ook waar te nemen is en dat aangeeft dat we er in het onderzoek in geslaagd zijn om weggebruikers ook in de rijnsimulator het gevoel van engte op smalle rijstroken over te brengen, enerzijds door de visueel smalle rijstroken maar ook door de gesimuleerde betonnen barrier.

Het rijnsimulatoronderzoek liet verder zien dat het rijgedrag op de enkele strook van het 3-1 systeem doorgaans veiliger was dan op de dubbele strook van het 4-0 systeem. Ook bleek een bredere rijstrook te leiden tot veiliger rijgedrag. In een aantal gevallen was de meest duidelijke indicatie voor onveilig gedrag dat er een hoog percentage lijnoverschrijdingen was, dat men steeds meer stuurinspanning vertoonde naarmate men langer in het werkvak reed terwijl dit toch gepaard ging met meer slingeren. In de meeste gevallen zette deze verslechtering zich al na 4 km in. Op basis van deze studie is aanbevolen dat alleen bij een 3-1 systeem met een linkerrijstrook van minimaal 2.75m een werkvak tot 8 kilometer lengte acceptabel is in termen van verkeersveiligheid.

3.2 Westerschelde-tunnel

De Westerscheldetunnel zal worden uitgevoerd met twee afzonderlijke tunnelbuizen van 6.6 km lang, met elk twee rijstroken. Uit financiële overwegingen zal er geen aparte voetgangersbuis voor eventuele evacuaties worden aangelegd. Om nu in het geval van een benodigde evacuatie vluchtende automobilisten naar de andere (lees 'veilige') tunnelbuis te laten gaan worden dwarsverbindingen tussen de buizen aangelegd. Deze dwarsverbindingen komen echter direct uit op de rijbaan van de veilige tunnelbuis, waar dan nog verkeer aanwezig is. Door de confrontatie van het rijdende verkeer met vluchtende automobilisten kan opnieuw een onveilige situatie ontstaan.

Om deze onveiligheid te minimaliseren heeft TNO Technische menskunde in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat

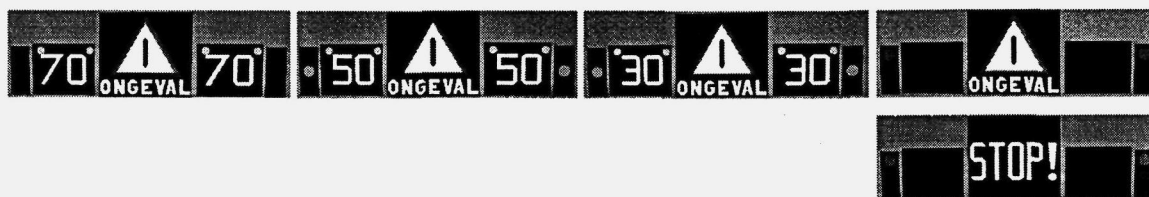
een rijnsimulatorstudie uitgevoerd, waarin een aantal signaleringsvarianten om voor de vluchtende automobilisten een veilige situatie te creëren zijn onderzocht (Martens, Koster & Lourens, 1998). Deze maatregelen zouden binnen 1 minuut effectief moeten zijn, aangezien na 1 minuut al de eerste vluchtende automobilisten in de 'veilige' tunnelbuis te verwachten zijn.

In de "verdrijf-variant" werd het verkeer in de veilige buis zo snel mogelijk van de linker rijstrook naar de rechter rijstrook verdreven. Dit zorgt ervoor dat wanneer vluchtenden op de linkerrijstrook uitkomen hier geen verkeer meer rijdt. Op de rechterrijstrook werd de snelheid er voor een groot deel uitgehaald door verkeerssignalering. Ook werd een argumentatie-bord getoond om de automobilisten te waarschuwen voor voetgangers in de tunnelbuis. De hierbij horende signalering wordt weergegeven in Figuur 4. Hierbij werd de linkerrijstrook eerst verdreven met een gele pijl en 10s later pas werd deze afgekruipt. Voor de rechterrijstrook gold een snelheidsbeperkingen die van 70 km/u naar 50 km/u naar 30 km/u werd afgebouwd. Bij dit alles werd een argumentatiebord getoond.



Figuur 4: De verdrijfvariant, waarin het eerste bord 10s werd getoond, het tweede bord gedurende 10s en het laatste bord de resterende tijd.

In de "stop-variant" werd het verkeer zo snel mogelijk stopgezet. Gekeken werd of weggebruikers begrepen wat er van hen verwacht werd wanneer een dergelijke signalering getoond werd, of men dit gedrag ook daadwerkelijk vertoonde en of de manoeuvres veilig werden uitgevoerd en of dit binnen 1 minuut plaatsvond. In de stop-variant kreeg men eerst een snelheidsbeperking "70" te zien met een argumentatiebord "Ongeval" gedurende 10s. Hierna een snelheidsbeperking "50" met op de verkeerlichten een knipperend oranje (zoals bij het afsluiten van tunnelbuizen gebruikt wordt), daarna "30" met vast oranje en daarna geen snelheden meer maar een rood verkeerslicht, waarbij het argumentatiebord "Ongeval" alterneerde met het woord: STOP! Figuur 5 toont de borden horende bij de stopvariant.



Figuur 5: De stopvariant, waarbij elke combinatie borden gedurende 10s werd getoond. De laatste twee borden ("Stop" en "Ongeval") alterneerden.

Omdat weggebruikers dergelijke signalering maar heel weinig tegen zullen komen (alleen in het geval van een evacuatie vanuit de andere tunnelbuis) en er dus onder die omstandigheden niet op bedacht zijn lieten we proefpersonen eerst 3 ritten door de Westerschelde-tunnel maken waarin er niets gebeurde. Ook werd van tevoren niet verteld

dat er eventueel een calamiteit op zou treden waarop men moest reageren. In de vierde rit werd men met één van de maatregelen (verdrijven of stoppen) geconfronteerd.

Het idee was nu ook te kijken of men het gewenste rijgedrag zou vertonen op basis van de getoonde signalering. Maar hoe men reageert hangt vaak ook af van het overige verkeer: Als je het overige verkeer zo programmeert dat het stopt in de stopconditie kan de proefpersoon niets anders doen dan zelf ook stoppen, terwijl we juist wilden onderzoeken wat een proefpersoon uit zichzelf zou doen. In het experiment was ander verkeer aanwezig, dat zo geprogrammeerd was dat het pas actie ondernam wanneer de proefpersoon zelf actie ondernam. Hiermee werd de situatie gecreëerd dat een proefpersoon uit zichzelf zijn rijgedrag aanpast en niet simpelweg reageert op stoppende of invoegende voorliggers. Pas wanneer een proefpersoon bijvoorbeeld was ingevoegd volgde het overige verkeer door ook langzaam in te voegen. Wanneer de proefpersoon afremde remde het overige verkeer pas als reactie hierop ook af. Op deze wijze wordt het rijgedrag van een proefpersoon ingegeven door eigen initiatief en weerspiegelt het overige verkeer de keuzes die de proefpersoon zelf maakt, zonder dat opvalt dat het verkeer de proefpersoon nadoet. Dit resulteerde in een zeer natuurlijk verkeersbeeld.

Dit onderzoek liet zien dat bij de verdrijfstrategie binnen 30 seconden de linker rijstrook volledig werd ontruimd, zodat het betreden van de tunnelbuis door een vluchtende na 1 minuut niet voor problemen zou zorgen. Hierbij werd geen onveilig rijgedrag vertoond. Ook in vragenlijsten gaf men aan goed te weten wat er van hen verwacht werd. Ondanks het feit dat de rij snelheden ongeveer 15 tot 20 km hoger lagen dan de aangegeven 30 km/u is de snelheid duidelijk teruggebracht. Wanneer men in de simulatie ook daadwerkelijk met een voetganger in de tunnelbuis werd geconfronteerd vertoonden men geen schrikreacties. In de vragenlijsten gaf men aan ook niet te schrikken aangezien men op basis van het argumentatiebord al voetgangers had verwacht. Bij het stilzetten van het verkeer werd de doelstelling (het stoppen van het verkeer binnen 1 minuut) niet gerealiseerd. De grootste groep proefpersonen stopte pas wanneer de vluchtende voetganger in de tunnelbuis verscheen, waarbij een redelijk deel zelfs een ongeval veroorzaakte door, ondanks hard remmen, de voetganger aan te rijden. Uit de vragenlijsten kwam ook naar voren dat proefpersonen niet begrepen wat er van ze werd verwacht. De meeste proefpersonen gaven aan dat ze dachten op een file-staart af te rijden, en dat ze maar bleven rijden omdat het overige verkeer ook maar bleef rijden.

Het rijsimulatoronderzoek heeft geleid tot de conclusie dat de verdrijfsmethode zonder problemen, binnen de tijd en zonder onveilig rijgedrag verloopt, en dat het stilzetten van het verkeer voor problemen zorgt, omdat men niet geneigd is te stoppen, men de maatregel niet begrijpt en daarnaast ook onveilig rijgedrag vertoont. De eerste maatregel zal dus worden toegepast in de Westerscheldetunnel in het geval van calamiteiten met evacuatie. In een vergelijking met in de praktijk genomen video-observaties waarin de linkerrijstrook op een tweestrooks autosnelweg werd voorzien van pijlen en kruisen, zonder dat hier direct iets op de linkerrijstrook gebeurde (dus vergelijkbaar met de omstandigheden in de Westerscheldetunnel) werd gevonden dat de tijden waarbinnen een rijstrook werd vrijgemaakt door de automobilisten nauwkeurig overeenkwam met de resultaten van de rijsimulator.

3.3 Vermoeidheidsonderzoek

Een rijnsimulator is ook geschikt om bepaalde trends in rijgedrag te ontdekken die los staan van een specifieke experimentele conditie. Zo is in het kader van het Europese project SAVE onderzoek gedaan om te zien of op basis van een aantal variabelen ongevallen en incidenten als gevolg van moeheid bij de bestuurder voorspeld kunnen worden gedurende lange nachtelijke ritten (Verwey & Zaidel, 1997). Dergelijke studies kunnen in de praktijk gevaar opleveren wanneer een bestuurder daadwerkelijk in slaap valt.

De taak van de proefpersonen was om in het onderzoek in de rijnsimulator gedurende de nacht meer dan 2 uur achtereen op een landelijke tweebaansweg te rijden met af en toe wat ander verkeer (het was echt nacht maar het getoonde beeld in de rijnsimulator liet ook een donkere omgeving zien). In het onderzoek werd gemeten hoe vaak iemand met zijn ogen knipperde, hoe lang zijn ogen dicht waren wanneer hij knipperde, de hartslag, en rijprestatie. Ook moest men zelf aangeven hoe slaperig men dacht te zijn en hoeveel inspanning het rijden kostte. Aan gedragsmaten werd het overschrijden van de rijstrookmarkering gemeten, het slingeren binnen een strook, het stuurgedrag en de snelheid. Het optreden van meer oogknippering en het oog bij een oogknippering langer dichthouden is samen met minder nauwkeurige stuurcorrecties een goede voorspeller voor incidenten en het overschrijden van de rijstrookmarkering (ofwel het van de weg raken). Het overschrijden van de rijstrook zelf bleek een sterke indicatie te zijn van het binnenkort optreden van het van de weg raken, maar om iemand dan te waarschuwen is wel erg laat. De TLC (Time-to-Line-Crossing), een voorspeller voor wanneer men een rijstrookmarkering zal overschrijden onder niet-wijzigende omstandigheden was de beste voorspeller voor verminderde rijprestatie op basis van vermoeidheid, aangezien deze de combinatie maakt van sturen, snelheid en positie binnen de rijstrook. De eigen inschatting van de proefpersonen over hoe moe ze waren of de totale tijd die men al aan het rijden was waren slechte voorspellers. Deze gegevens komen goed overeen met latere studies die ook in de praktijk zijn gedaan, en de in deze studie gevonden gegevens kunnen dus gebruikt worden bij systemen die moeten detecteren wanneer bestuurders vermoeid raken.

3. Conclusies

Deze drie voorbeelden hebben een illustratie gegeven van mogelijkheden die een rijnsimulator biedt bij onderzoek. In rijnsimulatoronderzoek kan niet alleen aandacht worden besteed aan de begrijpelijkheid van een bepaalde maatregel, maar ook aan de effecten van een bepaald ontwerp op het rijgedrag. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om te kijken naar het verloop van een bepaalde prestatiemaat over de tijd, of naar verschillen tussen verschillende groepen proefpersonen. Naast nieuwe ontwerpen kunnen niet vaak voorkomende situaties worden onderzocht, of kunnen omstandigheden die juist verstorend werken op het interpreteren van de data onder controle worden gehouden. Zo

kunnen bijvoorbeeld zaken als route-keuze gedrag op basis van bepaalde informatie of juist de hoeveelheid file heel systematisch worden getest, iets dat in de praktijk lastig te bewerkstelligen zou zijn. Zo zal het meten van het effect van de dichtheid van mist op rijgedrag in de praktijk op meer problemen stuiten dan in de rijnsimulator, aangezien men in de praktijk de dichtheden van mist niet systematisch kan variëren en men af zou moeten wachten wat er zich voordoet zonder de mogelijkheid hier invloed op uit te oefenen. Bij dit alles zal de daadwerkelijke verkeersveiligheid nooit in gevaar worden gebracht, iets dat nogal eens problemen op zou kunnen leveren bij het daadwerkelijk rijden op de weg.

Resumerend biedt de rijnsimulator een enorme hoeveelheid aan mogelijkheden wanneer gesproken wordt over verkeerskundige vraagstukken. Hierbij biedt de rijnsimulator met name uitkomst wanneer een aantal zaken in werkelijkheid simpelweg niet onderzocht kunnen worden of te veel tijd zouden kosten om te onderzoeken. Daarnaast blijft onderzoek in werkelijkheid nodig, zeker ook om van tijd tot tijd de gegevens uit rijnsimulatorstudies te staven met gegevens uit de praktijk.

4. Referenties

- Kaptein, N.A., Theeuwes, J. & van der Horst, A.R.A. (1995) *De validiteit van de TNO-TM rijnsimulator voor gedragsonderzoek naar het ontwerp van de tweede Beneluxtunnel* (Rapport TNO-TN 1995 C-11) TNO Technische Menskunde, Soesterberg.
- Kaptein, N.A., Theeuwes, J. & van der Horst, R. (1996) *Driving Simulator Validity: Some Considerations*. Transportation Research Record 1550, Human Performance, Driving Simulation, Information Systems and Older Drivers, pp 30-36)
- Martens, M.H. & Brookhuis, K.A. (1998) *4-0 en 3-1 contraflow-systemen; effecten op rijgedrag* (Rapport TM-98-C049). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Martens, M.H., Koster, E.R. & Lourens, P. (1998) *Westerscheldetunnel: Verkeersveiligheid tijdens calamiteiten met evacuatie* (Rapport TM-98-C033). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Verwey, W.B. & Zaidel, D.M. (1997) *Predicting drowsiness accidents from personal attributes, eye blinks, and ongoing driving behaviour* (Report TM-97-B009) Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors Research Institute.