

Relatie tussen type voertuig en ongevalsernst

Internationale literatuurstudie over de ernst van ongevallen in relatie tot de types van voertuigen die erbij betrokken zijn.

RA-2006-104

Tobias Denys

Onderzoekslijn voertuigtechniek



DIEPENBEEK, 2012.
STEUNPUNT VERKEERSVEILIGHEID.

Documentbeschrijving

Rapportnummer: RA-2006-104

Titel: Relatie tussen type voertuig en ongevalsernstype
voertuig en ongevalsernst

Ondertitel: Internationale literatuurstudie over de ernst van
ongevallen in relatie tot de types van voertuigen die
erbij betrokken zijn.

Auteur(s): Denys Tobias

Promotor: Leen Govaerts

Onderzoekslijn: voertuigtechniek

Partner: VITO

Aantal pagina's: 49

Projectnummer Steunpunt: 3.2.15

Projectinhoud: Voertuigtechnieken: haalbaarheid en
beleidsondersteuning.

Uitgave: Steunpunt Verkeersveiligheid, december 2006.

Steunpunt Verkeersveiligheid
Agoralaan
Gebouw D
B 3590 Diepenbeek

T 011 26 87 05
F 011 26 87 00
E info@steunpuntverkeersveiligheid.be
I www.steunpuntverkeersveiligheid.be

Samenvatting

Het aantal grote en robuuste personenwagens (terreinwagens, grote monovolumes, ...) in het voertuigenpark blijft toenemen, niet alleen in de Verenigde Staten maar ook in België. Sinds deze opgang van zwaardere en robuustere personenwagens is internationaal onderzoek gestart naar de afloop van botsingen waar deze voertuigen bij betrokken zijn. De evolutie van de massa's van de voertuigen alsook de botscompatibiliteit spelen bij dergelijk onderzoek een grote rol. In dit Steunpuntrapport wordt een overzicht gegeven van de internationale stand van zaken met betrekking tot dit onderwerp.

Uit deze internationale literatuurstudie is gebleken dat grote en robuuste personenwagens, met name terreinwagens en in mindere mate grote monovolumes, een probleem vormen voor de verkeersveiligheid. Dit blijkt zowel uit Europese als Amerikaanse studies, en wordt bevestigd door onderzoeken uitgevoerd door de automobieliindustrie. Bij ongevallen waarbij een klassieke personenwagen wordt aangereden door een terreinwagen of een grote monovolume, lopen de inzittenden van de klassieke personenwagen een beduidend hoger risico op dodelijk en ernstig letsel dan wanneer deze zou aangereden worden door een klassieke personenwagen. Terreinwagens en grote monovolumes zijn met andere woorden agressiever dan andere klassieke personenwagens, en dit zowel bij frontale als bij zijdelingse aanrijdingen. Als gevaarlijkste ongevalsconfiguratie komt een klassieke personenwagen die zijdelings aangereden wordt door een terreinwagen naar voren.

Bijna alle in dit overzicht aangehaalde onderzoeken hebben een relatie gevonden tussen het gewichtsverschil van de twee botspartners en de letselernst bij de inzittenden van de lichtste botspartner. Aangezien terreinwagens en grote monovolumes tot de zwaardere personenwagens behoren, is het evident dat zij bij botsingen met lichtere personenwagens meer slachtoffers maken. Bij sommige onderzoeken verdwijnt de verhoogde agressiviteit van terreinwagens en grote monovolumes wanneer gecorrigeerd wordt voor gewicht, maar uit verschillende onderzoeken blijkt het tegenovergestelde. De hoge mate van agressiviteit is volgens deze laatste niet enkel te wijten aan het hogere gewicht van deze voertuigen.

De twee eigenschappen van terreinwagens en grote monovolumes die in de studies aangehaald werden als mogelijke oorzaken van de grotere agressiviteit, zijn vormgevingsverschillen en de hogere stijfheid. De verstevigde structuur in de hogere bumpers van deze grote en robuuste personenwagens is niet afgestemd op de verstevigde structuur in de bumpers en verstevigingselementen in de deuren en drempels van de klassieke personenwagens. Om de veiligheid van de inzittenden te waarborgen is de gemiddelde frontale stijfheid van voertuigen massa-afhankelijk (hoe zwaarder hoe stijver). Dit verschil in stijfheid is echter één van de belangrijkste eigenschappen die bij onderlinge voertuigbotsingen tot het probleem leidt, dat inzittenden van lichte auto's minder goed beschermd worden.

In dit rapport wordt een aanbeveling geformuleerd met betrekking tot het herzien van de crashtesten die in Europese programma's worden uitgevoerd. In het kader van een wijzigend voertuigenpark en de gevolgen van botsincompatibiliteit is het aanpassen of uitbreiden van de crashtesten wenselijk. Een tweede aanbeveling betreft het beter op elkaar afstemmen van de onderdelen van voertuigen. Hierbij wordt gedacht aan de verstevigende structuren in de bumpers van de grote en robuuste personenwagens, die niet overeenkomen met deze bij de klassieke personenwagens. Een laatste aanbeveling handelt over de veralgemeende invoering van zijdelingse of gordijnairbags, die bij zijdelingse aanrijdingen het risico op letsel voor de inzittenden doet afnemen.

Er dient bijkomend onderzoek uitgevoerd te worden om na te gaan wat de Belgische situatie is op gebied van de relatie tussen type voertuig en ongevalsernst. Uit onderzoek dat voorafging aan dit rapport is gebleken dat de benodigde databronnen om een dergelijk onderzoek uit te voeren aanwezig zijn. Amerikaans onderzoek wijst daarenboven uit dat grote terreinwagens en SUV's bij een ongeval niet enkel gevaarlijker

zijn voor inzittenden van de botspartner, maar dat ook de eigen inzittenden een verhoogd gevaar lopen bij enkelvoudige ongevallen. Het is wenselijk om te onderzoeken of dit in België, en bij uitbreiding Europa, eveneens het geval is.

English summary

Title

Relation between vehicle type and accident severity.

Subtitle

International literature study on accident severity in relation to the type of vehicles involved.

Abstract

The number of large and robust passenger cars (SUV's, minivans, ...) on the road is increasing, not only in the United States but also in Europe. Following this increase, international research into the outcome of accidents involving these vehicles has started. The evolution in weight of vehicles as well as crash compatibility plays an important role in this sort of research. This report provides an overview of the international state of the art regarding this subject.

From this international literature study it appears that large and robust passenger cars like Sport Utility Vehicles (SUV's) and to a lesser extent minivans, pose a problem to road safety. This is proven by European as well as North-American studies, and is confirmed by research from automobile manufacturers. When a normal passenger car is involved in an accident with an SUV or minivan, its occupants are more likely to suffer serious or lethal injury compared to an accident between two normal passenger cars. This is the case for both frontal and side collisions. The most dangerous accident type appears to be a collision where an SUV or minivan strikes a normal passenger car in the side.

Almost all cited studies found a relation between the difference in weight of two cars involved in an accident and the injury severity of the occupants of the lightest car. Since SUV's and minivans are heavy cars, it is clear that when they collide with a lighter passenger car, they pose a greater threat to its occupants. In a few studies, this higher aggressiveness of SUV's and minivans disappears when the data is corrected for weight. However, a number of studies prove the opposite. According to these studies, the higher aggressiveness of SUV's and minivans is not only due to their higher weight.

The two main characteristics of SUV's and minivans that were said to have a substantial influence on their higher aggressiveness are design differences and a higher frontal stiffness. The height of the frame rails in the bumpers of these large and robust passenger cars does not match the height of the frame rails in the bumpers and the sill in the door of normal passenger cars. To ensure the safety of car occupants, the frontal stiffness is designed dependant on its mass (the heavier the stiffer). This difference in frontal stiffness causes the occupants of lighter cars to be less protected when colliding with a heavier car.

In this report a recommendation is formulated regarding a revision of the crash tests that are performed in the European programmes. A modification or extension of the crash test programme is required due to the changes in the vehicle fleet and the consequences of crash incompatibility. A second recommendation concerns an improved design of the structural parts of cars. Mainly the frame rails in the bumpers of large and robust passenger cars should be designed to interact with those of smaller cars. A general introduction of so called side or curtain airbags is recommended as well. These restraint systems reduce the risk posed to occupants when their vehicle is struck in the side.

Additional research needs to be conducted into the Belgian situation regarding the relation between vehicle type and accident severity. Previous research pointed out that the required data to carry out such a study is present. American research proved that SUV's do not only pose a greater threat to occupants of the collision partner, but also to their own occupants in single vehicle crashes. Investigating the Belgian and to a larger

extent the European situation regarding single vehicle crashes involving SUV's, is necessary.

Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	9
1.1	Situatieschets	9
1.2	Probleemstelling	9
1.3	Methodologie	11
2.	OVERZICHT VAN STUDIES	12
2.1	Europese Unie	12
	2.1.1 Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO (NI)	12
	2.1.2 Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (NI)	14
	2.1.3 Department for Transport (UK)	17
	2.1.4 Zwakke weggebruikers	19
2.2	Verenigde Staten	20
	2.2.1 National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)	20
	2.2.2 Insurance Institute for Highway Safety (IIHS)	30
	2.2.3 Andere	32
2.3	Automobielinindustrie	35
	2.3.1 Hyundai Motor Company	35
	2.3.2 Volkswagen AG	37
3.	AANBEVELINGEN	39
3.1	Crashtesten	39
3.2	Compatibiliteit van structurele onderdelen	40
3.3	Verbeteringen bij lichtere voertuigen	41
4.	VERDER ONDERZOEK	43
4.1	Situatie in België	43
4.2	Veiligheid voor de eigen inzittenden	43
5.	CONCLUSIES	44
5.1	Internationale literatuurstudie	44
	5.1.1 Gewichtsverschil	44
	5.1.2 Vormgevingsverschillen	44
	5.1.3 Hogere stijfheid	45
5.2	Aanbevelingen	45
	5.2.1 Crashtesten	45
	5.2.2 Compatibiliteit van structurele onderdelen	45
	5.2.3 Verbeteringen bij lichtere voertuigen	46
5.3	Verder onderzoek	46

5.3.1	<i>Situatie in België</i>	46
5.3.2	<i>Veiligheid voor de eigen inzittenden</i>	46
6.	LITERATUURLIJST	47

1. INLEIDING

1.1 Situatieschets

Het aantal grote en robuuste personenwagens (terreinwagens, grote monovolumes, ...) in het voertuigenpark blijft toenemen, niet alleen in de Verenigde Staten maar ook in België. In de Verenigde Staten maakten in 2001 de terreinwagens en grote monovolumes¹ de helft uit van de nieuw verkochte personenwagens, tegenover een kwart in 1984 (NHTSA, 2003). In 2004 zijn in België meer dan 36.000 terreinwagens ingeschreven, tegenover iets meer dan 10.000 in 1994 (BIVV, 2004). Febiac, de Belgische Federatie van Automobielen- en Tweewielerindustrie, verwacht dat dit aantal in 2006 boven de 40.000 zal stijgen (Kaesemans, 2006). Het aantal nieuwe grote monovolumes dat in 2004 in België werd ingeschreven, bedraagt iets meer dan 23.000 voertuigen (Febiac, 2005). In België zijn in totaal in 2004 iets minder dan 490.000 nieuwe personenwagens ingeschreven (NIS, 2005). Volgens Febiac zijn in België in 2004 dus iets meer dan 7% van de nieuw ingeschreven personenwagens terreinwagens, en bijna 5% grote monovolumes.

Cijfers van ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) geven aan dat het aandeel terreinwagens bij de nieuwe inschrijvingen in België in 1990 1,8% bedroeg, en dat dit gestegen is tot 5,1% in 2005² (ACEA, 2005). De ACEA-cijfers voor de 15 oude lidstaten van de Europese Unie geven aan dat het aandeel terreinwagens bij de nieuwe inschrijvingen op 10 jaar tijd gestegen is van 2,7% in 1995 tot 7,0% in 2005.

1.2 Probleemstelling

Het hoger gewicht en andere vormgeving van grote en robuuste personenwagens stellen mogelijk een probleem voor de verkeersveiligheid. Ruwweg zijn er bij botsingen tussen twee voertuigen 3 factoren met een substantiële invloed op de grootte en ernst van de impact: de botssnelheid, het botstype en het gewicht van de voertuigen (Van Kampen, 2003). De eerste twee factoren maken geen onderdeel uit van deze studie, en er zal dan ook niet dieper op ingegaan worden. Wat het gewicht betreft, geldt dat gegeven de botssnelheid en het botstype, de botsveiligheid van een auto in belangrijke mate wordt bepaald door het eigen gewicht in relatie tot dat van de tegenpartij. Daarbij blijkt een zwaardere auto vrijwel altijd in het voordeel te zijn (Van Kampen, 2000).

Een andere factor die een bepalende invloed kan hebben op de afloop van botsingen tussen twee personenwagens, betreft de mate van bots-incompatibiliteit. Met bots-incompatibiliteit wordt het fenomeen bedoeld waarbij de onderdelen van twee botsende voertuigen die de inzittenden moeten beschermen bij een botsing, niet op elkaar zijn afgestemd. Dit kan veroorzaakt worden door een verschil in massa, in afmetingen, in stijfheid van de kreukelzones enz. Een voorbeeld: wanneer een terreinwagen een klassieke personenwagen in de flank zou aanrijden, bestaat de kans dat de motorkap van de terreinwagen via de ruiten het passagierscompartiment van het andere voertuig binnendringt (zie Figuur 1). De verstevigingselementen in het stalen gedeelte van de deur en deurdrempel van de personenwagen zijn namelijk vaak niet hoog genoeg om de verstevigde structuur in de hogere bumper van de terreinwagen op te vangen (Bae et al., 2001). Het is bekend dat een intrusie in het passagierscompartiment zeer ernstige tot

¹ De NHTSA beschouwt de terreinwagens en grote monovolumes als 1 groep van voertuigen, namelijk de "Light Trucks and Vans". Hiermee worden "utility vehicles", "small vans" en "pick up trucks" bedoeld met een leeggewicht dat minder dan 5000 kg bedraagt.

² Het verschil tussen de cijfers van Febiac en ACEA ligt mogelijks in de gehanteerde definitie van een terreinwagen.

dodelijke letsels kan veroorzaken (Huibers & De Beer, 2001; EuroNCAP, 2006; IIHS, 2006).



Figuur 1. Zijdelingse crashtest tussen een terreinwagen en een klassieke personenwagen (bron: Summers & Prasad, 2005).

Bij een frontale aanrijding bestaat de mogelijkheid dat de motorkap van de klassieke personenwagen onder de motorkap van de hogere terreinwagen terechtkomt (zie Figuur 2). Hierdoor wordt de beschermende functie van de kreukelzone van de motorkap van de personenwagen niet ten volle benut. Hetzelfde geldt voor kop-staart aanrijdingen tussen een klassieke personenwagen en een terreinwagen (zie Figuur 3).



Figuur 2. Frontale crashtest tussen een terreinwagen en een klassieke personenwagen (Bron: Summers et al., 2003).



Figuur 3. Achteraanrijding tussen klassieke personenwagen en een terreinwagen (Bron: Margaritis et al., 2005).

Botsincompatibiliteit kan echter niet losstaand van het verschil in massa beoordeeld worden. Dit is te verklaren door het feit dat een zwaardere wagen bij een bepaalde botsnelheid meer kinetische energie bezit dan een lichte. De kreukelzones die instaan voor het opvangen van (een deel van) die energie om zo het passagierscompartiment te vrijwaren, zijn bij een zwaarder voertuig stijver geconstrueerd dan bij een lichtere wagen. Was dit niet het geval, dan zou die kinetische energie bij een zwaarder voertuig niet voldoende kunnen worden opgevangen via de kreukelzones en zou het passagierscompartiment kunnen worden getroffen (Van Kampen, 2003).

1.3 Methodologie

Sinds de recente opgang van de zwaardere en robuustere personenwagens is internationaal onderzoek gestart naar de afloop van botsingen voor beide partijen. De evolutie van de massa's van de voertuigen alsook de botscompatibiliteit spelen hierbij een grote rol. In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de internationale stand van zaken over dit onderwerp.

De verschillende relevante studies worden in hoofdstuk 2 elk afzonderlijk besproken. De onderzoeken gebruiken namelijk vaak verschillende methodologieën, die onderling niet vergelijkbaar zijn.

De besproken studies zijn onderverdeeld in 3 grote blokken: Europese studies, Amerikaanse studies en onderzoek uitgevoerd door de automobiellindustrie. Het onderscheid tussen Europese en Amerikaanse studies in dit rapport wordt gemaakt omwille van de grote verschillen in het voertuigenpark. Het onderzoek uitgevoerd door de automobiellindustrie wordt als een afzonderlijk onderdeel beschouwd, omdat de meeste van deze onderzoeken zich toespitsen op de voertuigen van het merk zelf, en omdat de grens tussen Europa en de Verenigde Staten hier minder speelt.

2. OVERZICHT VAN STUDIES

2.1 Europese Unie

2.1.1 *Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO (NI)*

- a. Current front stiffness of European vehicles with regard to compatibility (Huibers & De Beer, 2001)

Deze studie heeft geen gebruik gemaakt van ongevallengegevens, zoals een groot deel van de in dit rapport besproken studies, maar wel van resultaten van crashtesten uitgevoerd in het kader van EuroNCAP. Meer bepaald werden de gegevens gebruikt met betrekking tot frontale stijfheid bekomen bij de frontale crashtest. De voertuigcategorieën die beschouwd werden, zijn: stadswagens (Peugeot 206, Citroën Saxo, ...), middelgrote gezinswagens (VW Golf, Renault Megane, ...), luxewagens (BMW serie-5, Mercedes E-klasse, ...) en monovolumes (Renault Espace, VW Sharan, ...).

De auteurs concludeerden dat stadswagens, middelgrote gezinswagens en luxewagens op basis van de testresultaten vrij compatibel lijken. Elk type voertuig blijkt in staat te zijn een ander type voertuig te vervormen, zelfs de stadswagens wanneer deze een luxewagen aanrijden. De testresultaten zijn wel gemiddelde waarden bekomen bij crashtesten aan een welbepaalde snelheid, dus deze conclusies gelden mogelijks niet voor elke botssnelheid. Voor een lichtere wagen die een zwaardere wagen aanrijdt, geldt dat de twee voertuigen compatibel zijn tot een snelheid waarbij de maximum energie geabsorbeerd wordt voor het lichtere voertuig. Bij snelheden daarboven zal het passagierscompartiment van de lichtere wagen hoogstwaarschijnlijk overbelast geraken en inklappen, of meer energie aan de inzittenden overdragen. Beiden verhogen het risico op ernstiger letsel voor de inzittenden.

De monovolumes kunnen volgens deze studie, mede door hun hoger gewicht en stijfheid, als agressiever beschouwd worden. Deze voertuigen zullen, in vergelijking met de andere voertuigcategorieën onder beschouwing, het passagierscompartiment van de tegenpartij 'overbelasten' bij een lagere botssnelheid. De hogere stijfheid is volgens de auteurs mede het gevolg van de kortere kreukelzone die eigen is aan het ontwerp van deze voertuigen. Volgens hen kan deze nadelige eigenschap enkel veranderd worden door monovolumes van een langere kreukelzone te voorzien.

Hoewel SUV's en terreinwagens geen deel uitmaakten van de voertuigen waarvan de testresultaten onderzocht werden, vormen deze voertuigen volgens de auteurs een gevaar voor de inzittenden van klassieke personenwagens. Terreinwagens met een ladderchassis, dat bestaat uit 2 stevige stalen balken die over de gehele lengte van het voertuig het koetswerk dragen, veroorzaken het 'vork-effect'. Het vork-effect houdt in dat die 2 longitudinale balken van een voertuig bij een botsing het passagierscompartiment van de tegenpartij binnendringen zonder dat de kreukelzone van de tegenpartij vervormt. Zoals vermeld in de inleiding kan deze intrusie voor de inzittenden ernstige gevolgen hebben. Ook de hoge bumpers van deze voertuigen zijn volgens de auteurs verre van afgestemd op de bumpers en de beschermende kooi van klassieke personenwagens.

b. An analysis of Sport Utility Vehicles (SUV's) involved in road accidents (Margaritis et al., 2005)

In deze studie is een analyse uitgevoerd van ongevallen waar SUV's en klassieke personenwagens in betrokken waren, en waarbij minimum een gewonde of een dode is gevallen. Alle ongevallen hebben plaatsgevonden in 2001-2002. De controlegroep bestond uit 44559 ongevallen tussen klassieke personenwagens, met hetzelfde criterium. De ongevallendatabank werd vervolgens gekoppeld met een databank met voertuigtechnische gegevens (segment, gewicht, hoogte, rijhoogte, bumperhoogte, ...).

Enkele conclusies die betrekking hebben op ongevallen tussen SUV's en klassieke personenwagens:

- Inzittenden van SUV's hebben, in vergelijking met inzittenden van klassieke personenwagens, minder kans om te overlijden in een ongeval (resp. 0,3% en 1,3%);
- Indien je als inzittende van een voertuig aangereden wordt, heb je meer kans om te overlijden als het andere voertuig een SUV is, dan wanneer het een klassieke personenwagen is (resp. 2,6% en 1,1%);
- De kans om dodelijk of zwaargewond te geraken is significant lager voor SUV-inzittenden dan voor inzittenden van klassieke personenwagens (resp. 8,2% en 15%). Dit effect verdwijnt echter indien gecorrigeerd wordt voor massa. Inzittenden van een klassieke personenwagen die even zwaar is als een SUV, hebben met andere woorden dezelfde kans om dodelijk of zwaargewond te geraken.
- De kans om dodelijk of zwaargewond te geraken is voor de inzittenden van het aangereden voertuig groter indien het aanrijdende voertuig een SUV betreft dan wanneer het een klassieke personenwagen is (resp. 25% en 19%). Ook hier speelt eerder het grotere gewicht van SUV's de belangrijkste rol, en is niet zo zeer het feit dat het een SUV betreft de voornaamste factor. Het dient gezegd dat SUV's gemiddeld zwaarder zijn dan klassieke personenwagens.
- De verstevigde structuur in de gemiddeld 20% hogere bumper van de SUV kan de afloop van frontale aanrijdingen nadelig beïnvloeden voor de inzittenden van de personenwagen. Bij een frontale aanrijding bestaat namelijk de kans dat de motorkap van de klassieke personenwagen onder de motorkap van de SUV terechtkomt (zie Figuur 2). Hierdoor wordt de beschermende functie van de kreukelzone van de klassieke personenwagen niet ten volle benut. Hetzelfde geldt voor kop-staart aanrijdingen tussen een klassieke personenwagen en een terreinwagen (zie Figuur 3). Volgens de auteurs kon door een gebrek aan data een verhoogde kans op ernstig letsel bij hogere bumpers echter niet statistisch aangetoond worden. Niettemin zijn de auteurs overtuigd van de ongunstige invloed van de geometrie van SUV's op de afloop van ongevallen met klassieke personenwagens.
- SUV's zijn door hun constructie in het algemeen stijver gebouwd dan klassieke personenwagens. Hierdoor dient de klassieke personenwagen bij een botsing met een SUV meer energie te absorberen, en vergroot dus ook de kans op letsel voor de inzittenden.

Enkele algemene conclusies die betrekking hebben op alle ongevallen:

- Vrouwelijke bestuurders die betrokken waren in een ongeluk reden in significant lichtere voertuigen dan mannelijke bestuurders;
- Significant meer mannelijke bestuurders van zowel SUV's (72%) als klassieke personenwagens (68%) waren betrokken in een ongeval.

2.1.2 Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (NI)

a. Bestelauto's en verkeersveiligheid. Een ongevalanalyse met een onderverdeling naar bestelautocategorieën (Schoon & Hagesteijn, 1996)

Dit onderzoek is er gekomen na een forse toename van het aantal overleden inzittenden van bestelauto's in 1994 in vergelijking met 1993. Achteraf bleek deze toename uitzonderlijk te zijn geweest. Gezien de grote tijdspanne tussen de huidige stand van zaken en dit onderzoek, moeten de resultaten met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Op grond van diverse voertuigeigenschappen zijn in deze studie de bestelwagens in zes categorieën ingedeeld:

- specifieke bestelwagens zoals de Ford Transit;
- bestelwagens afgeleid van het personenauto-type zoals de break;
- bestelwagens met een chassis afgeleid van een vrachtauto-type;
- jeep, pick-up, terreinwagen, enzovoort zonder achterzitplaatsen;
- normale personenwagens gebruikt voor beroepsdoeleinden;
- monovolumes.

De specifieke bestelwagen was met een aandeel van 38% het meest vertegenwoordigd in het ongevalbestand. Personenwagens gebruikt voor beroepsdoeleinden komen bij 21% van de ongevallen voor en de jeep/pick-up en break met respectievelijk 15% en 13%. De overige categorieën zitten onder de 5%.

De mate waarin ernstig letsel voorkwam bij de tegenpartij is bepaald aan de hand van de risicofactor. In deze studie is deze risicofactor geformuleerd als de verhouding tussen de ernstig gewonden bij de tegenpartij ten opzichte van de ernstig gewonden onder inzittenden van de betrokken categorie van bestelwagens. Voor de ongevallen waarbij twee verkeersdeelnemers betrokken zijn, komt deze factor voor de bestelwagens als groep uit op een waarde van 4,2. Er blijken grote verschillen te zijn tussen de diverse categorieën bestelwagens. Jeeps/pick-ups komen uit op een risicofactor van 7,9; bestelwagens met een chassis afgeleid van een vrachtauto-type op 4,9 en breaks op 2,8. Volgens de auteurs zijn behalve massaverschillen ook vormgevingsverschillen hier de oorzaak van.

Schoon & Hagesteijn bevelen aan meer aandacht te schenken aan het gevaar van (bepaalde categorieën) bestelwagens voor de tegenpartij. Jeeps/pick-ups komen daar in de eerste plaats voor in aanmerking, evenals trouwens de vergelijkbare versies die vallen onder de categorie personenauto's, de zogenaamde terreinauto's.

b. 'De invloed van voertuigmassa, voertuigtype en type botsing op de ernst van letsel' (Van Kampen, 2000)

De auteur heeft in deze studie nagegaan wat de invloed is van de voertuigmassa, het type botsing en het voertuigtype op de letselernst van bestuurders en hun tegenpartij. Ook is de mate van botsveiligheid van individuele autotypen onderling vergeleken. Hierbij zijn zowel personen- als bestelwagens onderzocht. De auteur heeft gebruik gemaakt van ongeval- en voertuiggegevens daterend uit 1996 en 1997. Het dient vermeld dat personenwagens in de afgelopen 10 jaar veel vooruitgang gemaakt hebben op gebied van passieve veiligheid. Daartegenover staat het feit dat ook de voertuigmassa's steeds verder zijn toegenomen (De Mol, 2001; Van Kampen, 2003).

Van Kampen stelt in deze studie dat auto's uit het Nederlandse autopark gemiddeld steeds zwaarder worden doordat alle nieuwe individuele autotypen een steeds groter ledig gewicht krijgen. Als gevolg hiervan blijken ook de massaverschillen tussen voertuigen onderling groter te worden. Deze ontwikkeling is volgens Van Kampen nefast voor de botsveiligheid van inzittenden van personenwagens. Daartegenover staat dat de gemiddelde ernst van de afloop van botsingen van personenwagens en bestelwagens, inclusief botsingen tegen obstakels, afneemt. Dit is mede te danken aan de grote vooruitgang die op het gebied van passieve veiligheid is geboekt. Er bestaan echter grote verschillen in de ernst van de afloop voor de bestuurders van de auto's betrokken in een botsing. Zoals eerder gesteld zijn deze voor deels afhankelijk van de botsnelheid, het botstype en het andere voertuig betrokken in de botsing. Het verschil in voertuigmassa, of beter gezegd de verhouding in massa's van de botsende voertuigen speelt echter ook een rol van betekenis.

Bij kop-staart aanrijdingen, zijdelingse en frontale botsingen, blijkt volgens de auteur het percentage ernstig gewonde bestuurders van kleine en bijgevolg lichte voertuigen twee tot drie keer zo groot te zijn als bij grote en bijgevolg zware voertuigen. Bij botsingen tegen vaste obstakels is de afloop voor inzittenden van zware voertuigen niet anders dan die voor lichte. Dit is volgens Van Kampen verklaarbaar omdat auto's volgens de traditionele bouw- en testwijze juist voor dit type botsing ontwikkeld zijn. Daardoor is de gemiddelde frontale stijfheid van de constructie massa-afhankelijk (hoe zwaarder hoe stijver), om de veiligheid van de inzittenden te waarborgen. Dit verschil in stijfheid is echter precies de eigenschap die bij onderlinge voertuigbotsingen tot het probleem leidt, dat inzittenden van lichte auto's minder goed beschermd worden.

Bij de analyses en de beoordeling van de botsveiligheid van individuele voertuigtypen zijn in deze studie twee criteria voor de botsernst toegepast: enerzijds de EV-index als maat voor de inzittendenveiligheid en anderzijds de AI-index als maat voor de zogenoemde 'agressiviteit'. Van Kampen definieert 'agressiviteit' als de mate van letselernt bij de tegenpartij. In het gebruikte analysebestand (dat zowel personenauto's als een klein aandeel bestelauto's omvat) bedraagt de gemiddelde EV-score 10. Dat wil zeggen dat van alle bestuurders die betrokken waren in tweezijdige botsingen er 10% ernstig gewond zijn geraakt. De minimum EV-score was ongeveer 2, en deze is bekomen door het zwaarste autotype (van alle voertuigen van dat type, betrokken in tweezijdige botsingen, is 2% van de bestuurders ernstig gewond geraakt). De maximum EV-score was ongeveer 18, en dit was voor het lichtste autotype in het bestand. Tussen individuele voertuigtypen kan er dus een factor 9 verschil zijn in EV-score.

De AI-score toonde eveneens een verloop afhankelijk van de voertuigmassa, al was deze iets minder duidelijk dan bij de EV-score. Er werd een hoge mate van botsagressiviteit (hoge AI-scores) gevonden bij de grotere en zwaardere voertuigen en een zeer lage bij de lichtere voertuigen.

Bij wijze van test had Van Kampen een criterium opgesteld waarbij voertuigen een zo laag (gunstig) mogelijke EV- en AI-score en tegelijkertijd een zo klein mogelijk verschil tussen beide scores moesten hebben. Bleek dat slechts een achttal autotypen in de middenklasse, rond de gemiddelde massa van ongeveer 1000 kg, aan het soort van 'ideaalbeeld' van goede botsveiligheid en lage agressiviteit voldeden. Hierbij herhalen we dat de studie gebruik maakte van ongeval- en voertuiggegevens daterende uit 1996 en 1997. De situatie van het voertuigenpark is in 10 jaar tijd waarschijnlijk aanzienlijk gewijzigd.

Tot slot concludeerde de auteur dat een aantal recent ontwikkelde nieuwe personenauto's aantoonde dat constructieve verbeteringen haalbaar zijn, met name door kleinere voertuigtypen een stijver front te geven. De veiligheid voor inzittenden bij botsingen met zwaardere voertuigen bleek daardoor te zijn toegenomen. De vermindering van de botsagressiviteit van zwaardere voertuigtypen zelf was echter nog niet goed op gang gekomen.

c. 'Het ledig gewicht van motorvoertuigen' (Van Kampen, 2003)

Deze studie betrof voornamelijk een onderzoek naar de gestage massatoename van voertuigen. Deze massatoename is grotendeels het gevolg van de 'groei' van de afmetingen van voertuigen binnen reeds bestaande voertuigtypen. Ook de invloed van die massatoename op de botscompatibiliteit bij personenwagens en bij uitbreiding de verkeersveiligheid is binnen deze studie onderzocht.

Aangezien het wetenschappelijk is aangetoond dat een ongeval voor de inzittenden beter afloopt naarmate de eigen voertuigmassa hoger is, mag volgens Kampen bij bepaalde ongevallen een positief effect van deze gewichtstoename worden verwacht. Dit zijn vooral enkelvoudige ongevallen en botsingen tussen voertuigen en voertuigsoorten met een vergelijkbaar gewicht.

Bij voertuigen met een sterk verschillend gewicht maar ook bij voertuigen met een gelijkaardig gewicht maar met sterk verschillende afmetingen kan de botscompatibiliteit bepalend zijn voor de afloop van botsingen. Botscompatibiliteit vraagt volgens de auteur onder meer op elkaar afgestemde stijfheden van de constructie. Zou men dit trachten te bereiken door zware auto's een minder stijve kreukelzone te geven, dan zou dat direct ten koste van veiligheid voor de eigen passagiers gaan, tenzij er aanzienlijk meer kreukellengte zou worden ingebouwd. Zou men trachten de lichtere auto's aanzienlijk stijver te maken dan schiet het middel mogelijk zijn doel voorbij. De krachten op het passagierscompartiment zouden te hoog kunnen worden waardoor dit weer ten koste zou kunnen gaan van de veiligheid voor de eigen inzittenden, en bij botsingen tegen nog minder zware voertuigen zou de stijvere lichte auto weer agressiever zijn. Tegenwoordig bestaat de tendens lichtere voertuigmodellen met stijvere kreukelzones uit te rusten. Het nadeel voor de inzittenden wordt opgevangen door intelligente beveiligingssystemen, zoals combinaties van gordels en airbags.

Van Kampen verwacht dat door deze benadering uiteindelijk auto's nog compatibel gemaakt kunnen worden die een factor 1,6 met hun massa uit elkaar liggen (een auto van 1000 kg versus een auto van 1600 kg bijvoorbeeld). Uiteraard geldt daarbij wel een limiet voor de botssnelheden, die nu eenmaal zeer bepalend zijn voor de hoeveelheid kinetische energie die moet worden verwerkt bij een botsing. Bij de Europese homologatiestesten bedraagt de testsnelheid 50 km/h. In het strengere EuroNCAP-programma bedraagt deze 64 km/h. De auteur verwacht dat auto's in de nabije toekomst frontale botsingen tot circa 80 km/h kunnen doorstaan.

Onder invloed van de ontwikkelingen naar meer compatibiliteit valt volgens de auteur een verdere massatoename bij personenauto's te verwachten, zeker voor de lichtere personenwagens. Los hiervan zullen we bij alle typen personenauto's vooralsnog ook massatoename mogen blijven verwachten op grond van verdere prestatie- en comfortverbetering en aangescherpte milieueisen.

De toename van het aantal terreinwagens is een evolutie waar we ons ten aanzien van het effect op de verkeersveiligheid volgens Van Kampen zorgen over zouden moeten maken. Het gaat hierbij immers niet om een massatoename binnen het voertuigtype, maar om een toename van het aantal voertuigen met gemiddeld hoge massa. Als we bovendien aannemen dat deze voertuigen ter vervanging dienen van 'klassieke' personenauto's omdat ze ook als gezinsauto kunnen worden gebruikt, is er een dubbel ongunstig massa-effect, omdat ze dan ook in de plaats komen van voertuigen met lichtere massa. Door hun relatief hoge massa en hun bovengemiddeld stijve constructie vormen deze voertuigen bij botsingen een ernstige bedreiging voor inzittenden van vrijwel alle andere auto's. Als hun marktaandeel, nu nog betrekkelijk bescheiden, zich in de richting van het Amerikaanse voorbeeld zou gaan bewegen, is voor inzittenden van nagenoeg alle personenauto's een nadelig verkeersveiligheidseffect te verwachten.

2.1.3 Department for Transport (UK).

Cars: Make and Model: The Risk of Driver Injury in Great Britain: 1996 – 2000 (DfT,2003)

In dit Brits onderzoek werd getracht een schatting te maken van het risico op letsel voor de bestuurders van populaire modellen van personenwagens, in het geval ze in een ongeval betrokken raken met een ander voertuig. De statistische gegevens waarop dit onderzoek gebaseerd is, zijn ongevalgegevens die door de politie gerapporteerd werden aan het Department for Transport van 1996 tot en met 2000. De auteurs benadrukken dat het rapport geen rekening houdt met actieve veiligheidsaspecten van de modellen, en dat er geen uitspraak wordt gedaan omtrent de ongevalbetrokkenheid van bepaalde merken en modellen.

Om een vertekend beeld te vermijden, werden enkel ongevallen met andere personenwagens in rekening gebracht, en dus niet deze met bijvoorbeeld vrachtwagens. Ook werd enkel gekeken of de bestuurder gewond raakte of niet, en zo ja, naar de ernst van het letsel. Het ware correcter geweest indien ook het percentage gekwetste passagiers in rekening werd gebracht, maar dit bleek niet mogelijk. De Britse politie houdt namelijk enkel informatie bij over de gewonde passagiers, en niet over het aantal passagiers. De onderzoekers konden evenmin beschikken over gegevens van ongevallen met enkel blikshade, aangezien de politie hier geen dossiers over bijhoudt.

Het risico op letsel bij een botsing met een andere personenwagen wordt niet enkel gevormd door de (passieve) veiligheidsvoorzieningen in een wagen. De verschillende modellen kunnen bestuurd worden door andere soorten van bestuurders, kunnen rijden op verschillende wegen met verschillende snelheidslimieten, kunnen op verschillende plaatsen als eerste geraakt worden, enz. Daarom werd bij de statistische analyse gecorrigeerd naar de leeftijd en het geslacht van de bestuurder, het gedeelte van het voertuig dat het eerst geraakt werd en de snelheidslimiet van de weg waarop het ongeval plaatsvond. Voertuigen die in 1990 niet meer nieuw verkocht werden, werden uit de dataset gehaald.

In dit rapport wordt niet op de verschillende modellen ingegaan, maar wel de groep waartoe ze behoren. We halen bijgevolg enkel de schattingen aan die gelden voor de volgende segmenten van voertuigen:

- Stadswagens (genre Fiat Punto, Peugeot 206, Volkswagen Polo, ...);
- Kleine wagens (genre Audi A3, Ford Escort, Renault Mégane, ...);
- Middelgrote wagens (genre BMW 3-reeks, Opel Vectra, Toyota Avensis, ...);
- Grote wagens (genre Citroën XM, Mercedes E-klasse, Volvo V70, ...);
- Monovolumes (genre Ford Galaxy, Renault Espace, Toyota Previa, ...);
- Terreinvagens (genre Jeep Cherokee, Range Rover, Suzuki Vitara, ...).

Uit de statistische analyse blijkt dat de bestuurders van stadswagens het grootste risico lopen om gewond of gedood te raken bij een botsing met een andere personenwagen. Bestuurders van terreinvagens blijken het kleinste risico te lopen om gewond of gedood te worden bij een botsing met een andere personenwagen. Tabel 1 geeft voor de verschillende segmenten van personenwagens de gecorrigeerde kans weer om enerzijds dodelijk of zwaargewond te geraken, en anderzijds gewond (alle letsel) te geraken bij een ongeval met een andere personenwagen.

Tabel 1. Gecorrigeerde kans om als inzittende van verschillende segmenten personenwagens enerzijds dodelijk of zwaargewond, en anderzijds gewond (alle letsel) te geraken bij botsing met een andere personenwagen (DfT, 2003)

Segment	Gecorrigeerde kans om dodelijk- en zwaargewond te geraken	Gecorrigeerde kans om gewond (alle letsel) te geraken
Kleine wagen	6 %	71 %
Kleine gezinswagen	5 %	64 %
Gezinswagen	4 %	58 %
Grote gezinswagen	4 %	50 %
Monovolume	3 %	52 %
Terreinwagen	2 %	37 %

Zoals eerder vermeld werd met volgende ongevalsfactoren rekening gehouden: geslacht en leeftijd van de bestuurder, snelheidslimiet van de weg, plaats waar het voertuig het eerst geraakt werd en segment van het voertuig. Van deze factoren bleken de snelheidslimiet, de plaats waar het voertuig het eerst geraakt werd en vervolgens het segment van de wagen het meeste invloed op de afloop van het ongeval te hebben. In Tabel 2 wordt het percentage bestuurders weergegeven dat respectievelijk dodelijk gewond, zwaargewond en gewond (alle letsel) geraakt wanneer deze betrokken is in een ongeval met een andere personenwagen. Hiermee worden geen uitspraken gedaan naar ongevalbetrokkenheid van voertuigen.

Tabel 2. Percentage bestuurders van verschillende segmenten personenwagens dat dodelijk gewond, zwaargewond, en gewond (alle letsel) geraakt bij een ongeval met een andere personenwagen (DfT, 2003)

Segment	% bestuurders dat dodelijk geraakt	% bestuurders dat gewond zwaargewond geraakt	% bestuurders dat gewond (alle letsel) geraakt
Kleine wagen	0,5 %	6 %	71 %
Kleine gezinswagen	0,3 %	5 %	64 %
Gezinswagen	0,2 %	5 %	58 %
Grote gezinswagen	0,1 %	4 %	50 %
Monovolume	0,04 %	3 %	53 %
Terreinwagen	0,02 %	2 %	30 %

2.1.4 Zwakke weggebruikers

Deze paragraaf handelt over een aspect van terreinwagens en grote monovolumes dat niet behandeld wordt in de andere studies die in dit rapport besproken worden, namelijk de zwakke weggebruiker.

Terreinwagens en grote monovolumes stellen mogelijk niet enkel een probleem voor andere voertuigen, maar eveneens voor voetgangers en andere zwakke weggebruikers. EuroNCAP voert een aantal testen uit waarbij de veiligheid van voetgangers bij een frontale aanrijding beoordeeld wordt. Om dit na te gaan, vinden een aantal testen plaats aan de voorkant van het voertuig. Deze worden uitgevoerd met systemen die een been, een bovenbeen, een kinderhoofd en een volwassenenhoofd simuleren. Er worden impacten gesimuleerd waarbij het been en het bovenbeen het voertuig ter hoogte van de bumper raken, en waarbij het kinder- en volwassenenhoofd de motorkap raken op plaatsen waar dit met de meeste waarschijnlijkheid zal gebeuren. Al deze testen gebeuren bij een snelheid van 40 km/h en zijn gebaseerd op door de EEVC ontwikkelde testen.

In Tabel 3 worden de resultaten van deze testen op de grote terreinwagens, grote monovolumes en ter vergelijking ook de kleine gezinswagens (type Volkswagen Golf, Ford Focus) weergegeven.

Opvallend hierbij is dat 2 van de 15 grote terreinwagens of SUV's die reeds getest zijn, geen enkele ster toegekend kregen. Eén van de 2 is nog in 2005 getest. Noch bij de grote terreinwagens, noch bij de grote monovolumes zijn er reeds 3 sterren toegekend aan een wagen. De overgrote meerderheid van de terreinwagens krijgt slechts 1 ster toegekend. Bij de grote monovolumes is dit ongeveer de helft. Bij de kleine gezinswagens scoort meer dan de helft 2 sterren, en 5 voertuigen krijgen 3 sterren toegekend.

Tabel 3. Toegekende EuroNCAP-sterren aan veiligheid voor voetgangers bij kleine gezinswagens, grote monovolumes en grote terreinwagens (EuroNCAP, 2006)

categorie	0 sterren	1 ster	2 sterren	3 sterren
kleine gezinswagens	0	11	22	5
grote monovolumes	0	8	7	0
grote terreinwagens	2	11	2	0

Ook onderzoek over ongevallen tussen enerzijds SUV's en terreinwagens en anderzijds voetgangers en gemotoriseerde tweewielers, wijzen dit uit. Margaritis et al. (2005) kwamen tot de bevinding dat 1,6% van de bestuurders van bromfietsen en motorfietsen dodelijk gewond werd wanneer ze aangereden werden door een klassieke personenwagen. Bij de SUV's en terreinwagens lag dit percentage significant hoger op 4,5%. In 29% van de ongevallen met klassieke personenwagens werd de motorrijder ernstig gewond, bij de SUV's en terreinwagens in 36% van de ongevallen.

Bij voetgangers was het aantal ongevallen te klein om conclusies te trekken. Toch blijkt er een trend te zijn dat voetgangers vaker zwaar- of dodelijk gewond geraken wanneer ze door een SUV of terreinwagen worden aangereden, dan wanneer dit gebeurt door een klassieke personenwagen.

2.2 Verenigde Staten

De problematiek van de voertuigincompatibiliteit is in de Verenigde Staten reeds lang aan de orde. Het aandeel grote en robuuste personenwagens in het voertuigenpark is groter dan in Europa, en dit aandeel neemt nog elk jaar toe. Momenteel behoort de helft van de nieuw ingeschreven personenwagens tot de categorie van terreinwagens en grote monovolumes. Reeds in 1996 zijn onderzoekers van de National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) tot de conclusie gekomen dat deze grote personenwagens als groep 2 keer zo agressief zijn als klassieke personenwagens (Gabler & Hollowell, 1996). Agressiviteit van een voertuig werd in deze studie gedefinieerd als het aantal doden dat bij een botsing met een ander voertuig viel bij de tegenpartij in verhouding tot het totaal aantal ongevallen waarbij het voertuig betrokken was.

Bij het interpreteren van studies uit de Verenigde Staten dient echter de nodige voorzichtigheid aan de dag gelegd te worden. In vergelijking met Europa betreft het voornaamste onderscheid het voertuigenpark. De voertuigen in de Verenigde Staten hebben de neiging om groter te zijn dan deze in Europa, en dit geldt zeker voor terreinwagens en grote monovolumes.

2.2.1 National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)³

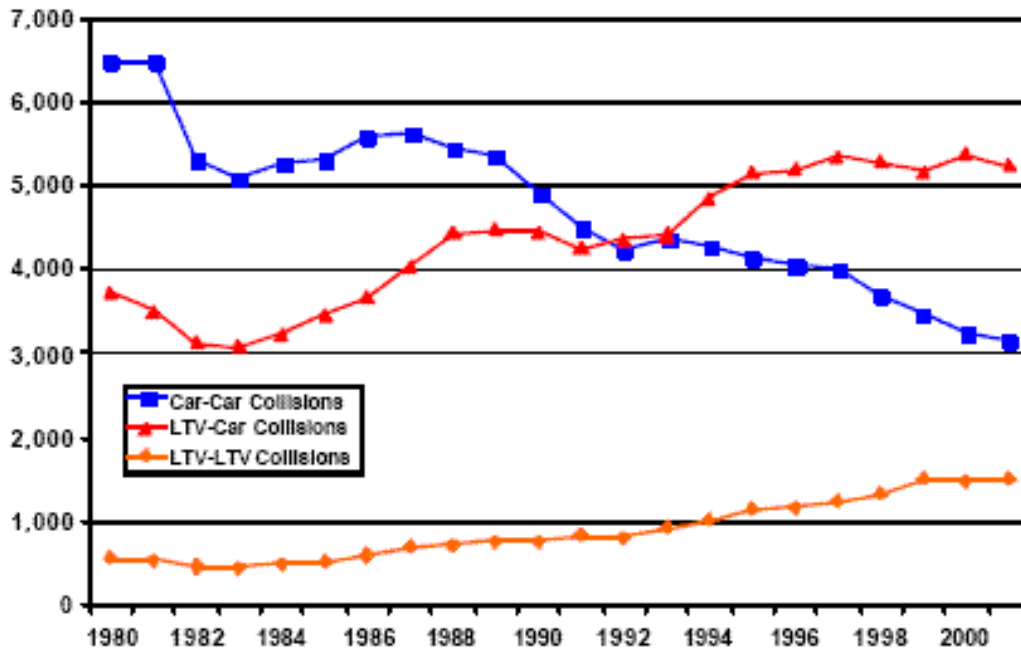
a. Initiatives to address vehicle compatibility (NHTSA, 2003)

In dit document wordt de problematiek van voertuigincompatibiliteit beschreven, en hoe de NHTSA deze benadert. De NHTSA is de overheidsinstantie die zich onder meer bezig houdt met voertuignormering op gebied van veiligheid.

Het toenemend aantal terreinwagens en monovolumes in de Verenigde Staten (de helft van de nieuw ingeschreven voertuigen) zorgt voor een stijging van het aantal doden onder de inzittenden van personenwagens betrokken in een botsing met deze groep van grote en zware voertuigen (zie Figuur 4).

Ongevalsgegevens van het "Fatality Analysis Reporting System" (FARS) uit 2001 wijzen uit dat het grootste aantal verkeersdoden gevormd wordt door de groep van inzittenden van personenwagens. Hierin zijn dus inzittenden van klassieke personenwagens, terreinwagens en grote monovolumes begrepen. Van deze groep van inzittenden van personenwagens overlijdt het grootste deel als gevolg van een éézijdig ongeval, waarbij dus geen ander voertuig betrokken is. Het tweede grootste deel overlijdt als gevolg van een botsing met één andere personenwagen. De onderzoekers hebben alle ongevallen onderverdeeld naar gelang het type personenwagen dat de botsing initieerde (2 groepen: klassieke personenwagens tegenover terreinwagens en grote monovolumes), en naar gelang de configuratie van de botsing (frontaal, zijdelings, kop - staart).

³ De NHTSA voert al verschillende jaren onderzoek naar de (in)compatibiliteitsproblematiek. Hierbij beschouwt zij steeds de terreinwagens en grote monovolumes als één groep van voertuigen, namelijk de "*Light Trucks and Vans*". Hiermee worden "*utility vehicles*", "*small vans*" en "*pick up trucks*" bedoeld met een leeggewicht dat minder dan 5000 kg bedraagt. Alle andere personenwagens met een leeggewicht minder dan 5000 kg worden als klassieke personenwagens beschouwd. Deze terminologie komt in verschillende Amerikaanse studies terug.



Figuur 4. Aantal inzittenden dat tussen 1980 tot 2001 jaarlijks overleed als gevolg van een botsing met een ander voertuig. Oranje: botsing van terreinwagens en/of grote monovolumes onderling; rood: botsing van een terreinwagen of grote monovolume met een personenwagen; blauw: personenwagens onderling. (bron: NHTSA, 2003)

De combinaties die het meeste dodelijke slachtoffers teweegbrachten, worden gevormd door (in volgorde van grootte; zie Tabel 4):

- een terreinwagen of grote monovolume die een klassieke personenwagen zijdelings aanrijdt;
- een terreinwagen of grote monovolume die een klassieke personenwagen frontaal aanrijdt;
- een klassieke personenwagen die een klassieke personenwagen zijdelings aanrijdt;
- een klassieke personenwagen die een klassieke personenwagen frontaal aanrijdt.

De onderzoekers kwamen tot de conclusie dat botsingen waarbij terreinwagens of grote monovolumes een klassieke personenwagen frontaal of zijdelings aanrijden, verantwoordelijk zijn voor meer dan een kwart (28%) van de doden bij botsingen tussen 2 voertuigen. Een reden die hiervoor wordt opgegeven, is het feit dat inzittenden van klassieke personenwagens in het geval ze worden aangereden door een terreinwagen of een grote monovolume, een groter risico lopen om te worden gedood dan in het geval ze worden aangereden door een andere klassieke personenwagen.

Tabel 4. Aantal doden en percentage van het totaal aantal doden bij verschillende configuraties van ongevallen tussen voertuigen uit de groep van klassieke personenwagens (PW) en uit de groep van terreinwagens en grote monovolumes (TW & GM).

configuratie	betrokken voertuigen	aantal doden	percentage
frontaal	PW tegen PW	1326	16
	TW & GM tegen PW	1740	21
	TW & GM tegen TW & GM	649	8
zijdelings	PW tegen PW	1335	16
	PW tegen TW & GM	324	4
	TW & GM tegen PW	2076	24
	TW & GM tegen TW & GM	416	5
achteraan	PW tegen PW	214	3
	PW tegen TW & GM	122	1
	TW & GM tegen PW	197	2
	TW & GM tegen TW & GM	87	1
	totaal	8486	100 %

In Tabel 5 wordt gespecificeerd in welk voertuig de dodelijke slachtoffers zijn gevallen. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt naar aanrijdende personenwagens – aangereden personenwagens, en configuratie van de botsing.

In Tabel 5 is een kolom opgenomen met de verhouding tussen het aantal gedode bestuurders van het aanrijdend en het aangereden voertuig. Dit is enkel voor de bestuurders berekend, daar de verschillende voertuigcategorieën een verschillend aantal inzittenden kunnen vervoeren, maar ook een verschillende bezettingsgraad kunnen hebben.

Bij frontale aanrijdingen tussen klassieke personenwagens enerzijds en de groep van de terreinwagens en de grote monovolumes anderzijds, blijken de bestuurders van klassieke personenwagens een 4 keer groter risico te lopen om gedood te worden.

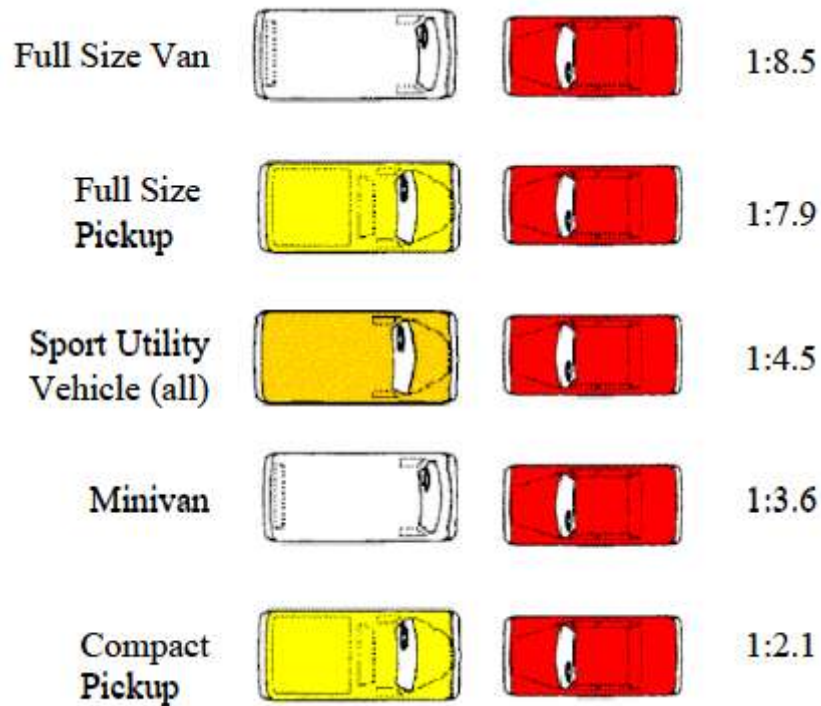
Bij zijdelingse aanrijdingen zijn de verschillen nog groter. Bij zijdelingse aanrijdingen tussen 2 klassieke personenwagens heeft de bestuurder van het aangereden voertuig een 8 keer groter risico om gedood te worden. Wanneer een terreinwagen of grote monovolume een klassieke personenwagen zijdelings aanrijdt, loopt de bestuurder van deze laatste een 29 keer groter risico op dodelijk letsel dan de bestuurder van het aanrijdend voertuig.

Tabel 5. Aantal doden per voertuigcategorie en verhouding van het aantal gedode bestuurders bij elke voertuigcategorie bij ongevallen tussen voertuigen uit de groep van klassieke personenwagens (PW) en uit de groep van terreinwagens en grote monovolumes (TW & GM).

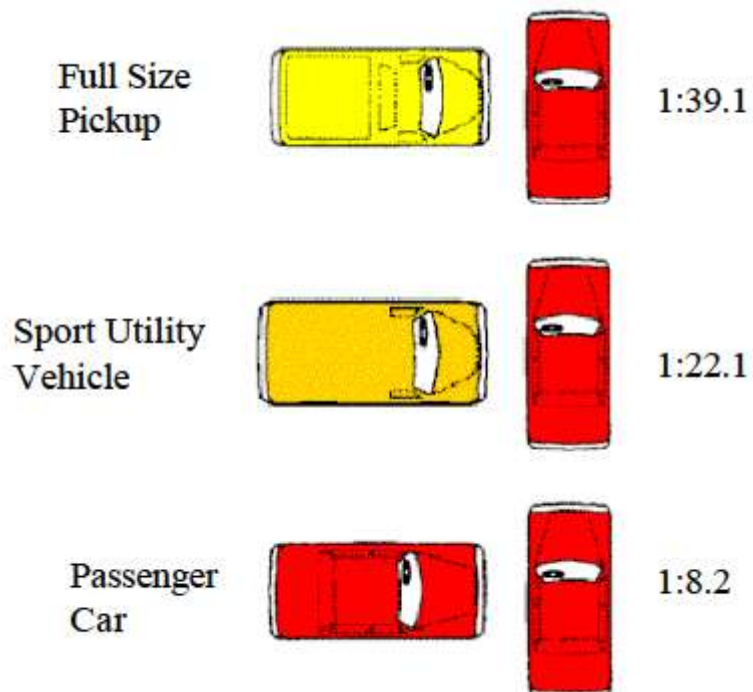
configuratie	betrokken voertuigen	aantal doden		verhouding gedode bestuurders
		<i>PW</i>	<i>TW & GM</i>	
frontaal	PW tegen PW	1326		
	TW & GM tegen PW	1365	375	3,9 : 1
	TW & GM tegen TW & GM		649	
zijdelings		<i>aanrijdend</i>	<i>aangereden</i>	
	PW tegen PW	172	1163	1 : 8,4
	PW tegen TW & GM	156	168	1 : 1,0
	TW & GM tegen PW	68	2008	1 : 28,7
	TW & GM tegen TW & GM	59	357	1 : 6,3
kop - staart		<i>aanrijdend</i>	<i>aangereden</i>	
	PW tegen PW	78	136	1 : 1,5
	PW tegen TW & GM	93	29	3,4 : 1
	TW & GM tegen PW	24	173	1 : 5,3
	TW & GM tegen TW & GM	43	44	1,2 : 1

Indien de ongevallen waar alcohol een rol in speelde, en ongevallen waarbij niet alle inzittenden de gordel droegen, uit de analyse worden weggelaten, blijken de risico's even groot of zelf groter dan in Tabel 5.

Om de invloed van bepaalde andere factoren die mogelijk ook een rol spelen bij de berekening van de resultaten, te elimineren, werd een tweede set van 'verhoudingen van gedode bestuurders' berekend. Hierbij werden enkel botsingen tussen voertuigen van bouwjaar na 1990 in beschouwing genomen, waarvan de bestuurders tussen 26 en 55 jaar oud waren. De ongevallengegevens uit het FARS van 1995 tot en met 2001 werden geanalyseerd, waarbij telkens een klassieke personenwagen betrokken was. De resultaten zijn voor frontale aanrijdingen weergegeven in Figuur 5 en voor zijdelingse aanrijdingen in Figuur 6.



Figuur 5. Verhouding gedode bestuurders (rechts) bij frontale aanrijdingen tussen klassieke personenwagens (rood) en verschillende soorten van terreinwagens en grote monovolumes (wit, geel en oranje) (bron: NHTSA, 2003)



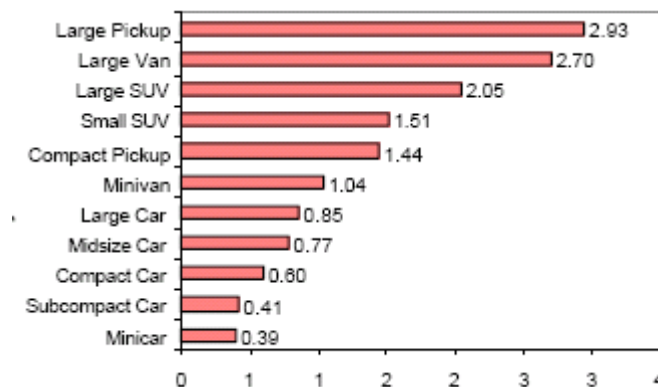
Figuur 6. Verhouding gedode bestuurders (rechts) van aanrijdende en aangereden voertuigen bij zijdelingse aanrijdingen tussen klassieke personenwagens (rood) en verschillende soorten van terreinwagens (geel en oranje) (bron: NHTSA, 2003)

De auteurs besluiten als volgt: het risico om als bestuurder van een klassieke personenwagen dodelijk gewond te geraken in een botsing met een voertuig uit de groep van terreinwagens en grote monovolumes, is 3,4 keer hoger dan in een botsing met een andere klassieke personenwagen.

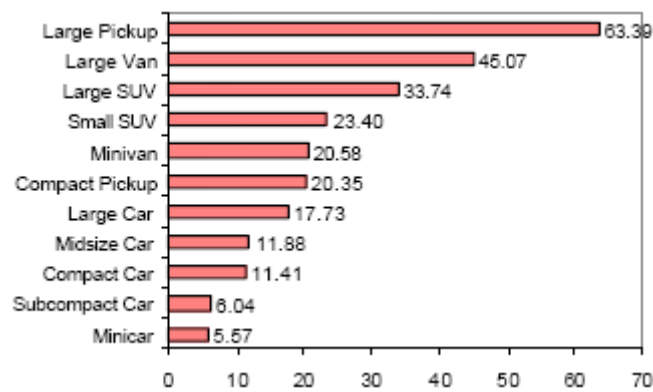
b. NHTSA's research program for vehicle compatibility (Summers et al., 2003)

Dit onderzoek bouwde voort op het onderzoek beschreven onder 'a. Initiatives to address vehicle compatibility (NHTSA, 2003)'. Dezelfde gecorrigeerde ongevalgegevens werden gehanteerd. Er wordt hier echter dieper ingegaan op de eigenschap 'agressiviteit' van een voertuig, dat gedefinieerd wordt als het aantal doden bij de tegenpartij per 1000 gerapporteerde ongevallen van dat voertuig waar een andere personenwagen in betrokken was.

De algemene conclusie luidt dat de agressiviteit toeneemt met de dimensies van het voertuig, zowel qua gewicht als afmetingen. Pick-ups en grote monovolumes die een ongeval hebben met een ander voertuig, zorgen in verhouding voor drie keer meer dodelijk gewonde bestuurders dan grote klassieke personenwagens. Bij SUV's is dit twee keer zoveel als grote klassieke personenwagens. Compacte pick-ups behoren tot dezelfde gewichtscategorie als grote klassieke personenwagens, maar hebben wel een agressiviteit die 60% groter ligt. Dit duidt erop dat niet enkel het gewicht een rol speelt in agressiviteit ten opzichte van andere voertuigen. In Figuur 7 wordt de gemiddelde agressiviteit van verschillende segmenten van personenwagens weergegeven, en dit voor alle ongevallen. In Figuur 8 en Figuur 9 wordt de agressiviteit weergegeven voor één bepaalde botsconfiguratie, respectievelijk frontale en zijdelingse aanrijdingen.

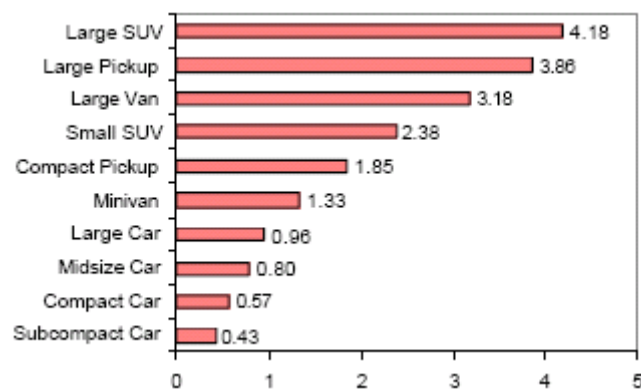


Figuur 7. Gemiddelde agressiviteit van verschillende segmenten van personenwagens bij alle botsconfiguraties



Figuur 8. Gemiddelde agressiviteit van verschillende segmenten van personenwagens bij frontale aanrijdingen

Het valt op dat de gemiddelde agressiviteit bij frontale aanrijdingen voor elk segment vele malen groter is dan de gemiddelde agressiviteit bij alle botsconfiguraties, maar de onderlinge verhoudingen blijven grotendeels dezelfde.



Figuur 9. Gemiddelde agressiviteit van verschillende segmenten van personenwagens bij zijdelingse aanrijdingen

Bij zijdelingse aanrijdingen valt op dat de grote SUV's de hoogste agressiviteit vertonen, tot 4 keer groter dan grote klassieke personenwagens.

c. Vehicle aggressiveness in real world crashes (Austin, 2005)

Dit onderzoek bouwt voort op het werk van Kahane (2003), dat aangevuld werd met ongevalsgegevens van twee extra jaren. Kahane's onderzoek berekende het risico op ernstig of dodelijk letsel per miljard afgelegde kilometer. Austin daarentegen, berekende in dit onderzoek de conditionele kans op ernstig of dodelijk letsel, m.a.w. de kans in het geval het voertuig bij een ongeval betrokken raakt.

♦ **Kahane (2003)**

Kahane concludeerde dat terreinwagens en grote monovolumes bij frontale en zijdelingse aanrijdingen agressiever waren ten opzichte van bestuurders van andere

personenwagens dan de klassieke personenwagens. Deze conclusie bleef overeind wanneer gecorrigeerd werd voor het gewicht van de voertuigen.

Kahane heeft ook twee parameters, die gehanteerd worden bij het New Car Assessment Program (Amerikaans botsproefprogramma, vergelijkbaar met EuroNCAP), geëvalueerd: "average height of force" (AHOF) en de 'frontale stijfheid'. AHOF is het gewogen gemiddelde van de hoogtes van de aangrijpingspunten van de verschillende krachten die tijdens botsproeven opgemeten worden. Frontale stijfheid is de gemiddelde helling van het kracht-verneming profiel opgemeten tijdens dezelfde botsproeven.

- Bij zijdelingse aanrijdingen tussen een terreinwagen of een grote monovolume en een klassieke personenwagen (=aangereden voertuig) vond Kahane dat het verschil in AHOF tussen de botsende voertuigen een statistisch significant nadelig effect heeft op het risico op dodelijk letsel bij de tegenpartij. Hoe groter het verschil, dat het gevolg is van een lagere AHOF bij het aangereden voertuig of een hogere AHOF bij het aanrijdend voertuig, hoe groter de kans op dodelijk letsel bij de bestuurder van het aangereden voertuig.
- De frontale stijfheid van een terreinwagen of een grote monovolume bij een frontale aanrijding met een klassieke personenwagen heeft een statistisch significant nadelige invloed op de overlevingskansen van de bestuurder van de klassieke personenwagen.

◆ **Austin (2005)**

Austin maakte in zijn onderzoek gebruik van gegevens van ongevallen tussen personenwagens van 1998 tot en met 2002. Enkel de frontale en zijdelingse aanrijdingen waar voertuigen in betrokken waren van bouwjaar 1985 en later werden geanalyseerd. De ongevallen waarbij enkel terreinwagens of grote monovolumes betrokken waren, evenals ongevallen waarbij een klassieke personenwagen een terreinwagen of grote monovolume zijdelings aanreed, zijn uit de dataset verwijderd. De ongevallen tussen klassieke personenwagens werden als controlegroep beschouwd. De dataset van ongevallen bestond uiteindelijk uit 258.885 frontale en 190.657 zijdelingse aanrijdingen.

In deze studie werden zeer gedetailleerde gegevensbanken gebruikt, zodat gecorrigeerd kon worden naar een groot aantal relevante variabelen, zoals leeftijd en geslacht van de bestuurders, snelheidslimiet van de weg waar het ongeval heeft plaatsgevonden, leeftijd en gewicht van de voertuigen, aanwezigheid van een bestuurdersairbag in het aangereden voertuig, ...

De resultaten van deze studie zijn ondanks de verschillende methodologie consistent met de bevindingen van Kahane (2003) en andere voorgaande NHTSA-studies. Na een eerste analyse kan gesteld worden dat bestuurders van klassieke personenwagens een statistisch significant groter risico lopen op ernstig en dodelijk letsel wanneer zij door een terreinwagen of grote monovolume frontaal of zijdelings aangereden worden dan wanneer zij door een andere klassieke personenwagen aangereden worden. Deze resultaten blijven overeind nadat gecorrigeerd werd naar onderstaande bestuurders-, voertuig- of ongevalskenmerken:

- Leeftijd van de bestuurders;
- Geslacht van de bestuurders;
- Aanwezigheid van een bestuurdersairbag in het aangereden voertuig;
- Onder invloed zijn van alcohol of andere drugs van een van de bestuurders;
- Maximumsnelheid van de weg waar het ongeval plaatsvond;
- Leeftijd van het aangereden voertuig.

Agressiviteit verschilt tussen de verschillende types terreinwagens en grote monovolumes met monovolumes aan het ene, lagere uiteinde, en grote "pick-up trucks" aan het andere, hogere uiteinde. Uit Tabel 6 blijkt dat inzittenden van klassieke personenwagens een 30% resp. 46% hoger risico lopen op ernstig en dodelijk letsel wanneer zij frontaal resp. zijdelings aangereden worden door een "minivan" in plaas van door een andere klassieke personenwagen. Bij de grote "pick-ups" komt dit neer op een bijna dubbel zo groot resp. 2,77 keer zo groot risico. Deze resultaten werden bekomen wanneer niet gecorrigeerd werd naar bovenstaande bestuurders-, voertuig- en ongevalskenmerken.

Tabel 6. Verhouding tussen de risico's op ernstig en dodelijk letsel wanneer een bestuurder van een klassieke personenwagen frontaal en zijdelings aangereden wordt door enerzijds een klassieke personenwagen en anderzijds de verschillende terreinwagens en grote monovolumes, berekend zonder vorm van correctie naar bestuurders-, voertuig- of ongevalskenmerken

Aanrijdend voertuig	Verhouding tussen de risico's bij frontale aanrijding	Verhouding tussen de risico's bij zijdelingse aanrijding
Klassieke personenwagen	1,00	1,00
"Compact pick-up"	1,59	1,96
"Standard pick-up"	1,97	2,77
SUV	1,40	2,04
"Minivan"	1,30	1,46
"Full-size van"	1,54	2,11

Wordt wel gecorrigeerd naar bovenstaande bestuurders-, voertuig- of ongevalskenmerken, wijzigen de resultaten licht maar blijft dezelfde trend merkbaar. Uit Tabel 7 blijkt dat inzittenden van klassieke personenwagens een 31% resp. 60% hoger risico lopen op ernstig en dodelijk letsel wanneer zij frontaal resp. zijdelings aangereden worden door een "minivan" in plaas van door een andere klassieke personenwagen. Bij de grote "pick-ups" komt dit neer op een 44% resp. 137% hoger risico.

Zowel op wegen met een snelheidslimiet van 80 km/h of meer, als wanneer alcohol of drugs een rol speelden, bleek het risico op ernstig letsel bij frontale aanrijdingen meer dan drie keer zo groot. Bij zijdelingse aanrijdingen bleek het risico in beide gevallen meer dan 2 keer zo groot. De frontale airbag had, zoals kon verwacht worden, een significant gunstig effect op het risico. Ook de leeftijd van het aangereden voertuig had eveneens een significant effect op het risico: hoe ouder het aangereden voertuig, hoe groter het risico voor de bestuurder.

Tabel 7. Verhouding tussen de risico's op ernstig en dodelijk letsel wanneer een bestuurder van een klassieke personenwagen aangereden wordt door enerzijds een klassieke personenwagen en anderzijds de verschillende terreinwagens en grote monovolumes. De risico's werden berekend met correctie naar leeftijd en geslacht van de bestuurders, aanwezigheid van een bestuurdersairbag in het aangereden voertuig, invloed van alcohol of drugs, maximumsnelheid op de weg waar ongeval plaatsvond en leeftijd van het voertuig.

	Verhouding tussen de risico's bij frontale aanrijding	Verhouding tussen de risico's bij zijdelingse aanrijding
Aanrijdend voertuig		
Klassieke personenwagen	1,00	1,00
"Compact pick-up"	1,35	1,70
"Standard pick-up"	1,60	2,37
SUV	1,38	1,98
"Minivan"	1,31	1,44
"Full-size van"	1,49	2,03
Correctie		
Snelheidslimiet \geq 80km/h	3,31	2,53
Alcohol of drugs	3,42	2,23
Frontale airbag	0,74	-
Leeftijd voertuig	-	1,03

Wordt daarenboven gecorrigeerd naar het verschil in leeggewicht tussen de betrokken voertuigen (zie Tabel 8), verdwijnt de agressiviteit van de monovolumes in de analyse. Bij zijdelingse aanrijdingen is dit effect duidelijker dan bij frontale aanrijdingen. In tegenstelling tot Kahane's resultaten, waar SUV's als agressiefste categorie bestempeld werden, concludeert Austin dat de "pick-ups" als agressiefste categorie naar voren komen. Uit Tabel 8 blijkt dat wanneer bijkomend gecorrigeerd wordt naar leeggewicht, enkel de "pick-ups" en de SUV's nog een statistisch significant groter risico inhouden voor de bestuurder van een klassieke personenwagen bij zowel een frontale als een zijdelingse aanrijding.

Tabel 8. Verhouding tussen de risico's op ernstig en dodelijk letsel wanneer een bestuurder van een klassieke personenwagen aangereden wordt door enerzijds een klassieke personenwagen en anderzijds de verschillende terreinwagens en grote monovolumes, berekend met correctie naar leeftijd en geslacht van de bestuurders, aanwezigheid van een bestuurdersairbag in het aangereden voertuig, invloed van alcohol of drugs, maximumsnelheid op de weg waar ongeval plaatsvond, leeftijd en gewicht van het voertuig.

Aanrijdend voertuig	Verhouding tussen de risico's bij frontale aanrijding	Verhouding tussen de risico's bij zijdelingse aanrijding
Klassieke personenwagen	1,00	1,00
"Pick-up"	1,19	1,48
SUV	1,09	1,40
"Minivan"	1,08	1,05
"Full-size van"	0,94	1,12

De twee factoren die Kahane en ook Austin in hun analyse opgenomen hebben (AHOF en frontale stijfheid), verduidelijken waarom leeggewicht alleen niet volstaat om verschillen in risico tussen de verschillende categorieën terreinwagens en grote monovolumes te verklaren. Waar de AHOF een invloed heeft op het risico voor de bestuurder van de tegenpartij bij een zijdelingse aanrijding, geldt dit voor de frontale stijfheid bij frontale aanrijdingen. Wanneer de frontale stijfheid met 10% toeneemt, stijgt voor de meeste terreinwagens het risico op ernstig letsel voor de bestuurder van de frontaal aangereden klassieke personenwagen met 1%. Wanneer de AHOF met 10% toeneemt, stijgt voor de meeste terreinwagens het risico op ernstig letsel voor de bestuurder van de zijdelings aangereden klassieke personenwagen met 7%.

De auteur wijst erop dat de resultaten de recente verbeteringen op gebied van passieve veiligheid mogelijk niet kunnen vatten, daar voertuigen vanaf bouwjaar 1985 zijn opgenomen in de studie. De auteur vermeldt hierbij als voorbeeld de recente toename van voertuigen uitgerust met gordijnairbags, die voornamelijk bij zijdelingse aanrijdingen hun nut kunnen bewijzen.

2.2.2 Insurance Institute for Highway Safety (IIHS)

a. New study of relationships between vehicle weight and occupant death rates helps put in perspective issue of crash compatibility (IIHS, 1998)

Deze studie dateert uit 1998, en heeft ongevallen met dodelijke afloop onderzocht waar voertuigen van modeljaar tussen 1990 en 1995 bij betrokken waren. De resultaten van deze studie bevatten dus niet de verbeteringen die in de laatste jaren op gebied van passieve veiligheid zijn geboekt. De onderzochte voertuigen werden in 3 types onderverdeeld: klassieke personenwagens, pick-ups en SUV's.

Deze studie had als eerste bevinding dat de meeste dodelijke slachtoffers in de lichtere voertuigen vielen. In elke gewichtsklasse vertoonden klassieke personenwagens en pick-ups een gelijklopend risico, terwijl SUV's een lagere dodentol hadden. Het is ook gebleken dat bij meervoudige ongevallen de meeste dodelijke slachtoffers in pick-ups en SUV's het gevolg waren van aanrijdingen met vrachtwagens, terwijl dit bij klassieke personenwagens zowel andere personenwagens waren als pick-ups en SUV's.

Wat het aantal dodelijke slachtoffers bij de tegenpartij betreft, kan gesteld worden dat deze toenemen als het gewicht van het aanrijdend voertuig toeneemt. Pick-ups komen

hier als het meest agressieve autotype naar voren, gevolgd door de SUV's en als laatste de klassieke personenwagens. Het is zelfs zo dat de zwaarste klassieke personenwagens minder agressief zijn dan de lichtste pick-ups en SUV's.

Voor alle ongevallen tussen enerzijds klassieke personenwagens en anderzijds pick-ups en SUV's, hebben de inzittenden van de klassieke personenwagens een 4 keer groter risico op dodelijk letsel dan de inzittenden van de pick-ups en SUV's. Bij zijdelingse aanrijdingen loopt dit op tot een 27 keer zo groot risico. Ter vergelijking: bij zijdelingse aanrijdingen door andere klassieke personenwagens respectievelijk zware klassieke personenwagens loopt de inzittende van de aangereden wagen een 6 respectievelijk 20 keer groter risico. Inzittenden van klassieke personenwagens met een gewicht lager dan 1250 kg, die zijdelings worden aangereden door pick-ups of SUV's, lopen 45 keer meer risico op dodelijk letsel dan de inzittenden van die aanrijdende voertuigen.

Een kanttekening die hierbij gemaakt werd, is het feit dat 4% respectievelijk 10% van de dodelijke slachtoffers in personenwagens vielen bij aanrijdingen door SUV's respectievelijk pick-ups. In de andere gevallen vielen deze slachtoffers bij aanrijdingen door andere klassieke personenwagens of vrachtwagens, of bij enkelvoudige ongevallen. Het aandeel SUV's en pick-ups in het voertuigenpark was ten tijde van het onderzoek ook niet van dezelfde grootte als tegenwoordig. In 1990-91 behoorde slechts 6% van de 1 tot 4 jaar oude ingeschreven personenwagens tot de SUV-categorie. In 2001 was dit echter al opgelopen tot 18%.

b. Some aspects of the relative safety of cars and SUV's (O'Neill, 2003)

Hierin werden twee onderzoeken over het risico voor inzittenden van aangereden voertuigen met elkaar vergeleken, het eerste dateerde uit 1990-1991 en het tweede uit 2000-2001.

Zowel in 1990-1991 als in 2000-2001 luidde de algemene conclusie dat het risico op dodelijk letsel voor de inzittenden van de aangereden voertuigen toenam met toenemend gewicht van het aanrijdend voertuig. Als de botspartner SUV's en pick-ups waren, nam het risico voor de inzittende van het andere voertuig in beide studies significant toe in vergelijking met klassieke personenwagens als botspartner, en dit in alle gewichtsklassen. Het risico voor inzittenden in het algemeen bleek wel afgenomen te zijn in 2000-2001 ten opzichte van 1990-1991. Ook het verschil tussen het risico dat SUV's en pick-ups stellen ten opzichte van het risico gesteld door klassieke personenwagens, bleek in die tijdspanne van 10 jaar kleiner geworden te zijn. Deze afname is volgens O'Neill echter niet te wijten aan wijzigingen bij SUV's, maar eerder aan verbeterde passieve veiligheid bij klassieke personenwagens.

Indien de twee botsende wagens beide tot de categorie van de klassieke personenwagens behoorden, bleek er bijna geen verschil te zijn in risico op dodelijk letsel tussen frontale en zijdelingse botsingen. Zijdelings aangereden worden door een SUV, bleek voor inzittenden van klassieke personenwagens bijna 2 keer zo dodelijk te zijn dan wanneer ze frontaal aangereden werden door een SUV, zelfs wanneer beide botspartners tot dezelfde gewichtsklasse behoorden.

2.2.3 Andere

a. The effects of vehicle model and driver behaviour on risk (Wenzel & Ross, 2004)

Waar de meeste onderzoeken het voorwaardelijk risico van een voertuig berekenen (wat is het risico op een dodelijk letsel in het geval het voertuig betrokken raakt in een ongeval), werd in dit onderzoek het onvoorwaardelijk risico berekend. Het risico van een bepaald voertuig werd namelijk gedefinieerd als het aantal doden per miljoen registratiejaren van dat voertuig. Registratiejaren werden berekend als het aantal voertuigen dat in de onderzochte jaren ingeschreven (of geregistreerd) was, vermenigvuldigd met de duur van de inschrijving en rekening houdend met enkele correcties. Het berekende risico was dus eigenlijk het aantal doden per miljoen voertuigen in gebruik. Zowel het risico voor bestuurders van dat voertuig als het risico voor betuurders die door het desbetreffende voertuig aangereden werden, werden op deze manier berekend. De risico's die op deze manier berekend werden, houden dus ook rekening met de ongevalbetrokkenheid van de voertuigen. Hierdoor kan een vertekend beeld ontstaan waarmee rekening moet gehouden worden bij het interpreteren van de gegevens.

Voor deze studie werden de ongevalsgegevens en inschrijvingsgegevens van 1997 tot 2001 gebruikt. De voertuigen die in deze studie onderzocht werden, waren allen personenwagens. Deze werden onderverdeeld in 13 categorieën, waarvan de eerste 6 de klassieke personenwagens voorstellen. De laatste 5 categorieën vormen de terreinwagens. De twee laatste categorieën worden gevormd door de sportwagens en de "Minivans", die overeenkomen met de grote monovolumes. De categorie van de kleinste auto's werd in 2 risico-groepen verdeeld (laag en hoog risico), omdat er zich 2 duidelijke groepen aftekenden. De categorie van de "pick-up trucks" wordt nog verder onderverdeeld in 4 groepen van verschillende tonnage (compact, 1/2, 3/4 en 1 ton).

- "Subcompact cars" laag risico (Honda Civic, Volkswagen Jetta, ...);
- "Subcompact cars" hoog risico (Hyundai Elantra, Chrysler Neon, ...);
- "Compact cars" (Mazda 626, Mitsubishi Galant, ...);
- "Midsize cars" (Toyota Camry, Nissan Maxima, ...);
- "Large cars" (Buick Lesabre, Cadillac Deville, ...);
- "Import luxury cars" (BMW 5-serie, Mercedes E-klasse, ...);
- "Sports cars" (Pontiac Firebird, Chevrolet Corvette, ...);
- "Minivans" (Chrysler Voyager, Ford Windstar, ...);
- "SUV's" (Jeep Cherokee, Toyota RAV-4, ...);
- "Compact pick-up trucks" (Ford Ranger, Mazda Pickup, ...);
- "1/2 ton pick-up trucks" (Ford F-150, GMC K1500, ...);
- "3/4 ton pick-up trucks" (Ford F-250, GMC K2500, ...);
- "1 ton pick-up trucks" (Ford F-350, GMC K3500, ...).

Van elke categorie werden de meest verkochte modellen beschouwd.

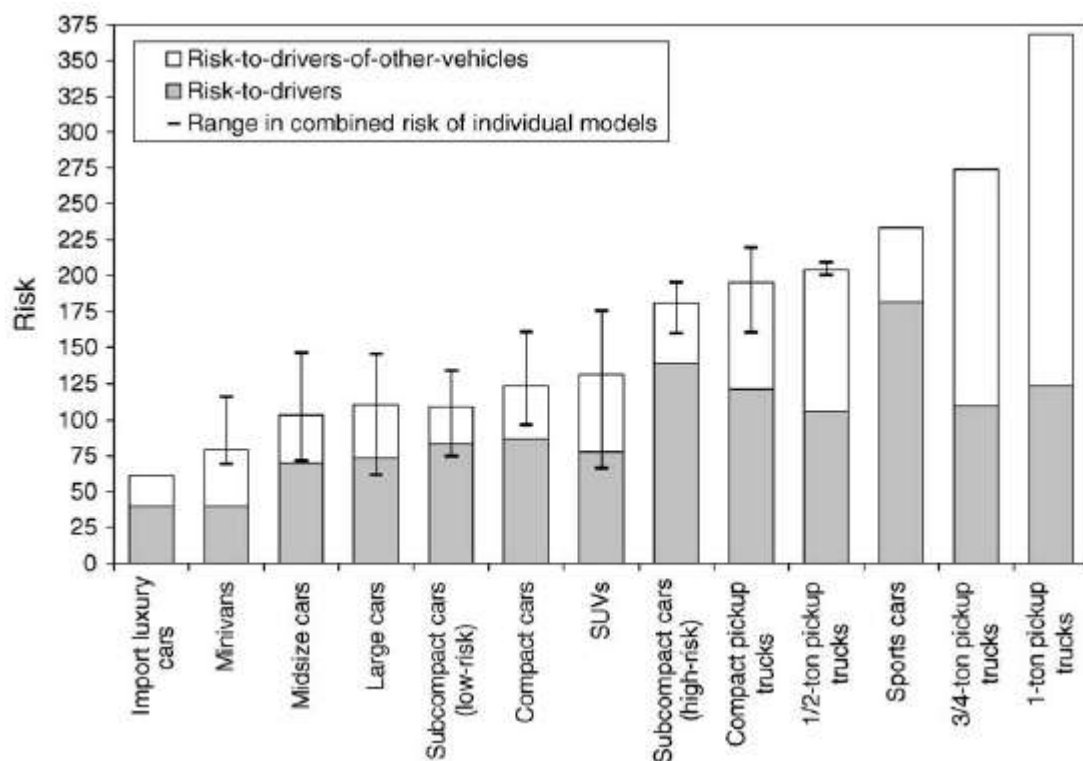
Figuur 10 en Figuur 11 geven de resultaten van de analyse van de verschillende voertuigcategorieën weer, zowel wat risico voor bestuurders van de voertuigen onder beschouwing betreft, als bestuurders van de tegenpartij. Hierbij valt op dat de "import luxury cars" het laagste risico voor de eigen bestuurders inhouden, samen met "minivans". De "minivans" scoren wel slechter op gebied van risico voor de tegenpartij dan de meeste klassieke personenwagens. De auteurs stellen dat dit mogelijk te wijten is

aan de hogere massa en de verstevigde structuur in de hogere bumpers van de "minivans".

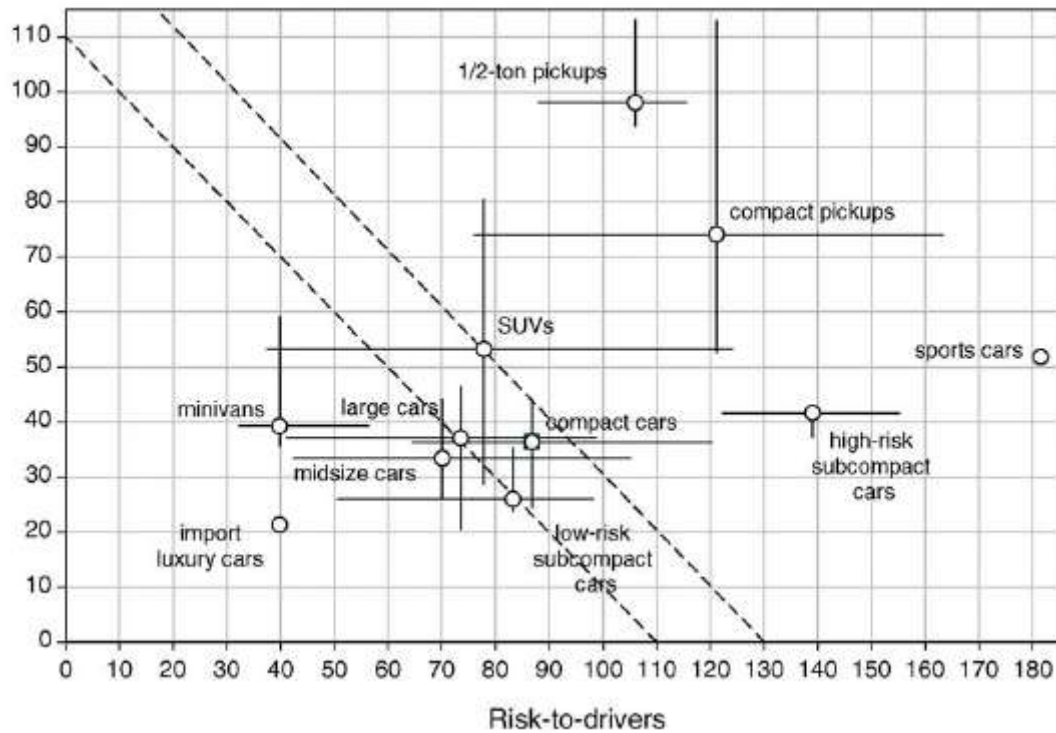
De SUV's blijken voor de eigen bestuurders ongeveer even veilig te zijn als de klassieke personenwagens. Het zogenaamd grotere veiligheidsgevoel dat deze wagens bieden, vertaalt zich dus niet in een lager risico. SUV's blijken wel veel risicovoller te zijn voor bestuurders van de tegenpartij dan de groep van de klassieke personenwagens.

De "pick-up trucks" blijken zowel voor de eigen als voor de bestuurders van de tegenpartij vele malen risicovoller te zijn dan de klassieke personenwagen en de SUV's. Het risico voor de bestuurder van de tegenpartij blijkt zeer sterk toe te nemen met het gewicht en de afmetingen van de voertuigen.

Volgens de onderzoekers hangt veel af van de wijze waarop de SUV's en "pick-up trucks" gebouwd zijn. Ze onderscheiden twee constructiemethodes: dragend chassis en zelfdragend koetswerk. De eerste methode wordt vooral gebruikt bij SUV's die afgeleid zijn van "pick-up trucks" en maakt gebruik van een ladderchassis. Hierbij rust het koetswerk op twee zeer stevige stalen balken die over de gehele lengte van het voertuig lopen. De auteurs, net zoals Huibers & De Beer in 2001 (zie 2.1.1), stellen dat deze voertuigen veel risicovoller zijn voor de tegenpartij, voornamelijk omdat deze twee stevige stalen balken uiterst incompatibel zijn met andere personenwagens. Bij de voertuigen met zelfdragend koetswerk geeft het geheel van onderstel en koetswerk het voertuig zijn stijfheid, waardoor de botsenergie meer verdeeld kan worden over verschillende onderdelen.



Figuur 10. Risico voor bestuurders van de verschillende categorieën personenwagens (grijze staven); risico voor bestuurders van de tegenpartij (witte staven); en range van gecombineerd risico binnen categorie (foutenvlaggen) (bron: Wenzel & Ross, 2004)



Figuur 11. Risico en range voor bestuurders van de verschillende categorieën personenwagens (x-as); risico en range voor bestuurders van de tegenpartij (y-as) (bron: Wenzel & Ross, 2004)

2.3 Automobiellndustrie

2.3.1 Hyundai Motor Company

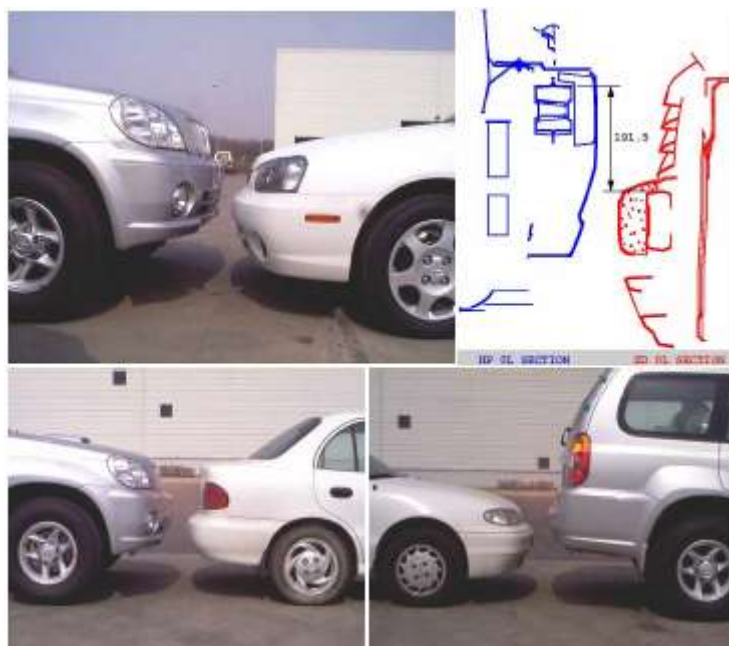
Vehicle compatibility in car-to-car frontal offset crash (Bae et al., 2001)

Hyundai Motor Company beschouwt volgende eigenschappen als oorzaak van incompatibiliteit tussen twee personenwagens: het gewichtsverschil tussen de botsende voertuigen, de lagere stijfheid en kleinere kreukelzone van kleinere wagens en het verschil in geometrie. In deze studie zijn ter controle van deze stelling een aantal crashtesten uitgevoerd, waarbij twee voertuigen van het merk Hyundai frontaal op elkaar inreden. Er zijn testen uitgevoerd tussen een grote en een kleine klassieke personenwagen, tussen een middelgrote gezinswagen en een grote monovolume en ter controle tussen twee identieke middelgrote klassieke personenwagens.

De onderzoekers stellen dat het gewichtsverschil tussen 2 botsende voertuigen de grootste invloed heeft op de ernst van het letsel dat de inzittenden oplopen. Dit wordt verklaard door de wet van behoud van momentum. Lichte wagens die botsen met zwaardere wagens zullen daardoor grotere snelheidsveranderingen ondergaan, hetgeen ernstiger letsel veroorzaakt bij de inzittenden van de lichtste botspartner.

De lichtere personenwagens hebben over het algemeen een lagere stijfheid en kleinere kreukelzone in vergelijking met zwaardere personenwagens, en ondergaan hierdoor grotere vervormingen bij botsingen met zwaardere voertuigen. Ook deze vervormingen kunnen ernstig letsel voor de inzittenden tot gevolg hebben.

Het verschil in geometrie, met name het hoger gelegen zwaartepunt en de hogere voorbumper (met verstevigde structuur) van terreinwagens en grote monovolumes in vergelijking met klassieke personenwagens kunnen ervoor zorgen dat de gevolgen van een frontale aanrijding met klassieke personenwagens ernstiger zijn. Deze wagens kunnen bij een botsing de integriteit van het passagierscompartiment in gevaar brengen, het aangereiden voertuig opscheppen of overrijden.



Figuur 12. Illustratie van de incompatibiliteit tussen de bumpers van terreinwagens en van klassieke personenwagens bij frontale en kop-staart aanrijdingen (bron: Bae et al., 2001)

Nog gevaarlijkere situaties kunnen ontstaan wanneer een terreinwagen of een grote monovolume een klassieke personenwagen zijdelings aanrijdt. De oorzaak hiervan ligt in het feit dat de hogere bumpers (en dus ook de versterkte structuur) van deze grote en robuuste personenwagens niet afgestemd zijn op de versterkingselementen in de deuren en drempels van de klassieke personenwagens. Het element dat bij een zijdelingse aanrijding de meeste stevigheid biedt, is de drempel van de deuren. Deze maakt namelijk deel uit van de versterkte kooi die de inzittenden moet beschermen. Zoals Figuur 13 illustreert, komen de bumpers (en dus ook de versterkte structuur) van terreinwagens vaak hoger uit dan de drempel van klassieke personenwagens.



Figuur 13. Illustratie van de incompatibiliteit tussen bumpers van terreinwagens en deuren van klassieke personenwagens bij zijdelingse aanrijdingen (bron: Bae et al., 2001)

Uit de crashtesten tussen de grote en de kleine klassieke personenwagen blijkt dat de grote wagen een hogere mate van agressiviteit vertoont, en de kleine wagen een lage mate van bescherming voor de eigen inzittenden. De dummies in de kleine wagen vertoonden over het algemeen ernstiger letsel dan deze in de grote wagen. Dit was voornamelijk te wijten aan de veel hogere deceleratie van de kleine wagen, meer bepaald 39 km/h voor de grote tegenover 61 km/h voor de kleine wagen. Hogere deceleratie zorgt er namelijk voor dat inzittenden meer impact energie moeten absorberen. Deze hogere deceleratie voor de kleine wagen was het gevolg van het lager gewicht t.o.v. de botspartner. De resultaten van de crashtest waarbij een grote monovolume en een middelgrote klassieke personenwagen elkaar frontaal aanreden, waren gelijklopend. De deceleraties bedroegen hier 51 km/h voor de monovolume en 69 km/h voor de middelgrote wagen. Ook duiden de resultaten van de dummies erop dat inzittenden van de middelgrote wagen ernstiger letsel zouden oplopen dan die in de monovolume.

2.3.2 Volkswagen AG

Development of criteria and standards for vehicle compatibility (Zobel & Schwarz, 2001)

Dit onderzoek is uitgevoerd door Europese automobielconstructeurs en enkele onderzoeksinstituten, en werd gefinancierd door de Europese Commissie. Databanken met ongevallen uit Duistland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Zweden en Finland zijn onderzocht op factoren die mogelijk een invloed hadden op de botsincompatibiliteit. In Tabel 9 wordt een overzicht gegeven van factoren die een duidelijke of een mogelijke invloed hebben op de botscompatibiliteit.

Tabel 9. Factoren en hun invloed op de botscompatibiliteit

Factor	Invloed
- het massaverschil tussen de 2 botsende voertuigen	duidelijk nadelig
- de stijfheid van de passagierscompartimenten	duidelijk nadelig
- het hoogteverschil tussen de bumpers en de deurdrempels	duidelijk nadelig
- de frontale stijfheid	mogelijk nadelig
- het verticaal hoogteverschil	mogelijk nadelig
- homogeniteit van frontale onderdelen	mogelijk nadelig
- de orientatie van de motor	mogelijk nadelig

De onderzoekers vonden het verrassend dat de frontale stijfheid geen duidelijk nadelige invloed had op de botscompatibiliteit. Dit was volgens hen waarschijnlijk te wijten aan het ontbreken van zeer stijve voertuigen in de dataset. Deze was namelijk samengesteld uit redelijk oude voertuigen.

De auteurs concluderen dat een aantal zaken nodig zijn om de afloop van aanrijdingen gunstig te beïnvloeden:

- goede structurele interactie: hiermee wordt bedoeld dat de onderdelen die de botsingsenergie moeten absorberen en kanaliseren bij de botsende voertuigen, zoals de verstevigde structuur in de bumpers, de kreukelzone, etc. op elkaar afgestemd moeten zijn. Bij zijdelingse aanrijdingen is het vooral van belang dat de verstevigde structuur in de bumper van het aanrijdende voertuig niet hoger komt dan de deurdrempel van het aangereden voertuig.
- adequaat vervormingsmanagement: hiermee worden de stijfheid van het passagierscompartiment en de frontale stijfheid bedoeld. Er moet voldoende vervormingsmogelijkheid voorzien worden in het frontale gedeelte van een voertuig om de botsingsenergie te kunnen dissiperen. Daarnaast moet het passagierscompartiment voldoende stijf zijn om impacten te kunnen absorberen zonder te vervormen. Voertuigen met de grootste frontale stijfheid zijn meestal de zwaarste voertuigen, en deze zijn in het voordeel bij frontale impacten. Bij een zijdelingse aanrijding veroorzaken deze zware en stijve voertuigen mogelijk te grote krachten op het passagierscompartiment en de inzittenden van het aangereden voertuig. Bij een zijdelingse aanrijding

is er bij het aangereden voertuig namelijk bijna geen kreukelzone en dus zeer weinig vervormingsruimte om de botsingsenergie te dissiperen.

3. AANBEVELINGEN

Uit deze internationale literatuurstudie is duidelijk gebleken dat grote en robuuste personenwagens, met name terreinwagens en in mindere mate de grote monovolumes, een probleem vormen voor de verkeersveiligheid. Bij ongevallen waarbij een klassieke personenwagen wordt aangereden door een terreinwagen of een grote monovolume, lopen de inzittenden van de klassieke personenwagen een beduidend hoger risico op dodelijk en ernstig letsel dan wanneer deze zou aangereden worden door een andere klassieke personenwagen. Dit blijkt zowel uit Europese als Amerikaanse studies, en wordt bevestigd door onderzoeken uitgevoerd door de automobielindustrie.

Hieruit blijkt dat de recente toename van voornamelijk het aantal terreinwagens in het wagenpark een evolutie is waar we ons ten aanzien van het effect op de verkeersveiligheid volgens verschillende Europese onderzoekers zorgen over zouden moeten maken. Deze toename betekent dat meer zware en agressieve wagens in het verkeer komen. Het gaat hierbij niet enkel om een massatoename binnen het voertuigtype, maar om een toename van het aantal voertuigen met gemiddeld hoge massa die daarenboven agressiever blijken dan in gewicht vergelijkbare klassieke personenwagens. We kunnen bovendien aannemen dat deze voertuigen ter vervanging dienen van klassieke personenwagens omdat ze ook als gezinsauto worden gebruikt. Op die manier is er een dubbel ongunstig massa-effect, omdat ze dan ook in de plaats komen van voertuigen met lichtere massa die daarenboven minder agressief zijn voor een botspartner.

Het gewichtsverschil tussen botspartners is een belangrijke maar zeker niet de enige bepalende factor voor de afloop van tweezijdige ongevallen. Corrigerende acties moeten niet enkel het wegwerken van dat gewichtsverschil als doel stellen. Het is bovendien niet realistisch om ervoor te zorgen dat alle voertuigtypen ongeveer dezelfde, vrij lage, massa hebben. Verbetering van de botsveiligheid vraagt daarom ingrijpende veranderingen in de constructie van de voertuigen. Hieraan kan men echter niet verhelpen door zware en agressieve auto's een minder stijve kreukelzone te geven, en lichtere auto's aanzienlijk stijver te maken. Het eerste zou direct ten koste gaan van veiligheid voor de passagiers ervan, tenzij er aanzienlijk meer kreukellengte zou worden ingebouwd. Lichte wagens aanzienlijk stijver maken is evenmin gewenst. De krachten op het passagierscompartiment zouden te hoog kunnen worden waardoor dit weer ten koste zou kunnen gaan van de veiligheid voor de inzittenden, en bij botsingen tegen nog minder zware voertuigen zou de stijvere lichte auto weer agressiever zijn.

Hieronder worden enkele aspecten toegelicht die met het oog op botscompatibiliteit een verbetering zouden kunnen betekenen.

3.1 Crashtesten

Bij de huidige Europese en Amerikaanse crashtesten simuleert de frontale crashtest een frontale botsing met een even zwaar voertuig. Volgens verschillende studies is het bewezen dat die opzet heeft geleid tot het verhogen van de frontale stijfheid van personenwagens, en dit voornamelijk bij de zware exemplaren (Huibers & De Beer, 2001; Verma et al., 2003). Het gevolg hiervan is een toename van de botsincompatibiliteit tussen lichte en zware voertuigen.

Bij de zijdelingse crashtest daarentegen wordt steeds hetzelfde toestel, dat een klassieke personenwagen simuleert, in de flank van de testwagen gereden. Deze test is voor elke wagen dus identiek. Dit leidt volgens Verma et al. (2003) tot een verhoging van de botscompatibiliteit, en bijgevolg tot een verhoging van de veiligheid voor de inzittenden van alle soorten personenwagens.

Deze crashtesten hadden oorspronkelijk een verhoging van de passieve veiligheid voor de inzittenden van de geteste wagen als voornaamste doel gesteld. In dit opzicht is het systeem van crashtesten een succes (Denys, 2006). In het kader van een wijzigende ongevalsproblematiek en wagenpark is het volgens verschillende studies aan te raden deze testen te herzien (Monnet, 2001; Summers et al., 2003; Verma et al., 2003; Zobel & Schwarz, 2001). Hierbij dient vooral het opzet van de frontale crashtest herbekeken worden.

Er bestaat eveneens de mogelijkheid om het gamma crashtesten uit te breiden. In de Verenigde Staten worden door het IIHS crashtesten uitgevoerd waarbij een zijdelingse aanrijding door een terreinwagen wordt gesimuleerd. Dit zou de passieve veiligheid van klassieke personenwagens beduidend kunnen verhogen.

3.2 Compatibiliteit van structurele onderdelen

Bij de zwaardere voertuigen dient de mate waarin het voertuig de inzittenden van andere, lichtere voertuigen spaart of beschermt, verhoogd te worden. Dit kan deels gerealiseerd worden door de onderdelen van voertuigen beter op mekaar af te stemmen. Hierbij wordt met name gedacht aan de verstevigde structuur in de hoge bumpers van terreinwagens (Margaritis et al., 2005). In de Verenigde Staten zijn er op dat vlak vrijwillige overeenkomsten met de automobieliindustrie afgesloten. Vanaf september 2009 zullen alle nieuwe SUV's en pick-ups aan de voorkant uitgerust zijn met energie-absorberende structuren die afgestemd zijn op de wettelijke verplichte bumperzone van klassieke personenwagens. Daarenboven zijn afspraken gemaakt die beperkingen stellen aan de dimensies van de voorkant van SUV's en pick-ups. Deze beperkingen hadden in de Verenigde Staten niet opgelegd kunnen worden door normering, daar enkel normen kunnen gesteld worden aan de minimum performantie van voertuigen, zoals bij crashtesten het geval is. Ook in Europa is dit het geval.

Uit crashtesten uitgevoerd door het NHTSA (Summers et al., 2003) en simulaties van General Motors Corporation (GMC) (Verma et al. 2005) is echter gebleken dat het simpelweg verlagen van de verstevigende structuur in de bumpers van terreinwagens tot op de overeenkomende hoogte van de klassieke personenwagen niet het gewenste gevolg zou hebben (zie Figuur 14 en Figuur 15). Er zou bij een frontale aanrijding een gelijke mate of zelfs meer intrusie plaatsvinden in het passagierscompartiment van de aangereden personenwagen. Indien echter een bijkomende verstevigende structuur op de juiste wijze onder de primaire verstevigende structuur zou worden aangebracht, bleek uit de simulaties van GMC dat de integriteit van het passagierscompartiment van de klassieke personenwagen beter behouden bleef. De terreinwagen zou op die manier namelijk een groter deel van de botsingsenergie absorberen. Het is duidelijk dat op dit punt nog onderzoek dient uitgevoerd te worden.



Figuur 14. Crashtest tussen een terreinwagen en een klassieke personenwagen in 1999, waarbij de bumper van de terreinwagen hoger is dan de verstevigende structuur van de personenwagen (L). Bij de crashtest kwam de voorkant van de terreinwagen bovenop de klassieke personenwagen terecht (R) (Summers et al., 2003).



Figuur 15. Crashtest tussen de vernieuwde terreinwagen (modeljaar 2003) en dezelfde klassieke personenwagen in 2003, waarbij de bumper van de terreinwagen verlaagd is tot op de hoogte van de verstevigende structuur van de personenwagen (L). Bij de crashtest interageerde de verstevigde structuren van beide wagens beter met elkaar t.o.v. de crashtest in 1999 (R), maar werd er meer energie geabsorbeerd door de klassieke personenwagen (Summers et al., 2003).

Margaritis et al. (2005) vermelden in hun studie de aanwezigheid van verschillende attributen op terreinwagens en SUV's, zoals bijvoorbeeld een bullbar, een winch, verstralers en het reservewiel, die bij een botsing met een andere wagen voor bijkomend letsel kunnen zorgen. Deze zaken zouden ofwel verboden moeten worden (zoals een bullbar of een winch), ofwel in de carrosserie geïntegreerd moeten worden (de verstralers) of zich binnen in het voertuig bevinden (het reservewiel). Een stalen bullbar wordt in België niet meer door de constructeurs zelf gemonteerd sinds 2002 (BIVV, 2006). Deze kunnen echter nog steeds zelf gemonteerd worden.

3.3 Verbeteringen bij lichtere voertuigen

Bij lichtere voertuigen kunnen verbeterde systemen voor passieve veiligheid (gordel, airbags, etc.) een belangrijke rol spelen. Een veralgemeende invoering van zijdelingse of gordijnairbags, die het lichaam van de inzittenden beschermen tegen intrusie van het passagierscompartiment bij zijdelingse aanrijdingen, doet het risico op ernstig letsel afnemen (O'Neill, 2004). Het blijkt namelijk dat zijdelingse aanrijdingen verantwoordelijk

zijn voor het grootste deel van de zwaargewonde en dodelijke slachtoffers bij aanrijdingen tussen een klassieke personenwagen en een terreinwagen (Verma et al., 2003).

In de Verenigde Staten worden door het IIHS crashtesten uitgevoerd waarbij een zijdelingse aanrijding door een terreinwagen wordt gesimuleerd. Hieruit blijkt dat voertuigen uitgerust met dergelijke gordijnairbags merkkelijk beter uit de test komen. Gordijnairbags reduceren het risico op dodelijk letsel bij zijdelingse aanrijdingen met 45% (O'Neill, 2004). Men zou kunnen opteren om bijvoorbeeld via goede ratings bij het crashtestprogramma van EuroNCAP een veralgemeende introductie van dergelijke airbags op alle voertuigen af te dwingen. Een andere optie is dit via verplicht opgelegde voorschriften te bereiken. In de Verenigde Staten worden nieuwe homologatie-eisen voorbereid met betrekking tot bescherming die aan het hoofd geboden moet worden bij zijdelingse aanrijdingen. Dit zou de facto neerkomen op een verplichting om gordijnairbags te installeren. Gelijktijdig is in de Verenigde Staten in werkgroepen met leden uit de automobiellindustrie, de veiligheidssector en de overheid, overeengekomen dat vanaf september 2009 geen wagens meer op de Amerikaanse markt mogen gebracht worden zonder zijdelingse gordijnairbags. Het ziet ernaar uit dat de gordijnairbags er sneller zullen komen dankzij deze vrijwillige overeenkomst dan via de wetgeving (O'Neill, 2004).

4. VERDER ONDERZOEK

4.1 Situatie in België

Zoals eerder aangehaald is het aantal grote en robuuste personenwagens (terreinwagens, grote monovolumes, ...) in het Belgisch voertuigenpark in de laatste 10 jaar verviervoudigd (FEBIAC, 2005). Totnogtoe kon in België echter weinig kennis worden opgebouwd over het verband tussen voertuigkenmerken (massa, vermogen, koetswerk, aanwezige uitrusting enz.), ongevallenbetrokkenheid en ernst van de afloop.

Uit onderzoek dat voorafging aan dit rapport, is gebleken dat de benodigde databronnen om een dergelijk onderzoek uit te voeren, aanwezig zijn (Denys, 2005).

Bij de federale politie worden de gegevens van ongevallen waarbij doden of gewonden zijn gevallen, bijgehouden in de 'Nationale Gegevensbank'. De gegevens worden aangeleverd door de politie die op de plaats van het ongeval het 'Analyseformulier voor ongevallen met doden of gewonden' dient in te vullen. De ingevulde formulieren worden eveneens naar het Nationaal Instituut voor de Statistiek (NIS) gestuurd. Het feit dat voor dit onderzoek de nummerplaten dienen meegeleverd te worden, maakt dat beide instanties weigerachtig staan tegenover het vrijgeven van hun databanken. Dit houdt namelijk een mogelijke schending van de privacy in. Om volledige toegang te krijgen tot de gegevens dient een formele vraag naar de bevoegde autoriteiten gestuurd te worden.

De ongevalgegevens dienen vervolgens aan voertuigkenmerken gekoppeld te worden. De link die in de meeste gevallen hiervoor kan zorgen is de nummerplaat. Op basis van de nummerplaat en de datum van het ongeval kan bij de Dienst Inschrijving van Voertuigen (DIV) het nummer van het Belgische of Europese proces-verbaal van goedkeuring (PVG) van het voertuig bekomen worden. Dit PVG-nummer wordt toegekend bij de homologatie van een voertuig, en is uniek voor elke motorisatie van een bepaald voertuig. Via dit PVG-nummer kunnen vervolgens de voertuigkenmerken opgevraagd worden bij Febiac (Technicar-bestand) of bij RDC Datacentrum (Carwizard-bestand). In deze twee databestanden zijn gegevens (afmetingen, gewicht, segment, ...) opgeslagen van alle voertuigen die sinds een bepaald jaar op de Belgische markt zijn verschenen.

Uit het koppelen van de Belgische ongevalsgegevens met de voertuiggegevens kan dan de invloed van voertuigdimensies (en het verschil ervan) op de ernst van ongevallen worden afgeleid. Hieruit kan nagegaan worden of de conclusies uit dit internationale literatuuronderzoek eveneens geldig zijn voor de Belgische situatie.

4.2 Veiligheid voor de eigen inzittenden

Onderzoek wijst uit dat grote terreinwagens en SUV's bij een ongeval niet enkel gevaarlijker zijn voor inzittenden van de botspartner, maar dat ook de eigen inzittenden een verhoogd gevaar lopen. Dit zou dan vooral het geval zijn bij enkelvoudige ongevallen, en voornamelijk veroorzaakt worden door een verhoogde kans op omkantelen door het hoger gelegen zwaartepunt van deze voertuigen. Deze onderzoeken zijn echter voornamelijk uitgevoerd in de Verenigde Staten (Deutermann, 2001; Parenteau et al., 2001; O'Neill, 2003). Het is wenselijk om te onderzoeken of dit in België, en bij uitbreiding Europa, eveneens het geval is.

5. CONCLUSIES

5.1 Internationale literatuurstudie

Uit deze internationale literatuurstudie is duidelijk gebleken dat grote en robuuste personenwagens, met name terreinwagens en in mindere mate grote monovolumes, een probleem stellen voor de verkeersveiligheid. Bij ongevallen waarbij een klassieke personenwagen wordt aangereden door een terreinwagen of een grote monovolume, lopen de inzittenden van de klassieke personenwagen een beduidend hoger risico op dodelijk en ernstig letsel dan wanneer deze zou aangereden worden door een andere klassieke personenwagen. Dit blijkt zowel uit Europese als Amerikaanse studies, en wordt bevestigd door onderzoeken uitgevoerd door de automobiellindustrie.

Bij een tweezijdig ongeval blijken drie factoren een grote invloed te hebben op de afloop ervan: de botsnelheid, het botstype en het verschil in gewicht tussen beide voertuigen. De eerste parameter maakte geen deel uit van dit onderzoek, en is dus ook niet verder besproken. Het botstype op zich ook niet, maar deze werd in enkele onderzoeken aangehaald als verzwarende factor in het nadeel van terreinwagens. Zowel bij frontale als bij zijdelingse aanrijdingen bleken de inzittenden van klassieke personenwagens in het nadeel. Als gevaarlijkste ongevalsconfiguratie komt hierbij een klassieke personenwagen die zijdelings aangereden wordt door een terreinwagen naar voren.

5.1.1 Gewichtsverschil

De laatste factor, het gewichtsverschil tussen beide voertuigen, bleek van doorslaggevende aard. Bijna alle in dit overzicht aangehaalde onderzoeken hebben een relatie gevonden tussen het gewichtsverschil van de twee botspartners en de letselernst bij de inzittenden van de lichtste botspartner. Aangezien terreinwagens en grote monovolumes tot de zwaardere personenwagens behoren, is het evident dat zij bij botsingen met lichtere personenwagens meer slachtoffers maken. Bij sommige onderzoeken verdwijnt deze verhoogde agressiviteit van terreinwagens en grote monovolumes wanneer gecorrigeerd wordt voor gewicht, maar uit verschillende onderzoeken blijkt het tegenovergestelde. Volgens deze laatste kan de verhoogde agressiviteit niet enkel te wijten zijn aan het hogere gewicht van terreinwagens en grote monovolumes. Grote klassieke personenwagens van dezelfde gewichtsklasse als de terreinwagens en grote monovolumes maken minder slachtoffers bij kleinere tegenpartijen. De hoge mate van agressiviteit is met andere woorden niet enkel te wijten aan het hogere gewicht van deze voertuigen. Hieronder worden de 2 eigenschappen van terreinwagens en grote monovolumes besproken die in de studies aangehaald werden als mogelijke oorzaken van de grotere agressiviteit van terreinwagens en grote monovolumes.

5.1.2 Vormgevingsverschillen

Vormgevingsverschillen slaan zowel op de verstevigde structuur in de gemiddeld 20% hogere bumper die terreinwagens doorgaans hebben, als het hoger gelegen zwaartepunt van terreinwagens maar ook van monovolumes. De verstevigde structuur in de hogere bumpers van deze grote en robuuste personenwagens is niet afgestemd op de verstevigde structuur in de bumpers en verstevigingselementen in de deuren en drempels van de klassieke personenwagens. Het element dat bij een zijdelingse aanrijding de meeste stevigheid biedt aan de inzittenden van het aangereden voertuig, is de drempel van de deuren. Deze maakt namelijk deel uit van de verstevigde kooi die de inzittenden moet beschermen. Bij een botsing waarbij een terreinwagen een klassieke personenwagen zijdelings aanrijdt, gebeurt het dat de motorkap van de terreinwagen het passagierscompartiment van het aangereden voertuig binnendringt.

Bij een frontale aanrijding ligt dit enigszins anders. Doordat terreinwagens beschikken over een hogere bumper, gebeurt het dat bij een frontale aanrijding de motorkap van de klassieke personenwagen onder de motorkap van de terreinwagen terechtkomt. Hierdoor gaat de energie-absorberende functie van de verstevigende structuur in de motorkap (de kreukelzone) van de personenwagen verloren. De botsingsenergie moet daardoor meer opgevangen worden door het passagierscompartiment, hetgeen nadelige gevolgen heeft voor de inzittenden.

5.1.3 Hogere stijfheid

Monovolumes maar vooral terreinwagens vertonen de tendens een hogere frontale stijfheid te hebben dan klassieke personenwagens. De hogere stijfheid van monovolumes is mede het gevolg van de kortere kreukelzone die eigen is aan het ontwerp van deze voertuigen. Bij de terreinwagens is de hogere stijfheid te wijten aan andere factoren. Wanneer een zware wagen tegen een obstakel botst aan een bepaalde snelheid, wordt de wagen en bijgevolg ook de inzittenden aan hogere krachten blootgesteld dan een lichtere wagen bij dezelfde snelheid. Om de veiligheid van de inzittenden te waarborgen is de gemiddelde frontale stijfheid van de constructie dus massa-afhankelijk (hoe zwaarder hoe stijver). Dit verschil in stijfheid is echter één van de belangrijkste eigenschappen die bij onderlinge voertuigbotsingen tot het probleem leidt, dat inzittenden van lichte auto's minder goed beschermd worden. Aangezien terreinwagens doorgaans zware voertuigen zijn, moeten ze stijver worden gemaakt. Een bijkomend probleem ontstaat bij terreinwagens met een dragend koetswerk op een ladderchassis. Dat laatste bestaat uit 2 stevige balken die over de gehele lengte van het voertuig het koetswerk dragen. Bij een botsing kunnen die 2 longitudinale balken het passagierscompartiment van de tegenpartij binnendringen zonder dat de kreukelzone van de tegenpartij vervormt. Intrusie in het passagierscompartiment heeft zeer zware gevolgen voor de inzittenden.

5.2 Aanbevelingen

5.2.1 Crashtesten

De Europese en Amerikaanse crashtesten die tegenwoordig uitgevoerd worden, houden geen rekening met het aspect botscompatibiliteit van de voertuigen. De frontale en zijdelingse crashtesten hadden oorspronkelijk een verhoging van de passieve veiligheid voor de inzittenden van de geteste wagen als voornaamste doel gesteld. In dit opzicht is het systeem van crashtesten een succes. In het kader van een wijzigende ongevalsproblematiek en wagenpark is het volgens verschillende studies aan te raden deze testen te herzien. Hierbij dient vooral het opzet van de frontale crashtest herbekeken worden. Er bestaat eveneens de mogelijkheid om het gamma crashtesten uit te breiden. In de Verenigde Staten worden reeds crashtesten uitgevoerd waarbij een zijdelingse aanrijding door een terreinwagen wordt gesimuleerd. Dit zou de passieve veiligheid van klassieke personenwagens beduidend kunnen verhogen.

5.2.2 Compatibiliteit van structurele onderdelen

Bij de zwaardere voertuigen dient de mate waarin het voertuig de inzittenden van andere, lichtere voertuigen spaart of beschermt, verhoogd te worden. Dit kan deels gerealiseerd worden door de onderdelen van voertuigen beter op mekaar af te stemmen. Hierbij wordt met name gedacht aan de verstevigde structuur in de hoge bumpers van terreinwagens. In de Verenigde Staten zijn er op dat vlak vrijwillige overeenkomsten met de automobiellindustrie afgesloten.

5.2.3 *Verbeteringen bij lichtere voertuigen*

Bij lichtere voertuigen kunnen verbeterde systemen voor passieve veiligheid (gordel, airbags, etc.) een belangrijke rol spelen. Een veralgemeende invoering van zijdelingse of gordijnairbags, die het lichaam van de inzittenden beschermen tegen intrusie van het passagierscompartiment bij zijdelingse aanrijdingen, kan een positief effect hebben. Het blijkt namelijk dat zijdelingse aanrijdingen verantwoordelijk zijn voor het grootste deel van de zwaargewonde en dodelijke slachtoffers bij aanrijdingen tussen een klassieke personenwagen en een terreinwagen.

5.3 **Verder onderzoek**

5.3.1 *Situatie in België*

Het aantal grote en robuuste personenwagens (terreinwagens, grote monovolumes, ...) is in het Belgisch voertuigenpark in de laatste 10 jaar verviervoudigd. Totnogtoe kon in België echter weinig kennis worden opgebouwd over het verband tussen voertuigkenmerken (massa, vermogen, koetswerk, aanwezige uitrusting enz.), ongevallenbetrokkenheid en ernst van de afloop.

Uit onderzoek dat voorafging aan dit rapport is gebleken dat de benodigde databronnen om een dergelijk onderzoek uit te voeren, ongevalsgegevens en voertuiggegevens, aanwezig zijn. Uit het koppelen van de Belgische ongevalsgegevens met de voertuiggegevens kan de invloed van voertuigdimensies (en het verschil ervan) op de ernst van ongevallen worden afgeleid. Hieruit kan nagegaan worden of de conclusies uit dit internationale literatuuronderzoek eveneens geldig zijn voor de Belgische situatie.

5.3.2 *Veiligheid voor de eigen inzittenden*

Onderzoek wijst uit dat grote terreinwagens en SUV's bij een ongeval niet enkel gevaarlijker zijn voor inzittenden van de botspartner, maar dat ook de eigen inzittenden een verhoogd gevaar lopen. Dit zou dan vooral het geval zijn bij enkelvoudige ongevallen, en voornamelijk veroorzaakt worden door een verhoogde kans op omkantelen door het hoger gelegen zwaartepunt van deze voertuigen. Deze onderzoeken zijn echter voornamelijk uitgevoerd in de Verenigde Staten. Het is de moeite waard om te onderzoeken of dit in België, en bij uitbreiding Europa, eveneens het geval is.

6. LITERATUURLIJST

- ACEA, Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (2005). *New passenger car registrations in W. Europe*. <http://www.acea.be>
- Austin, R. (2005). *Vehicle aggressiveness in real world crashes*. Proceedings of the Nineteenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 248, Washington D.C., United States of America. June 2005.
- Bae, H., Lim, J. & Park, K. (2001). *Vehicle compatibility in car-to-car frontal offset crash*. Proceedings of the Seventeenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 156, Amsterdam, the Netherlands. June 2001.
- BIVV, Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid (2004). *Terreinwagens onder vuur*. Via Secura, 09-10-11/2004.
- BIVV, Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid (2006). <http://www.bivv.be>
- De Mol, J. (2001). *Steeds sneller, steeds zwaarder. Onderzoek naar vermogen, topsnelheid, gewicht en kracht van auto's*. Verkeersspecialist Vol. 74 (januari 2001), pp. 3-8.
- Denys, T. (2005). *Vooronderzoek relatie ongeval – type voertuig*. (Rapport No. RA-2005-75). Steunpunt Vekeersveiligheid, Diepenbeek, Belgium. Available: <http://www.steunpuntverkeersveiligheid.be>
- Denys, T. (2006). *Passieve veiligheid beoordeeld met botsproeven: EuroNCAP*. (Rapport No. RA-2006-78). Steunpunt Vekeersveiligheid, Diepenbeek, Belgium. Available: <http://www.steunpuntverkeersveiligheid.be>
- DfT, Department for Transport (2003). *Cars: make and model: the risk of driver injury in Great Britain: 1996 – 2000*. Transport Statistics Bulletin SB(03)23.
- Deutermann, W. (2001). *Characteristics of fatal rollover crashes*. Report No. DOT HS 809 438 (in Margaritis et al., 2005).
- EuroNCAP, European New Car Assessment Programme (2006). <http://www.euroncap.com>
- Febiac, Belgische Federatie van Automobielen- en Tweewielerindustrie (2005). *De markt van de nieuwe personenwagens in 2004*. In 'Jaarverslag, boekjaar 2004'. <http://www.febiac.be>
- Gabler, H.C. & Hollowell, W.T. (1996). *NHTSA's Vehicle Aggressivity and Compatibility Research Program*. Sixteenth International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 98-S3-O-01, Melbourne, Australia, June 1996. (in: NHTSA, 2003)
- Huibers, J. & De Beer, E. (2001). *Current front stiffness of European vehicles with regard to compatibility*. Proceedings of the Seventeenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 239, Amsterdam, the Netherlands. June 2001.
- IIHS, Insurance Institute for Highway Safety (1998). *New study of relationships between vehicle weight and occupant death rates helps put in perspective issue of crash compatibility*. News Release, 10/02/1998.
- IIHS, Insurance Institute for Highway Safety (2006). <http://www.iihs.org>
- Kaesemans, J. (2006). Directeur Communicatie Febiac, in '*Terreinwagen blijft razend populair*', De Standaard, 24/03/2006.

- Kahane, C.J. (2003). *Vehicle weight, fatality risk and crash compatibility of model year 1991-1999 passenger cars and light trucks*. NHTSA Technical Report DOT HS 809 662.
- Margaritis, D., Hoogvelt, B., De Vries, Y., Klootwijk, C. & Mooi, H. (2005). *An analysis of Sport Utility Vehicles involved in road accidents*. Proceedings of the Nineteenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 370, Washington D.C., United States of America. June 2005.
- Monnet, S. (2001). *PSA's view on compatibility: a potential two-step approach to improve compatibility among the vehicle fleet*. Proceedings of the Seventeenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 343, Amsterdam, the Netherlands. June 2001.
- NIS, Nationaal Instituut voor de Statistiek (2005). *In het verkeer gebrachte nieuwe en tweedehands voertuigen*. <http://www.statbel.fgov.be>
- NHTSA Compatibility Integrated Project Team (2003). *Initiatives to address vehicle compatibility*. NHTSA-2003-14623-1, <http://www.nhtsa.dot.gov>
- O'Neill, B. (2003). *Some aspects of the relative safety of cars and SUV's*. Statement before the Committee on Commerce, Science, and Transportation. U.S. Senate, 26/02/2003.
- O'Neill, B. (2004). *Approaches to achieving vehicle safety improvements*. Statement before the Committee on Energy and Commerce. U.S. House of Representatives, 18/03/2004.
- Parenteau, C., Thomas, P. & Lenard, J. (2001). *US and UK field rollover characteristics*. Proceedings of the Seventeenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 167, Amsterdam, the Netherlands. June 2001.
- Schoon, C.C. & Hagesteijn, G.P.J.J. (1996). *Bestelauto's en verkeersveiligheid. Een ongevalanalyse met een onderverdeling naar bestelautocategorieën*. R-96-23. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam, Nederland.
- Summers, S.M., Hollowel, W.T. & Prasad, A. (2003). *NHTSA's research program for vehicle compatibility*. Proceedings of the Eighteenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 307, Nagoya, Japan. May 2003.
- Summers, S.M. & Prasad, A. (2005). *NHTSA's recent compatibility test program*. Proceedings of the Nineteenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 278, Washington D.C., United States of America. June 2005.
- Van Kampen, L.T.B. (2000). *De invloed van voertuigmassa, voertuigtype en type botsing op de ernst van letsel*. R-2000-10. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam, Nederland.
- Van Kampen, L.T.B. (2003). *Het ledig gewicht van motorvoertuigen*. R-2003-35. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam, Nederland.
- Verma, K.M., Lavelle, J.P. & Lange, R.C. (2003). *Perspectives on vehicle crash compatibility and relationship to other safety criteria*. Proceedings of the Eighteenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 412, Nagoya, Japan. May 2003.
- Verma, K.M., Lavelle, J.P., Tan, S.A. & Lange, R.C. (2003). *Injury patterns and effective countermeasures for vehicle collision compatibility*. Proceedings of the Nineteenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 173, Washington D.C., United States of America. June 2005.
- Wenzel, T.P. & Ross, M. (2005). *The effects of vehicle model and driving behavior on risk*. Accident Analysis and Prevention, 37, 479 – 494.

Zobel, R. & Schwarz, T. (2001). *Development of criteria and standards for vehicle compatibility*. Proceedings of the Seventeenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 140, Amsterdam, the Netherlands. June 2001.