

# Effecten van ondersteunende wegmarkeringen op het rijgedrag: een rijsimulatorstudie

RA-2008-119

*Jan Vanrie*

Onderzoekslijn Gedrag



DIEPENBEEK, 2008.  
STEUNPUNT VERKEERSVEILIGHEID.

## Documentbeschrijving

Rapportnummer: RA-2008-119  
Titel: Effecten van ondersteunende wegmarkeringen op het rijgedrag: een rij simulatorstudie  
Ondertitel:  
Auteur(s): Jan Vanrie  
Promotor: Rob Cuyvers  
Onderzoekslijn: Gedrag  
Partner: Provinciale Hogeschool Limburg  
Aantal pagina's: 28

Projectnummer Steunpunt:

Projectinhoud: Effecten van verschillende types van wegmarkeringen op rijgedrag in de rij simulator

Uitgave: Steunpunt Verkeersveiligheid, februari '08.

Het onderzoek dat beschreven wordt in dit rapport werd uitgevoerd door het Steunpunt Verkeersveiligheid met de steun en medewerking van het Agentschap Wegen en Verkeer van de Vlaamse overheid, de Vlaamse Stichting Verkeerskunde en VAB.

Steunpunt Verkeersveiligheid  
Wetenschapspark 5  
B-3590 Diepenbeek

T 011 26 91 12

F 011 26 91 99

E [info@steunpuntmowverkeersveiligheid.be](mailto:info@steunpuntmowverkeersveiligheid.be)

I [www.steunpuntmowverkeersveiligheid.be](http://www.steunpuntmowverkeersveiligheid.be)

## Samenvatting

Vanuit de vraag naar hoe optimaal snelheidsgedrag kan ondersteund worden, werden in dit rapport drie systemen onderzocht: het bestaande systeem waarin een 70km/u-snelheidszone bepaald wordt door herhaalde C43-snelheidsborden, en twee nieuwe systemen waarin bestuurders in een 70km/u-snelheidszone ondersteund kunnen worden via wegmarkeringen. In deze alternatieve systemen wordt een snelheidszone aangeduid via een F4a-zonebord en een periodieke markering (elke 50m) aan de binnenkant van de randlijn: ofwel een enkele streep ofwel het cijfer '7'.

Om na te gaan welke effecten deze nieuwe systemen zouden kunnen hebben op het rijgedrag, in vergelijking met het traditionele systeem, werd aan de deelnemers van de studie gevraagd om een aantal ritten uit te voeren in de rijsimulator. Drie virtuele routes werden hiervoor geconstrueerd op basis van één enkel traject, een licht bochtige weg met twee rijstroken bestaande uit verschillende segmenten: een 90 km/u-segment, een eerste 70km/u-segment, een kruispunt en een laatste 70km/u-segment. De 'Borden'-route simuleerde het traditionele systeem (C43-snelheidsbord bij de overgang 90-70km/u en een herhalingsbord na het kruispunt), terwijl in zowel de 'Cijfers'- als de 'Strepen'-route de 90-70km/u overgang aangeduid werd met het F4a-zonebord, er na het kruispunt geen bord stond, en er in gans het 70 km/u-traject een markering ('7' of streep) aangebracht werd.

De deelnemers werden op voorhand niet expliciet geïnformeerd over de functie van de wegmarkeringen om te kunnen bepalen wat het effect is van de aanwezigheid van de markeringen op zich en om na te gaan of deze opgemerkt en eventueel spontaan gebruikt zouden worden.

De deelnemers reden elk van de drie mogelijk routes, éénmaal onder lage mentale belasting (enkel de rijtaak) en éénmaal onder hoge mentale belasting (rijtaak simultaan met een inspannende rekentaak). Voor elke deelnemer werd van elk van de zes ritten zowel objectieve gegevens van de rijprestatie (positie langs het traject, de snelheid en de laterale positie) als de subjectieve beleving (via een schaal om de mentale inspanning te meten) geregistreerd.

De resultaten bevestigen de in de literatuur aangetoonde negatieve gevolgen van een verhoogde mentale belasting, en dit zowel op de subjectieve beleving (met hogere scores op inspanningsschaal) als op de objectieve rijprestatie (minder aangepast snelheidsgedrag). Voor de drie onderzochte routes (Borden, Cijfers, Strepen) werden echter weinig verschillen in de objectieve rijprestatie gevonden. Al blijkt ter hoogte van de overgang naar de 70 km/u-zone het klassieke snelheidsbord effectiever dan het zonebord (d.w.z., het afremmen gebeurt vroeger en vlotter), in de rest van het eerste 70km/u-segment werden geen significante verschillen gevonden in gemiddelde snelheid of de standaard deviatie van de snelheid en ook niet in de standaard deviatie van de laterale positie doorheen het traject (d.w.z. hoe goed bestuurders hun lijn bleven houden). Wel werd een significante verschuiving vastgesteld in de gemiddelde laterale positie: mét de markering werd gemiddeld dichter bij de middellijn gereden. De grootte van deze verschuiving was echter minimaal. Ook wat betreft de subjectieve beleving konden de drie systemen niet van elkaar onderscheiden worden.

Vergeleken met het traditionele systeem met herhaalde snelheidsborden na elk kruispunt (de Borden-route), lag de gemiddelde snelheid in de Cijfers- en Strepen-route wel significant hoger in het tweede 70 km/u-segment, d.w.z. na het passeren van een kruispunt. In 15.8% van de Cijfers- en Strepen-ritten versnelde de bestuurder direct na het kruispunt tot boven 80 km/u (ten opzichte van 1.6% in de Borden-ritten). Dit bevestigt de nood aan een ondersteunend systeem wanneer expliciete snelheidsinformatie, zoals een herhalingsbord, ontbreekt. Dit wijst er ook op dat de markeringen niet spontaan, d.w.z. zonder voorafgaande informatie, optimaal snelheidsgedrag uitlokken. De markeringen zelf werden bovendien niet frequent bewust opgemerkt en het cijfer '7' werd slechts heel zelden herkend.

Op basis van deze resultaten wordt naar het beleid toe afgeraden om een algemene invoering van snelheidszones te implementeren zonder ondersteunend systeem. Negatieve effecten van ondersteunende wegmarkeringen op zich, strepen of cijfers, werden niet gevonden. Om echter echt effectief te kunnen zijn, moeten verkeersdeelnemers wel eerst grondig geïnformeerd worden over de functionaliteit van dit systeem.

## English summary

In answer to the question on how to elicit optimal speed behaviour, the current report investigated three systems: the currently used system in which a speed zone is determined by a repetition of C43-speed signs, and two new systems in which drivers in a 70km/h speed zone can be supported through the use of additional road markings. In these alternative systems, the speed zone is indicated by a specific road sign (F4a) signalling the driver is entering a zone with a specific speed limit and an additional, periodic marking (every 50m) along the existing edge line: either a short line or the number '7'.

To investigate the possible effects on driving behaviour with these new systems, compared to the traditional system, participants were asked to perform several test drives in a driving simulator. Three virtual drives were created based on a single route, a slightly curved road with two lanes, consisting of several segments: a 90km/h segment, a first 70km/h segment, an intersection and a second 70km/h segment. The 'Signs' route simulated the traditional system (C43 speed signs at the 90-70km/h transition and a repeated sign following the intersection), while for both the 'Numbers' and the 'Lines' route the 90-70km/h transition was marked with the F4a sign, no sign was present after the intersection and road markings ('7' or line) were added throughout the 70km/h zone.

Participants were not explicitly informed about the function of the road markings in order to determine what the effect is of the mere presence of these markings and also to investigate whether they would be noticed and used by drivers without prior instructions.

The participants performed each of the three possible routes, once under conditions of low mental load (only the driving task) and once under conditions of high mental load (driving task simultaneously with a challenging math task). For each of the six drives of each participant both objective data on the driving behaviour (position along the route, speed and the lateral position) and subjective data (via a scale to measure mental effort) were registered.

Results confirmed the negative impact of increased mental load on both subjective (higher scores on mental effort) and objective (inadequate speed behaviour) measures. The three routes (Signs, Numbers, Lines), however, did not differ much with respect to actual driving behaviour. Although the classic speed sign was more effective than the sign indicating the speed zone at the transition point itself (i.e., decelerating started earlier and was faster), in the first 70km/h segment that followed no significant differences were found for mean speed, mean standard deviation of speed or mean standard deviation of lateral position (i.e., whether drivers keep a steady position on the road). There was a shift in the mean lateral position: with the additional markings participants drove on average closer to the midline than without the markings. The size of the shift, however, was minimal. Subjective data did also not differ for the three routes.

Compared to the traditional system in the Signs route, mean speed in the Numbers and Lines route was significantly higher in the second 70km/h segment, i.e., when drivers passed the intersection. In 15.8% of the Numbers and Lines routes the driver accelerated above 80km/h immediately following the intersection (compared to 1.6% in the Signs route). This confirms the need for a support mechanism when explicit information on speed limits, like a repeated sign in the Signs route, is missing. This also indicates that, without prior information, the mere presence of the road markings does not elicit optimal speed behaviour. The markings themselves were not readily detected and the number '7' was hardly ever recognised.

Based on these results, we advise against a general implementation of the system of speed zones without an additional supporting system. Negative effects of the mere presence of additional road markings, lines or numbers, were not observed. However, for these markings to become effective, drivers will at least need to be thoroughly informed as to their function.

## Inhoudsopgave

1.	ONDERSTEUNENDE WEGMARKERINGEN .....	7
1.1	Inleiding	7
1.2	Types wegmarkeringen en resultaten proefproject	7
1.3	Simulatorstudies	8
1.4	Onderzoeksvraag	8
2.	EMPIRISCH ONDERZOEK .....	11
2.1	Methode	11
	2.1.1 <i>Deelnemers</i> .....	11
	2.1.2 <i>Rijsimulator</i> .....	11
	2.1.3 <i>Taken en instructies</i> .....	12
	2.1.4 <i>Routes</i> .....	12
	2.1.5 <i>Meetgegevens</i> .....	14
	2.1.6 <i>Design</i> .....	14
	2.1.7 <i>Procedure</i> .....	14
2.2	Resultaten	15
	2.2.1 <i>Snelheid</i> .....	15
	a. <i>Deeltraject 1: 90 km/u</i> .....	15
	b. <i>Deeltraject 2: 90-70 km/u-overgang</i> .....	15
	c. <i>Deeltraject 3: 70 km/u</i> .....	17
	d. <i>Deeltraject 4: 70 km/u - na kruispunt</i> .....	18
	2.2.2 <i>Laterale positie</i> .....	19
	2.2.3 <i>Subjectieve beleving: mentale inspanning en persoonlijke evaluatie</i> ....	19
3.	DISCUSSIE – EFFECT ONDERSTEUNENDE WEGMARKERINGEN .....	21
3.1	Vergelijking van de drie systemen	21
3.2	Vergelijking met Dreesen en Daniels (2007)	22
3.3	Effecten van mentale belasting en validiteit simulatorgegevens	23
4.	CONCLUSIES EN BELEIDSAANBEVELINGEN.....	24
4.1	Conclusies	24
4.2	Beleidsaanbevelingen	25
5.	REFERENTIES.....	26
6.	DANKBETUIGING.....	27
7.	BIJLAGE A: FORMULIER "GEÏNFORMEERDE TOESTEMMING".....	28

# **1. ONDERSTEUNENDE WEGMARKERINGEN**

---

## **1.1 Inleiding**

Op heel wat Vlaamse gewestwegen is sinds 2002 een gehele of gedeeltelijke snelheidsbeperking tot 70 km/u buiten de bebouwde kom van toepassing. De problematiek rond de implementatie van snelheidslimieten is een complex gegeven, waarin o.a. factoren m.b.t. veiligheid, mobiliteit, onderhoud, maar ook juridische elementen een rol spelen. Van de weggebruiker vraagt het dan ook een aanzienlijke inspanning om op elk ogenblik goed te weten welke de toegelaten snelheid is. Idealiter zou een weg zo ingericht kunnen worden dat de weggebruiker aan de hand van de vormgeving (bochtstralen, asverschuivingen, verticale elementen) als het ware intuïtief uitgenodigd wordt zich te houden aan de gewenste snelheid, het zogeheten "leesbare weg"-concept. In de praktijk is een dergelijk concept slechts op zeer lange termijn (tientallen jaren) voor het volledige wegennet realiseerbaar.

In afwachting van wat op langere termijn kan gebeuren, wenste het Agentschap Infrastructuur (voorheen de Vlaamse Administratie Wegen en Verkeer) te onderzoeken of er reeds op korte termijn een ondersteunend systeem zou kunnen ontwikkeld worden dat weggebruikers eenduidige informatie geeft over de snelheidslimiet waaraan zij op dat ogenblik onderworpen zijn. Hiertoe werden een aantal voorstellen geformuleerd m.b.t. een systeem van wegmarkeringen om de bestuurder te ondersteunen. Het gebruik van zoneborden om het begin- en eindpunt van een snelheidszone aan te duiden in combinatie met een wegmarkering die dezelfde eenduidige en continu beschikbare informatie geeft, kan in principe het traditionele systeem van de herhaalde snelheidsborden vervangen. In het voorliggende rapport worden deze voorstellen onderzocht door na te gaan wat de effecten zijn op het rijgedrag in een gesimuleerde omgeving van verschillende types van wegmarkeringen onder verschillende niveaus van mentale belasting. In wat volgt, worden eerst de verschillende types van markeringen kort beschreven en de resultaten van een initieel proefproject samengevat (zie 1.2 ). Vervolgens wordt de meerwaarde van een simulatorstudie bekeken (1.3 ) en de eigenlijke onderzoeksvraag gedefinieerd (1.4 ).

## **1.2 Types wegmarkeringen en resultaten proefproject**

Twee types van wegmarkeringen werden voorgesteld. De basis voor beide types is een markering die herhaald wordt om de 50m en aangebracht op 10cm van de randlijn. In één type bestaat de markering uit een enkele, witte streep met een lengte van 50 cm en een breedte van 20 cm, in het andere type is de markering een cijfer '7' met lengte 50 cm en breedte 25.7 cm (zie Figuur 3 en Figuur 4 voor een voorbeeld van elk type).

In een eerste proefproject (zie Dreesen & Daniels, 2007), werd elk type markeringen aangebracht op twee verschillende locaties in Vlaanderen waar een 70 km/u-snelheidsbeperking van kracht was. In elk proefvak werd na enige tijd ook een bijkomend infobord geplaatst om de bedoeling van de markeringen te verduidelijken. Snelheidsgegevens van deze locaties alsook van vier overeenkomstige vergelijkingslocaties werden verzameld vóór en na het plaatsen van de markering en na het plaatsen van het infobord.

Voor een gedetailleerde bespreking van de resultaten van dit proefproject wordt verwezen naar Dreesen en Daniels (2007). De globale conclusie van het project was echter duidelijk: voor zowel de streep- als de cijfermarkering werd een stijging gevonden van de V50 (dit is de snelheid die 50% van de bestuurders niet overschrijden). Redenen voor deze eerder contra-intuïtieve vaststelling zijn niet meteen voorhanden. Bijkomend onderzoek om na te gaan of dit een robuust fenomeen betreft, is dus aangewezen. Eerst bekijken we echter wat nu precies de meerwaarde van een simulatorstudie in deze context zou kunnen zijn, maar ook welk beperkingen hier aan vasthangen.

### 1.3 Simulatorstudies

In een simulatorstudie wordt de rijervaring nagebootst. Een deelnemer wordt gevraagd te handelen zoals in een normale rij situatie, maar dan in een gesimuleerde omgeving waarbij deze simulatie kan variëren van eerder rudimentair tot erg gesofisticeerd. Hoe realistisch de simulatie ook is, er blijft steeds een zekere reductie van de werkelijkheid. Om nuttig te kunnen zijn als hulpmiddel bij het nemen van beslissingen, is het echter van belang dat het gedrag in de rij simulator voldoende voorspellende waarde heeft voor het reële gedrag. Deze voorspellingsvaliditeit heeft twee componenten: absolute en relatieve validiteit (Godley, Triggs, & Fildes, 2002; Harms, 1994 – geciteerd in Törnros, 1998). Waar het eerste de meer kwantitatieve overeenstemming tussen gedragsparameters in de simulator en de echte situatie betreft, verwijst het tweede naar het feit of gelijkaardige effecten bekomen worden bij een bepaalde maatregel of ingreep. Ter illustratie: een Zweedse studie liet chauffeurs rijden op verschillende secties van een echte, nieuw-gebouwde tunnel en liet hen ook in de simulator dezelfde stukken, maar dan virtueel nagebouwd, rijden. Deelnemers aan de studie bleken systematisch sneller te rijden in de simulator (dit betekent dus een lage absolute validiteit), maar de stukken waar ze snelst reden in de simulator, kwamen overeen met de stukken waar ze snelst reden in de reële situatie (goede relatieve validiteit).

De veronderstelling die bij de huidige studie gemaakt wordt, is dat de simulatie ten minste relatieve validiteit zal hebben: er wordt niet verwacht dat het rijgedrag in de simulator perfect overeen zal stemmen met het werkelijke rijgedrag (absolute validiteit), maar wel dat de relatieve effecten in de simulator-studie -als deze aanwezig zouden zijn- indicatief zijn voor de relatieve effecten zoals die in de reële situatie verwacht worden. Elementen in de verzamelde gegevens die er op zouden wijzen dat deze veronderstelling te optimistisch is, moeten dan uiteraard mee in rekening gebracht worden bij het formuleren van conclusies op basis van deze gegevens.

Bij een simulator-studie moet men dus noodgedwongen bijkomende veronderstellingen maken om de resultaten te kunnen veralgemenen. Dit is een nadeel. In vergelijking met een meer klassieke observatiestudie, zoals bijvoorbeeld in Dreesen en Daniels (2007), of de situatie waarin men effectief met een echte wagen het verkeer zou ingaan, heeft een simulatoronderzoek echter ook een aantal duidelijke voordelen. Ten eerste heeft de onderzoeker een perfecte controle over de omgeving, de weg- en weersomstandigheden en de infrastructuur. In tegenstelling tot het tijdelijk observeren van de werkelijke situatie, spelen toevallige fluctuaties in deze parameters dus geen rol meer. Ten tweede heeft men in de klassieke observatiestudies geen precieze informatie over de bestuurders, zoals bijv. hun leeftijd en ervaring, maar ook niet wat ze precies weten over de markeringen, en kan men hen achteraf eveneens niet bevragen. Dit kan wel bij een simulatorstudie en kan hier dan ook een betere interpretatie van de resultaten opleveren. Ten derde kan men bijkomende bestuurdergerelateerde factoren experimenteel manipuleren. In dit geval zal dat de mentale belasting zijn (zie onder). Vanuit een ethisch standpunt zijn dergelijke manipulaties moeilijk te verantwoorden in een reële verkeerssituatie, maar kunnen zonder probleem in een "veilige" simulatoromgeving aan bod komen. Ten slotte, kan men ook de rijprestatie veel gedetailleerder registreren en beoordelen. Waar men in de observatiestudie van Dreesen en Daniels (2007) beperkt was tot een globale snelheidsmaat (de V50 over een welbepaalde periode), registreert de simulator de snelheid en laterale positie een aantal maal per seconde. Dit laat uiteraard toe om op veel fijnere schaal mogelijke effecten vast te stellen.

### 1.4 Onderzoeksvraag

De globale onderzoeksvraag kan als volgt geformuleerd worden:

*Welke effecten hebben de twee voorgestelde systemen van een zonebord in combinatie met een markering in vergelijking met het bestaande systeem van (herhaalde)*



*snelheidsborden op een niet-geïnformeerde bestuurder onder verschillende niveaus van mentale belasting?*

Belangrijk hierbij is te benadrukken dat deelnemers aan de studie inderdaad niet expliciet geïnformeerd worden over de functie van de markeringen. Het doel van de studie is dus eerder om de effecten van de aanwezigheid van de markeringen op zich na te gaan (inclusief of deelnemers dit eventueel spontaan gebruiken).

Deze globale vraag kan opgedeeld worden in een aantal meer specifieke deelvragen:

*1- Hebben het zonebord en de markering een effect op het snelheidsgedrag in vergelijking met het klassieke snelheidsbord bij niet-geïnformeerde bestuurders?*

In vergelijking met de huidige situatie, waarin bestuurders aan het begin van een 70 km/u-traject geconfronteerd worden met een 70 km/u-snelheidsbord, krijgen zij nu een zonebord te zien en een wegmarkering. Wordt hier, in termen van snelheidsgedrag, anders op gereageerd door bestuurders die niet expliciet geïnformeerd werden over de functie van deze markeringen?

*2- Heeft het ontbreken van een herhalingsbord en de aanwezigheid van de markering een effect op het snelheidsgedrag bij niet-geïnformeerde bestuurders?*

In het huidige systeem geldt een snelheidsbord slechts tot aan het volgende kruispunt. Om de snelheid ook langs het vervolg van het traject te beperken, moet het snelheidsbord na elk kruispunt herhaald worden. In de twee voorgestelde alternatieve systemen wordt gewerkt met zoneborden die in principe geldig zijn tot de zone expliciet wordt opgeheven. Dit betekent dat na een kruispunt geen herhalingsborden meer nodig zijn. De markeringen, bedoeld als ondersteuning, blijven uiteraard wel doorlopen tot aan het einde van de zone. Wat is het effect van deze configuratie op het snelheidsgedrag van niet-geïnformeerde bestuurders?

*3- Zorgt het drastisch verhogen van de mentale belasting van bestuurders voor andere resultaten in de twee voorgaande deelvragen?*

Het is mogelijk dat de effectiviteit van de nieuwe systemen, bedoeld als ondersteuning, ten dele afhankelijk is van de mentale toestand van de bestuurder: chauffeurs die zich volledig op de rijtaak concentreren worden er misschien minder – of misschien net méér – door beïnvloed. In het verkeer kunnen bestuurders sterk verschillen wat betreft de aandacht die ze aan de rijtaak besteden. Het expliciet manipuleren van de mentale belasting laat dan ook toe eventuele effecten in meerdere situaties in kaart te brengen.

*4- Hebben de markeringen een effect op de rijpositie op zich en op het vasthouden van deze rijpositie over het traject?*

Voor de bestuurder betekenen de regelmatig aangebrachte markeringen naast de randlijn bijkomende visuele stimuli die als het ware telkens de weg ietwat "smaller" maken. Heeft dit gevolgen voor het rijgedrag in termen van het aanhouden van de laterale positie (d.i. de afstand ten opzicht van de randlijn) in een dergelijk traject? Hebben bestuurders bijvoorbeeld niet de neiging om onder invloed van de markeringen licht te slingeren? Bovendien kan ook gekeken worden naar een eventueel effect op de laterale positie op zich: wijzigt de positie op de rijweg, gemiddeld genomen, met bijkomende markeringen aan de randlijn?

*5- Hebben de markeringen een effect op de subjectieve beleving en merken niet-geïnformeerde bestuurders de markeringen op?*

Zoals vermeld worden bestuurders niet expliciet geïnformeerd over de markeringen en hun doel. Maar hoe opvallend zijn deze markeringen nu; worden deze wel bewust opgemerkt? Bovendien zal expliciet worden nagegaan of de subjectieve beleving, in termen van de vereiste mentale inspanning, verschilt voor de verschillende systemen.

*6- Is er een effect op de rijprestatie van het verhogen van de mentale belasting?*

Het primaire doel van de studie heeft betrekking op de nieuwe systemen van wegmarkeringen onder verschillende niveaus van mentale belasting. De manipulatie van de mentale belasting op zich heeft echter het bijkomende voordeel dat deze als controle kan dienen voor de sensitiviteit van de meetmethode. Het is geweten dat het verhogen van de mentale belasting de rijprestaties beïnvloedt, ook wat betreft snelheid (bijv. Recarte & Nunes, 2002). Als zou blijken dat deze manipulatie hier toch geen enkel effect zou ressorteren, zal de meetmethode hoogstwaarschijnlijk ook niet voldoende sensitief zijn om eventuele effecten van de markering te kunnen detecteren. Eenvoudig gesteld: als we geen effect vinden van de manipulatie van de mentale belasting, was onze meetmethode niet geschikt.

## 2. EMPIRISCH ONDERZOEK

---

### 2.1 Methode

#### 2.1.1 Deelnemers

Via zoekertjes in kranten en op websites, een advertentie in het gemeentelijke informatieblad en affiches werden 33 deelnemers bereid gevonden het experiment uit te voeren. Van 30 personen uit deze groep (27 mannen, 3 vrouwen) werden bruikbare gegevens verzameld<sup>1</sup>. De gemiddelde leeftijd was 41.6, met een bereik van 20 tot 77 jaar. Alle deelnemers waren reeds minstens één jaar in het bezit van het autorijbewijs (gemiddelde was 20.5). Deze deelnemers waren geen van allen op de hoogte van het doel van het onderzoek.

#### 2.1.2 Rijsimulator

De studie werd uitgevoerd in de rijsimulator van de VAB te Zwijndrecht (daar vooral gebruikt in het kader van de rijopleiding), die ontwikkeld werd door VVCR Virtual Reality BV. De feitelijke simulator-configuratie wordt getoond in Figuur 1.



**Figuur 1. De simulator-configuratie.**

---

<sup>1</sup> Twee deelnemers aan de studie hadden last van 'simulatorziekte' en dienden het experiment vroegtijdig stop te zetten. De gegevens van een derde persoon waren niet betrouwbaar door interferentie tijdens de uitvoering van de taak.

De "mock-up" (dit is de hardware-opstelling die gebruikt wordt om de rijpositie te simuleren) is op basis van een echt voertuig, met name van het type VW Golf. Visualisering van de gesimuleerde omgeving wordt gerealiseerd door een 3-kanaals beeldprojectie-systeem. Hierbij worden drie complementaire beeldstromen geprojecteerd door drie beamers op drie vlakke projectieschermen. Dit levert een kijkhoek van ongeveer 180°.

### 2.1.3 *Taken en instructies*

De primaire taak in de studie was de rijtaak. Deelnemers werden gevraagd om verschillende ritten in de simulator uit te voeren. Zij kregen de instructie om de weg te blijven volgen tot ze gevraagd worden te stoppen, zich aan het verkeersreglement te houden, zo dicht mogelijk bij de aangegeven snelheidslimiet te rijden, maar voor de rest te rijden zoals ze normaal gezien zouden rijden. Naar de deelnemer toe werd de studie gekaderd als een onderzoek naar het effect van mentale belasting op de rijprestatie. Er werd vermeld dat bepaalde wegkenmerken en -elementen op de weg of aan de weg konden veranderen over de verschillende ritten, maar over de markeringen zelf werd geen expliciete informatie gegeven.

Naast de rijtaak, werd in de helft van de ritten eveneens een secundaire taak geïntroduceerd, meer bepaald de PASAT (Paced Serial Addition Task; Gronwall, 1977). Getallen van 1 tot 10 worden in deze test één per één auditief aangeboden en de deelnemer moet telkens luidop antwoorden met de som van het aangeboden getal en het net daaraan voorafgaande getal. Stel dat volgende reeks gepresenteerd werd: 1 5 3 8 4, zouden de antwoorden dus 6 (1+5), 8 (5+3), 11 (3+8), en 12 (8+4) zijn. De presentatie van de getallen gebeurde automatisch volgens een vastgelegde frequentie, namelijk om de 2 of 3 seconden (deze duur kon eventueel aangepast worden als de taak hiermee veel te moeilijk of te gemakkelijk zou zijn voor de persoon in kwestie). Deze taak belast het werkgeheugen en vereist constante aandacht, zodat de mentale belasting drastisch verhoogt. Performantie op de secundaire taak werd niet expliciet gemeten.

### 2.1.4 *Routes*

Drie virtuele routes werden geconstrueerd op basis van één enkel traject, namelijk een licht bochtige weg met twee rijstroken (één in elke richting) van +/- 7 km. In dit basistraject stond aan de start van de rit een snelheidsbord van 90 km/u. Na +/- 2 km veranderde de toegelaten snelheid in 70 km/u. Ongeveer drie kilometer verder bevond zich een kruispunt, met verkeerslichten die op groen stonden. Nog twee kilometer verder was dan het einde van de rit.

Van dit basistraject werden dus drie versies geconstrueerd: bij de versie 'BORDEN' werd de overgang van de 90 km/u-snelheidsbeperking naar de 70 km/u-snelheidsbeperking aangegeven via een klassiek C43-snelheidsbord. Dit bord werd herhaald na het kruispunt (zie Figuur 2).



**Figuur 2. Het kruispunt in de BORDEN-route.**

Bij de versie 'CIJFERS' en 'STREPEN' werd de 90-70km/u overgang gemarkeerd door een 'zone 70'-bord (F4a; zie Figuur 3) en werd na het kruispunt dan ook geen bord meer geplaatst. In deze twee versies werd in gans de 'zone 70' een bijkomende wegmarkering aangebracht. In de versie 'CIJFERS' was dit het cijfer '7' (lengte: 0.50m, breedte: 0.257m, afstand tot de randlijn: 0.10m, afstand tussen twee markeringen: 50m), in de versie 'STREPEN' was dit een gewone witte streep (lengte: 0.50m, breedte: 0.20m, afstand tot de kantlijn: 0.10m, afstand tussen twee markeringen: 50m). Figuur 3 en Figuur 4 tonen een beeld van respectievelijk de CIJFERS en de STREPEN route.



**Figuur 3. De snelheidsovergang door middel van een zonebord in de 90-70 km/u in de CIJFERS-route.**



**Figuur 4. Een beeld van de markering in de STREPEN-route.**

#### 2.1.5 Meetgegevens

Zowel objectieve als subjectieve metingen van de rijprestatie werden geregistreerd. Voor de objectieve metingen werd ongeveer 30 maal per seconde de locatie van het voertuig op het traject, de snelheid, en de laterale positie (d.i. een maat die aangeeft waar het voertuig zich bevindt t.o.v. de middellijn) geregistreerd. Voor de subjectieve evaluatie van de rijprestatie werd aan de deelnemers na elke rit de Belastingsschaal Mentale Inspanning (BSMI, zie Zijlstra & Van Doorn, 1985) voorgelegd. Dit is een ééndimensionale schaal waarop de score voor de geleverde inspanning (en dus niet de mentale eisen of taakvereisten) wordt aangegeven op een verticale lijn (aanduidingen van 0 tot 150, 15 cm lang). Langs de lijn staat een aantal ankerpunten die zijn gemarkeerd met verbale descriptors van de inspanning ('nauwelijks inspannend', 'behoorlijk inspannend', 'ontzettend inspannend', etc.). De score is de afstand in mm; hoe hoger, hoe inspannender. Deze schaal is eenvoudig en snel af te nemen, betrouwbaar en blijkt, ook voor de rijtaak, een gevoelige maat voor het meten van werkbelasting (Verwey & Veltman, 1995; de Waard, 1996).

#### 2.1.6 Design

Het kruisen van de twee onafhankelijke variabelen, Routes (met 3 niveaus: Borden, Cijfers en Strepen) en Mentale Belasting (met twee niveaus: laag en hoog, d.w.z. zonder of met secundaire taak), levert zes experimentele condities. Alle deelnemers voerden alle zes ritten uit, d.w.z. elk van de drie ritten eenmaal onder lage en eenmaal onder hoge mentale belasting. Om volgorde- en leer-effecten te minimaliseren, werd de volgorde van de ritten zoveel als mogelijk gecontrabalanceerd over deelnemers met de volgende restricties: i) de factor Mentale Belasting wordt geblokt, d.w.z. dat eerst alle drie de ritten zónder secundaire taak worden aangeboden, en daarna de drie ritten mét secundaire taak (of vice versa), en ii) de volgorde van de drie ritten mag niet gelijk zijn voor de twee blokken (bijv. Borden-Cijfers-Strepen en dan Cijfers-Strepen-Borden).

#### 2.1.7 Procedure

Na een korte algemene uitleg over het globale doel van de studie en over de simulator, werden een aantal persoonsgegevens bevraagd (geslacht, leeftijd en aantal jaar rijbewijsbezit) en tekenden de deelnemers ook allen een formulier omtrent de

“geïnformeerde toestemming” (zie Bijlage A). Nadien maakte elke deelnemer een korte testrit om zich vertrouwd te maken met de rijnsimulator. Vervolgens voerden zij de zes experimentele ritten uit. Na elke rit was een korte pauze waarin deelnemers de BSMI invulden. Vlak vóór de eerste rit uit het blok met de hoge mentale belasting werd dan ook de secundaire taak (PASAT) uitgelegd en uitgeprobeerd. Tot slot, werd na de laatste rit aan de deelnemers ook gevraagd welke veranderingen ze eventueel hadden opgemerkt over de verschillende ritten heen en werd expliciet gevraagd of zij de markeringen opgemerkt hadden. Alles samengenomen duurde het experiment ongeveer één uur.

## 2.2 Resultaten

Wat betreft de eigenlijke rijprestatie (objectieve metingen) worden twee aspecten bekeken: de snelheid (2.2.1) en de laterale positie op de weg (2.2.2). De subjectieve meting door middel van de Belastingsschaal Mentale Inspanning en de persoonlijke indruk worden besproken in 2.2.3.

### 2.2.1 Snelheid

Elke route kan opgedeeld worden in een viertal deeltrajecten waarin verschillende factoren in principe het snelheidsgedrag kunnen beïnvloeden. De snelheidsgegevens worden daarom geanalyseerd per deeltraject, in de volgorde waarmee de bestuurder met deze stukken geconfronteerd wordt.

#### a. *Deeltraject 1: 90 km/u*

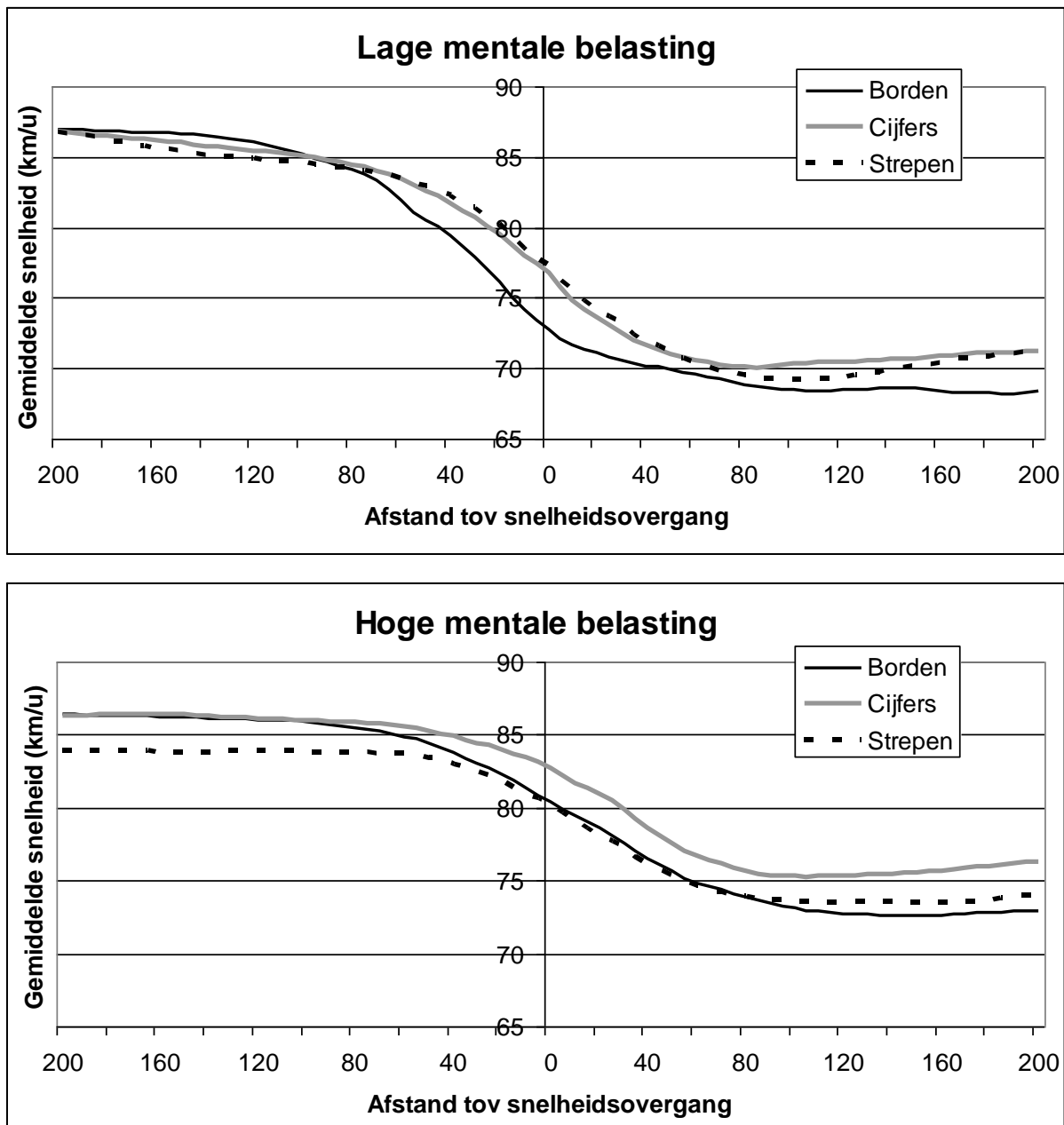
Dit traject omvat de gegevens van het eerste stuk van de route, nl. van 500m na de start tot 100m vóór de 90-70km/u-overgang, waarin dus een 90 km/u-snelheidsbeperking van kracht is. Dit stuk is identiek in de verschillende routes - dus op zich niet onmiddellijk interessant voor de huidige doelstelling - maar kan wel een indicatie geven over de betrouwbaarheid van de resultaten. Meer bepaald zou een eventueel significant effect van de route in dit deeltraject kunnen wijzen op een systematische vertekening in de gegevens. Een variantie-analyse (ANOVA) met herhaalde metingen op de gemiddelde snelheid per deelnemer, met twee niveaus van mentale belasting (Laag vs. Hoog) en drie niveaus van markering (Borden, Strepen, Cijfers), toonde echter geen hoofdeffect van de route,  $F(2,58) = 1.54$ ,  $p = .22$ , en ook geen interactie-effect,  $F(2,58) = 1.03$ ,  $p = .36$ . Op basis van deze data zijn er dus geen dwingende redenen om te twijfelen aan de betrouwbaarheid van de overige gegevens. Anderzijds werd wel een effect gevonden van de mentale belasting,  $F(1,29) = 12.31$ ,  $p < .002$ : er wordt gemiddeld iets trager gereden met de rekentaak (83.07 vs. 86.44). Dit toont aan dat de huidige opzet alvast sensitief genoeg is om dit soort van gekende effecten op de rijprestatie te registreren.

#### b. *Deeltraject 2: 90-70 km/u-overgang*

Een kleine 2 km na de start van de route is er een overgang van snelheidsregime, nl. van 90km/u naar 70km/u. De aanduiding van deze verandering verschilt naargelang de route. Bij de Borden-route staat enkel een klassiek snelheidsbord, bij de twee andere routes een zonebord en uiteraard de bijkomende markering.

Figuur 5 toont de snelheid (gemiddeld per 5m en over alle deelnemers) van 200m vóór tot 200m na de overgang voor de drie routes met respectievelijk de lage en de hoge mentale belasting. Er kunnen hierbij een aantal elementen vastgesteld worden. Ten eerste lijkt de snelheidsreductie in de Borden-route meer uitgesproken dan in beide andere routes. Het proces van vertragen lijkt vroeger te starten (duidelijkst zichtbaar in het onderste luik van Figuur 5, waar de daling start op ongeveer 80m voor de Borden-route en op 40m voor de routes met de zoneborden) en verloopt ook sneller bij het klassieke snelheidsbord (cfr. bovenste luik van Figuur 5 vanaf 80m vóór de overgang). In de conditie zonder secundaire taak, ligt de gemiddelde snelheid bij de eigenlijke

overgang (afstand 0m) dan ook iets lager in de Borden-route (72.7) dan in de Cijfers- of Strepenroute (76.7 en 77.2 respectievelijk). Bij de conditie mét secundaire taak daarentegen ligt de gemiddelde snelheid op dat punt weliswaar lager in de Borden-route dan in de Cijfers-route, maar ongeveer even hoog als in de Strepen-route. Hier zien we echter ook dat in de aanloop naar de overgang de snelheid in de Strepen-route lager ligt. Een eenduidige reden hiervoor is niet meteen voorhanden. Een analyse van de individuele resultaten toonde wel aan dat bestuurders vrij sterk en ook erg verschillend reageren als ze met een dergelijke extra taak geconfronteerd worden, zeker in de eerste rit. Zo behaalden twee deelnemers in de eerste rit onder hoge mentale belasting extreem hoge snelheden (> 120 km/u), terwijl andere deelnemers net trager gingen rijden.



**Figuur 5. Gemiddelde snelheid rond de 90-70 km/u-overgang voor de zes condities.**

Een tweede opvallende vaststelling is het duidelijke effect van de verhoogde mentale belasting. Zoals meermaals uit onderzoek gebleken (cfr. Dragutinovic & Twisk, 2005) wordt er trager op het verkeersteken gereageerd, zodat de gemiddelde snelheid bij de

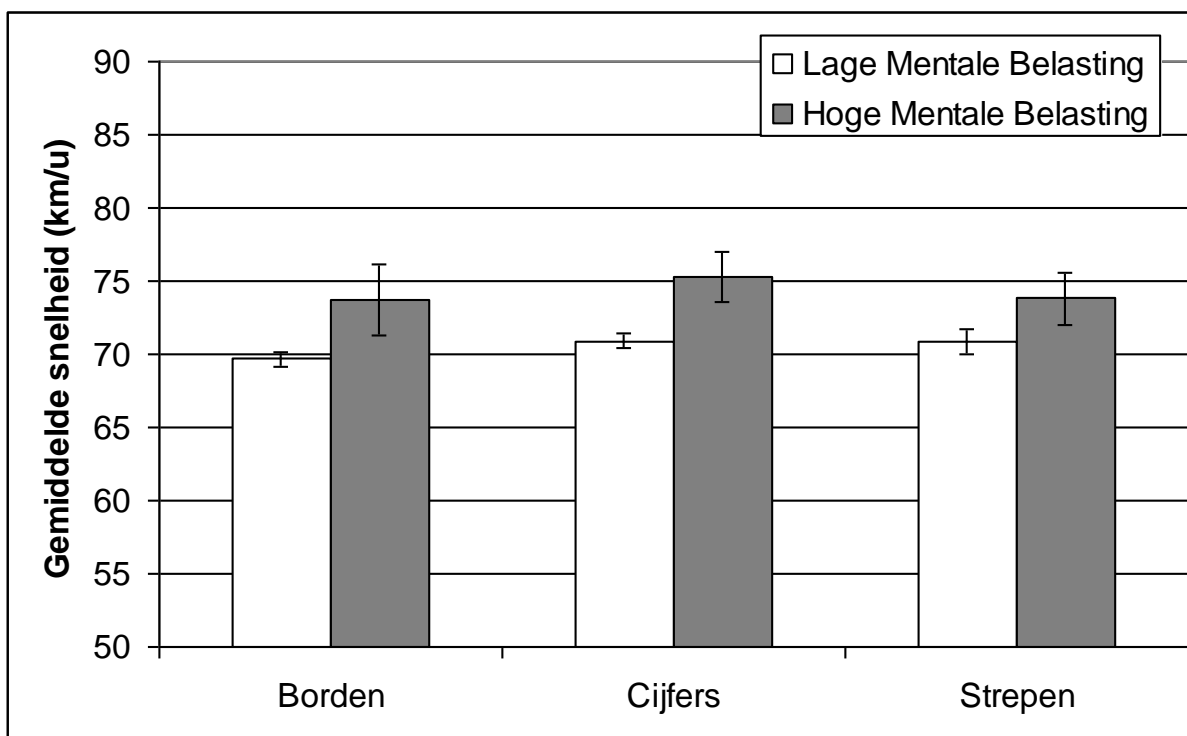


overgang een stuk hoger blijft dan in de condities zonder secundaire taak (bijv. 80.5 vs. 72.7 km/u voor de Borden-route).

c. *Deeltraject 3: 70 km/u*

Aan de deelnemers werd gevraagd om zo dicht mogelijk bij de aangegeven snelheidslimiet te blijven, dus grote afwijkingen van deze snelheid (i.c. 70 km/u) duiden op een mindere prestatie. Voor elke deelnemer werd de gemiddelde snelheid over dit deeltraject berekend, d.w.z. vanaf 100m na de 90-70km/u-overgang tot 100m vóór het kruispunt (2893m). De gemiddelde resultaten voor de verschillende condities over alle deelnemers worden getoond in Figuur 6.

Opnieuw werden deze gegevens statistisch geanalyseerd d.m.v. een variantie-analyse (ANOVA) met herhaalde metingen met twee niveaus van mentale belasting (Laag vs. Hoog) en drie routetypes (Borden, Strepen, Cijfers). Ook deze keer kon geen significant effect gevonden worden van de verschillende routes, noch als hoofdeffect,  $F(2,58) = 1.58$ ,  $p = .21$ , noch als interactie met mentale belasting,  $F(2,58) < 1$ . De manipulatie van de mentale belasting op zich had dan weer wel een significant effect,  $F(1,28) = 7.08$ ,  $p = .013$ , waarbij er mét een secundaire taak (74.30 km/u) gemiddeld sneller gereden werd dan zonder (70.48 km/u).



**Figuur 6. Gemiddelde snelheid voor de zes condities in het eerste 70 km/u-deeltraject (balkjes geven de standaard deviatie weer).**

Naast de gemiddelde snelheid werd ook per deelnemer de standaard deviatie van de snelheid in dit traject berekend. Deze maat geeft een beeld van hoe constant de snelheid van de deelnemers doorheen het deeltraject was, d.w.z. hoe goed zij dezelfde snelheid bleven aanhouden (cfr. Horberry, Anderson, & Regan, 2006). Een kleinere waarde duidt hierbij dus op een betere prestatie. Tabel 1 toont de gemiddelde waarden over deelnemers voor de verschillende condities.

Ook hier werden de gegevens statistisch geanalyseerd d.m.v. een tweewegs-ANOVA met herhaalde metingen. Alhoewel de gemiddelde afwijking bij elk routetype hoger ligt bij verhoogde mentale belasting, bereikte geen enkel effect een significant niveau, niet de markering,  $F(2,58) < 1$ , noch de mentale belasting,  $F(1,29) = 3.15$ ,  $p = .086$ , noch de

interactie,  $F(2,58) < 1$ . De veranderingen in snelheid doorheen dit traject verschillen dus niet significant voor de verschillende routes.

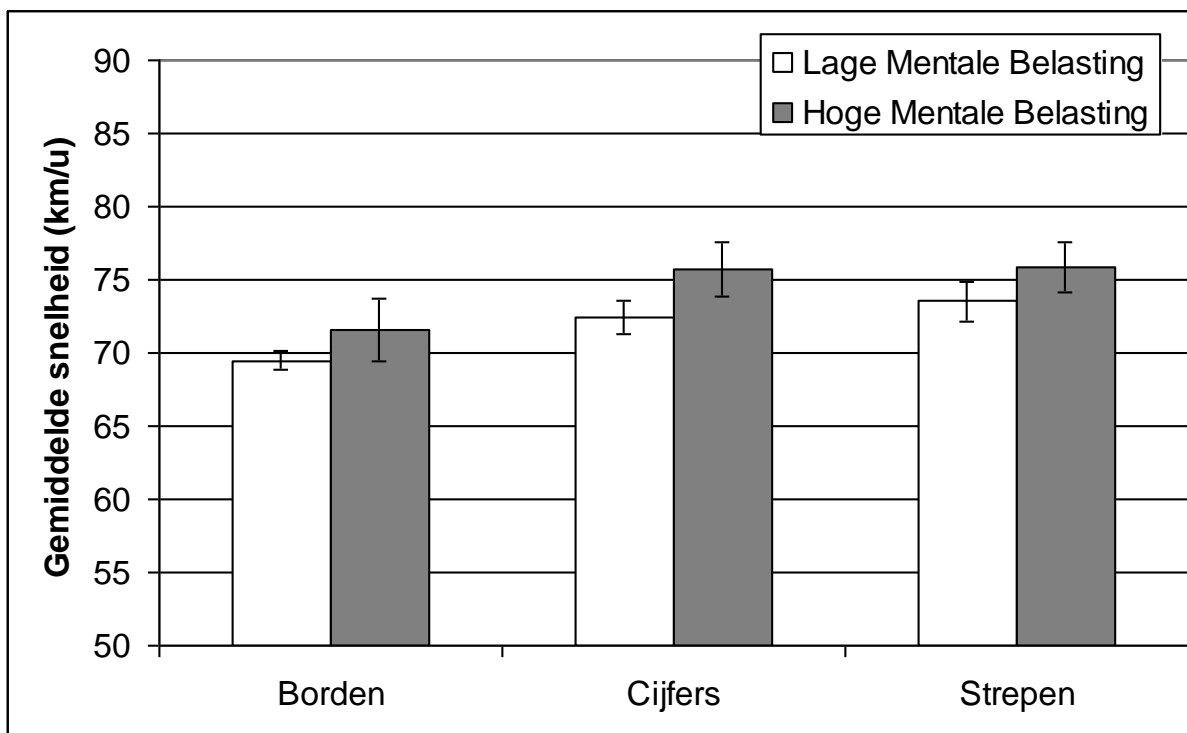
**Tabel 1. Gemiddelde standaard deviatie van de snelheid over deelnemers voor de verschillende condities.**

	Lage Mentale Belasting	Hoge Mentale Belasting
<b>Borden</b>	2.76	3.44
<b>Cijfers</b>	2.91	3.61
<b>Strepen</b>	2.76	3.18

*d. Deeltraject 4: 70 km/u - na kruispunt*

In de Borden-route werd vlak na het kruispunt het 70 km/u-snelheidsbord herhaald. Dit was, omwille van het zonebord, niet meer noodzakelijk in de Strepen en Cijfers routes. In een analyse van de individuele snelheidsprofielen in het traject van 50m vóór het kruispunt tot 300m na het kruispunt werd het aantal gevallen geteld waarin een bestuurder direct na het kruispunt versnelde tot boven 80 km/u. In de Borden-route bleek dit slechts één maal voor te komen (en wel in de conditie zonder extra taak). In de Cijfers- en Strepen-route daarentegen, bleek dit in respectievelijk vijf en drie (lage en hoge belasting) en zes en vijf (lage en hoge belasting) gevallen voor te komen.

Per deelnemer werd ook opnieuw de gemiddelde snelheid berekend, nu van het stuk 100m na het kruispunt tot 200m voor het einde van de rit (1490m). De gemiddelde snelheid voor de verschillende condities wordt getoond in Figuur 7.



**Figuur 7. Gemiddelde snelheid voor de zes condities in het tweede 70 km/u-deeltraject (balkjes geven de standaard deviatie weer).**

Een tweewegs-ANOVA met herhaalde metingen toonde dit maal een significant effect van de route,  $F(2,58) = 10.59$ ,  $p < .001$ , maar niet van de mentale belasting,  $F(1,29) =$

2.50,  $p = .12$ . Ook de interactie tussen beiden bleek niet significant,  $F(2,58) < 1$ . Ongeacht het niveau van de mentale belasting lag de gemiddelde snelheid in de routes van de nieuw voorgestelde systemen significant hoger dan in het traditionele systeem.

### 2.2.2 Laterale positie

De wegmarkeringen zijn in eerste instantie bedoeld als ondersteunend systeem inzake snelheidsgedrag. Het is echter ook belangrijk om na te gaan wat het effect is op andere parameters van het rijgedrag, zoals bijvoorbeeld de positie op de weg. Er werd dan ook nagegaan of de aanwezigheid van de markering op zich een invloed heeft op de gemiddelde laterale positie<sup>2</sup>. Een tweewegs-ANOVA met herhaalde metingen op de gemiddelde laterale positie per deelnemer in de verschillende condities voor het eerste 70 km/u-deeltraject toonde aan dat er inderdaad een effect was van het soort route,  $F(2,58) = 4.31$ ,  $p < .018$ . Mentale belasting had hierop geen effect,  $F(1,29) < 1$ , en ook de interactie tussen beide bleek niet significant,  $F(2,58) = 1.57$ ,  $p = .22$ . De gemiddelde laterale positie doorheen het traject bleek iets dichterbij de middellijn te liggen wanneer er een markering aanwezig was (zie Tabel 2, een hogere waarde betekent verder van de middellijn). Hoewel statistisch significant lijkt de grootte van deze verschuiving echter beperkt als men vergelijkt met het bereik waartussen de bestuurders zich situeren.

**Tabel 2. Gemiddelde laterale positie (met standaard deviatie) en de minimale en maximale waarde over deelnemers voor de drie verschillende routes.**

	<b>Gemiddelde (standaard deviatie)</b>	<b>Min - max</b>
<b>Borden</b>	1.828 (0.106)	1.507 - 2.172
<b>Cijfers</b>	1.808 (0.119)	1.474 - 2.131
<b>Strepen</b>	1.798 (0.124)	1.440 - 2.023

Een tweede aspect dat kan bekeken worden, is de mate waarin bestuurders hun positie op de weg blijven vasthouden. De variatie van de laterale positie over een bepaald traject voor een individuele bestuurder is dus een maat van hoe sterk die bestuurder van zijn lijn afwijkt doorheen dat traject (cfr. Horberry et al., 2006). Een kleinere waarde duidt hierbij op een kleinere afwijking en dus een betere prestatie. Per deelnemer werd daarom de standaard deviatie van de laterale positie in Deeltraject 3 van de zes verschillende condities berekend. Een tweewegs-ANOVA met herhaalde metingen op deze gemiddeldes toonde echter aan dat geen enkel effect significantie bereikte, noch de route,  $F(2,58) = 2.11$ ,  $p = .13$ , noch de mentale belasting,  $F(1,29) = 1.45$ ,  $p = .24$ , noch de interactie,  $F(2,58) < 1$ . Bestuurders gaan dus niet significant meer "slingeren" als er markeringen op de rijbaan werden aangebracht.

### 2.2.3 Subjectieve beleving: mentale inspanning en persoonlijke evaluatie

Tot slot wordt ook de meer subjectieve beleving van de deelnemers nagegaan. Hierbij analyseren we de scores op de Belastingsschaal Mentale Inspanning (BSMI) en

<sup>2</sup> De manier waarop het systeem de laterale positie registreerde, laat geen eenvoudige interpretatie toe - het is niet zo dat de waarden bijvoorbeeld rechtstreeks verwijzen naar het aantal centimeters t.o.v. de rand van de weg. Het belangrijkste punt hier is echter dat hoe groter de waarde is, hoe verder het voertuig zich van de middellijn bevindt.

bespreken we de belangrijkste bevindingen in verband met de bewuste waarneming van de markeringen.

*BSMI.* Na elke rit gaven deelnemers via de BSMI aan hoe zwaar de mentale inspanning was tijdens de rit, waarbij een hogere waarde duidt op een hogere mentale belasting. Tabel 3 geeft het gemiddelde over alle deelnemers voor de zes experimentele condities met de standaard deviatie tussen haakjes.

**Tabel 3. Gemiddelde BSMI-score over deelnemers voor de verschillende condities (standaard deviatie tussen haakjes).**

	<b>Lage Mentale Belasting</b>	<b>Hoge Mentale Belasting</b>
<b>Borden</b>	23.80 (16.05)	82.03 (19.33)
<b>Cijfers</b>	22.08 (15.51)	80.80 (21.20)
<b>Strepen</b>	22.73 (13.89)	84.47 (21.40)

Zoals verwacht, is er een duidelijk effect van de variabele Mentale Belasting,  $F(1,29) = 265$ ,  $p < .0001$ : mét de secundaire taak ligt de gemiddelde score significant hoger dan zónder (82.43 vs. 23.11). Een meer belangrijke vergelijking is uiteraard deze tussen de drie routetypes. Hiervoor werd echter geen significant effect gevonden, noch wat betreft een hoofdeffect,  $F(2,58) < 1$ , noch een interactie-effect,  $F(2,58) < 1$ .

*Bewuste waarneming van de markering.* Elke bestuurder werd aan het eind van het experiment gevraagd of hij of zij verschillen had opgemerkt tussen de verschillende routes. Meer dan de helft van de deelnemers gaf hierbij geen enkel van de voor deze studie relevante factoren (markering en zonebord). Na verder doorvragen, en expliciet peilen naar het hebben opgemerkt van de wegmarkeringen, bleek nog steeds een derde zich geen enkele markering te herinneren. De meerderheid had dus wel "iets" opgemerkt, maar het verschil tussen de twee types van markeringen werd zelden gedetecteerd en slechts twee deelnemers hadden het cijfer '7' als dusdanig herkend (waar de markeringen meestal omschreven werden in termen van "bollen" of "streepjes", werden de '7'-markering door zeker vier personen ook als "pijltjes" bestempeld). Niemand verklaarde spontaan enige functionaliteit aan de markeringen te hebben toegekend.

### **3. DISCUSSIE – EFFECT ONDERSTEUNENDE WEGMARKERINGEN**

---

#### **3.1 Vergelijking van de drie systemen**

In vergelijking met het traditionele systeem van herhaalde snelheidsborden, verschillen de hier onderzochte nieuwe systemen op drie punten: i) de aanduiding bij de start van het traject (zonebord versus snelheidsbord), ii) de aanduiding na een kruispunt (geen aanduiding versus herhalingsbord), en iii) de aanwezigheid van wegmarkeringen (aanwezig of niet).

##### *3.1.1 Snelheidsbord en zonebord*

De eigenlijke overgang van snelheidsregime (hier Deeltraject 2) wordt in het traditionele systeem gemarkeerd door een klassiek snelheidsbord, in de voorgestelde nieuwe systemen door een zonebord. De data geven aan dat bestuurders minder uitgesproken reageren op deze laatste, d.w.z. het afremmen start later (op kleinere afstand tot het bord) en verloopt minder sterk, waardoor de gemiddelde snelheid bij het binnenrijden van de zone hoger ligt. Vermoedelijk heeft dit te maken met de herkenbaarheid en de grotere vertrouwdheid van bestuurders met dit snelheidsbord in deze context<sup>3</sup>. De informatie over de snelheidslimiet zelf blijkt, getuige de afwezigheid van significante verschillen in het traject, wel even goed over te komen.

##### *3.1.2 Herhalingsbord versus geen bord*

Een tweede belangrijke onderscheid tussen enerzijds het traditionele systeem en anderzijds de twee hier onderzochte nieuwe systemen doet zich voor vlak na een kruispunt (hier tussen Deeltraject 3 en 4). Aangezien de geldigheid van een snelheidsbord begrensd is tot aan het volgende kruispunt, moet hier in het klassieke systeem opnieuw een snelheidsbord geplaatst worden. Dit contrasteert met de situatie in de nieuwe systemen, waar er door het gebruik van een zonebord bij de start van de 70 km/u-zone geen bijkomende aanduiding meer nodig is. Het aanbrengen van een streep of cijfer op de rijweg heeft dan net als doel onzekerheid of onduidelijkheid over de vigerende snelheidsbeperking te vermijden. Deelnemers in deze studie waren echter niet geïnformeerd hierover, dus in de huidige context waren de markeringen nog niet functioneel. De resultaten tonen echter duidelijk aan dat een dergelijke ondersteuning wel degelijk noodzakelijk is. In vergelijking met de Borden-route, waarin het snelheidsgedrag sterk overeenkomt in beide 70 km/u-trajecten (gemiddeld 69.65 versus 69.47 km/u bij lage mentale belasting), ligt de gemiddelde snelheid in zowel de Strepens als Cijfer-route nu wel plots hoger. In de vier condities zonder herhalingsbord werd in 15.8% van de gevallen (19 op 120 ritten) direct na het kruispunt versneld tot meer dan 80 km/u, terwijl dit in de 60 ritten mét de herhaalde borden slechts één maal voorkwam (1.6%). Hiervoor zijn op zijn minst twee redenen mogelijk: vergetelheid/onachtzaamheid (deelnemer is zich niet of niet meer bewust dat er een zonebord gepasseerd werd) of onwetendheid (deelnemer kent de impact van een zonebord niet). In beide gevallen zou expliciete informatie op dit punt, zoals door het herhaalde snelheidsbord in het traditionele systeem of door de markering indien de informerende functie hiervan bekend is, een oplossing kunnen vormen.

##### *3.1.3 Aanwezigheid van de wegmarkeringen.*

Bestuurders die op de hoogte zijn van de aanwezigheid en de functie van de markeringen, kunnen deze gebruiken als continu beschikbare informatiebron. De

---

<sup>3</sup> Theoretisch kan de markering zelf, die de eerste maal verschijnt ter hoogte van het zonebord, eveneens een rol hebben gespeeld, maar die kans lijkt klein aangezien het zonebord een veel opvallender stimulus is.

verhoogde snelheden in Deeltraject 4<sup>4</sup> tonen trouwens de noodzaak hiervan. De bedoeling van de huidige studie was echter eerder om na te gaan of er effecten van de markering op zich, d.w.z. zonder de bijbehorende expliciete instructies, terug te vinden zijn. De resultaten van Deeltraject 3 (wat de meest "pure" vergelijkingsbasis vormt in deze) suggereren dat dit slechts in heel beperkte mate het geval is. Qua snelheid wordt met een markering niet significant anders gereden dan zonder markering. Ook wat betreft het aanhouden van de positie op de rijweg bleken de drie systemen vergelijkbaar. Statistisch gezien werd er, gemiddeld over alle bestuurders, iets meer in het midden van de rijweg gereden als een markering aanwezig was, maar de uiteindelijke grootte van deze verschuiving was vrij klein. Tenslotte werden ook wat betreft de subjectieve beleving van de routes in termen van de vereiste mentale inspanning nergens significante verschillen gevonden. De aanwezigheid van de markering op zich lijkt dus slechts een minimale invloed uit te oefenen en kan de bevindingen van uit het proefproject (Dreesen & Daniels, 2007) dus niet bevestigen.

Strikt genomen kan men op basis van de resultaten van Deeltraject 4, d.i. na het kruispunt, niet besluiten dat de wegmarkering geen enkel effect op het snelheidsgedrag van bestuurders gehad heeft. Enkel een vergelijking met een conditie mét zonebord – dus zonder snelheidsbord na het kruispunt - maar zónder markering, zou dit kunnen weerleggen. De principiële mogelijkheid dat de markeringen het snelheidsgedrag mee bepaalt, blijft dus. Al zal dat, gegeven de lage detectiegraad van de markeringen in het huidige experiment, waarschijnlijk geen bewust proces zijn. Wat deze resultaten echter wel aantonen is dat de markeringen niet automatisch functioneel worden, d.w.z. dat de informerende functie van markeringen niet standaard door alle bestuurders opgepikt wordt (cfr. leesbare-wegconcept).

### **3.2 Vergelijking met Dreesen en Daniels (2007)**

In de observatie-studie beschreven in Dreesen en Daniels (2007) werd een streep- of cijfermarkering aangebracht op een aantal proefvakken langs Vlaamse gewestwegen. Snelheidsmetingen vóór en na het aanbrengen van de markeringen toonden aan dat de markeringen zorgden voor een stijging van de snelheid. De hier gevonden resultaten bevestigen deze observatie echter niet: voor Deeltraject 3, wat het meest vergelijkbaar is met de situaties in de observatie-studie, werden geen significante verschillen gevonden. Uiteraard kunnen verschillende factoren deze discrepantie mee bepaald hebben -meer onderzoek zal nodig zijn om hierover sluitende conclusies te kunnen trekken- maar dit doet alvast vermoeden dat dit effect niet zo robuust is.

De resultaten van de huidige simulatorstudie geven wel indicaties omtrent de probabiliteit van enkele mogelijk relevante factoren die door Dreesen en Daniels (2007; blz. 62) geopperd werden. Zo lijkt de hypothese van een foute snelheidsperceptie veroorzaakt door de markeringen niet geldig. Ook in de situatie van verhoogde mentale belasting, waardoor bestuurders zich vermoedelijk nog meer laten leiden door de eigen gepercipieerde snelheid, werden geen effecten van de markeringen gevonden. De resultaten van Deeltraject 4 suggereren wel dat een verhoogde snelheid inderdaad het gevolg kan zijn geweest van onduidelijkheid over de heersende snelheidslimiet. Ook een verhoogde mentale belasting kan een relevante factor zijn. Visuele en cognitieve afleiding door de markeringen zouden op deze manier kunnen bijgedragen hebben aan de verhoging vastgesteld door Dreesen en Daniels (2007). Dit blijft evenwel speculatief en zal dus door verder onderzoek bevestigd of weerlegd moeten worden.

---

<sup>4</sup> In theorie zouden deze eveneens te wijten kunnen zijn aan de aanwezigheid van de markering, maar dan zouden verhoogde snelheden eveneens in Deeltraject 3 verwacht worden.

### **3.3 Effecten van mentale belasting en validiteit simulatorgegevens**

Bestuurders een inspannende (reken)taak laten uitvoeren tijdens het rijden heeft allerlei gevolgen op hun rijprestaties (zie Vlakveld, Aarts, & Mesken, 2005, voor een overzicht). De verhoogde mentale inspanning, zoals aangetoond door de BSMI-scores, leidt hier tot een snelheidsgedrag dat gemiddeld genomen lager lag in het 90 km/u-traject, maar hoger in het 70 km/u-traject. Volgens Recarte & Nunes (2002) hebben bestuurders in omstandigheden van verhoogde mentale belasting de neiging terug te vallen op hun eigen, geprefereerde snelheid, d.w.z. een snelheid die voor hen de minste aandachtsbronnen vereist. Het patroon dat hier geobserveerd werd, suggereert dus dat de geprefereerde snelheid in deze context tussen 70 en 90km/u ligt. Belangrijker echter, is het feit dat er inderdaad significante effecten van de mentale belasting zijn: waren deze effecten hier niet geobserveerd, zou de validiteit van de gegevens ernstig in vraag gesteld moeten worden. Zoals reeds vermeld moeten bij de interpretatie van resultaten van een simulatorstudie nu eenmaal bijkomende veronderstellingen gemaakt worden, met name dat de resultaten die men observeert "echte" fenomenen zijn en geen artefacten van de simulatorconfiguratie. Het is dus belangrijk na te gaan of er indicaties zijn dat deze assumptie hier niet zou gelden.

Eén mogelijk probleem in deze context is de beperkte opvallendheid van de markeringen en vooral de slechte herkenbaarheid van het cijfer '7'. Dit kan uiteraard een valide resultaat zijn. Deelnemers aan de studie waren ten slotte niet geïnformeerd en hadden dus geen reden om expliciet aandacht te besteden aan eventuele markeringen op de rijbaan. Anderzijds bestaat het risico dat dit gegeven het resultaat is van een niet-adequate psychofysische calibratie van de simulator. Hiermee wordt de situatie bedoeld dat de waarneming van dezelfde visuele omgeving significant anders is in de simulator dan in de werkelijkheid<sup>5</sup>. Zo zouden beperkingen van de schermresolutie er voor kunnen zorgen dat het cijfer pas veel later potentieel herkenbaar wordt dan in de realiteit het geval is (d.w.z. dat de bestuurder veel dichterbij de markering moet genaderd zijn om de vorm visueel te kunnen onderscheiden). Dit zou impliceren dat in deze studie de detecteerbaarheid of opvallendheid en eventueel ook andere effecten van de markeringen onderschat wordt. Bijkomend onderzoek in een reële setting of een uitgebreide calibratie van de simulator-opstelling zijn nodig om hier een eenduidig antwoord op te kunnen geven.

---

<sup>5</sup> Bijvoorbeeld als een streep van 50cm op de rijweg en bekeken van op 10m afstand er in de werkelijkheid veel langer uitziet dan in de virtuele ruimte.

## 4. CONCLUSIES EN BELEIDSAANBEVELINGEN

---

In de hier beschreven studie werden de effecten onderzocht van twee mogelijke bestuurder-ondersteunende systemen op de prestaties in een rijnsimulator, onder verschillende niveaus van mentale belasting. Hierbij werd een expliciete vergelijking gemaakt met het huidige systeem van herhaalde snelheidsborden. Na de formulering van enkele conclusies, aan de hand van de eerder vermelde onderzoeksvragen, worden op basis hiervan ook een aantal aanbevelingen voor het beleid geformuleerd.

### 4.1 Conclusies

De conclusies uit bovenstaande resultaten kunnen teruggekoppeld worden aan de zes eerder geformuleerde specifieke onderzoeksvragen:

*1- Hebben het zonebord en de markering een ander effect op het snelheidsgedrag in vergelijking met het klassieke snelheidsbord bij niet-geïnformeerde bestuurders?*

Nee, behalve misschien ter hoogte van de snelheidsovergang zelf. Er zijn inderdaad indicaties dat het reduceren van de snelheid ter hoogte van de overgang naar het 70 km/u-snelheidsregime minder snel uitgevoerd wordt, maar in het daaropvolgende traject blijken geen significante verschillen meer op te treden. Bestuurders rijden gemiddeld niet significant sneller of trager in de verschillende routes en de variatie van hun snelheid doorheen het traject is vergelijkbaar. Deze gegevens kunnen de bevindingen van Dreesen en Daniels (2007) dus niet bevestigen.

*2- Heeft het ontbreken van een herhalingsbord en de aanwezigheid van de markering een effect op het snelheidsgedrag bij niet-geïnformeerde bestuurders?*

Ja. De gemiddelde snelheid blijkt lager in vervolg-trajecten waar het snelheidsregime expliciet aangeduid wordt (via het herhalingsbord) dan in de vervolg-trajecten waar dit niet zo is en waar enkel een bijkomende markering aanwezig is.

*3- Zorgt het drastisch verhogen van de mentale belasting van bestuurders voor andere resultaten in de twee voorgaande deelvragen?*

Nee. De twee voorgaande conclusies blijken geldig zowel in een situatie waarin bestuurders zich volledig aan de rijtaak kunnen wijden als in een situatie waarin zij sterk afgeleid worden.

*4- Hebben de markeringen een effect op de rijpositie op zich en op het vasthouden van deze rijpositie over het traject?*

Weinig. De markeringen zoals gebruikt in de huidige studie hebben geen negatieve invloed wat betreft de afwijking van de laterale positie: bestuurders blijven even goed hun lijn houden met als zonder markering. Voor de gemiddelde laterale positie blijkt wel een verschuiving naar de middellijn op te treden, maar slechts in heel beperkte mate.

*5- Hebben de markeringen een effect op de subjectieve beleving en merken niet-geïnformeerde bestuurders de markeringen op?*

In termen van mentale inspanning hebben het zonebord en de markeringen geen negatief effect op bestuurders; zij worden dus niet als meer inspannend ervaren. De markeringen zelf worden veelal niet opgemerkt en het cijfer slechts zelden herkend. Zonder de nodige informatie wordt de ondersteunende functie van de markeringen, streep of cijfer, dus niet opgepikt.

*6- Is er een effect op de rijprestatie van het verhogen van de mentale belasting?*

Ja. Het mentaal belasten van bestuurders heeft een negatieve impact, op het subjectief beleven (i.c. de vereiste mentale inspanning) maar eveneens op de rijprestatie zelf, zoals tot uiting kwam in het snelheidsgedrag. Deze bevinding vormde een minimale vereiste voor het correct kunnen interpreteren van de simulatorgegevens.



## 4.2 Beleidsaanbevelingen

Gegeven bovenstaande conclusies en de eerder besproken beperkingen en assumpties die samenhangen met onderzoek in een gesimuleerde omgeving kunnen volgende beleidsaanbevelingen geformuleerd worden:

- Het veralgemeende gebruik van snelheidszones, aangeduid door zoneborden zónder bijkomend ondersteunend systeem wordt afgeraden. Zelfs in de relatief eenvoudige situatie, zoals gecreëerd in het huidig onderzoek, werd vastgesteld dat verwarring kan ontstaan over de vigerende snelheidsbeperking als deze niet expliciet is aangeduid.
- Louter de aanwezigheid van de markering heeft, tenminste voor niet-geïnformeerde bestuurders, weinig tot geen effect op het rijgedrag, en bijgevolg ook weinig tot geen negatief effect. Vanuit dit standpunt zijn er met andere woorden geen redenen om een invoering van dit systeem aan te raden of af te raden.
- De markering, streep of cijfer, lokt niet spontaan optimaal snelheidsgedrag uit. Om eventueel effectief te kunnen zijn, zullen verkeersdeelnemers eerst grondig geïnformeerd moeten worden over hun functionaliteit.
- Op basis van de hier verzamelde gegevens zijn er geen indicaties om één type markering boven een andere te verkiezen.

## 5. REFERENTIES

---

- Dreesen, A., & Daniels, S. (2007). *Proefproject ondersteunende wegmarkeringen op 70 km/u-wegen*. Steunpuntrapport RA-2007-116. Steunpunt Verkeersveiligheid, Diepenbeek.
- Dragutinovic, N. & Twisk, D.A.M. (2005). *Mobile phone use while driving-effects on road safety*. R-2005-12, Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Godley, S. T., Triggs, T. J., & Fildes, N. (2002). Driving simulator validation for speed research. *Accident Analysis & Prevention*, 34, 589-588.
- Gronwall, D. (1977). Paced auditory serial-addition task: A measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills*, 44, 367-373.
- Harms, L. (1994). Driving performance on a real road and in a driving simulator: results of a validation study. In A. G. Gale (Ed.), *Vision in Vehicles, Vol. V*. Elsevier, North Holland.
- Horberry, T., Anderson, J., & Regan, M. A. (2006). The possible safety benefits of enhanced road markings: A driving simulator evaluation. *Transportation Research Part F*, 9, 77-78.
- Recarte M. A., & Nunes, L. (2002). Mental load and loss of control over speed in real driving. Towards a theory of attentional speed control. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5, 111-122.
- Törnros, J. (1998). Driving behaviour in a real and a simulated road tunnel – A validation study. *Accident Analysis and Prevention*, 30, 97-503.
- Verwey, W.B. & Veltman, J.A. (1995). *Measuring workload peaks while driving. A comparison of nine common workload assessment techniques (Report TNO-TM 1995 B-4)*. Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors Research Institute.
- Vlakveld, W. P., Aarts, L. T., & Mesken, J. (2005). *Concentratieproblemen achter het stuur*. D-2005-D, Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Waard, D. de (1996). *The measurement of drivers' mental workload (proefschrift)*. Groningen: Verkeerskundig Studiecentrum, Rijksuniversiteit Groningen.
- Zijlstra, F.R.H. & Van Doorn, L. (1985). *The construction of a scale to measure perceived effort*. Delft, The Netherlands: Department of Philosophy and Social Sciences, Delft University of Technology.

## **6. DANKBETUIGING**

---

Graag zou ik een aantal mensen willen bedanken voor hun medewerking aan dit rapport: in de eerste plaats Vera Beck, Peter Heyndrickx, en Steven Raes (VAB) voor alle technische en organisatorische hulp, Bastiaan Freië en Remko de Korte (VVCR) voor software-ondersteuning, An, Erik en Stijn voor hun kritische opmerkingen op een eerste versie van dit rapport en uiteraard ook alle mensen die hebben deelgenomen aan de studie.

## **7. BIJLAGE A: FORMULIER "GEÏNFORMEERDE TOESTEMMING"**

---

1. *Ik begrijp dat het doel van dit onderzoek is:*

een studie naar de effecten van de omgeving op de rijprestatie

2. *Ik weet dat ik zal deelnemen aan volgende proeven of testen:*

na een korte inleiding, krijgt u de gelegenheid om een testrit te maken en om vertrouwd te raken met de simulator-omgeving. Daarna zal u zes ritten uitvoeren met na elke rit een kleine pauze. Er zal bovendien gevraagd worden om tijdens bepaalde ritten nog een andere, bijkomende taak uit te voeren.

Tijdens elke rit zullen gegevens m.b.t. de rijprestatie geregistreerd worden. Deze gegevens worden geenszins gebruikt om het individuele rijgedrag te beoordelen. De geregistreeerde gegevens krijgen een codenummer toegekend, en worden op deze manier anoniem bewaard.

3. *Ik weet dat er volgende risico's of ongemakken kunnen verbonden zijn aan mijn deelname:*

er is een klein risico op "simulatorziekte" als deelnemers zich langdurig in een simulatie-omgeving bevinden. Gelijkaardig aan gewone auto-ziekte kan dit misselijkheid en een ijl gevoel in het hoofd met zich meebrengen. Dit risico wordt zo veel als mogelijk beperkt door de korte duur van de ritten

4. *Ikzelf of anderen vinden eventueel baat bij dit onderzoek op volgende wijze:*

de studie kan maatschappelijke impact hebben als onderdeel van het verkeers- en verkeersveiligheidsbeleid. Er is evenwel geen direct voordeel voor de deelnemer aan dit onderzoek. Als compensatie zullen onder de deelnemers van deze studie 10 personen op willekeurige wijze uitgeloosd worden, die elk een pakket geschenkbonnen zullen ontvangen ter waarde van 150€.

Ik neem uit vrije wil deel aan dit onderzoek.

De resultaten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden voor wetenschappelijke doeleinden en mogen gepubliceerd worden. Mijn naam wordt daarbij niet gepubliceerd en de vertrouwelijkheid van de gegevens is in elk stadium van het onderzoek gewaarborgd.

Ik behoud het recht om op elk moment mijn deelname aan het onderzoek stop te zetten.

Datum:

Naam en handtekening van de proefpersoon:

Naam en handtekening van de onderzoeker: