

Resultaten van het Denkdek onderzoek in Rijsimulator en Praktijkproef vergeleken

Dick de Waard
Karel A. Brookhuis



Rapport ITSA-2004-01

28.05.2004

ITS Advies
Spijk 2a
4261 KE Wijk en Aalburg
The Netherlands
info@itsadvies.nl
<http://www.itsadvies.nl>

© 2004 ITS Advies

Uit deze uitgave mag niet worden veeelvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Resultaten van het Denkdek onderzoek in Rijsimulator en Praktijkproef vergeleken – D. de Waard en K.A. Brookhuis: Wijk en Aalburg – Met ill. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat.

Trefwoorden: rijgedrag, wegbelijning, ritsen, taakverrichting, simulator, validiteit.

Inhoud

INHOUD	3
SAMENVATTING	5
SUMMARY	7
1. INLEIDING	8
2. OPZET EN UITVOERING DENKDEK IN RIJSIMULATOR EN PRAKTIJK	10
3. OPINIE	14
4. GEDRAG	18
5. CONCLUSIES	22
6. REFERENTIES	23

Samenvatting

In het kader van het innovatieprogramma “Wegen naar de Toekomst” van Rijkswaterstaat heeft een consortium van bedrijven onder leiding van Verenigde VTN bedrijven binnen het geavanceerde project “Ritsen met Elektronische gidsen” een Slim Wegdek ontwikkeld, “Denkdek”. Het systeem is bedoeld om de weggebruiker bij het ritsen op de autosnelweg te helpen op die plaatsen waar de weg van drie rijstroken over gaat in twee.

Denkdek is voorafgaand aan de implementatie in de praktijk eerst in een rijnsimulator geëvalueerd op begrip door de verkeersdeelnemers en op effecten op rijgedrag en daarmee veiligheid. Hierna is het systeem, op een aantal punten aangepast, geïmplementeerd op de A9 nabij Alkmaar en vervolgens geëvalueerd met betrekking tot opinie van weggebruikers en door middel van analyse van videobeelden opgenomen op die locatie. In het onderhavige rapport worden deze twee onafhankelijk uitgevoerde onderzoeken met elkaar vergeleken.

Er waren grote verschillen in uitvoering en instructie in beide onderzoeken, maar desalniettemin zijn er veel overeenkomsten in de resultaten van de beide typen onderzoek geconstateerd. Het belangrijkste resultaat van beide onderzoeken was dat, hoewel niet uniform door iedereen onmiddellijk volledig begrepen werd wat de intentie van Denkdek was, de meerderheid (snel) door had wat de bedoeling was, en in de praktijk zal dat derhalve leiden tot een bevordering van de doorstroming. Aangezien ter hoogte van het systeem de snelheid aanzienlijk afnam is bovendien de veiligheid gediend.

Summary

A consortium of companies, led by Verenigde VTN Bedrijven has conceived a smart road surface called “Denkdek” (“Thinking Road Surface”). Denkdek facilitates merging and was developed in a programme aiming at innovation, called “Wegen naar de Toekomst” (“Roads to the Future”), sponsored by the Dutch Ministry of Transport. In first instance the system is specifically designed for the situation where one of three motorway lanes ends, i.e. the third lane merges with the other two.

Before Denkdek was introduced into the real world it was evaluated in an advanced driving simulator on its effects on driver behaviour, and thus on effects on safety. After this study the system was slightly adapted and implemented on the A9 motorway near Alkmaar (The Netherlands). Driver opinion and driver behaviour were assessed by means of a questionnaire survey and video observations. In the present report these two studies, simulator and on-site, and their results are compared.

Even though there were quite a few differences in realisation and instruction in the two experiments, there were also remarkably similar results in both studies. Although not everybody immediately understood the *full* intention of the system, the most important result of both studies was that the majority (quickly) comprehended what the aim of Denkdek was with respect to expected behaviour. Major result is that as a consequence of Denkdek traffic flow will profit. Additionally, speed will be significantly reduced at Denkdek which will in turn increase traffic safety.

1. Inleiding

Het geavanceerde project “Ritsen met Elektronische gidsen” is een onderdeel van het innovatieprogramma “Wegen naar de Toekomst” van Rijkswaterstaat. Een consortium van bedrijven onder leiding van Verenigde VTN bedrijven heeft binnen dit kader een Slim Wegdek ontwikkeld, gedoopt “Denkdek”. Het systeem assisteert de weggebruiker bij het ritsen op de autosnelweg op plaatsen waar de weg van drie rijstroken over gaat in twee. Denkdek wordt in werking gesteld als het verkeer een bepaalde, tevoren ingestelde verkeersdrukke bereikt en bestaat uit een aantal onderdelen. Allereerst wordt een inhaalverbod ingesteld voor vrachtauto's. Vervolgens wordt er, voor de drie rijstroken afzonderlijk, een verschillende snelheidslimiet ingesteld, middels matrixborden op de portalen. Voor de rechter rijstrook geldt de laagste limiet. Naast deze rijstrook, op de vluchtstrook (of eigenlijk “in” de vluchtstrook), “loopt” over een afstand van één kilometer een lichtlijn van LEDs mee met de ingestelde maximum rijnsnelheid. Die lichtlijnen zijn 16 meter lang gevolgd door een 16 meter interval zonder licht. Automobilisten worden gestimuleerd om die lichtlijn te volgen, dat wil zeggen die snelheid aan te houden en door in de intervallen in de lichtlijn te rijden voldoende afstand tot elkaar te nemen om zo ruimte te maken voor automobilisten van de rijstrook links. Een matrixpijl gemonteerd op een portaal stimuleert vervolgens verkeer van de middelste rijstrook rechts in te voegen, in de ontstane tussenruimte tussen voertuigen op die strook. Op deze wijze ontstaat op zijn beurt ruimte op de middelste strook, zodat verkeer rijdend op de (eindigende) linker rijstrook, tenslotte ook kan invoegen. Logischerwijs werkt het systeem daarom ook maar tot een bepaalde verkeersdrukke, namelijk tot er bij de gekozen snelheidslimiet geen voldoende grote gaten tussen de voertuigen op de rechterrijstrook meer kunnen worden gecreëerd.

Denkdek is in eerste instantie in een rijnsimulator geëvalueerd op begrip door de verkeersdeelnemers en op effecten op rijgedrag en daarmee veiligheid (De Waard et al., 2001, De Waard et al., 2004). Hierna is het systeem, weliswaar op een aantal punten gewijzigd, geïmplementeerd op de A9 nabij Alkmaar. De rijnsimulator studie heeft plaatsgevonden in 2001 en is door de Rijksuniversiteit Groningen uitgevoerd. Evaluatie van opinie van weggebruikers over het systeem op de A9 (Scholten & Zwegers, 2003), alsmede analyse van videobeelden opgenomen op die locatie (Zwegers & Scholten, 2004), hebben eind 2003 / begin 2004 plaatsgevonden, uitgevoerd door Grontmij Advies en Techniek.

Vanuit Rijkswaterstaat bestond de behoefte om de resultaten van het simulatoronderzoek naast bevindingen uit de praktijk te leggen. In dit rapport worden effecten op mening en gedrag zoals die zijn gevonden in beide omgevingen, rijnsimulator en realiteit, met elkaar vergeleken en worden kanttekeningen bij beide onderzoeken besproken.

2. Opzet en uitvoering Denkdek in rijnsimulator en praktijk

Denkdek is dus in eerste instantie in de rijnsimulator uitgetest op begrip door weggebruikers, en op gedragseffecten. Tijdens de implementatie van het systeem hebben nog aanpassingen plaatsgevonden, zowel in de simulator als in de praktijk. Zo was bijvoorbeeld in de eerste voorstellen, nog voor het simulatoronderzoek werd uitgevoerd, de volglijn van licht in het asfalt op de rechter rijstrook gepland. Na een visualisatieproef werd om diverse redenen besloten de volglijn in het asfalt van de vluchtstrook te leggen. Bij het toepassen van Denkdek in de praktijk zijn vervolgens nog meer wijzigingen doorgevoerd, deels vanwege juridische randvoorwaarden en vereisten, deels vanwege praktische beperkingen. Deze verschillen zijn samengevat in Tabel 1, en worden verderop in dit rapport besproken. Hoewel in principe ieder verschil in uitvoering tussen simulator en praktijk verantwoordelijk kan zijn voor verschillen tussen beide onderzoeken in gedrag en opinie van weggebruikers, is het belangrijk te benadrukken dat de overeenkomsten tussen rijnsimulator en praktijk groter zijn dan de verschillen; in beide omgevingen is het Denkdek concept onverkort toegepast, en is het beoogde gedrag van weggebruikers op de verschillende rijstroken gelijk.

Het simulator onderzoek

In de (toenmalige) rijnsimulator van de RuG (bij de vakgroep Psychologie) is Denkdek nagebouwd. Deze rijnsimulator bevatte geen bewegingssimulatie ("fixed-base") en bestond uit een BMW 525 met normale bediening (stuur, gaspedaal, rem, etc.), verbonden met een interface naar een Silicon Graphics Onyx computer. Deze berekende de wegomgeving aan de hand van de gedragingen van de bestuurder, projecteerde ze vervolgens (binnen ongeveer 30 msec, dus "refresh rate" was ± 30 Hz) en sloeg daarnaast tevens alle rijgedraggegevens op (Van Wolffelaar & Van Winsum, 1995). De auto was tijdens de ritten uitgevoerd met een automatische transmissie.

De berekende wegomgeving werd geprojecteerd op een halfmond scherm dat 165 graden in de horizontale dimensie besloeg, en 45 graden vertikaal. Andere voertuigen interageren als "intelligent agents" dynamisch met elkaar en met de BMW op basis van hiërarchisch gestructureerde beslissingsregels die gebaseerd zijn op normaal rijgedrag (zie Van Wolffelaar & Van Winsum, 1995).

Tijdens het experiment gedroeg al het verkeer zich zoals beoogd door het consortium. Het gedrag van de proefpersoon werd in deze "ideale situatie" onderzocht. Er vond geen onderzoek plaats naar de reactie op non-conform gedrag van andere verkeersdeelnemers.

De verkeersintensiteit werd gemanipuleerd op twee niveaus: 3500 en 4500 voertuigen/uur. Deze intensiteiten leidden niet tot congestie. Ook werd bij dit onderzoek een natuurlijke verdeling van verkeer over rijstroken zoals gemeten in de realiteit nagebootst. Vruchtverkeer reed alleen op de rechter rijstrook, maar was wel in een realistische hoeveelheid aanwezig.

Tweeëndertig personen namen deel aan het experiment. In totaal passeerden alle deelnemers Denkdek een vast aantal keren, iedere deelnemer naderde in 1/3 van de ritten vanaf de linkerstrook, in 1/3 van de ritten vanaf de middenstrook, en in 1/3 van de gevallen vanaf de rechter rijstrook. De verkeersintensiteit was hoog (4500 voertuigen/uur) of laag (3500 voertuigen/uur). In de helft van de ritten stond denkdek aan, in de andere helft uit, wat inhield dat telkens hetzelfde traject werd gereden, echter de matrixborden en het volglucht bleven dan uit (donker). Er gold dus in deze laatste conditie ook geen snelheidsbeperking. Alle condities werden herhaald, wat leidde tot een totaal van 25 passages per deelnemer, namelijk 3 (rijstroken) x 2 (intensiteiten) x 2 (systeem aan of uit) x 2 (herhaling) = 24 + 1 = 25 passages. De allereerste, extra passage (+ 1) vond plaats met werkend systeem zonder dat informatie over de intentie van het systeem aan de proefpersoon werd gegeven.

Na afloop van de eerste rit werd een eerste vragenlijst ingevuld, waarin allereerst middels een open vraag geïnformeerd werd naar:

- wat de proefpersoon aan het “nieuwe systeem” was opgevallen
- wat naar zijn/haar idee het doel was van het systeem
- hoe het verkeer erop zou moeten reageren.

Vervolgens werd er gevraagd aan te geven wat er volgens de proefpersoon van hem / haar zelf werd verwacht (deels meerkeuze, deels open). Verder werd gevraagd naar de soepelheid (het gemak) waarmee gereden werd over het stuk weg alsmede de benodigde inspanning, en hoe duidelijk het was welk gedrag gewenst was, alle drie aan te geven op een schaal.

Na het invullen van deze vragenlijst volgde een aanvullende schriftelijke instructie. Hierin werd een toelichting gegeven op het doel van het systeem en over het verwachte gedrag. Na elke rit vulden proefpersonen telkens een korte vragenlijst in met de genoemde schalen over hoe gemakkelijk en soepel het rijden verliep bij de samenvoeging, en hoe mentaal belastend de rit was geweest. Na afloop van de laatste rit vulden proefpersonen een vragenlijst in waarmee de acceptatie van het ritssysteem gemeten werd.

Behalve het vragenlijstonderzoek werden tijdens de ritten ook de gedragsmaten rijnsnelheid, laterale positie en “tussen-ruimte acceptatie” (gap acceptance) bij het wisselen van rijstrook gemeten.

Het praktijk onderzoek

Het onderzoek uitgevoerd door Grontmij naar mening over en gedrag op Denkdek in de praktijk bestond uit twee delen, een vragenlijst onderzoek en een video analyse onderzoek. Het vragenlijst onderzoek heeft plaatsgevonden in het najaar van 2003. Eerst zijn tijdens de avondspits kentekens verzameld, waarvan de adresgegevens zijn opgevraagd. De enquête bevatte vragen over persoonskenmerken, gekozen positie op de rijbaan bij Denkdek, effecten die Denkdek op het rijgedrag heeft, begrijpelijkheid van Denkdek, en vragen over

emoties die Denkdek bij hen opriep. Er zijn 1310 vragenlijsten verstuurd, van de geretourneerde lijsten waren er 344 bruikbaar, een response percentage van iets meer dan 26%. Een percentage van ongeveer 30% is normaal bij deze vorm van enquêtes.

Rijgedrag is geobserveerd middels een groot aantal camera's. Boven het traject op de A9 hangen verschillende videocamera's waarvan een deel gebruikt is om Denkdek aan te sturen, en een deel speciaal geïnstalleerd om het rijgedrag te kunnen observeren en analyseren. In een periode voordat Denkdek in bedrijf was zijn data verzameld (nulmeting, 2e helft maand juni 2003), alsmede in de periode dat Denkdek functioneerde (effectmeting, 2e helft maand september 2003). Opnamen en data uit de avondspits, voor zover filevrij, zijn voor dit onderzoek geselecteerd.

Verschillen in uitvoering

Een belangrijk verschil is de opzet van het onderzoek, Denkdek ligt op een openbare snelweg (de A9) waar mensen overheen rijden en iedereen onvrijwillig deelneemt aan het video observatie onderzoek (op dagen dat opnamen worden gemaakt). In de rij simulator, en deels ook bij het vragenlijstonderzoek, is er sprake van vrijwillige deelname. Bij het rij simulatoronderzoek moet men zich opgeven voor het onderzoek en apart daarvoor naar het onderzoekscentrum komen, waar overigens wel weer een geldelijke vergoeding tegenover staat. Bij het vragenlijstonderzoek vindt er eveneens selectie plaats op basis van vrijwilligheid, alleen zij die de lijst wensten in te vullen en insturen deden mee aan het onderzoek. De bias hier is over het algemeen dat de zwijgende middenmoot, de massa, niet reageert en voornamelijk de meer uitgesproken voor- en tegenstanders reageren (zie bijvoorbeeld Te Riele, 2002).


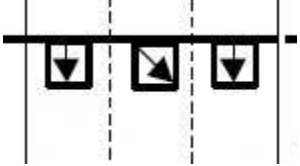
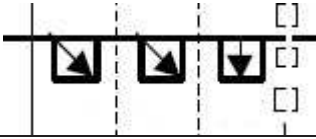
Het gedrag van de deelnemers en het overige verkeer was in het rij simulator onderzoek tamelijk ingeperkt, deelnemers waren geïnstrueerd niet in te halen, en kwamen (herhaaldelijk) aanrijden over één van de drie stroken waar men dan moest blijven rijden tot de eerste portaal. Al het overige gesimuleerde verkeer gedroeg zich (ook) voorbeeldig, dat wil zeggen, zoals beoogd door het consortium. Daarnaast was in de simulator de verkeersintensiteit beperkt tot slechts twee niveaus: 3500 en 4500 voertuigen/uur.

In de praktijkproef waren er meer portalen met andere pijlen en snelheidslimieten (zie Tabel 1). Ook was de lengte van het traject langer, en was er een op- en afrit. Bij het simulatorexperiment werd na de eerste passage uitleg gegeven over Denkdek en het doel van en beoogd gedrag op Denkdek. Dit zou zich enigermate moeten verhouden tot de informatie die in de praktijk de weggebruikers zou moeten hebben bereikt via kranten en (locale) tv.

Tenslotte werd in het simulatoronderzoek gedrag vergeleken op dezelfde locatie, met Denkdek *aan* versus Denkdek *uit* (gebalanceerd in volgorde). Ook bij de video analyse werd Denkdek *aan* met Denkdek *uit* vergeleken, met als verschil

dat de “Denkdek uit” metingen (nulmeting) altijd voorafgingen aan de “Denkdek aan” metingen (effectmeting). De steekproef voor de enquête is alleen gedurende de effectmeting periode getrokken.

Tabel 1 Verschillen in uitvoering simulator en praktijk

	Simulator	Praktijk
Type onderzoek	Experimenteel (gedrag), Populatie (vragenlijst)	Observatie (gedrag), Steekproef (vragenlijst)
Beperkingen gedrag	Op rijstrook blijven tot 1e portaal, “verboden” om naar rechts te gaan om in te halen	Geen bijzondere beperkingen
Gedrag ander verkeer	“ideaal”	Niet vooraf bepaald
Bijzonderheden		In- en uitvoegstrook
Verkeersintensiteit	3500 en 4500 vtg/uur	3000 – 4600 vtg/uur (nadruk op 4200-4600 vtg/uur)
Lengte traject	1,3 km	1,9 km
Lengte Ledlijn	12 m	16 m
Tekst Mottobord	“Rechterbaan Blijf naast lichtspoor”	“Geef elkaar de ruimte – Volg lichtspoor”
Portalen met pijlen	1	2
Pijlen op portaal		Eerst gepasseerd:  Daarna: 
Pijlen op portaal	Middelste pijl knippert aan/uit Alle pijlen wit	Pijlen naar rechts: wit, pijl naar beneden: groen
Aantal portalen met snelheidslimiet	1	3; op eerste portaal zijn 4 flashers ingeschakeld
Aangegeven snelheidslimiet	90 / 85 / 80	100 / 90 / 80

3. Opinie

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het Grontmij enquête onderzoek, uitgevoerd bij de praktijkproef, vergeleken met de resultaten verkregen met vragenlijsten bij het RuG simulator onderzoek.

Ook hier zijn er verschillen in vraagstelling en zijn de resultaten niet altijd 100% te vergelijken, met als voorbeelden (vraagnummer tussen haakjes):

- Simulator: "Welk gedrag werd er volgens u van u verwacht?" (2) versus Praktijk "Hoe reageerde u op de proef?" (17). De aan te kruisen alternatieven zijn ook niet gelijk.
- Simulator: "Oordeel duidelijkheid" op 5-punts schaal (3) versus Praktijk (16) drie alternatieven; Ja / nee / weet niet
- Simulator: oordeel gevraagd over gemak en soepelheid van de *manoeuvre* (4) versus in de praktijk: "De proef zorgt ervoor dat ... makkelijker / moeilijker wordt" (20)

Resultaten

Deelnemers

Aan het rijnsimulator onderzoek deden er iets meer vrouwen dan mannen mee, in de praktijkproef was die verhouding 1:3, een normale afspiegeling van de spitsrijder. De gemiddelde leeftijd was ongeveer gelijk, ergens begin 40. De meeste deelnemers in beide databestanden hadden een ruime rijervaring. Op zich is er geen reden te veronderstellen dat hier verschillen in de resultaten uit voortvloeien.

Doel van de ritsproef

In de enquête van de praktijkproef gaf bijna 40% van de mensen in de open vraag aan dat in hun ogen een doel van Denkdek de bevordering van de doorstroming was en bijna 12% bevordering invoegen, beide een zelfde doel dienend, tezamen ruim 51%. In de rijnsimulatorproef werd invoegen door 44% van de deelnemers als één der elementen spontaan genoemd, terwijl los daarvan 50% ook verbetering volgafstand opvoerde. Deze beide resultaten geven aan dat in beide proeven ruwweg de helft van de deelnemers (snel) in de gaten had wat de intentie van Denkdek was.

Opvallendheid

Veel respondenten op de enquête hebben Denkdek of onderdelen daarvan "aan" zien staan, 50% vindt het goed zichtbaar, maar 7% gaf aan helemaal niets te hebben gezien. Hoewel de meeste geënquêteerden vaker dan één maal Denkdek waren gepasseerd, de steekproef was immers in de spits getrokken, zijn de antwoorden toch wel enigszins te vergelijken met de rijnsimulator

bevindingen na “eerste passage”. Na de eerste passage was namelijk gevraagd of iets was opgevallen. In totaal 47% noemde de matrixborden met de maximum snelheid, 38% de matrixborden met pijlen, en 13% het volglicht. Bijna iedereen had tenminste een klein deel van de tijd op de rechter rijstrook gereden en heeft dus het volglicht kunnen waarnemen. In het praktijkonderzoek werd via antwoordalternatieven (vraag 15) vooral de nadruk op niet goed zichtbare onderdelen gelegd. Vijf procent geeft aan dat de pijlen en / of de snelheidsaanduidingen niet goed zichtbaar waren. Zestien procent vindt het volglicht niet goed zichtbaar. De onderdelen van Denkdek werden in de praktijk dus opvallender bevonden, maar dit komt mogelijk dus door de wijze van vragen en ook omdat men in de praktijk Denkdek vaker dan één maal, zoals in het simulatoronderzoek het geval, was gepasseerd. Bovendien is het goed mogelijk dat de flashers op het eerste portaal met snelheidslimieten de opvallendheid van deze limieten in de praktijk hebben verhoogd.

Duidelijkheid gewenst gedrag

In de praktijkproef vond 65% het gewenste gedrag voor zichzelf duidelijk. Overigens werd het “gewenste gedrag” ook daadwerkelijk correct benoemd door een grote groep mensen, namelijk verlagen van de snelheid door het gas los te laten, plus naar rechts gaan en/of afstand vergroten. Bij het simulatoronderzoek werd een 5-puntsschaal toegepast, het gemiddelde lag op 3.4 (sd 1.5) waarbij een score van 5 *duidelijk* was, en een score van 1 *onduidelijk*. Bij een indeling in percentages blijkt dat bij het simulatoronderzoek 59% het gewenste gedrag als “duidelijk” scoorde, 6% gaf een neutraal oordeel, en 34% vond het “onduidelijk”. Onder het hoofd duidelijkheid valt ook afstand vergroten (50%), dat terecht vaak genoemd werd als gewenst gedrag, evenals naar rechts gaan bij het rijden op de linker (90%) en middenstrook (46%). Het totaalbeeld dat hier uit voortkomt is er ook één van een redelijk tot behoorlijke duidelijkheid.

Effect op ritsmanoeuvre

In de praktijkproef werd het effect van Denkdek op de ritsmanoeuvre als volgt beoordeeld: 6% negatief effect, 25% geen effect, en 40% een positief effect. In meer algemene zin vond 26% in de praktijk dat Denkdek het autorijden makkelijker maakte, 9% vond het moeilijker geworden.

In het simulatoronderzoek gaf 28% aan dat Denkdek “helpt”. Echter, gescoord op een 5-punts schaal vond men de manoeuvre soepeler verlopen als Denkdek *uit* stond. Ook gaf 28 % van de deelnemers aan het simulatoronderzoek aan het systeem volledig te hebben genegeerd, dit is vergelijkbaar met “geen effect”.

Bij het simulatoronderzoek kon iets gedetailleerder gekeken worden naar opinie over het gemak van de ritsmanoeuvre per rijstrook. Het effect van de aanrijstrook was groter bij Denkdek *uit*, wat hier betekent dat met Denkdek *aan* een “vlakker” patroon over rijstroken aanwezig was, dus minder grote verschillen in uitgevoerde manoeuvre bij het rijden op de drie verschillende rijstroken. De verschillen waren weliswaar tussen rijstroken minder groot, zoals reeds gemeld werden alle manoeuvres met Denkdek aan wel als iets moeilijker gewaardeerd.

Beleving Denkdek

Bij de vraag hoe men zich voelde bij de ritsproef gaf 25% van de praktijkproef respondenten aan zich ongemakkelijk te hebben gevoeld (waarvan 4% "heel erg"). 72% gaf aan zich niet ongemakkelijk te hebben gevoeld. Na afloop van elke rit in de rijsimulator werd gevraagd hoe gemakkelijk de rit verlopen was. De scores (van Denkdek *aan*) bewogen zich rond 4.0. In procenten vond 76% de manoeuvre gemakkelijk verlopen, 16 % was neutraal in het oordeel, en 8% beoordeelde het verloop van de manoeuvre als ongemakkelijk. Als Denkdek *uit* stond waren de percentages 82 % gemakkelijk, 14 % neutraal, en 4 % ongemakkelijk. In de rijsimulator werd bovendien na iedere passage een inspanningsoordeel gevraagd op de BeoordelingsSchaal Mentale Inspanning (BSMI). Naarmate men hier vaker de manoeuvres had uitgevoerd oordeelde men dat dit met minder inspanning gepaard ging. Dit is vrij gangbaar bij zogenaamde herhaalde-metingen die worden uitgevoerd binnen dezelfde personen. Een parallel is er te maken met de praktijk, waar je de frequentie waarmee men Denkdek passeert kunt vergelijken met het gegeven oordeel (dit is dan een tussen-proefpersonen oordeel, maar weer wel gebaseerd op een grotere steekproef). Er werden in de praktijk echter geen (significante) effecten van frequentie passage op rijtaak, ritsen, of algemeen oordeel gevonden. Bij het simulator onderzoek was een gedetailleerder beeld per rijstrook beschikbaar, daar werd gevonden dat men *links* rijden inspannender vond. Het algemene oordeel over Denkdek was ook dat het inspannender was om te rijden als het ritssysteem *aan* stond.

Effect op verkeersveiligheid en acceptatie

Van de geënquêteerden vond 19 % dat Denkdek een negatief effect op de verkeersveiligheid had gehad. Daarentegen vond 20% geen verschil met de situatie zonder denkdek, en 37% vond dat het effect op de verkeersveiligheid zelfs positief was. Bij het simulatoronderzoek werd meer in algemene zin acceptatie van het systeem gemeten. Het oordeel in termen van nuttigheid was licht positief, +0.46 (op een schaal van -2 tot +2), terwijl het oordeel in termen van prettig eerder neutraal was, +0.10 op dezelfde schaal.

Algemeen commentaar gegeven door deelnemers

Heel opmerkelijk is wel dat bij beide onderzoeken afleiding door volglucht vaak wordt genoemd, bij het rijsimulator onderzoek zelfs door 41% van de deelnemers!

Dat bij het simulatoronderzoek 9% van de deelnemers Denkdek vermoeiend noemt zou een gevolg kunnen zijn van de vele ritten die daar gemaakt moesten worden.

4. Gedrag

Het gedrag van de weggebruikers geregistreerd door de camera's van Grontmij bij de praktijkproef is vergeleken met gedrag gemeten tijdens het rijnsimulatoronderzoek.

Bij de praktijkproef is het wegvak ingedeeld in drie segmenten, namelijk een aanrijsegment, een segment met volglicht, en het segment waar de derde rijstrook verdwijnt. De segmenten zijn niet exact (in afstanden) gedefinieerd, maar komen goed overeen met de analyse segmenten in het simulatorexperiment.

Over het hele traject staan 13 camera's. Drie hiervan zijn zogenaamde Autoscope (Solo) camera's, met name geschikt voor het automatisch meten van verkeersintensiteit en snelheid (één camera per segment). De overige 10 camera's zijn observatie-camera's waarmee volggedrag, verdeling over rijstroken, rijstrookwisselingen en incidenten vastgesteld worden. Op Segment 1 staan twee camera's, op Segment 2 bij het volglicht staan zes camera's, en op Segment 3 weer twee.

De verkeersintensiteit bij de praktijkproef is ingedeeld in vier klassen, A (3000-3400 voertuigen/uur), B (3400-3800), C (3800-4200), en D (4200-4600 voertuigen per uur). Bij lagere intensiteit stond Denkdek uit, bij hogere intensiteit werd het systeem overruled door een zogenaamde AID ingreep (Automatisch Incident Detectie). In verband met filevorming werd het systeem ook dan uitgeschakeld en werd een lagere snelheidslimiet opgelegd. In het simulatorexperiment zijn twee verkeersintensiteiten getest; 3500 en 4500 voertuigen/uur. Dit komt overeen met de categorieën B en D.

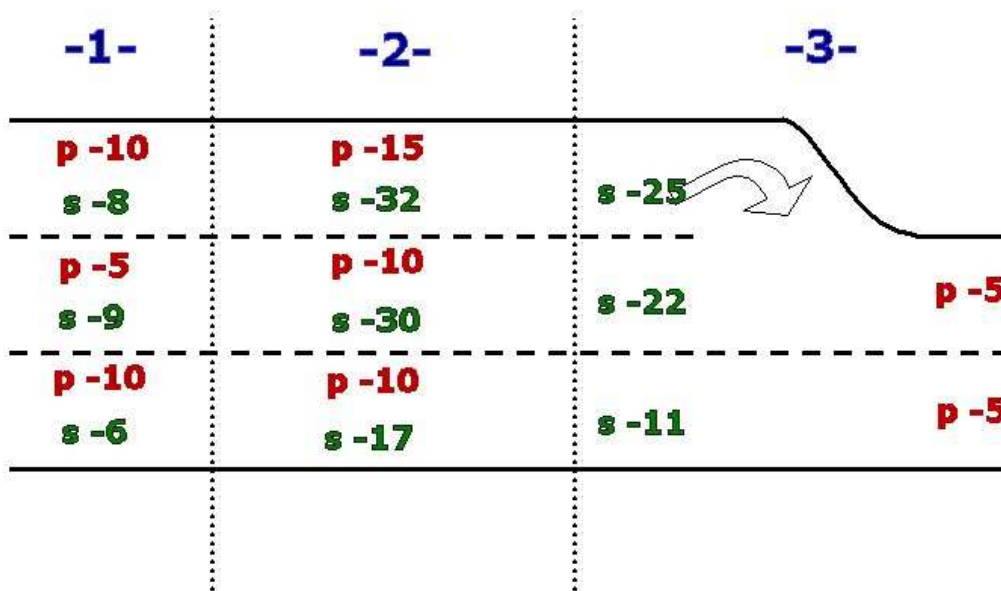
Vergelijkbaarheid

De verkeersintensiteit in beide onderzoeken is goed vergelijkbaar want de twee in de simulator (opzettelijk) aangebrachte voertuigintensiteiten vallen binnen de range van de praktijkproef zoals die op de weg is gehanteerd. De verdeling over en wisselingen tussen rijstroken kan echter niet worden vergeleken, immers, in het simulatoronderzoek hadden de deelnemers geen keuzevrijheid, elke deelnemer werd op één van de drie stroken "neergezet". Ook de (absolute) snelheden van alle andere verkeersdeelnemers in de rijnsimulator waren van te voren al bepaald door de geldende maximum snelheidslimiet. Echter, verschillen in effect op de (gemiddelde) rijnsnelheid, puur als gevolg van Denkdek kunnen weer wel worden vergeleken, namelijk door gereden snelheden in controle- en experimentele rit in de simulator te vergelijken met de gemeten rijnsnelheden tijdens nul- en effectmetingen in de praktijk.

Resultaten vergelijking

Effect op rijnsnelheid

In Figuur 1 zijn de absolute verschillen in rijnsnelheid als gevolg van Denkdek weergegeven, afzonderlijk per segment en testomgeving. In beide omgevingen leidde Denkdek ertoe dat er minder hard werd gereden, in beide testomgevingen vindt de grootste snelheidsreductie plaats op Segment 2, daar waar de matrixborden een lagere limiet aangeven. Het feit dat de snelheidsreductie op dat segment bij het simulatoronderzoek bijna 2 x zo groot is komt simpelweg door het grotere verschil in snelheidslimiet, in de praktijkproef ging de limiet van 120 km/u naar 100/90/80, in het simulatoronderzoek eveneens van 120 maar nu naar 90/85/80. Bovendien was het in de simulator vaak moeilijk zo niet onmogelijk om harder te rijden dan de nieuwe limiet, immers, het overige verkeer hield zich strikt aan de snelheidslimiet en naar links gaan om in te halen was niet altijd mogelijk en bovendien ook niet toegestaan.



Figuur 1. Verschil in rijnsnelheid in km/uur *tijdens Denkdek* vergeleken met controle of nulmeting; per segment en rijstrook (p=praktijkmeting, s=simulator).

Plaats van rijstrook wisseling

In het simulatoronderzoek werd in de condities waar Denkdek aanstond eerder van rijstrook gewisseld, zowel van de linker naar de middelste als van de middelste naar de rechter rijstrook. Belangrijk verschil is ook dat in de condities waar Denkdek aan stond deze twee rijstrookwisselingen meer gelijktijdig plaatsvonden, terwijl als het systeem uit stond men eerder van links naar midden en dan pas van midden naar rechts ging. Nog belangrijker is dat een groot

percentage, 65%, van de deelnemers die op de middelste strook kwam aanrijden daar bleef rijden en dus helemaal niet van rijstrook wisselde (vergelijk met de conditie “Denkdek aan”, daar bleef 6% op de middelste strook rijden).

Ook in de praktijkproef nam het aantal voertuigen dat van de middelste strook naar rechts ritste toe. Er is tevens een lichte toename in verkeer dat van de middelste strook naar *links* gaat. Reden hiervoor kan zijn dat men nog even wenste in te halen, of dat men na de pijl een afgesloten middelste rijstrook verwacht en dan liever op de snelle strook rijdt. In de simulator was dit gedrag niet toegestaan. Bij het eind van Denkdek blijkt dat verkeer van de linker strook eerder naar de middelste rijstrook is gegaan. Ook hier geldt, net als in de simulator, dat men eerder gebruik kan maken van de ruimte die is ontstaan op de middelste strook, conform het doel van Denkdek.

Volgtijden ten opzichte van de voorligger

In het simulatoronderzoek is de individuele volgtijd tot de voorligger bepaald, terwijl in het praktijkonderzoek voertuigen in drie “volgtijdklassen” zijn ingedeeld; < 1 s, 1-2 s, > 2 seconden.

	Effect Denkdek simulator (hoge intensiteit) op volgtijd (in seconden, = gelijk gebleven, positief is grotere volgtijd bij Denkdek aan):			Effect Denkdek praktijk op volgtijd + = toename hoeveelheid grotere volgtijden			
	Segment :	1	2	3	1	2	3
Rijstrook							
Links	=	+0.1	+0.9		+	-	-
Midden	=	-0.1	-0.1		+	+	-
Rechts	=	+0.4	+0.2		=	-	-

In de praktijk bleek op segment 1 het aantal korte volgtijden afgenomen op de linker en middelste rijstrook. Rechts was de verdeling ongewijzigd. Op segment 2 nam het aantal korte volgtijden op alle stroken toe, met uitzondering van de middelste strook waar ruimte ontstaat. Op segment 3 vindt vooral op de linkerstrook een toename van korte volgtijden plaats.

Aangezien er **volgtijden** zijn gemeten, worden deze verschuivingen mede veroorzaakt door rijsnelheid die is gereduceerd door verschillende snelheidslimieten. Toch blijft het moeilijk om percentages (praktijkproef) met gemiddelde volgtijden (simulator) te vergelijken. Wel is het zo dat in alle gevallen ruimte op de middelste rijstrook gecreëerd dient te worden wat in de praktijk blijkt uit de toename in grotere volgtijden, en in het simulatoronderzoek uit de locatie van rijstrookwisseling (zie hieronder). Ook hiaat acceptatie wijst op dit effect. Het geaccepteerde hiaat bij een rijstrookwisseling van links naar midden is bij het simulatoronderzoek groter als Denkdek aan staat vergeleken met de controlesituatie waar het systeem uit is.

Volggedrag ten opzichte van het volglicht

In de praktijkproef reed een groot deel van het verkeer sneller dan het volglicht. In het simulatorexperiment werd dit niet gevonden, eenvoudigweg omdat voorliggers zich netjes aan de limiet hielden en inhalen (naar de middelste strook gaan) niet was toegestaan.

Incidenten

In beide onderzoeken werden geen (ernstige) incidenten vastgesteld.

5. Conclusies

Ondanks verschillen in uitvoering en instructie zijn er toch opmerkelijk sterke overeenkomsten in de resultaten van de beide typen onderzoek. Hoewel niet uniform door iedereen onmiddellijk begrepen werd wat de intentie van Denkdek was, begreep de meerderheid toch (snel) wat de bedoeling was, en in de praktijk zal dat derhalve leiden tot een aanzienlijke bevordering van de doorstroming. Want, een oude wijsheid zegt: goed voorbeeld doet goed volgen.

Verschillen zijn er met betrekking tot het oordeel over de ritsmanoeuvre, in de simulator vond men gemiddeld dat de manoeuvre moeilijker was als Denkdek aanstond, terwijl in het praktijkonderzoek 40% van de deelnemers meldt dat Denkdek een positief effect had op de manoeuvre. Misschien werd effect mede veroorzaakt doordat de opvallendheid van Denkdek in de praktijk groter was dan in de rijnsimulator.

Er werden ook veel overeenkomsten gevonden in resultaten van de beide typen onderzoek, zowel in opinie als in gedrag. Het gewenste gedrag van Denkdek wordt bij beide onderzoeken vaak goed benoemd. Hoewel de gevonden snelheidsreductie in de simulator groter was werd ook in de praktijk een afname in rijnsnelheid gevonden.

Ook is het opmerkelijk dat bij het simulatoronderzoek 28% aangeeft het volglicht te hebben genegeerd. Bij de eerste passage in de rijnsimulator werd het volglicht door slechts 13% spontaan genoemd als waargenomen element, de opvallendheid was duidelijk niet erg groot. Natuurlijk reed niet iedereen van begin tot eind op de rechter rijstrook precies naast het licht, maar meer dan 80% deed dat in ieder geval wel op een (klein) deel van het traject.

Ook in de praktijk wordt niet altijd acht geslagen op het volglicht, zo rijdt uiteindelijk 55% van het verkeer op de rechterrijstrook gelijk met het licht dat met 80 km/uur "voortbeweegt". Vijfenvoertig procent doet dat dus niet. Opmerkingen als "het doel van het licht is niet duidelijk" die worden aangegeven in de (praktijk)enquête ondersteunen het idee dat het licht door een deel van de weggebruikers genegeerd is.

Het lijkt er sterk op dat de verdrijfpijl (in de praktijkproef de twee verdrijfpijlen) boven de middelste strook een centrale rol speelt (spelen). Verkeer gaat als gevolg van deze pijl van de middelste strook naar rechts. Hierdoor ontstaat eerder ruimte op de middelste strook. Verkeer van de linker strook gaat dan ook eerder naar de middelste strook als denkdek geactiveerd is. Al deze effecten werden zowel in het simulatoronderzoek als in de praktijkproef gevonden.

Alles in ogenschouw nemend is het duidelijk dat uit het rijnsimulatoronderzoek in belangrijke mate voorspeld kon worden hoe de weggebruiker met een nieuw systeem als Denkdek zou blijken om te gaan.

6. Referenties

- De Waard, D., Brookhuis, K.A., Streefkerk, J.W., & Van Wolffelaar, P.C. (2001). *Evaluatie "Denkdek" (ondersteuningssysteem ritsen) in de rijnsimulator*. Rapport. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen, Experimentele en Arbeidspsychologie.
- De Waard, D., Brookhuis, K.A., Noordmans, M.C., Hogema, J.H., & Visscher, R.M. (2004, ter perse), A "thinking road surface". In D. de Waard, K.A. Brookhuis, and C.M. Weikert (Eds.) *Human Factors in Design* (pp. 81-91). Maastricht, the Netherlands: Shaker Publishing.
- Scholten, M. & Zwegers, A.E.M. (2003). *Monitoring proef: "Ritsen met elektronische gidsen"(Denkdek®) Resultaten deelstudie enquête*. Rapport V&I-99339584. De Bilt: Grontmij Advies en Techniek bv, Verkeer en Infrastructuur.
- Te Riele, S. (2002). Vertekening door non-respons. Hoe nauwkeurig zijn de uitkomsten van persoonsenquêtes? CBS.
<http://www.cbs.nl/nl/publicaties/artikelen/algemeen/non-respons/non-respons.pdf>
- Van Wolffelaar P.C. & Van Winsum, W. (1995) Traffic simulation and driving simulation –an integrated approach. In *Proceedings of the Driving Simulator Conference (DSC'95)*. Toulouse, France: Teknea.
- Zwegers, A.E.M. & Scholten, M. (2004). *Monitoring proef: "Ritsen met elektronische gidsen"(Denkdek®) Resultaten deelstudie videoanalyse*. Rapport V&I-99342632. De Bilt: Grontmij Advies en Techniek bv, Verkeer en Infrastructuur.