

IZF 1989 C-4

E. Tenkink

DE INVLOED VAN WEGBREEDTE EN
OBSTAKELDREIGING OP SNELHEIDS- EN
KOERSGEDRAG

Opdrachtgever : Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat
Postbus 20906, 2500 EX DEN HAAG

Aantal bladzijden : 41



	Blz.
INHOUD	
SAMENVATTING	5
ABSTRACT	6
1 INLEIDING	7
1.1 Doelstelling	7
1.2 Effecten van wegbreedte en obstakels: state-of-the-art	8
2 EXPERIMENT 1: EFFECT VAN WEGBREEDTE EN OBSTAKELS	11
2.1 Methode	11
2.2 Resultaten	14
2.2.1 Snelheid	14
2.2.2 Koers- en stuurgedrag	16
2.2.3 Time-to-line crossing TLC	20
2.3 Discussie	22
3 EXPERIMENT 2: EFFECT VAN BELIJNING	23
3.1 Methode	23
3.2 Resultaten	24
3.2.1 Snelheid	24
3.2.2 Koers- en stuurgedrag	25
3.3 Discussie	29
4 DISCUSSIE EN CONCLUSIES	30
4.1 Theoretische implicaties	30
4.2 Relatie met empirische gegevens	31
4.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek	32
REFERENTIES	34
APPENDIX	36

De invloed van wegbreedte en obstakels op snelheids- en koersgedrag

E. Tenkink

SAMENVATTING

In een tweetal experimenten met de geïnstrumenteerde auto werd nagegaan hoe bestuurders snelheid en koers aanpassen aan een smalle wegbreedte in aanwezigheid van dreigende obstakels en in welke mate belijning daarbij een rol speelt. In het eerste experiment werd gereden door testtrajecten van 400 m lengte met belijning op een onderlinge afstand van 2, 3 resp. 4 m. Naast de belijning werden wegdekreflectoren, pilonen respectievelijk bakens geplaatst.

Uit dit experiment bleek dat bestuurders pas bij de kleinste wegbreedte hun snelheid aanpassen. De aard van het obstakel heeft dan ook het grootste effect. Dit snelheidsgedrag is in overeenstemming met een model, waarin subjectief risico een belangrijke afweging is, zoals dit wordt bepaald door "kans" (gemanipuleerd door wegbreedte) en "consequentie" (gemanipuleerd door obstakeltype). Het stuurgedrag wijkt daarvan enigszins af. Enerzijds blijkt dat koersgedrag nagenoeg onafhankelijk is van obstakeltype, terwijl dit anderzijds sterk van wegbreedte afhangt.

In een tweede experiment werd geverifieerd dat het sterke wegbreedte-effect op het stuurgedrag niet bepaald wordt door perceptuele effecten die samenhangen met de variatie in de afstand tussen de belijning.

Het kwalitatieve verschil tussen aanpassing van snelheid en stuurgedrag wordt mogelijk veroorzaakt doordat de aanpassing van het stuurgedrag bij een smallere wegbreedte met minder subjectieve "kosten" een grotere risico-reductie mogelijk maakt. Deze "kosten" worden dan waarschijnlijk veroorzaakt door de toegenomen aandacht voor de stuurtaak.

Verder werd gevonden dat snelheden in dit experiment veel hoger waren dan verwacht mocht worden in vergelijking met snelheden op wegen met verschillende wegbreedte. Dit wordt mogelijk veroorzaakt omdat onder normale wegomstandigheden niet alle aandacht voor de stuurtaak beschikbaar is.

Zowel onder experimentele omstandigheden als in de praktijk lijkt de hoeveelheid aandacht die beschikbaar is voor de stuurtaak een belangrijke medebepalende factor voor snelheidsaanpassing.

The effect of roadwidth and obstacles on speed- and course behaviour

E. Tenkink

ABSTRACT

Using an instrumented car (ICARUS) speed and steering behaviour was investigated in narrow lanes flanked by various types of obstacles ranging in degree of potential threat, and with various distances between edge lines. In the first experiment subjects drove through a testtrack 400 m long and 2, 3 or 4 m wide. Alongside were either reflecting road studs ("cat's eyes"), plastic cones or large metal red-and-white-striped panels. The approach speed was 110 km/h, and on the last 200 m before the testtrack drivers were allowed to adjust their speed.

A conclusion is that only at the narrowest lanewidth subjects reduce speed. Then, the nature of the obstacles also affected speed choice. This speed behaviour is to be expected on the basis of a risk-model where risk is determined by "chance" (manipulated by lane width) and "consequence" (manipulated by type of obstacle). Steering behaviour significantly differed from this pattern. It is virtually unaffected by obstacle type, whereas it is strongly dependent on lane width.

In a second experiment it was verified that the effect of lane width on steering behaviour is not caused by perceptual factors related to the known effect on road guidance of variation in the lateral distance between edge lines.

It is hypothesized that the qualitative difference between speed and steering behaviour may be caused by the fact that improved course-control at narrow lanes may be less subjectively "costly" than speed reduction. These "costs" are probably related to the increased attentional demand for the steering task.

Furthermore, it was found that speeds were much higher than expected in comparison with speeds on roads with various widths. This suggests that much less attention for the steering task is available under normal road situations.

It is suggested that the attentional capacity available is an important factor determining speed reduction due to road factors.

1 INLEIDING

1.1 Doelstelling

Snelheidsbeheersing wordt gezien als een belangrijk instrument om de verkeersveiligheid te verhogen. In opdracht van de Directie Verkeersveiligheid van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat werd eerder een literatuurstudie uitgevoerd naar determinanten van rij-snelheid (Tenkink, 1988). Uit deze studie kwam naar voren dat de rij-snelheid effectief beïnvloed kan worden door aan te hard rijden consequenties te verbinden zoals discomfort, een ongevalsdreiging of een dreiging van financiële of sociale aard. Tijdens het rijden moeten deze consequenties herkenbaar, consistent, verifiëerbaar en reëel zijn.

Het ontbreekt echter aan een theoretische en praktisch kwantificeerbare onderbouwing van dit gedrag en de daaraan ten grondslag liggende processen. Daarom werd voorgesteld om de relatie tussen risico als gevolg van ongevalsdreiging en snelheid in vereenvoudigde situaties nader te onderzoeken. In dit experiment werd het effect van wegbreedte en langs de weg geplaatste obstakels op de gekozen snelheid nader onderzocht.

Veelal wordt aangenomen dat risico als gevolg van een ongevalsdreiging beïnvloed wordt door kans en consequentie (Vogel en Rothengatter, 1985; Van der Molen en Bötticher, 1986; Janssen en Tenkink, 1988). Zo kan worden aangenomen dat een smallere wegbreedte leidt tot een groter risico, omdat bij ongewijzigd snelheids- en stuurgedrag een kleinere marge tussen voertuig en wegrand resteert en de kans op een lijnoverschrijding bij een gegeven stuurfout dan groter zal zijn. De marge wordt gemeten door de laterale afstand tot de wegrand of door de "Time-to-Line-Crossing" (TLC), de tijd die bij een ongewijzigde koers nog rest tot de wegrand. Van dreigender obstakels wordt verondersteld dat dit leidt tot een groter risico omdat de consequentie van een fout ernstiger zal zijn.

Een toename van risico is ongewenst en zal leiden tot compensatoir gedrag, in afweging met andere consequenties van een dergelijk gedrag. Bestuurders kunnen dan hun snelheid verminderen of ze kunnen hun stuurgedrag verbeteren. Dit laatste komt tot uiting in een kleinere standaardafwijking van de laterale positie en grotere TLC's, hetgeen zal leiden tot een afname van de kans op lijnoverschrijding*).

*)Voor een overzicht van de relaties tussen snelheid en stuurgedrag enerzijds en de consequenties voor laterale positie en TLC anderzijds zij verwezen naar Appendix A.

Eén en ander werd meer expliciet gemaakt in een tentatief model van snelheidskeuze, waarin TLC en tijdwinst direct tegen elkaar worden afgewogen (Tenkink, 1987). In dit model wordt verondersteld dat, naarmate de minimum-TLC dichterbij een zekere kritische tijd komt, gedrag in sterkere mate zó wordt aangepast dat die afname van het verschil wordt tegengegaan. Bij een smallere wegbreedte zal TLC kleiner worden als het gedrag onveranderd blijft. TLC komt daardoor dichterbij de kritische waarde en zal aanleiding geven tot een snelheids- of koersaanpassing, waardoor TLC weer toeneemt. De obstakeldreiging wordt verondersteld tot een grotere kritische tijd te leiden. Ook dan mag een aanpassing worden verwacht waarbij TLC toeneemt.

In Experiment 1 werd nagegaan of snelheid- en/of koersgedrag volgens verwachting wordt aangepast zowel door verkleining van de wegbreedte als door het plaatsen van dreigender obstakels.

In Experiment 2 werd ter controle nagegaan of visuele geleiding door belijning in dit proces een rol speelt.

1.2 Effecten van wegbreedte en obstakeltype: state-of-the-art

Met effecten van wegbreedte en obstakeltype wordt rekening gehouden bij het aanleggen van wegen als er noodzakelijke obstakels geplaatst moeten worden. Zo is de minimum-afstand tot een obstakel (ook wel de "obstakelvrees" genoemd) afhankelijk van (ontwerp)snelheid en de aard van het obstakel (SVT, 1986). Het is niet duidelijk of deze waarden bedoeld zijn om een zekere objectieve veiligheid te garanderen of om te voorkomen dat het gedrag van bestuurders wordt beïnvloed. Naar het effect op gedrag is wel onderzoek gedaan. We geven hiervan kort een overzicht.

Relatie tussen wegbreedte en snelheid

Effecten van wegbreedte op de rijnsnelheid werden al in eerdere studies geconstateerd (Kolsrud, 1985; Knoflacher en Gatterer, 1981; Lamm, 1973; Michels en Van der Heijden, 1978; Lambrechts, 1985; Leong, 1968). Fig. 1 geeft een samenvatting van de resultaten. De wegbreedte-gegevens werden hier omgerekend naar vrije marge door van de wegbreedte een arbitraire autobreedte van 1.80 m af te trekken. Bij wegbreedten groter dan ca. 4 m werden hoofdzakelijk zg. cross-sectionele studies uitgevoerd door op wegen met verschillende kenmerken, waaronder wegbreedte, de snelheden te meten en de gegevens te analyseren op effecten van wegbreedte.

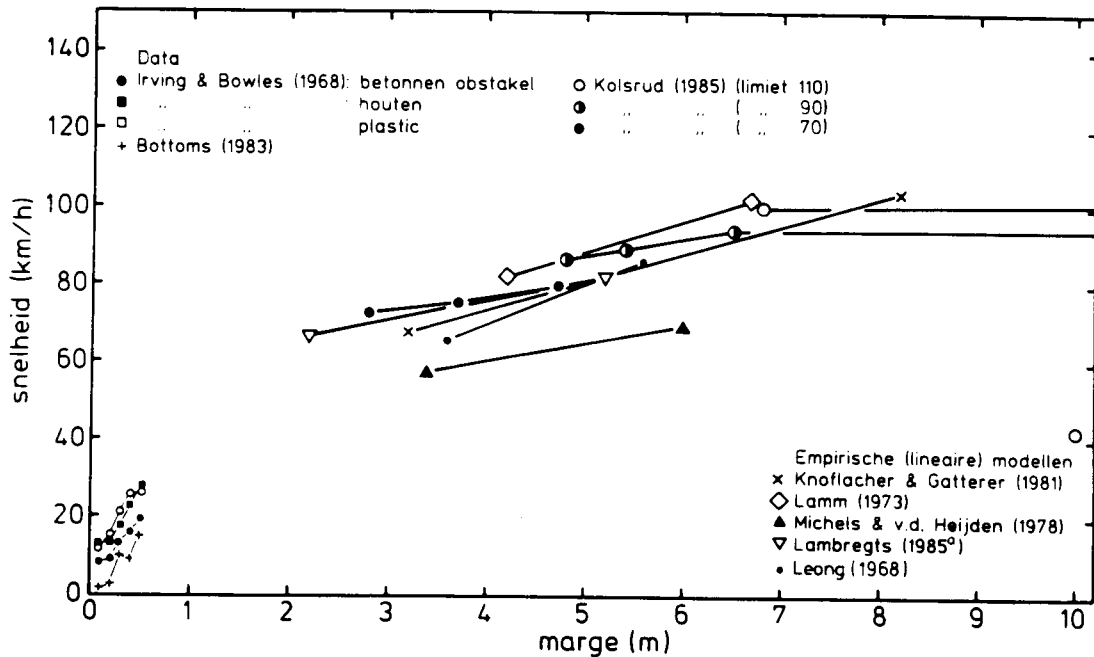


Fig. 1 Snelheid als functie van de totale marge tot de wegrand.

Op beperkte schaal werd onderzoek uitgevoerd bij zeer kleine marges tussen voertuig en een door obstakels gevormde poort. Daarbij werd een lineair verband gevonden tussen marge en snelheid (Irving en Bowles, 1968, Bottoms, 1983). De combinatie van resultaten suggereert dat er mogelijk een eenvoudige relatie bestaat tussen rijnsnelheid en wegbreedte.

Relatie tussen wegbreedte en koersgedrag

Een verbetering in koersgedrag in termen van standaarddeviatie van de laterale positie met afnemende afstand tussen de belijning werd gevonden onder experimentele omstandigheden (McLean en Hoffmann, 1972; Riemersma, 1982). Daarbij werd met vaste snelheid gereden en ontbrak een fysieke dreiging bij het naast de lijnen rijden. Volgens McLean en Hoffmann is de verbetering het gevolg van extra aandacht voor de stuurtaak. Die aandacht neemt snel toe als gevolg van een noodzakelijke verandering van strategie van het gebruik van koershoek- naar laterale-afstandsinformatie bij kleine marges en hoge snelheden. Volgens Riemersma verbetert het koersgedrag omdat meer visuele koersinformatie beschikbaar is als de belijning dichter open

ligt. Er kan dan in principe met dezelfde aandacht voor het koershouden toch een koersverbetering worden bereikt.

Relatie tussen obstakeltype en snelheid

Ook als zich geen obstakels naast de weg bevinden is het vrijwel altijd gevaarlijk om met hoge snelheid van de weg af te rijden. Het is de vraag in welke mate verschillen in consequentie, in casu de aanwezigheid en aard van obstakels, gedrag verder beïnvloedt. Het blijkt dat er alleen snelheidsreducties worden gerapporteerd in aanwezigheid van obstakels bij kleinere wegbreedten (< 6 m), dus als er minder ruimte is voor een veilige dwarsuitwijking (Taragin, 1955; Knoflacher en Gatterer, 1978).

Snelheidsreductie werd ook gevonden onder invloed van de aard van obstakels (Irving en Bowles, 1968). Zij vinden dat snelheid door het materiaal van de poort (hout, plastic of beton), dus de consequentie van een botsing, wordt beïnvloed (zie ook Fig. 1). Bij deze experimenten was sprake van zeer smalle marges (< 1 m).

Uit de beschikbare gegevens blijkt dat snelheid pas wordt verminderd bij kleine marges, dus als andere mogelijkheden om de wegbreedte/ obstakel problemen op te lossen zijn uitgeput.

Relatie tussen obstakeltype en koersgedrag

De aanwezigheid van een obstakel naast de rijbaan leidt er in eerste instantie toe dat bestuurders uitwijken (Taragin, 1955; Blaauw en Van der Horst, 1982; Michaels en Cozan, 1963). In de mate van uitwijking worden ook effecten gevonden van de afmeting (Taragin, 1955; Case e.a., 1953) en vorm of oriëntatie van obstakels naast de weg (Michaels en Cozan, 1963). Michaels en Cozan verklaren de uitwijking als een (op vermijden van botsing gerichte) reactie, als niet tijdig kan worden onderscheiden of het object wel of niet op een botskoers ligt.

Er is weinig onderzoek naar de aanpassingen van koersgedrag in termen van de standaard afwijking van de rechte baan, juist in de situatie waarin aan beide zijden obstakels zijn aangebracht, zodat uitwijken niet meer mogelijk is.

2 EXPERIMENT 1: EFFECT VAN WEGBREDTE EN OBSTAKELS

2.1 Methode*Testtraject*

Drie rechte testtrajecten werden door middel van belijning aangegeven op een oude startbaan van het vliegveld Welschap bij Eindhoven (zie Fig. 2a, traject nummer II, III en IV).

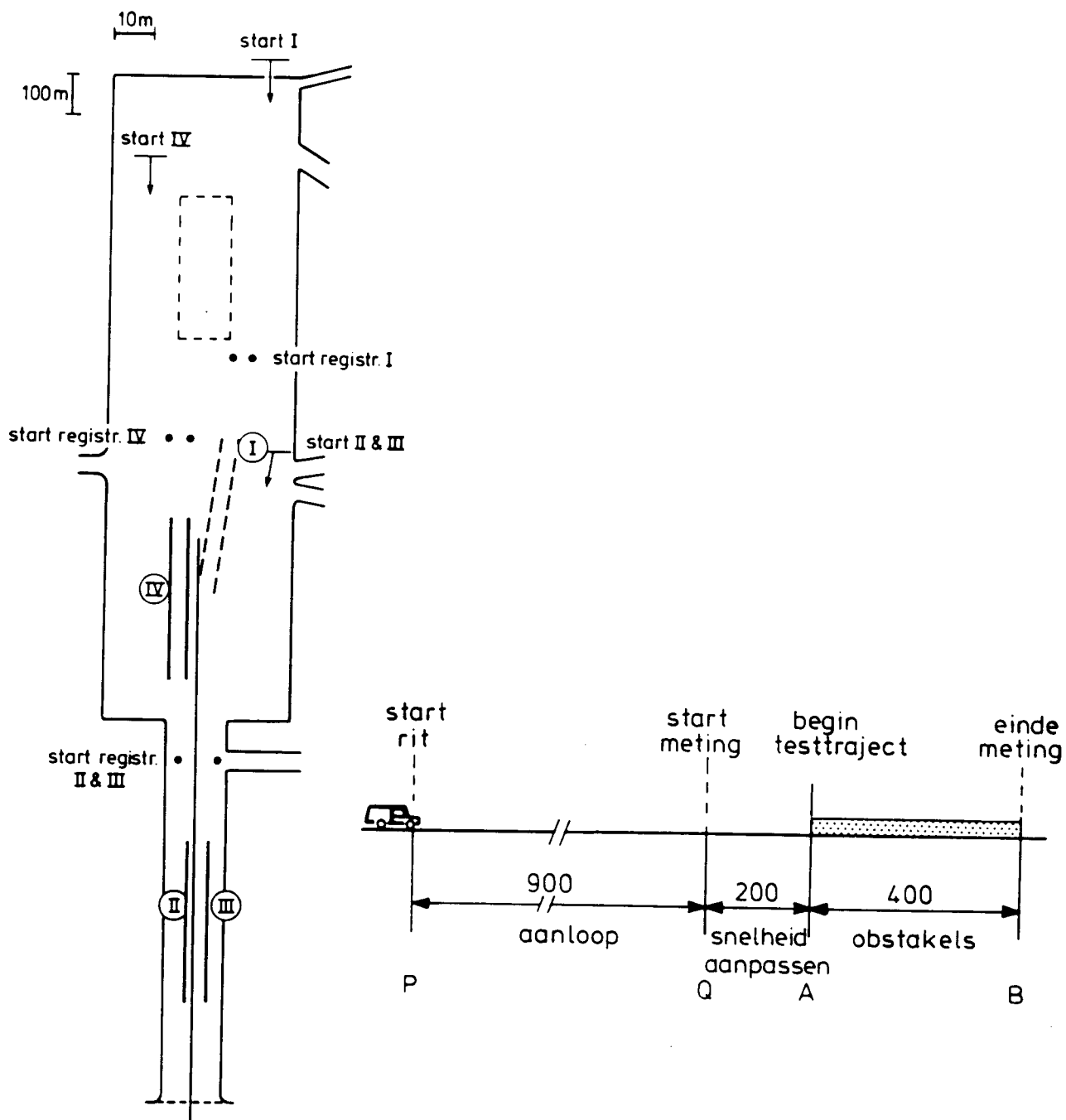


Fig. 2a Ligging van nadering en testtrajecten I (zie Experiment 2), II, III en IV op de vliegbasis Welschap.

Fig. 2b Lengtedoorsnede van de nadering van een traject.

In Fig. 2b is de lengte-doorsnede gegeven van de nadering van de trajecten. De nadering van de testtrajecten bestond uit een stuk PQ van 900 m, nodig om de auto op snelheid te laten komen, en een stuk QA van 200 m, waarin de snelheid kon worden aangepast voordat het testtraject werd binnengereden. Het testtraject AB zelf was 400 m.

Op elk van de testtrajecten werd één van drie typen obstakels geplaatst, namelijk bakens, pilonen of wegdekreflectoren. Ter weerszijde langs het testtraject werden, om geleiding te minimaliseren, op willekeurige plaatsen 25 obstakels geplaatst, met een minimum onderlinge langsafstand van 5 en een maximum van 35 m. De plaatsing was voor typen obstakels en wegbreedten dezelfde.

De afstanden tussen de belijning op de testtrajecten II, III en IV was resp. 2, 3 en 4 m. Deze waarden werden zo gekozen dat een verband kon worden gelegd tussen de in Fig. 1 samengevatte gegevens bij een grotere wegbreedte dan ca. 4 m en die bij zeer kleine marges. De resulterende marge tussen auto en obstakels was 0.68, 1.68 resp. 2.68 m, ongeacht het type obstakel (zie Fig. 3).

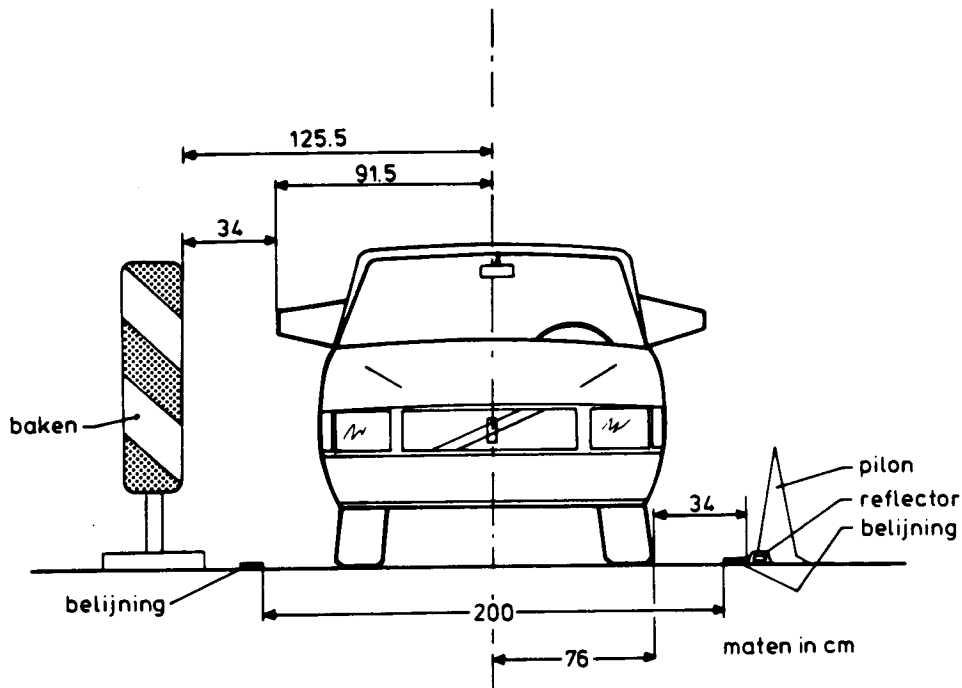


Fig. 3 Afmetingen van obstakels, auto en marges bij de 2 m-conditie.

Procedure

Proefpersonen reden met de geïnstrumenteerde auto (ICARUS). De snelheid van de auto werd bij Q steeds op tenminste 110 km/h gebracht. Vervolgens paste de proefpersoon de snelheid aan alvorens het testtraject binnen te rijden. Ook op het testtraject was de proefpersoon vrij zijn snelheid te kiezen. Binnen één wegbreedte en obstakelconditie werden zes ritten achtereen gemaakt. Vervolgens werd de procedure herhaald op een ander traject (= andere wegbreedte). Tegerlijkertijd werd elders van obstakels gewisseld.

De instructie aan de proefpersoon was om de auto zonder schade, maar wel vlot, door het smalle weggedeelte te rijden alsof het z'n eigen auto betrof. Om te voorkomen dat er een competitie-element mee zou spelen werd de snelheidsmeter afgeschermd en kreeg de proefpersoon ook geen terugmelding over zijn eigen snelheid of die van anderen.

Design

In het totaal werd door zes proefpersonen in negen condities gereden, namelijk drie wegbreedten x drie typen obstakels. Door de ligging van trajecten was het aantal volgordes, waarmee wegbreedten konden worden gevarieerd, beperkt. Drie proefpersonen reden de volgorde 2, 4 en 3 m, drie andere proefpersonen reden de volgorde 3, 4 en 2 m. Om resultaten voor elk type obstakel onderling vergelijkbaar te houden werd deze volgorde voor alle typen obstakels gehandhaafd. De ordening van typen obstakels zelf was gebalanceerd volgens een latijns-kwadraat over proefpersonen.

Proefpersonen

Aan het experiment werd deelgenomen door zes mannelijke proefpersonen (leeftijd 25-48 jaar) met een rijervaring van tussen de 10.000 en 40.000 km/jaar.

Data registratie

Tijdens een rit werden de volgende variabelen geregistreerd:

- de snelheid op het traject QB dus vanaf 200 m voor de obstakels.
- de laterale positie vanaf A, het begin van de obstakels.
- de stuurhoek vanaf A.
- de gierhoeksnelheid A.

De sample-rate was 12.5 Hz.

2.2 Resultaten

2.2.1 Snelheid

De gemiddelde snelheid van 200 m voor (Q) tot het eind (B) van elk van de drie testtrajecten is gegeven in Fig. 4.

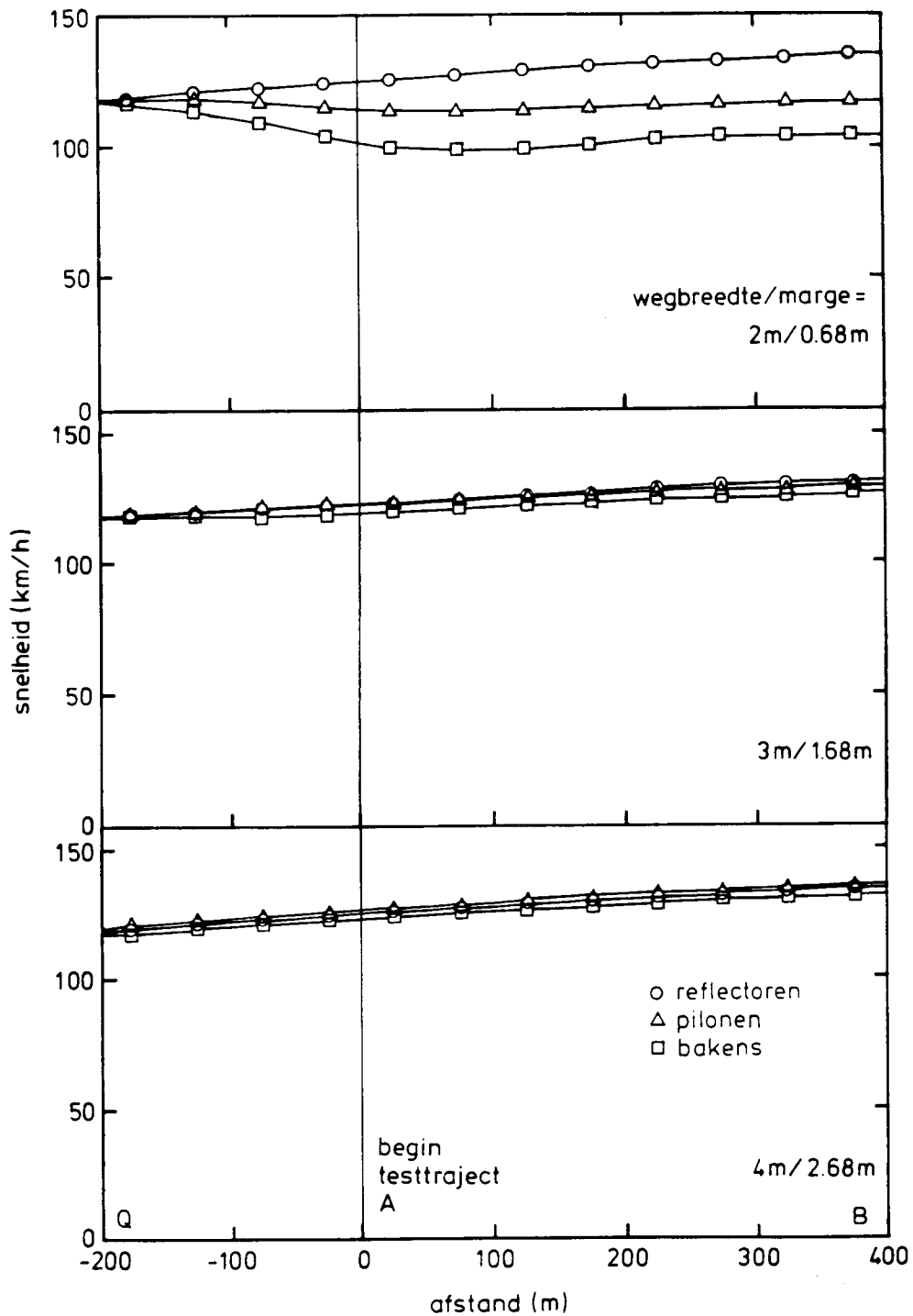


Fig. 4 Snelheid van 200 m voor (Q) tot het eind (B) van het testtraject, bij het rijden tussen bakens, pilonen en wegdekreflectoren met verschillende marges.

In Fig. 4 valt op dat er niet echt sprake was van een stabiele eind-snelheid, behalve bij bakens en pilonen in de 2 m-conditie. Alleen in die condities wordt bij de nadering de snelheid verminderd. De laagste snelheid wordt bereikt ca. 100 m na het begin (A) van het testtraject. Vervolgens wordt (ook in de andere condities) geaccelereerd en op het eind van het traject resteerde steeds een zekere versnelling. Het is daarom eigenlijk niet mogelijk om te spreken van "de" snelheid op het traject. Als afhankelijke variabele voor de variantieanalyse kozen we de snelheid bij het begin A van het traject (zie Fig. 5).

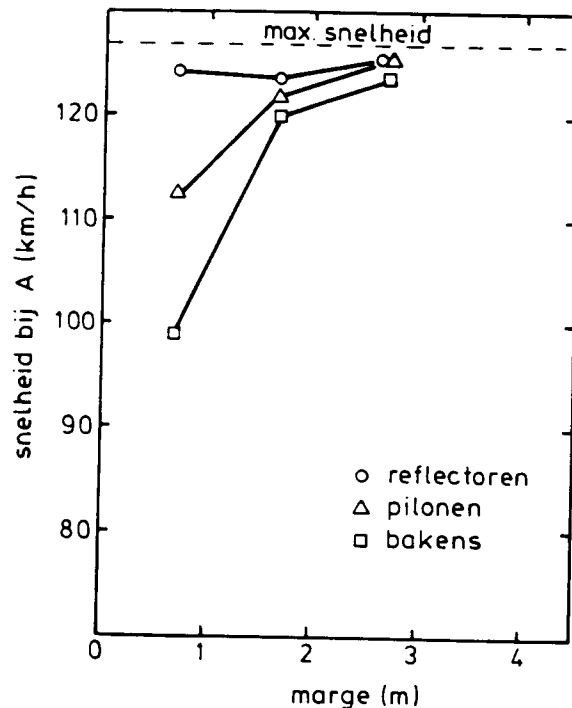


Fig. 5 Snelheid bij het begin A van het testtraject als functie van marge en type obstakel.

Een grotere marge leidt tot een hogere snelheid (14% verklaarde variantie; $p < .05$). Verder blijkt, in overeenstemming met de bevindingen van Irving en Bowles bij zeer kleine marges, dat een dreigender obstakel langs de weg tot een lagere snelheid leidt (8%; $p < .05$).

Zoals ook uit de figuur is te zien neemt het effect van type obstakel af met toenemende marge (9.5%; $p < .001$). De interactie is waarschijnlijk mede veroorzaakt door het feit dat de op dat punt maximaal mogelijke snelheid bij de grootste wegbreedten al wordt gereden.

2.2.2 Koers- en stuurgedrag

Fig. 6 geeft de standaardafwijking van de laterale positie (sd-baan) als functie van marge en aard van obstakels.

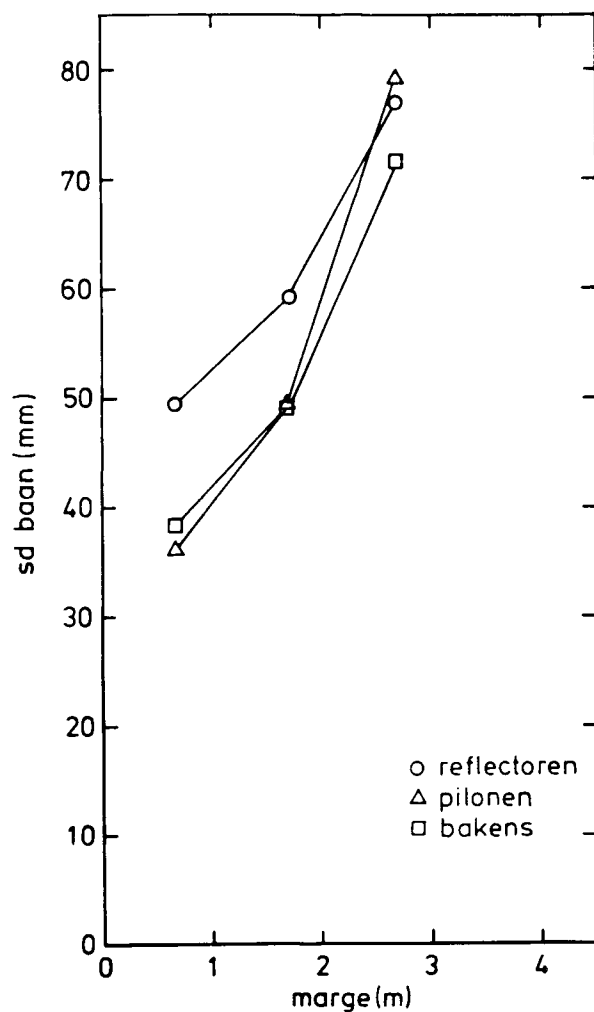


Fig. 6 Standaardafwijking van de laterale positie (sd-baan), bepaald over de middelste 300 m van het test-traject als functie van marge en aard van obstakels.

De afname van de sd-baan bij smalle marges is significant (25.1% verklaarde variantie, $p < 0.0001$). Naast snelheidsreductie wordt aanpassing van de sd-baan dus inderdaad gebruikt als mogelijkheid om de taak goed te kunnen uitvoeren. Verder is er, in vergelijking met het effect bij snelheid, maar een zeer bescheiden effect van het type obstakel te constateren (1.4%; $p = .05$) en ontbreekt ook de bij snelheid gevonden interactie met marge. Dit is opvallend omdat enerzijds

sd-baan al afneemt van 4 m naar 3 m wegbreedte als de snelheid nog nauwelijks afneemt, terwijl anderzijds obstakeltype nauwelijks van invloed is op sd-baan, maar wel op snelheid.

Stuurgedrag

Bestuurders hebben in principe drie mogelijkheden om sd-baan te verkleinen (Appendix A.9). Dit kan door:

1. een afname van de grootte van de stuuruitwijking;
2. een toename van de frequentie van sturbewegingen
3. een afname van de snelheid;

De relatief sterke afname van de sd-baan (ca. 47%) in de 2 m-conditie wordt onvoldoende verklaard vanuit de geringe snelheidsafname alleen (max. 20% voor bakens). De tweede factor (stuuruitwijking) verklaart de afname evenmin want bij een smallere marge blijkt de standaardafwijking van de stuuruitslag (sd-stuur) zelfs toe i.p.v. af te nemen (6.5%; $p < 0.05$) (Fig. 7). Het effect van obstakeltype was niet significant.

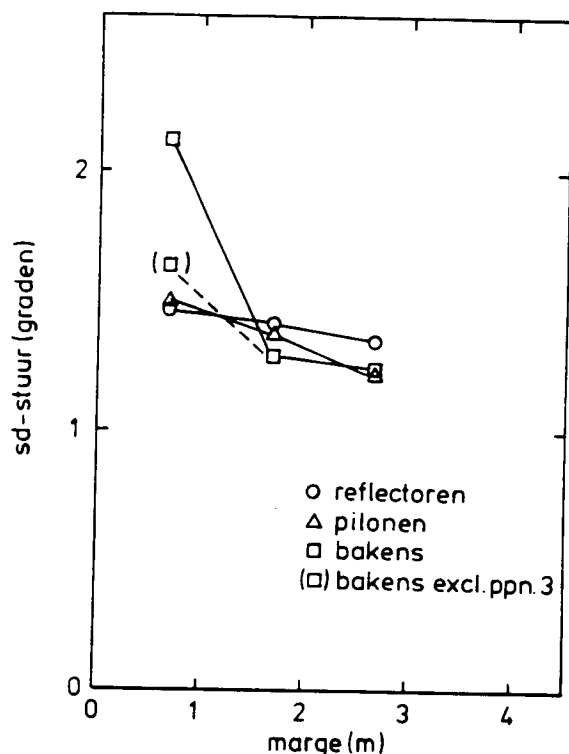


Fig. 7 Standaardafwijking van de stuuruitslag (sd-stuur). Proefpersoon 3 reed bij de kleinste marge met een extreem grote stuuruitwijking.

De laatste mogelijkheid is dat bestuurders met een hogere frequentie gaan sturen. Fig. 8 geeft het vermogensdichtheidspectrum van het stuursignaal als functie van wegbreedte en obstakeltype.

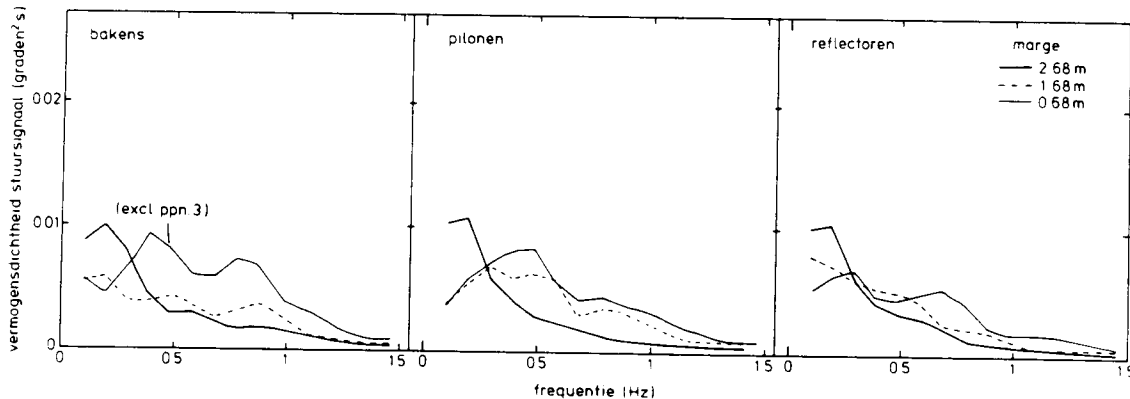


Fig. 8 Vermogensdichtheidspectrum van het stuursignaal als functie van wegbreedte per obstakeltype (a-bakens, b-pilonen, c-reflectoren). De gegevens van proefpersoon 3 bij het rijden tussen bakens op 2 m zijn hier niet meegenomen wegens de extreem grote stuuruitwijking.

Met afnemende marge valt op dat het vermogen bij frequenties onder 0.3 Hz afneemt en boven deze grens groter wordt. Dit geldt voor alle obstakeltypen. Een eenvoudige maat voor de frequentieverschuiving is de verhouding van het vermogen tussen 0.3 en 0.6 Hz en die in het gehele spectrum (Blaauw, 1984). Door het beperkte aantal samples is het spectrum slechts bekend vanaf 0.1 Hz, zodat alleen het vermogen in de range van 0.1 tot 0.6 als referentie kon dienen. Omdat de relatie tussen sd-baan en de stuurfrequentie zeer sterk afhangt van deze lage frequenties (zie Appendix A.9) kan de bijdrage van de frequentieverschuiving aan de reductie van sd-baan niet exact worden bepaald, maar kan alleen de trend worden nagegaan. De aldus berekende maat bevestigt de toename van de frequentie bij kleinere marges (12.4%; $p < .001$) (zie Fig. 9). Verschillen tussen de aard van obstakels werden niet significant, hoewel de tendens is dat met name bij reflectoren met een lagere frequentie wordt gereden. De totale afname van sd-baan wordt dus voor een groot deel veroorzaakt door een verschuiving naar hogere stuurfrequenties en, in geringere mate, door de afname in snelheid.

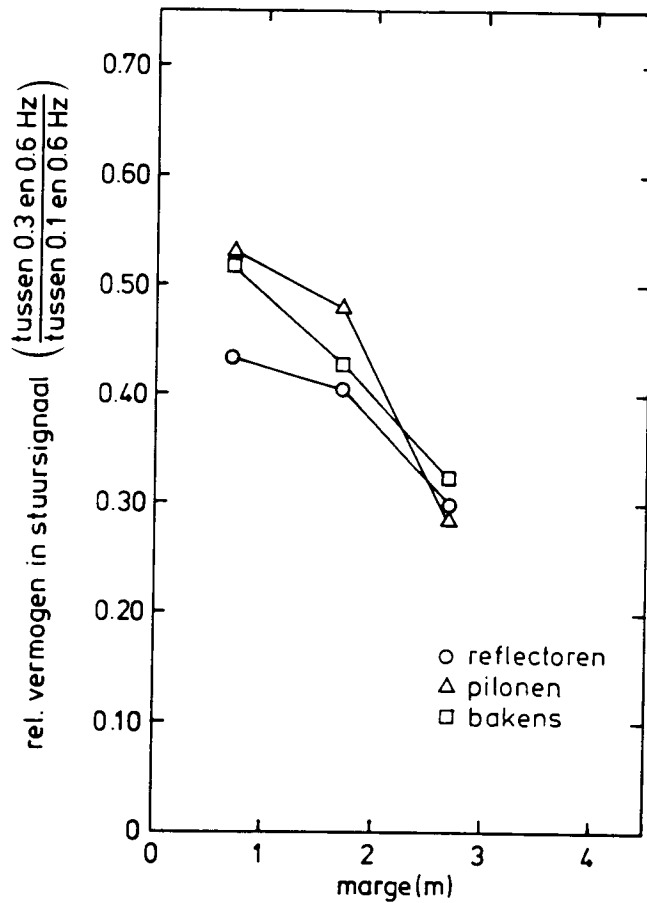


Fig. 9 Verhouding van vermogens in hoge (0.3-0.6 Hz) en in alle frequenties (0.1-0.6 Hz) voor de drie marges met verschillende obstakels.

Tot slot geven we de resultaten van de standaardafwijking van de gierhoeksnelheid (sd-gierhoeksnelheid), een maat voor de translatiesnelheid van het beeld van de bestuurder en een potentieel belangrijke bron voor koershouden (Riemersma, 1982). In Fig. 10 staat de sd-gierhoeksnelheid gegeven als functie van marge en obstakels. Een effect van obstakeltype ontbreekt ook hier.

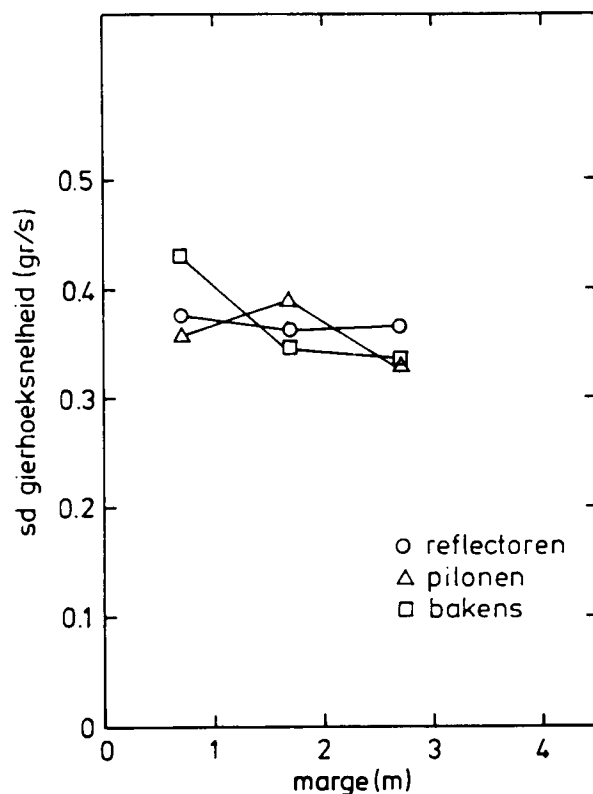


Fig. 10 Sd-gierhoeksnelheid als functie van marge en type obstakel.

De in Fig. 11 gesuggereerde afname van sd-gierhoeksnelheid met marge blijkt niet significant. Het ontbreken van een effect van de sd-gierhoeksnelheid met wegbreedte en obstakel is een ondersteuning van het belang van deze maat voor koershouden, want al eerder werd geconcludeerd dat deze maat onafhankelijk is van wegbreedte (Riemersma, 1982; McLean en Hoffmann, 1972).

2.2.3 Time-to-line crossing TLC

In de Inleiding werd het potentiële belang aangegeven van TLC in een tentatief model voor snelheidsgedrag (Tenkink, 1987). Daarom berekenen we de verdeling van TLC's voor elke rit en bepaalden daarin de tijdswaarde, die behoort bij de laagste 15% van die verdeling (TLC-15%). Fig. 11 laat zien dat TLC-15% (nagenoeg lineair) afneemt met een kleinere marge ($p < .001$; 72.9%).

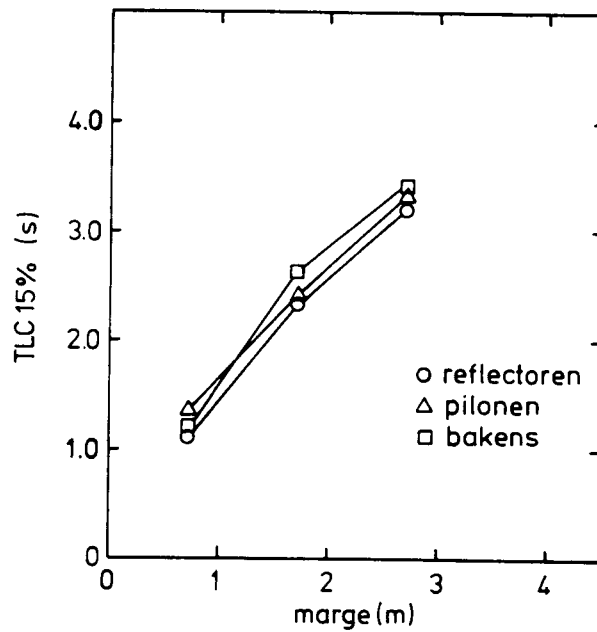


Fig. 11 TLC-15% als functie van wegbreedte en obstakel-dreiging.

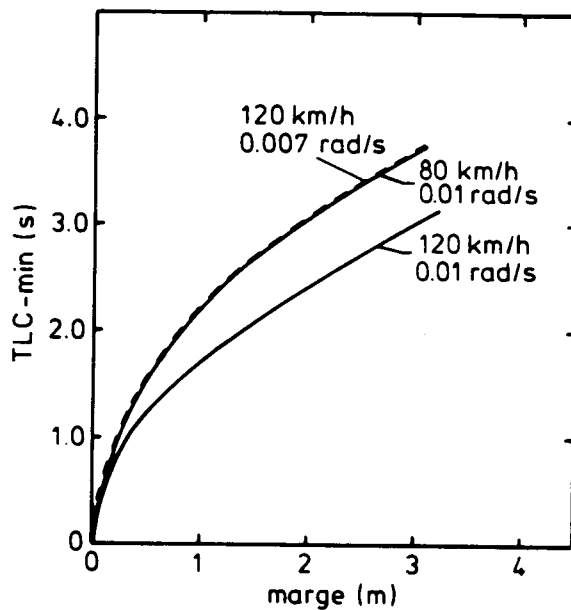


Fig. 12 Berekende TLC-min als functie van marge bij 80 km/h en een gierhoeksnelheid van .01 rad/s en 120 km/h en gierhoeksnelheden van .01 en .007 rad/s.

De afname van TLC-15% is te verwachten als, bij ongewijzigd gedrag, de marge kleiner wordt. In Fig. 12 is aangegeven dat de berekende

TLC-min (volgens formule A.16) op overeenkomstige wijze afneemt met kleinere marge, terwijl snelheid en (maximale) gierhoeksnelheid onveranderd zijn. Van compensatoir gedrag is weinig te merken in het verloop van TLC-15%, want de afname van TLC-15% bij smallere marges is zeker niet minder dan op grond van Fig. 12 mag worden verwacht. Een dergelijk effect zou vooral te verwachten zijn bij vergelijking van het rijden tussen reflectoren en bakens, omdat in het laatste geval bij de smalste marge langzamer werd gereden (Fig. 5) en er ook een trend is van een grotere stuurfrequentie (Fig. 9). De analyse bevestigt echter dat obstakels geen significant effect hebben, terwijl in Fig. 11 de gemiddelde TLC-15% bij bakens juist eerder kleiner is dan de TLC-15% bij reflectoren in de smalste marge.

2.3 Discussie

Het blijkt dat zowel snelheid als sd-baan worden aangepast als de wegbreedte afneemt. De mate waarin dit gebeurt is echter niet gelijkmatig verdeeld over beide gedragsalternatieven. Zo neemt de sd-baan al nagenoeg lineair af bij een wegbreedtevermindering van 4 naar 3 m, terwijl de snelheid daarentegen pas begint af te nemen bij een afname van 3 naar 2 m. Eén mogelijkheid is dat sd-baan wordt verkleind door meer aandacht aan de stuurtaak te besteden, waarbij snelheidsvermindering pas optreedt als dit niet meer verder kan. Een tweede mogelijkheid is dat sd-baan kleiner wordt bij een afnemende marge omdat daar de belijning dichter bijeen ligt en de geleidingsinformatie beter wordt. De hoeveelheid aandacht hoeft dan niet noodzakelijk toe te nemen en de snelheidsvermindering is dan in principe onafhankelijk van stuurprestatie.

Een tweede resultaat is dat snelheidsregeling en stuurgedrag verschillend worden aangewend voor elk van de beide manipulaties. Snelheid wordt conform een risico-model gekozen op grond van kans (marge) en consequentie (obstakel). Daarentegen blijken koers- en stuurgedrag overwegend te worden bepaald door kans (marge) alleen. Dit resultaat is in overeenstemming met de mogelijkheid dat koersgedrag voornamelijk door visuele geleiding door belijning wordt gestuurd, omdat geleidingsinformatie niet afhangt van de aard van de obstakels waardoor dit ook geen effect op stuuruitwijking en -frequentie zal hebben.

Een betere beleid bij een smallere marge zal ook als secundair effect kunnen hebben dat de snelheid hoger kan zijn. Een dergelijke effect zou het snelheidsreducerend effect van dreiging

deels teniet kunnen doen en zo verklaren, waarom de snelheid in absolute zin slechts weinig afneemt in Experiment 1.

3 EXPERIMENT 2: EFFECT VAN BELIJNING

In Experiment 2 wordt nagegaan in hoeverre perceptuele geleiding door belijning in Experiment 1 een rol speelt in de gevonden afname van de sd-baan bij een kleinere marge. Er werd gereden met een vaste afstand tussen de belijning van 2 m, terwijl de laterale afstand tussen de bakens gevarieerd werd zoals in Experiment 1. Als gevolg van sterkere perceptuele geleiding zal men verwachten dat in de condities met grotere marges tot de bakens de sd-baan kleiner en de snelheid hoger zal zijn dan bij dezelfde marge in Experiment 1.

In Experiment 2 werd ook gereden in een conditie waarin de belijning geheel ontbrak. Men zal volgens bovenstaande redenering verwachten dat dan zowel de snelheid als de sd-baan in de conditie met de grootste marge vergelijkbaar zal zijn met die in de 4 m-conditie van Experiment 1, omdat de geleiding door de belijning op die afstand het minst effectief is.

3.1 Methode

Testtraject

Twee rechte trajecten met verschillende wegbreedten werden aangelegd (zie Fig. 2a, baan I en II). De nadering en de procedure was identiek als in Experiment 1. In dit experiment werden uitsluitend bakens gebruikt. Op testtraject I ontbrak de belijning. Dit traject lag bovendien schuin op de langsrichting van de startbaan, zodat ook sporen en asfaltnaden geen geleiding konden bieden. Op traject II had de belijning een vaste tussenafstand van 2 m.

Op beide trajecten werd de feitelijke marge tussen voertuig en bakens gevarieerd met 0.68, 1.68 of 2.68 m (2-, 3-, of 4 m-wegbreedte conditie).

Design

In het totaal werd door zes proefpersonen in zes condities gereden, namelijk twee soorten belijning (met/zonder) x drie wegbreedten. Elke conditie werd zes maal achtereenvolgend gereden. De condities werden volgens een latijns kwadraat gebalanceerd.

Proefpersonen

Er werd deelgenomen door zes mannelijke proefpersonen (leeftijd 26-50 jaar) met een rijervaring tussen 10.000 en 40.000 km/jaar.

Data-registratie

Dezelfde parameters als in Experiment 1 werden geregistreerd, met dien verstande dat er zonder belijning geen dwarspositie kon worden bepaald.

3.2 Resultaten

3.2.1 Snelheid

De snelheid bij het binnenrijden van het testtraject is gegeven in Fig. 13. Verschillen tussen meevariërende belijning (data uit Experiment 1; zie ook Fig. 5) en met vaste belijning op 2 m (uit Experiment 2) werden geanalyseerd in een "tussen- proefpersonen"-design. Het effect van vaste of meevariërende belijning blijkt niet significant, ondanks het in de figuur gesuggereerde absolute verschil in snelheden. Evenzo is de interactie met marge niet significant.

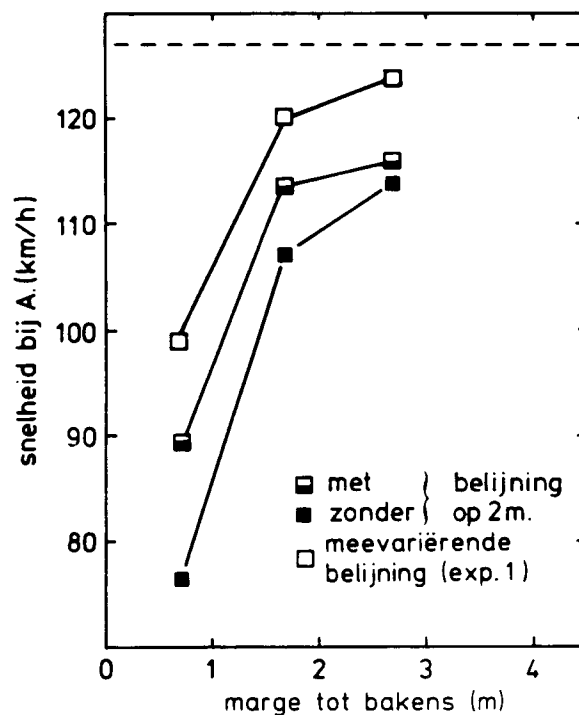


Fig. 13 Snelheid bij het begin van het testtraject.