

Begeleidende signalisatie bij werk-gerelateerde omleidingen op snelwegen

Non Peer-reviewed author version

JONGEN, Ellen; BRIJS, Kris; WETS, Geert & BRIJS, Tom (2010) Begeleidende signalisatie bij werk-gerelateerde omleidingen op snelwegen. In: Dergent, Stijn (Ed.) Jaarboek Verkeersveiligheid, p. 94-100..

Handle: <http://hdl.handle.net/1942/10954>

## **Begeleidende signalisatie bij werkgerelateerde omleidingen op snelwegen: *Een rijnsimulator studie naar het effect van bordlocatie op rijgedrag***

Ellen Jongen, Kris Brijs, Geert Wets, Tom Brijs  
Instituut voor Mobiliteit (IMOB) – Universiteit Hasselt

Wanneer weggebruikers hun plaats van bestemming alleen kunnen bereiken via een omleiding, worden zij in veel gevallen afhankelijk van de gebruikte signalisatie. Duidelijke signalisatie informeert de weggebruiker tijdig over waar en wanneer belangrijke keuzes, zoals een te nemen afslag, zich zullen voordoen. Wanneer het gaat om een omleiding vanaf een drukke snelweg is duidelijkheid extra van belang, omdat het risico op ongevallen bij incorrecte reacties van weggebruikers groot is. In deze bijdrage wordt een studie beschreven waarin het Vlaamse systeem van signalisatie bij werkgerelateerde omleidingen op snelwegen (i.e., calamiteitenroute signalisatie) bestudeerd werd. Meer in detail werd het effect van dit systeem op rijgedrag bestudeerd in de gecontroleerde omgeving van een rijnsimulator. De bordlocatie werd hierbij gemanipuleerd om na te gaan welke de meest optimale is in termen van tijdige waarschuwing met veilig rijgedrag als gevolg. De opzet, resultaten en aanbevelingen in termen van verkeersveiligheid zullen worden besproken.

### **Achtergrond**

Ongelukken bij wegwerkzaamheden op snelwegen zijn aan de orde van de dag. Het grote aantal ongelukken zou onder andere te wijten zijn aan interferentie van de wegwerkzaamheden met de normale verkeersdoorstroming (Bella, 2005). Wegwerkzaamheden zorgen voor een tijdelijke verandering van de weggeometrie die hierdoor complexer wordt (i.e., veelvoudige afsplitsingen, afgesloten banen, etc.). Daarnaast is het risico op ongelukken groter als gevolg van de waarschuwingen aan weggebruikers die vaak pas vlak voor het bereiken van de werkzaamheden gegeven worden (Dutta et al., 2002). Dit zorgt voor abrupte veranderingen van snelheid en last-minute veranderingen van rijbaan wat een geleidelijke en stabiele verkeersdoorstroming bemoeilijkt en het risico op kop-staart botsingen en zijdelingse aanrijdingen vergroot (Aljanahi et al., 1999; Mattox III et al., 2007).

Verbetering van de veiligheid en verkeersdoorstroming bij wegwerkzaamheden vormen daarom nog steeds belangrijke uitdagingen binnen de verkeerstechnologie (Kown et al., 2007). Een mogelijke maatregel die de veiligheid bij wegwerkzaamheden ten goede komt is het aanbrenge van een omleiding die weggebruikers van hun primaire route afleidt en via een alternatieve route om de werfzones heen terug geleidt naar de primaire route (Ullman, 2000). De belangrijkste voordelen van een omleiding zijn de vermijding van een mogelijk conflict tussen wegwerkers en weggebruikers en een lager risico op verkeersopstoppingen en files voor weggebruikers op de primaire route.

Wanneer men in een snelwegcontext de alternatieve route wil bereiken (Fisher et al., 2004; Upchurch et al., 2005) zal, rijdend op een eenrichtingsweg met meerdere banen, rechts een afslag genomen moeten worden. Hierbij wordt de meest rechtse baan die ook verkeer bevat dat het normale traject blijft vervolgen (en dus rechtdoor blijft rijden) gekruist. Late herkenning van de afslag kan leiden tot risicovolle manoeuvres om de correcte baan nog te bereiken (Muttart et al., 2007). Het voornaamste probleem schuilt

in de mogelijkheid dat twee voertuigen, één op de linker- en één op de rechterbaan beide een beroep willen doen op dezelfde (rechter)baan. Dit zorgt voor turbulentie in de verkeersstroom en een vergroot risico op aanrijdingen. Late herkenning van de afslag kan er ook toe leiden dat een weggebruiker genoodzaakt is zijn weg te vervolgen totdat zich de mogelijkheid voordoet af te slaan, om vervolgens terug te rijden naar de plaats van bestemming. Dit zorgt voor een onnodige toename van het verkeersvolume in tegengestelde richting (Bullough, 2005).

Dit alles toont aan dat tijdige aankondiging van een omleiding van groot belang is, omdat dit weggebruikers in staat stelt de juiste beslissingen te nemen (Neale et al., 2002). Hiertoe dient *voorafgaande begeleidende signalisatie* (Zwahlen et al., 2003). De theoretische assumptie die ten grondslag ligt aan het principe van voorafgaande waarschuwingen is dat deze de weggebruiker *voorbereiden* en daarmee de kans op de juiste acties (onder gevaarlijke en/of onverwachte omstandigheden) maximaliseren (Crundall & Underwood, 2001). Eerdere studies leverden al bewijs voor de veiligheidseffecten van dit type signalisatie (Finley et al., 2001; Lenné et al., 2008). Over het algemeen zorgt het voor snelheidsvermindering en vroegere veranderingen van rijbaan.

Hoewel er in Europa en de VS tegenwoordig vaak gebruik wordt gemaakt van omleidingen, bestaat er geen uniforme set van voorschriften of richtlijnen. Dit heeft ervoor gezorgd dat veel Europese landen hun eigen systeem van signalisatie ontwikkeld hebben zonder dat duidelijk is welk systeem het beste werkt. In de huidige studie werd het Vlaamse systeem van signalisatie geëvalueerd. Dit systeem is gebaseerd op het principe van voorafgaande, begeleidende signalisatie waarbij de afslag die leidt naar de omleidingsroute vooraf wordt gegaan door drie verschillende borden. Elk van de drie borden heeft een andere functie, te weten aankondiging, instructie en markering en de alternatieve route zelf wordt aangeduid met een code letter.

Figuur 1 hier invoegen

In Figuur 1 wordt een voorbeeld gegeven van elk van de drie borden. Figuur 1a toont een voorbeeld van *het aankondigingsbord* dat aangeeft dat weggebruikers de snelweg met nummer E314 richting Diest niet via de gebruikelijke afslag kunnen bereiken als gevolg van wegwerkzaamheden. In plaats daarvan dienen ze een andere afslag te nemen (hier voorgesteld door de code letter F) en een alternatieve route te volgen richting de E314. Het aankondigingsbord is het bord dat de weggebruiker het eerst tegenkomen. Figuur 1b toont een voorbeeld van een *instructiebord* dat volgt op het aankondigingsbord. In dit geval is de gebruikelijke afslag om de bestemming te bereiken afgesloten als gevolg van wegwerkzaamheden. Het grote verschil met het aankondigingsbord is dat het instructiebord specifieke informatie geeft aan weggebruikers over *hoe* (i.e., door middel van de eerst volgende afrit) en *wanneer* (i.e., binnen 1500 meter) men de huidige route (i.e., de E313) dient te verlaten om zo de omleidingsroute te bereiken. De omleidingsroute wordt hier aangeduid met de code letter F en leidt naar de E314 en de plaats van bestemming (i.e., Diest). Figuur 1c toont een voorbeeld van het *markeringsbord* dat met de code letter de afslag die toegang biedt tot de omleidingsroute markeert en daar vlak voor geplaatst wordt.

## **Probleemomschrijving**

Het is opvallend dat er in Vlaanderen met betrekking tot signalisatie die gebruikt wordt bij snelwegomleidingen alleen praktische richtlijnen bestaan en geen voorschriften. Hoewel richtlijnen met betrekking tot borddesign (i.e., achtergrondkleur, grootte, etc.) en de informatie op de borden (i.e., symbolen, stijl, font, etc.) goed zijn uitgewerkt, bestaat er geen exacte informatie over de longitudinale afstand tussen de borden en de te nemen afslag. De richtlijnen met betrekking tot het aankondigingsbord (i.e., minimaal 2000 meter voor de te nemen afslag) en het markeringsbord (i.e., ongeveer 50-100 meter voor de te nemen afslag) zijn bijvoorbeeld niet dwingend of nauwkeurig en opvallend genoeg bestaat er helemaal geen richtlijn voor de locatie van het instructiebord. Deze ligt daarmee volledig in handen van de uitvoerder. Dit is problematisch, omdat dit instructiebord het bord is dat bestuurders informeert over *welke* aanpassingen in rijgedrag *wanneer* gedaan zouden moeten worden en dus centraal staat bij de tijdige aankondiging van de omleiding. Eerder onderzoek toonde al aan dat de effectiviteit van voorafgaande begeleidende signalisatie inderdaad bepaald wordt door de longitudinale plaatsing van de borden (Upchurch et al., 2005). Dit alles maakt het Vlaamse systeem van schematische voorafgaande begeleidende signalisatie voor snelwegomleidingen een relevante case voor onderzoek.

## **Doelstellingen**

Het doel van deze studie was het effect na te gaan van het Vlaamse systeem van voorafgaande, schematische, begeleidende signalisatie in een omleidingsscenario. In het scenario dienden weggebruikers, om de omleidingsroute te bereiken, op een twee-baans snelweg een afslag te nemen via het rechter baanvak dat echter ook gebruikt werd als doorgang voor verkeer dat rechtdoor zijn weg bleef vervolgen. Meer specifiek werd de effectiviteit van dit principe nagegaan in functie van de longitudinale locatie van een omleidingsbord ten opzichte van de te nemen afslag. Aangezien het instructiebord het belangrijkste is voor wat betreft de verandering van rijgedrag, werd de longitudinale afstand van dit bord gemanipuleerd terwijl de afstand van de twee andere borden constant werd gehouden en in lijn met de bestaande richtlijnen. Het effect van het aankondigingsbord en instructiebord op rijgedrag werd onderzocht, omdat deze twee borden de weggebruiker dienen te informeren en voor te bereiden. Op een aantal uitzonderingen na (Fisher et al., 2004; Upchurch et al., 2002; Ellis et al., 2007) bestaat er nog geen systematische evaluatie van het effect van longitudinale afstand van borden op rijgedrag.

Zowel de longitudinale als de laterale dimensie van zogenaamde “traject controle” werden geanalyseerd. Traject controle (Rosey et al., 2008) verwijst naar de controle van bestuurders tijdens het rijden over de longitudinale en laterale bewegingen van het voertuig dat ze besturen. Hoewel beide dimensies nodig zijn om een volledig beeld te krijgen van het effect van een maatregel, zijn studies die beide dimensies analyseerden schaars (Jamson et al., 2005). In de hier onderzochte situatie is opname van beide dimensies interessant, omdat het voor het nemen van de afslag noodzakelijk is snelheid te minderen (i.e., longitudinale controle) en te veranderen van baanvak (i.e., laterale controle).

## Onderzoeksvragen

De onderzoeksvragen binnen dit onderzoek waren de volgende:

1. Hebben het aankondigingsbord en instructiebord een effect op rijgedrag zoals blijkt uit een verschil in laterale en longitudinale controle na het passeren van deze borden ten opzichte van ervoor?
2. Varieert het effect van het instructiebord in functie van de longitudinale afstand tot de te nemen afslag?
3. Op welke locaties gedurende de rit zien we een verschil in rijgedrag in functie van de longitudinale afstand van het instructiebord, zoals blijkt uit een verschil tussen de drie condities?

## Methode

Dertig testpersonen namen deel (leeftijd 18-63, gemiddelde leeftijd 35, 12 vrouwen), allen hadden (gecorrigeerd naar) normaal zicht. Er werd gebruik gemaakt van een STISIM rijsimulator, model 400. Dit is een pc-gebaseerde, interactieve simulator met een stuur, rempedaal, gaspedaal, koppeling en versnellingsbak, die geen kinesthetische feedback levert. De simulaties waren voorzien van visuele en auditieve feedback. De visuele virtuele omgeving werd gepresenteerd op een groot parabool scherm met een 180° gezichtsveld. De zijspiegels en achteruitkijkspiegel werden geprojecteerd. De geluiden van het verkeer in de omgeving en van de auto die bestuurd werd werden gepresenteerd. Het projectiescherm had een resolutie van  $1024 \times 768$  pixels en een 60 Hz refresh rate.

De omleiding werd aangegeven met 3 borden (zie Figuur 1). Het aankondigingsbord stond op 2 km voor de afslag en het markeringsbord stond op 50 meter voor de afslag. De longitudinale afstand van het instructiebord ten opzichte van de afslag varieerde in functie van conditie als volgt: het bord werd geplaatst op 500, 1000, of 1500 meter van de afslag. Naar deze manipulatie van de longitudinale afstand van het instructiebord zal voortaan telkens verwezen worden met respectievelijk de afkortingen *I500-conditie*, *I1000-conditie* en *I1500-conditie*. Zie Figuur 2 voor een afbeelding van het onderzoekspzet.

Er werden snelwegscenario's (rechte en bochtige wegen) aangeboden met een snelheidslimiet van 120 km/uur, bestaande uit 2 banen voor verkeer uit de tegengestelde richting, een afscheiding met begroeiing en vangrails en 2 banen voor verkeer in de bestuurders rijrichting. Elke baan had een breedte van 3.5 meter en de afscheiding had een breedte van 7 meter. De verkeersintensiteit van andere weggebruikers werd gebaseerd op bestaande tellingen in een vergelijkbare omgeving. Wanneer de bestuurder op de rechterbaan reed, passeerde er op de linkerbaan af en toe voertuigen met een snelheid van 120 km/uur (automobilisten) of 100 km/uur (vrachtverkeer). Het testscenario had een totale lengte van 13.5 km, bestaande uit 3 conditie-zones, elk met een lengte van 4.5 km. Bestuurders waren vrij om van baanvak te wisselen. Ze kregen de instructie om te rijden zoals ze gewoon waren te rijden en werden geïnformeerd over de omleidingen en de borden gebruikt bij deze omleidingen. Ze werden geïnstrueerd de borden te lezen en te volgen en de afslagen behorend bij elke omleiding te nemen. Alleen bestuurders die elk van de drie afslagen namen werden opgenomen in de analyses.

Maten van longitudinale en laterale controle werden verzameld. Longitudinale controle werd gemeten aan de hand van snelheid, standaard deviatie (SD) van snelheid,

longitudinale versnelling/vertraging en de SD van de longitudinale versnelling/vertraging. Laterale controle werd gemeten aan de hand van het aantal baanwisselingen en de tijd die men doorbracht op de linker/rechter baan. Daarnaast werd voor elke conditie de positie bepaald waarop bestuurders de laatste wisseling naar de rechterbaan maakten. Data werden continu verzameld tijdens de drie 4.5 km lange conditie zones, waarvan de eerste 2 km telkens fungeerde als inrij-deel. De volgende 2.5 km in elke zone, van 500 meter voor het aankondigingsbord tot aan het eind van de zone bij de te nemen afslag, werd verdeeld in 10 segmenten van 250 m. Longitudinale en laterale maten werden gemiddeld voor elk van deze segmenten. Voor onderzoeksvragen 1 en 2 werden de 250 meter segmenten voor en na het aankondigingsbord en instructiebord opgenomen in de analyse. Longitudinale maten werden geanalyseerd in een ANOVA en laterale maten in een non-parametrische Kendall's toets en een non-parametrische Wilcoxon's toets. Om een antwoord te geven op onderzoeksvraag 3 werd er een vergelijking gemaakt tussen de drie condities van gemiddelde waarden op de verschillende longitudinale en laterale maten voor elk van de tien 250-meter segmenten. Longitudinale maten werden geanalyseerd in een ANOVA en laterale maten in een non-parametrische Kendall's toets. Leeftijd, geslacht en rijervaring werden systematisch opgenomen als covariaten in de verschillende analyses, maar dit leverde nergens een effect op van betekenis.

## **Resultaten**

*Onderzoeksvraag 1: Hebben het aankondigingsbord en instructiebord een effect op rijgedrag?*

Voor wat betreft het *aankondigingsbord* zagen we in elk van de drie condities een vertraging bij het naderen van het bord, gevolgd door een versnelling na het passeren ervan. Bij het *instructiebord* werd een vertraging leidend tot een snelheidsafname bij het naderen van het bord gevolgd door een afname van vertraging of een versnelling (zie onderzoeksvraag 2) na het passeren van het bord. Daarnaast zorgde het instructiebord voor een toename in zowel het aantal verplaatsingen naar de rechterbaan als de tijd doorgebracht op het rechter baanvak.

*Onderzoeksvraag 2: Varieert het effect van het instructiebord in functie van de longitudinale afstand tot de te nemen afslag?*

Alleen in de I500-conditie zorgde het instructiebord voor een forse snelheidsafname na het passeren van het bord. Er trad daarentegen alleen in de I1500-conditie een longitudinale versnelling op na het passeren van het instructiebord. De SD van de versnelling/vertraging nam toe in de I500-conditie, terwijl deze in de I1000-conditie en I1500-conditie afnam. Dit betekent dat in de I500 conditie de snelheidsafname erg abrupt verliep in vergelijking met een meer soepele afwikkeling in de andere twee condities. Voor wat betreft de laatste baanwisseling naar de rechtbaan, toonden de resultaten dat bestuurders vroeger naar de rechterbaan wisselden wanneer het instructiebord eerder getoond werd (I500-conditie: 606 meter, I1000-conditie: 725 meter, I1500-conditie: 848 meter).

*Onderzoeksvraag 3: Op welke locaties gedurende de rit zien we een verschil in rijgedrag in functie van de longitudinale afstand van het instructiebord?*

De vergelijking van de drie condities toonde aan dat verschillen tussen de condities telkens waren aanwezig rondom de locaties van de instructieborden.

Het eerste patroon van verschillen tussen de drie condities was aanwezig rond de locatie van het instructiebord in de I1500-conditie, tussen 1750 en 1250 meter voor de te nemen afslag. Tussen 1750 en 1500 meter, in de aanloop naar het bord, verschilde de I1500 conditie van de andere twee condities op de longitudinale maten van snelheid, versnelling/vertraging, en de standaard deviatie van versnelling/vertraging en op de laterale maat van tijd op de linker/rechterbaan. De snelheid in de I1500 conditie was lager, er was een vertraging te zien (versus een versnelling in de twee andere condities) en de SD van vertraging was hoger dan in de andere twee condities. Daarnaast was het percentage tijd op de linkerbaan lager in de I1500-conditie lager dan in de I500-conditie, met het gemiddelde van de I1000-conditie er net tussenin. Tussen 1500 en 1250 meter, direct na het passeren van het instructiebord in de I1500-conditie, waren snelheid lager en de SD van snelheid hoger in de I1500-conditie ten opzichte van de I500 conditie, met de I1000-conditie daar tussenin. Tijd op de linkerbaan was lager in de I1500-conditie dan in de twee andere condities.

Het tweede patroon van verschillen tussen de drie condities was aanwezig rond de locatie van het instructiebord in de I1000-conditie, tussen 1250 en 750 meter voor de te nemen afslag. Tussen 1250 en 1000 meter, in de aanloop naar het bord was de snelheid lager in de I1000-conditie ten opzichte van de andere twee condities. De longitudinale versnelling in de I1500-conditie was hoger dan in de andere twee condities, waarschijnlijk als gevolg van het eerder gepasseerde instructiebord dat aangaf dat de afslag nog zover weg was dat het nog loonde om weer te versnellen. Interessant was dat de SD van zowel snelheid als de longitudinale versnelling/vertraging het laagst was in de enige conditie waar men nog geen instructiebord gepasseerd was, de I500-conditie. Dit suggereert dat de longitudinale controle op deze locatie het meest soepel verliep in deze conditie. De afwezigheid van een additioneel instructiebord in deze conditie tot hiertoe, vertaalde zich blijkbaar in een soepeler verloop van de rit. Tussen 1000 en 750 meter, direct na het passeren van het instructiebord in de I1000-conditie, lag de snelheid in de I500-conditie hoger dan in de andere twee condities.

Tenslotte was er tussen 750 en 500 meter voor de te nemen afslag, in de aanloop naar het instructiebord in de I500-conditie een sterke vertraging te zien die verschilde van de versnelling op deze locatie in de andere twee condities. De late notificatie van het naderen van de afslag heeft ervoor gezorgd heeft dat de snelheid uiteindelijk hoger lag in deze conditie en er daarom een grotere vertraging nodig was.

### **Conclusies en aanbevelingen**

Voor wat betreft de *eerste onderzoeksvraag*: het aankondigingsbord had alleen een effect op de longitudinale acceleratie. Dit ligt in lijn van de functie van dit bord om bestuurders bewust te maken van een omleiding. Het instructiebord had een effect op longitudinale maten (i.e., gemiddelde snelheid en SD van versnelling/vertraging) en laterale maten (i.e., aantal wisselingen naar rechterbaan) van rijgedrag. Dit ligt in lijn met de functie van het instructiebord als concrete aanzet tot het gepast bijsturen van het rijgedrag.

Voor wat betreft de *tweede onderzoeksvraag*: er was inderdaad variatie in het effect van het instructiebord op rijgedrag op zowel de longitudinale als de laterale dimensie in functie van de longitudinale afstand. De grootste en meest abrupte

snelheidsafname bij het naderen van het instructiebord was zichtbaar in de I500-conditie, als gevolg van de relatieve late notificatie die een hogere snelheid tot aan het instructiebord tot gevolg had. Daarnaast zorgde de vroege notificatie in de I1500-conditie ervoor dat na het passeren van het instructiebord alleen in die conditie er opnieuw een versnelling optrad. Bestuurders wisselden bovendien vroeger in het traject naar de rechter rijbaan wanneer het instructiebord eerder getoond werd (I500-conditie: 606 meter, I1000-conditie: 725 meter, I1500-conditie: 848 meter).

Voor wat betreft de *derde onderzoeksvraag*: de meest prominente veranderingen traden op rond 1750-1250 meter voor de afslag in de I1500-conditie, rond 1250-750 meter voor de afslag in de I1000-conditie en rond 750-500 meter voor de afslag in de I500-conditie, telkens corresponderend met de locatie van het instructiebord. Op basis van onze resultaten kunnen we concluderen dat plaatsing van het instructiebord op 500 meter voor de afslag niet aan te bevelen is, omdat dit zorgt voor een onverstoord rijstijl met te abrupte snelheidsaanpassingen vlak voor de afslag. Plaatsing van het bord op 1500 meter van de afslag zorgde ervoor dat bestuurders zowel de longitudinale als laterale aanpassingen eerder deden dan in de andere twee condities. Omdat dit voorkomt dat er last-minute bewegingen en snelheidsaanpassingen nodig zijn, wordt dit vaak aanzien als de meest veilige en daarom aanbevelenswaardige optie. Hiermee is echter niet iedereen het eens. Finley en collega's (2001) suggereren namelijk dat het in termen van zowel veiligheid als verkeersdoorstroming beter is om niet té vroeg in een traject te wisselen naar de rechterbaan. Wanneer het instructiebord geplaatst werd op 1000 meter voor de afslag leidde dit niet tot abrupte veranderingen in longitudinale of laterale controle, waren er alleen geleidelijke veranderingen en gebeurde de laatste verandering naar de rechterbaan op een gemiddelde afstand van 725 meter voor de afslag. In termen van de suggestie gemaakt door Finley en collega's is plaatsing op 1000 meter voor de afslag daarom de meest optimale keuze, omdat dit de locatie is die het dichtst in de buurt van de afslag ligt en toch nog steeds leidt tot veilig rijgedrag.

## **Referenties**

- Aljanahi, A.A.M., Rhodes, A.H., Metcalfe, A.V., 1999. Speed, Speed Limits and Road Traffic Accidents Under Free Flow Conditions. *Accident Analysis and Prevention* 32, 161-168.
- Bella, F., 2005. Validation of a Driving Simulator for Work Zone Design. *Transportation Research Record* 1937, 136-144.
- Bullough, J.D., 2005. Onset Times and Detection of Colored Signal Lights. *Transportation Research Record* 1918, 123-127.
- Crundall, D., Underwood, G., 2001. The Priming Function of Road Signs. *Transportation Research Part F* 4 187-200.
- Dutta, A., Carpenter, R., Noyce, D.A., Duffy, S.A., Fisher, D.L., 2002. Drivers' Understanding of Overhead Freeway Exit Guide Signs: Evaluation of Alternatives with an Advanced Fixed-Based Driving Simulator. *Transportation Research Record* 1803, 102-109.



Ellis, R., Van Houten, R., Kim, J.-L., 2007. In-Roadway “Yield to Pedestrians” Signs: Placement Distance and Motorist Yielding. *Transportation Research Record* 2002, 84-89.

Finley, M.D., Ullman, G.L., Dudek, C.L., 2001. Sequential Warning-Light System for Work-Zone Lane Closures. *Transportation Research Record* 1745, 39-45.

Fisher, D.L., Upchurch, J., Pradhan, A., Mehranian, H., Romoser, M., 2004. Signing Two-Lane Freeway Exits with an Option Through Lane in Extreme Conditions. *Transportation Research Record*, 1899, 35-43.

Jamson, S.L., Tate, F.N., Jamson, A.H., 2005. Evaluating the Effects of Bilingual Traffic Signs on Driver Performance and Safety. *Ergonomics* 48, 1734-1748.

Kown, E., Brannan, D., Shouman, K., Isackson, C., Arseneau, B., 2007. Development and Field Evaluation of Variable Advisory Speed Limit System for Work Zones. *Transportation Research Record* 2015, 12-18.

Lenné, M.G., Triggs, T.J., Mulvihill, C.M., Regan, M.A., 2008. Detection of Emergency Vehicles: Driver Responses to Advance Warning in a Driving Simulator. *Human Factors*, 50, 135-144.

Mattox III, J.H., Sarasua, W.A., Ogle, J.H., Eckenrode, R.T., Dunning, A., 2007. Development and Evaluation of Speed-Activated Sign to Reduce Speeds in Work Zones. *Transportation Research Record* 2015, 3-11.

Muttart, J.W., Fisher, D.L., Knodler, M., Pollatsek, A., 2007. Driving Without a Clue: Evaluation of Driver Simulator Performance During Hands-Free Cell Phone Operation in a Work Zone. *Transportation Research Record* 2018, 9-14.

Neale, V.L., Brich, S.C., Anders, R.L., 2002. Fluorescent Sign Colors for Incident Management Trailblazing: Evaluation of Assignments in Manual on Uniform Traffic Control Devices. *Transportation Research Record* 1801, 1-8.

Rosey, F., Auberlet, J.-M., Bertrand, J., Plainchault, P., 2008. Impact of Perceptual Treatments on Lateral Control During Driving on Crest Vertical Curves: A Driving Simulator Study. *Accident Analysis and Prevention* 40, 1513-1523.

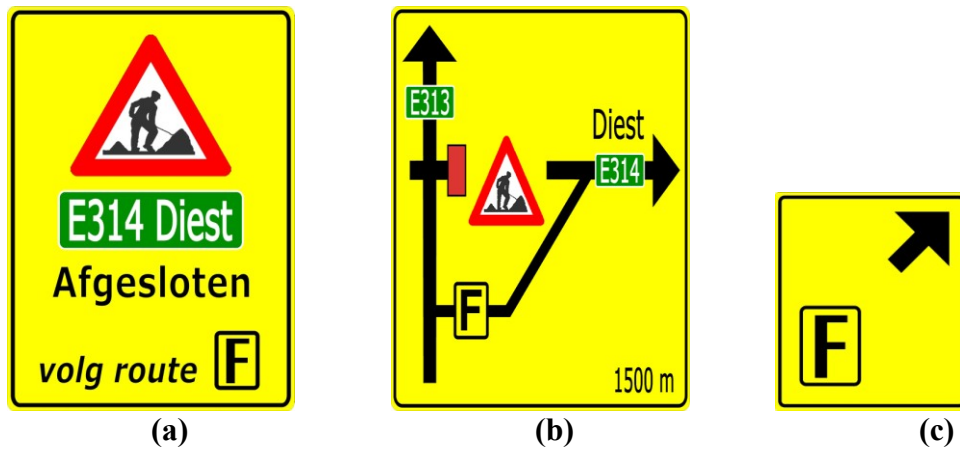
Ullman, G.L., 2000. Special Flashing Warning Lights for Construction, Maintenance, and Service Vehicles: Are Amber Beacons Always Enough?. *Transportation Research Record* 1715, 43-50.

Upchurch, J., Fisher, D., Carpenter, R.A., Dutta, A., 2002. Freeway Guide Sign Design with Driving Simulator for Central Artery-Tunnel: Boston, Massachusetts. *Transportation Research Record* 1801, 9-17.

Upchurch, J., Fisher, D.L., Waraich, B., 2005. Guide Signing for Two-Lane Exits with an Option Lane: Evaluation of Human Factors. Transportation Research Record 1918, 35-45.

Zwahlen, H.T., Russ, A., Roth, J.M., Schnell, T., 2003. Effectiveness of Ground-Mounted Diagrammatic Advance Guide Signs for Freeway Entrance Ramps. Transportation Research Record 1843, 70-80.

**Figuur 1.** Het Vlaamse systeem van schematische voorafgaande begeleidende signalisatie voor snelwegomleidingen: (a) Aankondigingsbord, grootte 4m-bij-4m, (b) Instructiebord, grootte 4m-bij-4m, (c) Markeringsbord, grootte 1.6m-bij-1.7m



**Figuur 2.** Schematische illustratie van het testscenario dat een totale lengte had van 13.5 km en bestond uit 3 conditie-zones, elk met een lengte van 4.5 km. Alleen de laatste 2500 meter van elke zone staan hier afgebeeld. In elk van de drie zones was een omleiding aanwezig die vooraf werd gegaan door 3 borden. De longitudinale locatie van het instructiebord varieerde: het bord werd geplaatst op 500 (I500-conditie), 1000 (I1000-conditie), of 1500 (I1500-conditie) meters voor de afslag. De longitudinale locatie van het aankondigingsbord en het markeringsbord was constant over de drie condities heen.

