

# De effectiviteit van airbag's in Nederland

*Een studie over de effectiviteit van airbag's en de mogelijke besparingen in de aantallen slachtoffers*

R-94-16

Dr. P.H. Polak & ing. C.C. Schoon

Leidschendam, 1994

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV  
Postbus 170  
2260 AD Leidschendam  
Telefoon 070-3209323  
Telefax 070-3201261

## Samenvatting

In 1994 zullen bijna alle nieuwe Amerikaanse personenauto's met een airbag op de bestuurdersplaats zijn uitgerust. Dit komt voort uit de verplichting om personenauto's van automatisch werkende beveiligingssystemen te voorzien. Ook in Europa zien we de laatste jaren een toenemende interesse voor de airbag. Een verplichtstelling, zoals in de Verenigde Staten voor automatisch werkende beveiligingsvoorzieningen, is echter in Europa voorlopig niet te verwachten.

In deze studie is berekend welk effect van een airbag in termen van besparingen van de aantallen slachtoffers bij verkeersongevallen te verwachten is. De berekening is gebaseerd op de effectiviteit van beveiligingsmiddelen als de autogordel en de airbag. De effectiviteit is gedefinieerd als de reductie van een bepaalde letselernst (zoals overlijden) als een populatie van inzittenden overgaat van het niet-gebruiken naar het wel gebruiken van het middel, terwijl alle andere factoren gelijk blijven.

Enkele Amerikaanse en Europese studies over de airbag zijn in dit rapport beschreven. In tegenstelling tot studies over de effectiviteit van de autogordel ontbreken gedegen studies over de effectiviteit van de airbag. Het meest bruikbaar blijkt de studie van de Amerikaan Evans te zijn, hoewel de effectiviteitscijfers van de airbag op kleine datasets en beschouwingen zijn gebaseerd. Bij onze berekeningen zijn deze cijfers gebruikt, waarbij geen onderscheid is gemaakt tussen de Amerikaanse (full size) airbag en de kleinere Europese airbag, ook wel Eurobag genoemd. Uit de Amerikaanse literatuur is ook bekend dat de airbag letsel kan veroorzaken. Dit letsel is evenwel gering van aard (schaafwonden, blauwe plekken) en ontstaat in hoofdzaak bij lichte aanrijdingen. Veelal betreft het inzittenden die geen gordel dragen.

Voor het bepalen van het effect van de airbag voor de Nederlandse situatie is de besparing van het aantal slachtoffers met ernstig letsel berekend voor het geval dat in 1992 in alle personenauto's een airbag aanwezig zou zijn geweest. Als referentiejaar is eveneens 1992 genomen met de aanname dat geen van de auto's die bij ongevallen waren betrokken, van een airbag was voorzien.

Twee scenario's zijn doorgerekend. De eerste betreft de aanname dat door de aanwezigheid van een airbag het gordelgebruik van bestuurders en voorpassagiers niet zal wijzigen. Het tweede scenario gaat er van uit dat 5% van de vroegere gordel dragers hun gordel niet meer zal omdoen als er een airbag in de auto aanwezig is.

Het resultaat van het eerste scenario (ongewijzigd gordelgebruik) is een reductie van 12% ( $\pm 2\%$ ) van het aantal slachtoffers onder de voorinzittenden van personenauto's. Dit zijn 55 tot 80 doden en 380 tot 550 ziekenhuisgewonden.

De uitkomst van het tweede scenario laat zien dat als de 5% van de voorinzittenden de gordel niet meer draagt, de reductie nog slechts 5,5% ( $\pm 2\%$ ) bedraagt. Dit geeft een besparing van 20 tot 40 doden en 140 tot 300 ziekenhuisgewonden.

Ter vergelijking met de resultaten van het eerste scenario is berekend dat dezelfde besparing (gemiddeld 67 doden en 470 ziekenhuisgewonden) bereikt kan worden door een verhoging van het draagpercentage van de gordel op de voorzitplaatsen met ca. 20% tot een niveau van ca. 95%. Een extra gordelgebruik van 20% weegt dus op tegen een volledige aanwezigheid van de airbag op beide voorzitplaatsen. Dit komt door de geringe additionele effectiviteit van de airbag als een gordel wordt gedragen: een toename van slechts 5% bovenop de effectiviteit van de gordel die 41% bedraagt.

Aanbevolen wordt nu al voorlichting te geven over het gecombineerde effect van autogordel en airbag. Amerikaanse cijfers tonen aan dat de aanwezigheid van een airbag niet veel invloed heeft op het draagpercentage van autogordels. Niet bekend is of dit aan voorlichting te danken is.

# Summary

## **The effectiveness of airbags in the Netherlands**

*A study of the effectiveness of airbags and the potential reduction in the number of road accident casualties*

In 1994, almost all new American passenger cars will have been fitted with an airbag on the driver's side. This results from the legal obligation to fit passenger cars with automatically operating safety systems. In Europe also, we note an increasing interest in the airbag in recent years. However, an obligation to fit automatically operating safety facilities as applicable in the United States is not to be expected in Europe in the near future.

This study calculates what the effect of an airbag is in terms of a reduction in the number of casualties in the event of a road accident. The calculation is based on the effectiveness of safety measures such as the seat belt and the airbag. 'Effectiveness' is defined as the reduction in a certain level of injury severity (including death) if a population of occupants were to commence use of the measure (where it did not prior to that time), while all other factors remain the same.

Some American and European studies about the airbag are described in this report. In contrast to studies concerning the effectiveness of the seat belt, detailed studies concerning the effectiveness of the airbag are not available.

The most useful has proven to be the study by Evans although the effectiveness figures for the airbag are based on small datasets and observations. We have used these figures in our calculations, making no distinction between the American (full-size) airbag and the smaller European airbag, also referred to as the Eurobag.

The American literature also notes that the airbag can lead to injury. However, this form of injury is minor in nature (grazes, bruises) and mainly results from minor collisions. Generally, this form of injury is found amongst passengers not wearing a seat belt.

In order to determine the effect of the airbag for the Dutch situation, the saving in the number of road accident casualties with serious injury is calculated in the hypothetical event that all passenger cars were fitted with an airbag in 1992. The reference year was also taken to be 1992, assuming that none of the cars involved in an accident were fitted with an airbag.

Two scenarios were calculated. The first concerns the assumption that, in the presence of an airbag, the frequency of seat belt use by drivers and front seat passengers will not change. The second scenario assumes that 5% of former seat belt wearers would no longer wear their seat belt if an airbag were present in the car.

The result of the first scenario (unchanged seat belt use) is a reduction of 12% ( $\pm 2\%$ ) in the number of victims amongst front seat occupants of passenger cars, representing 55 to 80 fewer fatalities and 380 to 550 fewer hospitalized casualties.

The result of the second scenario indicated that if 5% of front seat passengers were no longer to wear their seat belt, the reduction in the number of casualties would still be 5.5% ( $\pm 2\%$ ). This results in a saving of 20 to 40 fatalities and 140 to 300 hospitalized casualties.

In comparison to the results of the first scenario, it is calculated that the same saving (an average of 67 fatalities and 470 hospitalized casualties) can be realised by increasing the wearing percentage of the seat belt by front seat passengers by approximately 20%, to a level of approximately 95%. Therefore, a 20% rise in seat belt use would counteract the overall presence of the airbag on both front passenger seats. This is due to the minor additional effectiveness of the airbag if a seat belt is also worn: an increase of only 5% in addition to the effectiveness of the seat belt, which is calculated to be 41%.

It is recommended to commence information campaigns in advance about the combined effect of seat belt use and airbags. American figures have shown that the presence of an airbag does not exert a significant influence on the wearing percentage of seat belts. It is not known whether this can be attributed to information campaigns.

# Inhoud

## *Voorwoord*

1. *Inleiding*
2. *Het effect van airbag's en andere beveiligingsmiddelen in auto's*
  - 2.1. *Definities*
    - 2.1.1. *Beveiligingsmiddel*
    - 2.1.2. *Effectiviteit*
  - 2.2. *Waarnemingsmogelijkheden en beperkingen*
  - 2.3. *Methoden*
  - 2.4. *Effectiviteitscijfers*
    - 2.4.1. *De methode Evans (Double pair comparison)*
    - 2.4.2. *Andere methoden*
  - 2.5. *Amerikaanse resultaten*
  - 2.6. *Europese studies*
  - 2.7. *Letsel veroorzaakt door de airbag*
3. *Schatting van de effectiviteit van airbag's in Nederland*
  - 3.1. *Inleiding*
  - 3.2. *Methode*
  - 3.3. *Uitwerking van de methode voor de effectiviteit van airbag's*
4. *Resultaten*
5. *Conclusies*

## *Literatuur*

## *Bijlagen*

## Voorwoord

Deze studie gaat over de te bereiken besparing onder slachtoffers van verkeersongevallen als een beveiligingsmiddel wordt gebruikt, en wel specifiek de airbag. Vroegere studies van de SWOV behandelden andere beveiligingsmiddelen, zoals helmen voor bromfietzers en motorrijders, autogordels, kinderzitjes en hoofdsteunen.

Bij deze studie wordt uitgegaan van de hypothetische situatie dat alle personenauto's die in 1992 bij verkeersongevallen waren betrokken, op beide voorzitplaatsen van airbag's waren voorzien. Op deze wijze wordt voor dit jaar de maximaal mogelijke besparing van het aantal slachtoffers door de aanwezigheid van airbag's berekend. Tevens wordt het effect dat met de airbag kan worden bereikt, vergeleken met het effect van toename van het gordelgebruik.

De besparing heeft betrekking op ernstig gewonde inzittenden en overledenen. De airbag reduceert ook het aantal slachtoffers met minder ernstige letsels, zoals gelaatletsels. Tot dus ver is niet aangetoond in welke omvang dit het geval is. In dit rapport komt dit verder dan ook niet aan de orde.

In deze studie is geen kosten/batenberekening voor de airbag gemaakt. Een simpele berekening toont aan dat een forse investering met de airbag gemoeid is. Uitgaande van een kostprijs van f 1000,- voor de voorzitplaatsen, zou de investering in airbag's voor het Nederlandse personenautopark uitkomen op ca. 5 miljard gulden. Rekening houdend met een levensduur van de auto van gemiddeld ca. 10 jaar, spreken we over een investering van ca. 500 miljoen gulden op jaarbasis.

De batenkant, de kosten die worden bespaard als er minder slachtoffers vallen, is moeilijker te schatten omdat zoals gezegd geen inschatting is te maken van het aantal te besparen slachtoffers met minder ernstig letsel. Een ruwe berekening wijst uit dat de baten ongeveer eenderde bedragen van de kosten die met de investering in airbags is gemoeid. Dit onderstreept de uitkomst van een Finse berekening die eveneens op een beduidend negatieve kosten/batenverhouding voor de airbag uitkomt (Sleet & Kallberg, 1992).

Vooralsnog kunnen we verheugd zijn dat de automobielenindustrie op vrijwillige basis de airbag's aan de gebruikers aanbiedt. Hetzij als standaard voorziening, hetzij optioneel tegen meerprijs.

Of het ooit tot een verplichtstelling van de airbag moet komen, lijkt gezien de hoge investeringskosten zeer twijfelachtig.

Bij deze studie is gebruik gemaakt van rekenprogramma's die door de SWOV voor het Ministerie van Verkeer en Waterstaat zijn ontwikkeld. Met behulp van de programma's zijn de effecten van maatregelen berekend die ten doel hadden het gebruik van autogordels en kinderzitjes in personenauto's te bevorderen (Schoon & Van Kampen, 1992).

Deze studie over het effect van airbag's werd mede mogelijk gemaakt door de jaarlijkse financiële bijdrage van het Verbond van Verzekeraars, Afdeling Motorrijtuigen, voorheen de Nederlandse Vereniging van Automobiellasseuradeuren NVVA.



## 1. Inleiding

In de Verenigde Staten worden personenauto's door de fabrikanten reeds vele jaren op vrijwillige basis van airbag's voorzien. Van het modeljaar 1987 was reeds 10% van de personenauto's met airbag's uitgerust. Het aandeel breidde snel uit: de aanwezigheid in de modeljaren 1988 en 1989 bedroeg resp. 25 en 40% (Wells & Williams, 1993).

Sinds 1990 geldt in de Verenigde Staten voor personenauto's in de modeljaren 1990 en jonger de verplichting tot de aanwezigheid van een automatisch werkende beveiligingsvoorziening: hetzij automatische gordels (het aanleggen gaat automatisch), hetzij een airbag. Volgens het Amerikaanse Insurance Institute for Highway Safety (1993) zal met ingang van het modeljaar 1994 91% van de personenauto's zijn uitgerust met een airbag op de bestuurdersplaats en 63% met een airbag op de passagiersplaats rechts voor.

Mede door de Amerikaanse ontwikkelingen is ook in Europa een snelle groei van airbag's op gang gekomen. In de meeste gevallen is de voorziening nog optioneel; enkele fabrikanten leveren reeds standaard een airbag. In Europa is voorlopig nog geen regelgeving voor de verplichte aanwezigheid van airbag's te verwachten.

Uit de Amerikaanse literatuur is duidelijk op te maken dat de airbag niet als een op zich zelf staand beveiligingsmiddel beschouwd kan worden. Hij moet worden gezien als aanvulling op de beschermende werking van de autogordel.

De airbag is vooral effectief bij frontale en bijna frontale aanrijdingen. Hoe groot de effectiviteit van dit beveiligingsmiddel is, mede in combinatie met het gebruik van autogordels, komt in dit rapport aan de orde. Tevens wordt voor de Nederlandse situatie een schatting gemaakt van de besparing van de aantallen slachtoffers bij invoering van de airbag.

## 2. Het effect van airbag's en andere beveiligingsmiddelen in auto's

### 2.1. Definities

Deze studie gaat over beveiligingsmiddelen die inzittenden van een auto beschermen tijdens een botsing. Aan de orde is het bepalen van de mate van bescherming die een bepaald beveiligingsmiddel biedt. Omdat een beveiligingsmiddel zijn werk doet onder een grote variëteit van omstandigheden, al of niet in combinatie met andere beveiligingsmiddelen, met verschillende werking afhankelijk van aard en hevigheid van de botsing en ook afhankelijk van leeftijd en geslacht van de inzittenden, is het nodig een precieze betekenis toe te kennen aan de gebruikte begrippen. Hierbij wordt uitgegaan van het begrippenkader van Evans zoals door hem gebruikt in zijn boek 'Traffic safety and the driver' (Evans, 1991).

#### 2.1.1. Beveiligingsmiddel

Een beveiligingsmiddel is een inrichting aan een voertuig of aan een inzittende die tot doel heeft de kans op en/of de ernst van letsel bij een botsing te verminderen. Daaronder vallen naast gordels en airbag's bijvoorbeeld ook helmen, gelaagde voorruit en beschermende kleding.

#### 2.1.2. Effectiviteit

Het simpelst is de definitie van de effectiviteit van een bepaald middel bij een gegeven botsing (= een bepaald voertuig met een bepaalde snelheid onder een bepaalde hoek tegen een gegeven obstakel of ander voertuig) bij een inzittende van een gegeven geslacht, leeftijd en constitutie (= massa, afmetingen enz.), op een bepaalde plaats in het voertuig. Dan geeft het middel een reductie van het letsel, bijvoorbeeld in plaats van overlijden (ernstig) gewond.

Het is duidelijk dat deze effectiviteit niet geschikt is als karakteristiek van een beveiligingsmiddel, omdat deze alleen iets zegt over de effectiviteit bij die bijzondere omstandigheden. Het is wèl wat men tracht te meten bij botsproeven met dummy's, verdoofde dieren of kadavers. Het is ook de manier waarop eisen aan auto's voorzien van beveiligingsmiddelen geformuleerd worden. Wat met *de* effectiviteit van een beveiligingsmiddel bedoeld zou kunnen worden is door Evans als volgt geformuleerd: *'De effectiviteit van een beveiligingsmiddel is de reductie van het optreden van een bepaalde letselernst (zoals gedood worden) als een populatie van inzittenden overgaat van het allemaal niet gebruiken van het middel naar het allemaal wel gebruiken, terwijl alle andere factoren gelijk blijven'*.

In formule:

$$R = \frac{\text{aantal doden als iedereen beveiligd is}}{\text{aantal doden als niemand beveiligd is}}$$

Bij een ideaal middel is  $R = 0$ . Meestal wordt de effectiviteit gegeven door  $E = 1 - R$ , uitgedrukt in procenten.

Hier wordt de eerder genoemde specifieke effectiviteit dus beschouwd voor één bepaalde - onbeschermd - letselemst en geaggregeerd over alle in de praktijk voorkomende botsingen zoals die gebeuren met de in diezelfde praktijk voorkomende voertuigen, situaties en (onbeschermd) inzittenden. Omdat een beveiligingsmiddel in het algemeen niet alleen de kans om te overlijden verkleint, maar ook de kansen om min of meer ernstig gewond te raken, moet de effectiviteit eigenlijk gezien worden als een overgangsmatrix van slachtofferaantallen, of van kansen op een bepaalde letselemst. De aantallen onbeschermd overleden slachtoffers verdelen zich door gebruik van het beveiligingsmiddel over alle ernstcategorieën: van degenen die onbeschermd overleden zouden zijn is nog maar  $R = (1 - E)$  procent overleden, zoveel procent is 'slechts' zwaar gewond, zoveel procent is licht gewond en de rest is ongedeerd. Slachtoffers die onbeschermd zwaar gewond waren verdelen zich door het middel ook over de (voornamelijk minder ernstige) ernstcategorieën etcetera.

Een punt is nog onbesproken. Het toepassen van een mechanisch beveiligingsmiddel als de gordel of de airbag heeft niet alleen invloed op de afloop van botsingen, maar kan ook het menselijk (rij)gedrag beïnvloeden. Als hypothetisch voorbeeld beschouwen wij een beveiligingsmiddel dat - bij onveranderd gedrag - de kans om bij een botsing te overlijden halveert, maar dat het gedrag zodanig beïnvloedt dat het aantal dodelijke botsingen verdubbelt. Het *netto-resultaat* is dan dat het middel geen effect heeft op de aantallen doden. De definitie van Evans zou als effect 50% reductie opleveren. Het lijkt ons beter het netto-effect te hanteren. Dit laatste is ook het verwachte effect als een middel wordt ingevoerd (van 0% tot 100% aanwezigheid).

## 2.2. Waarnemingsmogelijkheden en beperkingen

De in de vorige paragraaf gedefinieerde effectiviteit is puur theoretisch: om deze te meten zouden twee situaties vergeleken moeten worden waarbij alles gelijk zou blijven, behalve het voor 100% aanbrenge van het beveiligingsmiddel (en eventueel het rijgedrag). Dit zou kunnen als een nieuw middel aselekt bij een deel van auto's toegepast zou worden. Dan zou de effectiviteit direct volgen uit de dubbelverhouding:

$$R = \frac{\text{aantal beveiligde gedode bestuurders/aantal beveiligde auto's}}{\text{aantal niet beveiligde gedode bestuurders/aantal niet beveiligde auto's}}$$

Door het aselekt beveiligen van een deel van de auto's wordt bereikt dat de groep beveiligde auto's representatief is voor alle auto's, zodat  $R$  een zuivere schatter wordt van de netto-effectiviteit. Als de aantallen al of niet beveiligde auto's niet bekend zouden zijn zou  $R$  ook berekend kunnen worden uit:

$$R = \frac{\text{aantal beveiligde gedode bestuurders/aantal beveiligde botsingen}}{\text{aantal niet beveiligde gedode bestuurders/aantal niet beveiligde botsingen}}$$

waarbij met (niet) beveiligde botsingen bedoeld worden botsingen met (niet) beveiligde auto's. Hierbij moet dan wel aangenomen worden dat het rijgedrag in beveiligde auto's niet zodanig gewijzigd is ten opzichte van dat in de niet-beveiligde auto's dat er meer, dan wel minder botsingen plaatsvinden.

Om de effectiviteit in de praktijk te meten zou idealiter van iedere botsing naast de aard en de ernst ook van alle inzittenden het al of niet gebruiken en het type beveiligingsmiddel bekend moeten zijn. De effectiviteit bepalen we dan door bij *vergelijkbare* botsingen niet-beveiligde inzittenden te vergelijken met beveiligde die op dezelfde plaats in het voertuig zaten. Het is echter een groot probleem om voor beide groepen vergelijkbare botsingen te selecteren. Evans (1991) geeft aan dat beveiligde bestuurders in veel opzichten een ander rijgedrag hebben dan niet-beveiligde. Het gaat hier niet om het eerder genoemde veranderde rijgedrag als gevolg van het gebruiken van het middel, maar om het feit dat in een situatie waarbij het middel maar in een deel van de voertuigen aanwezig is (dan wel gebruikt wordt) de populatie gebruikers een andere is dan de populatie niet-gebruikers. Ook rijden ze in andere voertuigen, is hun leeftijdsverdeling anders enz. Volgens Evans, die O'Day en Flora citeert, verschillen de groepen in bijna alle opzichten. In de literatuur komen verschillende methoden voor om met de problemen rekening te houden.

### 2.3. Methoden

Voor het in de praktijk bepalen van de effectiviteit gaan we uit van een situatie waarbij een deel van de autoverplaatsingen in een bepaalde periode beveiligd wordt afgelegd en een deel niet. Om de gedachten te bepalen behandelen we het reductiepercentage van het aantal doden. Als dat percentage berekend wordt met het quotiënt van het aantal doden met beveiliging en het aantal doden zonder beveiliging, dan moeten we nog rekening houden met de volgende verschillen tussen de twee groepen:

1. de in die periode afgelegde afstand;
2. het ongevallenquotiënt;
- 3a. de verdeling van de botsingen naar type en ernst, *zonder* gedragsverandering als gevolg van de aanwezigheid van het middel;
- 3b. idem, *door* de gedragsverandering als gevolg van de aanwezigheid van het middel;
4. systematische verschillen in de bovengenoemde punten 3a en/of 3b tussen de onderzochte deelverzameling botsingen en de overige botsingen indien de effectiviteit bepaald wordt uit een deelverzameling van alle botsingen.

Er is geen methode bekend die met alle punten rekening kan houden. Een groot probleem is dat de gegevens die nodig zijn voor de correctie in het algemeen niet of zeer beperkt beschikbaar zijn.

Zo wordt in Nederland door de politie niet geregistreerd hoeveel inzittenden een voertuig had dat bij een botsing betrokken was; alleen van de gewonden en de bestuurder worden gegevens in de registratie opgenomen. Ook wordt niet geregistreerd het aanwezig zijn of gebruiken van beveiligingsmiddelen. De ernst van de botsing kan alleen indirect worden afgeleid uit aantal en aard van de gewonden; maar die zouden we juist onafhankelijk daarvan willen weten.

Gelukkig worden deze gegevens in sommige landen wel geregistreerd. Zo kennen de V.S. het Fatal Accident Reporting System (FARS). Dit is een databank die beheerd wordt door de National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), een onderdeel van het federale Ministerie van Vervoer. In deze databank worden alle botsingen met dodelijke afloop opgenomen, vanaf 1 januari 1975. De gegevens over de botsing komen van de politie en bevatten ook veel eigenschappen van de betrokken voertuigen via het Vehicle Identification Number (VIN). Zo is bekend of het voertuig was uitgerust met beveiligingsmiddelen en welke dat waren. Ook wordt geregistreerd of de inzittenden beveiligingsmiddelen, zoals gordels, ook gebruikten. Sinds de invoering van de verplichting tot dragen van gordels in sommige staten van de V.S. (in New York vanaf 1984), is dit deel van de registratie echter minder betrouwbaar geworden (Evans, 1991).

Zoals eerder beschreven kan de effectiviteit van een beveiligingsmiddel bepaald worden als gegevens beschikbaar zijn van de letsels van alle inzittenden van alle bij botsingen betrokken voertuigen, terwijl van die inzittenden ook bekend moet zijn welk beveiligingsmiddel voor hen werkzaam was. Zelfs het Amerikaanse 'FARS' voldoet niet aan deze voorwaarde omdat alleen botsingen met dodelijke afloop geregistreerd worden en dus botsingen waarbij de inzittende(n) door een beveiligingsmiddel van de dood gered zijn niet in de analyse kunnen worden betrokken. Dit heeft tot gevolg dat bij alle in de praktijk gehanteerde methoden om de effectiviteit te bepalen veronderstellingen nodig zijn. Hoe minder gegevens over botsingen beschikbaar zijn, des te meer veronderstellingen er nodig zijn en des te onzekerder de resultaten. We zullen een aantal in de literatuur aangetroffen methoden bespreken, met de daarbij benodigde veronderstellingen.

## 2.4. Effectiviteitscijfers

### 2.4.1. De methode Evans (Double pair comparison)

Bij deze methode (Evans, 1986) wordt het effect van een beveiligingsmiddel voor bijvoorbeeld bestuurders bepaald door beveiligde en niet-beveiligde bestuurders te vergelijken, waarbij Evans een gelijke verdeling van de botsingsernst voor beide klassen bestuurders verkrijgt door bij voorbeeld fatale botsingen te selecteren met een niet-beveiligde voorpassagier. De effectiviteit volgt dan uit de dubbelverhouding:

$$R = \frac{\frac{\text{aantal beveiligde gedode bestuurders}}{\text{aantal niet-beveiligde gedode voorpassagiers}}}{\frac{\text{aantal niet-beveiligde gedode bestuurders}}{\text{aantal niet-beveiligde gedode voorpassagiers}}}$$

Omdat maar bij een deel van de botsingen twee voorzittenden betrokken zijn en daarbij die voorzittenden meestal gelijk beveiligd zijn, kan deze methode alleen in de V.S. voor gordels toegepast worden (met behulp van de FARS-data. Alleen daar vinden voldoende grote aantallen dodelijke botsingen plaats.

Deze methode houdt rekening met de verschillen 1, 2 en 3a van par. 2.3. Zij is ongevoelig voor gedragsverandering omdat de passagier daarvan evenveel invloed ondervindt.

Belangrijk is dat de grote groep botsingen met alleen de bestuurder aanwezig niet in de cijfers tot uiting komt, terwijl aannemelijk is dat die andere verdelingen volgens punt 3a heeft. Evans beredeneert dat de systematische afwijking door alleen uit te gaan van botsingen met meer dan één inzittende niet meer dan ruim 1% is. Zijn veronderstelling is dus dat de verdeling naar ernst en type van botsingen met twee of meer inzittenden gelijk is aan die met slechts één inzittende. Hij houdt ook geen rekening met een eventuele gedragswijziging door de aanwezigheid van het beveiligingsmiddel, maar dat is in overeenstemming met zijn definitie van de effectiviteit.

De methode van de Double pair comparison is tot op heden voor airbag's nog niet gerapporteerd. Airbag's zijn dan ook pas enkele jaren in grotere aantallen toegepast. Evans schat de effectiviteit van de airbag door aan te nemen dat deze even veel bescherming biedt als de driepuntsgordel bij frontale en bijna-frontale botsingen, behalve voor het risico ten gevolge van uit de auto geslingerd worden. De hierbij gebruikte effectiviteit van de driepuntsgordel is wel volgens de Double pair comparison methode bepaald.

#### 2.4.2. *Andere methoden*

Een andere wijze van onderzoeken (Chillon et al., 1987) gaat uit van bij botsingen betrokken voertuigen en vergelijkt dan de *aandelen* omgekomen bestuurders, beschermde versus onbeschermd. Hierbij wordt rekening gehouden met de verschillen 1, 2 en 3b, terwijl 4 niet aan de orde is omdat alle botsingen meetellen. Chillon et al. meten zo de effectiviteit van de gordel en maken een schatting voor de airbag door redeneren.

Sleet en Kallberg (1992) schatten de effectiviteit van de airbag door een steekproef van dodelijke botsingen te analyseren: zou een airbag een bepaalde inzittende gered hebben?

Zador (1993) bepaalt de relatieve reductie in aantallen doden door aanwezigheid van airbag's door het quotiënt van beschermde doden en onbeschermd doden bij frontale botsingen te corrigeren met hetzelfde quotiënt voor niet-frontale botsingen (waarvoor de airbag niets helpt). Hierbij wordt rekening gehouden met de verschillen 1 en 2, terwijl 4 niet aan de orde is. Een veel groter probleem is het feit dat niet veel bekend is over het in gebruik zijn van de gordel bij botsingen. Het gemeten effect is een gemiddelde over het relatief geringe (extra) effect als de gordel wel gedragen wordt en het grote effect voor verder onbeschermd bestuurders.

Door het Insurance Institute for Highway Safety (IIHS, 1993) zijn auto's met de verplichte airbag vergeleken met verder overeenkomstige auto's zonder airbag. Hierbij wordt rekening gehouden met de verschillen 3a en 3b, terwijl 4 niet aan de orde is. Aangenomen is dat de verschillen van de punten 1 en 2 klein zijn door recente nieuwe auto's te vergelijken. Ook hier is het effect gemeten bij (niet goed bekend) gordelgebruik.

#### 2.5. Amerikaanse resultaten

Tot 1993 is de effectiviteit van airbag's alleen uit zeer kleine dataset's of door redeneren geschat. Evans (1991) komt tot de volgende cijfers:

driepuntsgordels	41% ± 4%
airbag's	17% ± 4%
airbag's + gordels	46% ± 4%

(De cijfers achter ± geven de onzekerheid in het antwoord weer door de geschatte standaarddeviatie van de toevallige fout. Men kan daar een 95%-betrouwbaarheidsinterval van maken door deze cijfers te vermenigvuldigen met 1,96, zodat een marge van ± 8% resulteert).

Het gaat hier overigens om gemiddelde reductiepercentages voor bestuurders en voorpassagiers van personenauto's.

We kunnen hieruit afleiden dat iemand die overgaat van het gebruiken van de driepuntsgordel naar het alleen vertrouwen op de airbag een factor  $(1 - 0,17)/(1 - 0,41) = 1,41$  meer kans maakt als gevolg van een botsing in het verkeer te overlijden. Dit komt neer op een toename van 41%!

Zou hij de gordel blijven dragen dan vinden we  $(1-0,46)/(1-0,41) = 0,92$ , wat neerkomt op een verkleining van de kans te overlijden van 8%.

Resumerend kunnen we de volgende effectiviteitpercentages geven:

van niet-dragen naar dragen van de gordel:	41%
van niet-dragen naar alleen de airbag:	17%
van gordeldragen naar gordel + airbag:	8%

De hier gegeven percentages hebben betrekking op het *wel* of *niet* dragen van de gordel. Als we dit doorberekenen naar draagpercentages in een bepaald land, moeten we dus percentages vinden die tussen de 8% (bij 100% gordeldragen) en 17% (bij 0% gordeldragen) liggen. Voor de volgende drie landen zien de effectiviteitspercentages voor het toevoegen van de airbag er dan als volgt uit:

Land	Draagpercentage	Effectiviteit bij toevoeging airbag aan gordel
Duitsland	96% (1990)	9%
Nederland	72% (1992)	12%
V.S.	63% (1989-1992)*)	13%

\*) ongewogen gemiddelde van 4 Amerikaanse Staten (Wells & Williams, 1993).

In de literatuur is tot dus ver maar één bron bekend om de hiervoor genoemde theoretische cijfers van Evans te kunnen verifiëren. Het betreft hier een studie van het Amerikaanse Insurance Institute for Highway Safety (IIHS, 1993). Dit instituut rapporteert een reductie met 16% van het aantal overleden bestuurders in auto's met airbag (en gordels) ten opzichte van overigens vergelijkbare auto's met alleen gordels. Om in te zien dat dit cijfer in overeenstemming is met de theoretische cijfers van Evans zouden we ook het corresponderende draagpercentage moeten weten. Door het Insurance Institute wordt dit echter niet genoemd.

Als we uitgaan van een draagpercentage van 63% zoals in de tabel hiervoor is vermeld, hadden we voor het toevoegen van de airbag aan de gordel een effectiviteit van 13% mogen verwachten. Dat dit cijfer niet in overeenstemming met het vastgestelde percentage van 16 is kan twee dingen betekenen (uitgaande dat het Amerikaanse onderzoek correct is

uitgevoerd). Of het draagpercentage van de bestuurders bij de onderzochte ongevallen is beduidend lager, dan wel het effect van de gordel + airbag ligt wat hoger dan het aangegeven percentage van 46%. Rekening houdend met de bij dit cijfer genoemde spreiding van  $\pm 4\%$ , is vastgesteld dat de veronderstelde afwijking nog juist binnen de marge ligt.

Andere Amerikaanse onderzoeken komen met totale reductiecijfers, gebaseerd op botsingen waarbij airbag's een rol speelden. Deze cijfers zijn aggregaten over de groepen inzittenden die veiligheidsgordels droegen en hen die dat niet deden, zodat ze niet zonder meer te vertalen zijn naar een cijfer dat aangeeft hoeveel het effect zou zijn als de airbag in iedere auto werd aangebracht. Omdat het Amerikaanse gordeldraaggedrag anders is dan dat bij ons zijn de cijfers niet zonder meer op de Nederlandse situatie toepasbaar. Ze vallen wel binnen de marges van de cijfers van Evans.

## 2.6. Europese studies

Tot dus ver waren de Amerikaanse airbag's aan de orde. Deze zogenaamde 'full size airbags' hebben een volume van tenminste 60 liter, ontwikkeld vanuit de (inmiddels achterhaalde) gedachte dat ze voldoende bescherming zouden moeten bieden als geen gordel werd gedragen.

Gebaseerd op de Amerikaanse ervaringen is men in Europa ervan uitgegaan dat de gordel wel gedragen wordt en dat de airbag additionele bescherming moet bieden. Het volume van de Europese airbag (Eurobag) werd derhalve gehalveerd tot 30 liter. Dit neemt niet weg dat er in Europa ook wel personenauto's worden afgeleverd met 'full size airbags', mede vanwege de Amerikaanse markt.

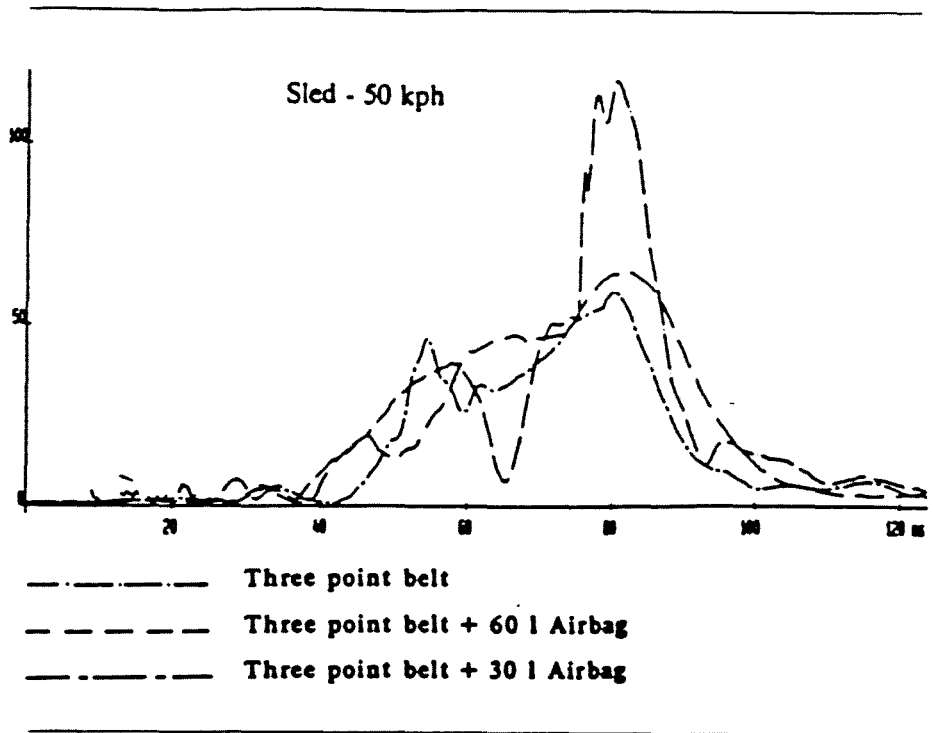
Door Kozyreff (1993) zijn proeven beschreven waarbij de 30 l airbag's worden vergeleken met de 60 l airbag's. Sledeproeven bij een botsnelheid van 50 km/uur tonen het geringe verschil in de resulterende hoofdvertraging tussen de 30 en 60 l airbag, beide in combinatie met de driepuntsgordel (zie Afbeelding 1). Ter vergelijking is in de grafiek ook de curve van de hoofdvertraging bij gebruik van alleen een driepuntsgordel toegevoegd; de waarde van deze hoofdvertraging is bijna een factor twee groter dan die bij de beide airbag's.

Ook voor wat de borstvertraging betreft doet de 30 l airbag niet onder voor de 60 l. De piekvertraging van de 60 l airbag ligt zelfs op een hoger niveau dan dat van de 30 l (zie Afbeelding 2). Hier is ook nog een curve van een driepuntsgordel met gordelspanner opgenomen.

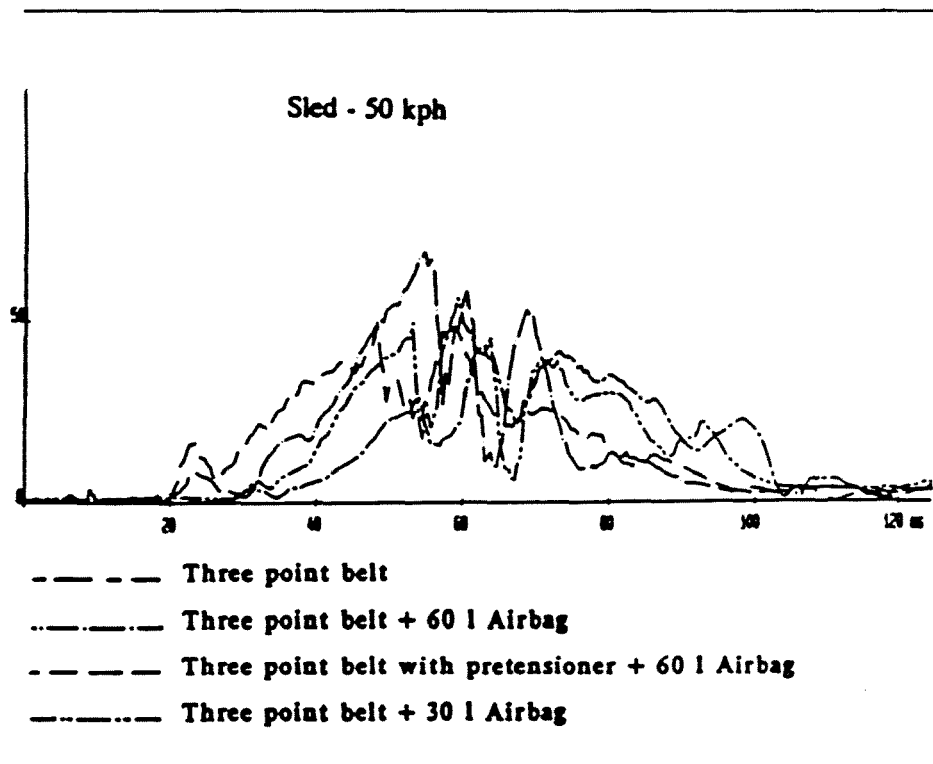
Vanwege het ontbreken van praktijkervaring in ongevallensituaties mogen geen harde conclusies aan gepresenteerde cijfers worden verbonden. Zolang meer-onderbouwde cijfers ontbreken, zal voor deze studie een aanname gedaan moeten worden. Gesteld wordt dat met betrekking tot de effectiviteit de Eurobag en Amerikaanse full size airbag op een vergelijkbaar niveau liggen.

In de overige Europese recente literatuur zijn twee pogingen te vinden om de effectiviteit van airbag's te bepalen. Beide gaan niet uit van gegevens over botsingen met airbag's, maar beredeneren voor een onderzoekpopulatie van botsingen of de airbag de inzittenden beschermd zou hebben.





Afbeelding 1. *Head resultant acceleration and HIC.*



Afbeelding 2. *Thorax resultant acceleration.*

Men laat hier in het midden of het dan gaat over de Amerikaanse full size airbag of de Eurobag.

De eerste studie is in Frankrijk uitgevoerd (Chillon et al., 1987). Men stelde een effectiviteit van 54,4% vast waarbij werd aangegeven dat het een optimistische schatting was. Dit omdat in de eerste plaats geen rekening wordt gehouden met de afwijkende verdeling van de ernst bij botsingen met bestuurders die geen gordel dragen (verschil volgens punt 3a). In de tweede plaats wordt de effectiviteit van de airbag voor de frontale botsingen arbitrair op 100% gesteld. In de Amerikaanse literatuur (Huelke et al., 1979; Viano, 1991) wordt algemeen aangenomen dat het maximaal haalbare effect voor doden 50% is. Anders gezegd: de helft van de dodelijke botsingen zonder bescherming is met welke beschermingsmiddel dan ook niet overleefbaar.

De tweede studie die in Finland is uitgevoerd (Sleet & Kalberg, 1992) is vergelijkbaar met de Franse. Hier werd echter een aanmerkelijk deel van de botsingen niet overleefbaar geacht, uitgaande van het dragen van een gordel en aanwezigheid van een airbag. De effectiviteit van de airbag werd geschat op 18%, maar dan additioneel aan het al gangbare gordelgebruik. Dit cijfer is niet in tegenspraak met de cijfers van Evans, maar voor ons doel niet bruikbaar.

## 2.7. Letsel veroorzaakt door de airbag

Ondanks het gunstige effect van de airbag ter reducering van ernstig letsel is uit de Amerikaanse literatuur bekend dat de airbag ook letsel kan veroorzaken. Dit letsel is evenwel gering van aard en ontstaat in hoofdzaak bij lichte aanrijdingen. Als er bij dergelijke aanrijdingen geen airbag aanwezig zou zijn geweest, zou er waarschijnlijk helemaal geen letsel zijn ontstaan.

Algemeen wordt aangenomen dat het letsel ten gevolge van de airbag ontstaat tijdens het ontplooiën van de airbag. Veelal betreft het inzittenden die geen gordel dragen. Verondersteld wordt dat ze dan te ver naar voren zitten waardoor ze met de airbag in aanraking komen die met grote snelheid het compartiment binnendringt. Dit in tegenstelling tot de inzittende die voldoende ver naar achteren - achter de gordel - zit. Deze inzittende komt 'pas' met de airbag in aanraking als hij al ontplooit is, mede door de voorwaartste beweging van de inzittende ten gevolge van de voertuigvertraging.

National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA, 1993) heeft ruim 1200 aanrijdingen van personenauto's onderzocht waarbij de airbag's zijn ontplooid. Onderzoekers hebben vastgesteld dat de airbag bij 273 aanrijdingen (ca. 20%) letsel heeft veroorzaakt bij 280 inzittenden. Van deze 280 inzittenden raakten 270 (96%) slechts zeer licht gewond: AIS 1 op de AIS-schaal van 1 t/m 6 waarbij AIS 1 licht gewond is en AIS 6 dodelijk gewond. De lichte letsels bij het Amerikaanse onderzoek betroffen schaafwonden, blauwe plekken, snijwonden en brandwonden veroorzaakt door het uitstromende hete gas. Tien inzittenden hadden wat ernstiger letsel (AIS 2) zoals botbreuken. Geen van de inzittenden had een letsel in de AIS-schaal 3.

Elders zijn wel ernstiger letsels ten gevolge van de werking van de airbag vastgesteld, zelfs dodelijke letsels, die in nagenoeg alle gevallen te herleiden zijn tot foutieve zitposities. Twee dodelijke ongevallen met kinderen zijn bekend waarvan één in Italië, waarvan bekend is dat de kinderen

voarin de auto stonden of zaten zonder gebruik te maken van een beveiligingsmiddel.

Zoals reeds is gesteld ontstaan de meeste minder ernstige letsels bij lichte aanrijdingen. Verwacht wordt dat toekomstige airbag's op een meer doordachte wijze zullen ontplooiën. Factoren als botsingsemst, gordelgebruik, afstand van de inzittende tot de airbag zullen dan mede bepalend zijn of en in welke mate de airbag ontplooit. Een dergelijke ontwikkeling zal zeker bijdragen aan de reductie van het aantal minder ernstige letsels veroorzaakt door de airbag.

### 3. Schatting van de effectiviteit van airbag's in Nederland

#### 3.1. Inleiding

Omdat er geen effectiviteitsgegevens beschikbaar zijn die specifiek voor de Nederlandse (Europese) situatie gelden, moeten cijfers uit de literatuur gehaald worden die naar verwachting het best op ons land toepasbaar zijn. Dit zijn de door Evans berekende effectiviteitscijfers voor de diverse beveiligingsmiddelen. Deze cijfers bieden de mogelijkheid afzonderlijk de besparing van aantallen slachtoffers te berekenen bij het wel en niet dragen van de autogordel bij auto's die van airbag's zijn voorzien. Overeenkomstig het gestelde in par. 2.6 maken we wat de effectiviteit betreft geen onderscheid tussen de Amerikaanse (full size) airbag en de Eurobag.

#### 3.2. Methode

Voor de schatting van het effect van invoering van de airbag in Nederland wordt uitgegaan van een situatie zonder airbag's, die vergeleken wordt met een situatie waarbij iedere personenauto voorzien is van een airbag voor de bestuurder en één voor een voorpassagier. Aangenomen wordt dat de effectiviteit van gordels, airbag's en hun combinatie dezelfde is als die door Evans geschat is voor de Amerikaanse situatie. De Nederlandse aantallen overleden verkeersslachtoffers worden eerst teruggerekend naar de situatie zonder gordels, dan worden de door Evans geschatte factoren toegepast op de deelverzamelingen wel- en niet-gordel dragers onder die slachtoffers. Omdat de aantallen in die deelverzamelingen niet waargenomen kunnen worden, worden ze geschat uit het totale aantal overleden auto-inzittenden, gecombineerd met gemeten gordeldraagpercentages. Hetzelfde wordt gedaan voor de in ziekenhuizen opgenomen slachtoffers. Omdat cijfers over de effectiviteit van airbag's en gordels voor deze groep ontbreken, wordt in deze studie voor de in ziekenhuizen opgenomen slachtoffers een effectiviteit aangenomen die even groot is als bij de berekening betreffende de overleden slachtoffers.

Voor de berekening van de besparing van het aantal overleden en van in een ziekenhuis opgenomen slachtoffers zijn de volgende twee rekenprogramma's gebruikt:

- hoofdprogramma: berekening van de besparing van slachtoffers als beveiligingsmiddelen als autogordels, helmen, airbag's zouden zijn gebruikt;
- subprogramma: berekening van de verdeling van overleden en gewonde passagiers naar voor- en achterzitplaats.

Het hoofdprogramma gaat uit van het aantal slachtoffers in een bepaald jaar, de effectiviteit van bepaalde beveiligingsmiddelen en het gebruik van het beveiligingsmiddel in een bepaald jaar. Door een nieuw gebruikpercentage op te geven, wordt de besparing ten opzichte van de oude situatie berekend.

Een subprogramma moest worden opgesteld om het aantal slachtoffers op de voorzitplaatsen te berekenen. De VOR- (of CBS-) cijfers geven namelijk alleen het totale aantal slachtoffers in een personenauto dat bij een ongeval was betrokken en geen verdelingen van het aantal slachtoffers naar voor- en achterzitplaatsen. Op basis van enkele grootheden die empirisch

zijn vastgesteld, is deze verdeling te berekenen. Hierbij worden volgende variabelen gebruikt: aantal slachtoffers verdeeld naar ernst; bezettingsgraad; risicoverhouding voor/achter; draagpercentages; effectiviteit van autogordels.

Voor de formules van beide programma's en hun afleidingen, wordt verwezen naar de Bijlagen 1 en 2. Schoon & Van Kampen (1992) hebben de in de rekenprogramma's toegepaste waarden voor de variabelen nader toegelicht.

### 3.3. Uitwerking van de methode voor de effectiviteit van airbag's

Voor het bepalen van het effect van de airbag voor de Nederlandse situatie is het eerder genoemde hoofdprogramma gebruikt. Als referentiejaar is 1992 genomen (genoemd *oude situatie*) waarbij is aangenomen dat bij de auto's die bij ongevallen waren betrokken geen airbag aanwezig was. De *nieuwe situatie* is hetzelfde jaar 1992 waarbij is aangenomen dat *alle* auto's die bij ongevallen waren betrokken van airbag's waren voorzien. Voor dit hypothetische geval is berekend hoeveel slachtoffers bespaard zouden zijn gebleven. Dit is gegeven de huidige omstandigheden het maximaal te bereiken effect.

De invoer voor het rekenprogramma betreft de volgende gegevens:

- de omvang van het aantal overleden en in ziekenhuizen opgenomen bestuurders en passagiers van personenauto's in 1992;
- het percentage gordelgebruik en de effectiviteit van de gordel in 1992;
- de effectiviteit van de airbag;
- twee scenario's voor het gordelgebruik bij aanwezigheid van een airbag.

Per onderdeel zijn de getalwaarden vastgesteld.

#### *Omvang slachtoffers in 1992*

Aantal overleden bestuurders: 425

Aantal in een ziekenhuis opgenomen bestuurders: 2844

Aantal overleden passagiers (voor en achter): 201

Aantal in een ziekenhuis opgenomen passagiers (voor en achter): 1604

Met behulp van het subprogramma is berekend:

Aantal overleden voorpassagiers: 151

Aantal in een ziekenhuis opgenomen voorpassagiers: 1164

#### *Percentage gordelgebruik en gordeffectiviteit*

De SWOV inventariseert al vele jaren het *gordelgebruik* van auto-inzittenden (IMA-metingen). Voor bestuurders en de voorpassagiers zijn in de tabel de resultaten in de jaren 1989 t/m 1992 voor binnen en buiten de bebouwde kom gezamenlijk opgenomen (Oei, 1993).

Jaar	Draagpercentages autogordels	
	bestuurders	voorpassagiers
1989	69	73
1990	68	73
1991	68	72
1992	72	75

Er is dus sprake van een redelijk stabiel beeld met een toename in 1992 ten opzichte van de voorgaande jaren van ca. 3%.

De *gordeffectiviteit* is eerder door de SWOV gesteld op 40% (Schoon & Van Kampen, 1992). Overeenkomstig het door Evans (1991) genoemde cijfer wijzigen we dit percentage in 41% voor fataal letsel. Aangenomen wordt dat voor ernstig letsel (opname in een ziekenhuis) dezelfde effectiviteit geldt.

#### *Effectiviteit van de airbag*

De cijfers van Evans (1991) zoals genoemd in par. 2.5 kunnen worden overgenomen:

Driepuntsgordels: 41% ± 4%  
Airbag's: 17% ± 4%  
Airbag's + gordels: 46% ± 4%

N.B. Evenals bij autogordels is vastgesteld, zou de relatie tussen effectiviteit en aanwezigheid van de airbag geen lineair verloop kunnen hebben. Voor gordels bleek bij een kleiner gebruikspercentage een geringere effectiviteit van de gordel, waarschijnlijk omdat de beginnende groep dragers een ander (veiliger) rijgedrag vertoont. Voor die groep rijders heeft een gordel relatief gezien wat minder effect. Door uit te gaan van een 100% aanwezigheid van de airbag, behoeven we geen rekening te houden met een eventueel a-lineair verloop.

#### *Twee scenario's voor het gordelgebruik bij aanwezigheid van een airbag*

Overgaand van een situatie zonder airbag naar een met airbag kunnen individuele bestuurders en voorpassagiers hun gordelgebruik wijzigen. Twee niet ondenkbeeldige scenario's zullen worden doorgerekend:

scenario 1: het gordelgebruik blijft ongewijzigd;

scenario 2: groepen bestuurders en voorpassagiers wijzigen hun gordelgebruik.

#### *Scenario 1: Het gordelgebruik blijft ongewijzigd*

In het rekenmodel wordt met twee groepen rekening gehouden, de dragers en de niet-dragers. Voor de nieuwe situatie zullen de percentages van de oude situatie worden overgenomen.

#### *Scenario 2: Groepen bestuurders en voorpassagiers wijzigen hun gordelgebruik.*

Zowel in de oude als in de nieuwe situatie kan van wel en geen gordelgebruik worden uitgegaan, zie de onderstaande matrix.

---

		Gordelgebruik	
		nee	ja
aanwezigheid	nee	1	2
	ja	3	4

---

Uitgaande van een situatie van geen airbag naar een situatie met de volledige aanwezigheid van airbag's, zijn er vier mogelijkheden:

A: van 1 --> 3: blijvend geen gordelgebruik

B: van 1 --> 4: van geen gordelgebruik naar wèl gordelgebruik

C: van 2 --> 3: van wèl gordelgebruik naar géén gordelgebruik

D: van 2 --> 4: blijvend gordelgebruik

In kwalitatieve zin kan worden genoemd dat categorie B (van géén gordelgebruik naar wèl gordelgebruik) het hoogste percentage voor de effectiviteit oplevert. Categorie C (van gordelgebruik naar géén gordelgebruik) levert een negatief percentage op. Met aannamen kan voor elke categorie worden aangegeven met welk aandeel het gebruikspercentage van de gordel wijzigt. Voor de vier mogelijkheden van het matrix bespreken we de wijzigingen.

*Categorie A: Blijvend geen gordelgebruik.*

Aangenomen mag worden dat het overgrote deel van de oude groep niet-gordel dragers de gordel ook bij aanwezigheid van de airbag niet gebruikt.

*Categorie B: Van geen gordelgebruik naar wèl gordelgebruik.*

Op basis van de aanname bij categorie A gaat 5 percentagepunten van de niet-dragers de gordel in de nieuwe situatie met de airbag dragen. Naar mate met voorlichting duidelijker wordt gemaakt dat een airbag veel effectiever is in combinatie met het dragen van de gordel, kan dit percentage toenemen.

*Categorie C: Van wel gordelgebruik naar géén gordelgebruik.*

Deze categorie betreft de mensen die denken dat een airbag een bescherming biedt die niet voor de gordel onder doet. We stellen dit aandeel op 5 percentagepunten. Ook hier geldt dat bekendheid over het gecombineerde effect van gordel en airbag dit aandeel kan doen afnemen.

Overigens is volgens Amerikaanse metingen dit percentage aan de hoge kant. Daar werd vastgesteld dat het verschil tussen het gebruik van de gordel in geval al dan niet een airbag aanwezig was, slechts enkele procenten bedroeg (Wells, 1993).

*Categorie D: Blijvend gordelgebruik*

Het percentage gordelgebruikers stellen we even hoog als bij scenario 1, namelijk 72%. Op grond van deze aannamen worden voor beide scenario's de volgende percentages in het hoofdprogramma gebruikt.

*Scenario 1: Percentages gordel dragers*

bestuurders: 72% (niet-gordel dragers: 28%)

voorpassagiers: 75% (niet-gordel dragers: 25%)

*Scenario 2: Percentages gordel dragers en niet-dragers*

voor resp. bestuurders en voorpassagiers:

gordel dragers 67 - 70%

niet-gordel dragers 28 - 25%

ex-gordel dragers 5 - 5%

Bovengenoemde cijfers zijn terug te vinden in de berekeningen in de voorbeelden bij Bijlagen 1 en 2.

## 4. Resultaten

Met het hoofdprogramma is de besparing van het aantal slachtoffers berekend als zouden in 1992 in alle personenauto's airbag's aanwezig zijn geweest.

Voor scenario 1 (geen wijziging in gordelgebruik) zouden zijn bespaard (zie voorbeeld Bijlage 3):

50 ( $\pm 10$ ) bestuurders en 17 ( $\pm 3$ ) voorpassagiers onder de doden;  
337 ( $\pm 70$ ) bestuurders en 135 ( $\pm 15$ ) voorpassagiers onder de ziekenhuis-slachtoffers.

Voor de beide categorieën slachtoffers is de besparing 12% ( $\pm 2\%$ ) van het totale aantal slachtoffers onder auto-inzittenden in 1992.

Voor scenario 2 (gewijzigd gordelgebruik) zouden zijn bespaard (zie voorbeeld Bijlage 4):

24 bestuurders en 8 voorpassagiers onder de doden;  
162 bestuurders en 62 voorpassagiers onder de ziekenhuisslachtoffers.  
Het aandeel bespaarde slachtoffers ten opzichte van het totale aantal slachtoffers onder auto-inzittenden bedraagt nu 5,5%.

Hieruit kan worden vastgesteld dat als van de gordel dragers in de oude situatie 5% minder de gordel gaat dragen als er in de auto een airbag aanwezig is, ca. 35 doden en 250 ziekenhuisgewonden minder worden bespaard (dit betreft de bestuurders en voorpassagiers samen).

Voor scenario 1 is verder nog nagegaan hoe de besparing onder de verongelukte voorinzittenden van personenauto's tot stand is gekomen. Voor de gordel dragers draagt de verhoging van de effectiviteit van 41% naar 46% bij aan een reductie van 5% op het totale aantal doden. De verhoging van de effectiviteit voor de niet dragers van 0% naar 17% draagt bij aan een reductie van 7%. Gezamenlijk betreft dit het hiervoor al genoemde percentage van 12%.

Zowel de gordel dragers als de niet dragers dragen dus voor een nagenoeg even groot aandeel bij aan de besparing van het aantal overleden slachtoffers, ondanks dat het percentage gordel dragers beduidend hoger is ten opzichte van de niet dragers. Dit heeft te maken met de geringe toename in effectiviteit van de airbag als reeds een gordel gedragen wordt.

In het verlengde hiervan is berekend hoeveel het draagpercentage in de 'oude' situatie (dus geen airbag) moet toenemen, wil dezelfde besparing worden bereikt als met een aanwezigheidspercentage van de airbag van 100%.

Dit bleek een toename van 20% te zijn, zowel voor de bestuurder als de voorpassagier. Met andere woorden: als in de huidige situatie de gordel door 92% van de bestuurders en door 95% van de voorpassagiers zou worden gedragen, is het effect even groot als bij een aanwezigheid van de airbag van 100%.



## 5. Conclusies

Als in 1992 alle personenauto's in Nederland op beide voorzitplaatsen van airbag's voorzien waren geweest, zou dit 55 tot 80 doden onder de doden van voorinzittenden van personenauto's hebben bespaard. Een reductie van 12% ( $\pm 2\%$ ). Voor de ziekenhuisgewonden komt de berekening uit op een besparing van 380 tot 550.

Daarnaast reduceert de airbag de kans op minder ernstige letsels. Vanwege het ontbreken van gegevens kon de omvang hiervan niet worden gekwantificeerd. De airbag is echter ook de veroorzaker van minder ernstig letsel dat veelal ontstaat omdat de gordel niet gedragen wordt.

Het aantal te besparen slachtoffers onder de doden en ziekenhuisgewonden is absoluut gezien groot. Ter vergelijking is berekend dat eenzelfde besparing kan worden bereikt door een toename van het draagpercentage van de gordel op de voorzitplaatsen met 20% tot een niveau van 92-95%. Een niveau dat voor Nederland niet haalbaar lijkt te zijn, maar in landen als Duitsland en Engeland de laatste jaren gebruikelijk is.

Dat 20% meer gordelgebruik opweegt tegen een volledige aanwezigheid van de airbag, ligt besloten in de geringe additionele effectiviteit van de airbag als een gordel wordt gedragen: een toename van slechts 5% bovenop de effectiviteit van de gordel die 41% bedraagt.

De niet-gordel dragers hebben nog het meeste baat bij een airbag, daar de effectiviteit van de airbag alleen 17% bedraagt.

In termen van aantallen te besparen slachtoffers wordt de situatie beduidend verergerd als de gordel drager bij aanwezigheid van een airbag de gordel niet meer omdoet: de effectiviteit van de beveiliging daalt dan van 41% naar 17%. Als 5% van de voorinzittenden hun gordel niet meer zou dragen omdat een airbag aanwezig is, zou de hiervoor genoemde besparing dalen met ca. 35 doden en 250 ziekenhuisgewonden. Overigens duiden Amerikaanse metingen er op dat de airbag het gordelgebruik slechts in geringe mate beïnvloedt. Of dit dankzij voorlichting is, is niet bekend.

Omdat cijfers over de effectiviteit van de Eurobag (een kleinere uitvoering van de Amerikaanse full size airbag) ontbreken, is bij de hier gemaakte berekeningen uitgegaan van effectiviteitscijfers van de Amerikaanse airbag. Aangenomen wordt dat het cijfer dat voor de gecombineerde effectiviteit (gordel en airbag) is gebruikt, redelijk goed met de werkelijkheid overeen zal komen. Als geen gordel wordt gedragen, zou de effectiviteit van de Eurobag wel eens geringer kunnen zijn dan die van de Amerikaanse airbag.

Ondanks dat de airbag nog weinig in Nederlandse personenauto's aanwezig is, wordt aanbevolen spoedig met voorlichting te benadrukken dat de gordel gedragen moet worden, ook al is een airbag aanwezig.

Verheugend is dat de automobiellindustrie reeds op vrijwillige basis de airbag's aan gebruikers aanbiedt. Gezien de hoge investeringskosten van de airbag en gezien het grote rendement van de autogordel, lijkt een verplichtstelling van de airbag zeer twijfelachtig.

## Literatuur

- Chillon, C. et al. (1987). *Comparison between the three-point belt and the air cushion; Evaluation and discussion of their cost-efficiency ratio*. In: Eleventh International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles. Washington, D.C. p. 511-523.
- Evans, L. (1986). *Double pair comparison; A new method to determine how occupant characteristics affect fatality risk in traffic crashes*. *Accid. Anal. Prev.* 18, p. 217-227.
- Evans, L. (1991). *Traffic safety and the driver*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Huelke, D.F.; Sherman, H.W. & Murphy, M.J. (1979). *Effectiveness of current and future restraint systems in fatal and serious injury automobile crashes*. SAE Technical Paper 790323. Society of Automotive Engineers, Warrendale PA.
- IIHS (1993). *Airbag's in perspective*. Status report, Special issue 28, No. 11. Insurance Institute for Highway Safety.
- Kozyreff, M. (1992). *The Eurobag, an optimized airbag system for Europe*. *Congres Hogeschool Gelderland 'Autotechnical Trends 1993'*, 30 oktober 1992.
- Schoon, C.C. & Kampen, L.T.B. Van (1992). *Effecten van maatregelen ter bevordering van het gebruik van autogordels en kinderzitjes in personenauto's. De mogelijke reductie van de aantallen slachtoffers in de jaren 1994 en 2000*. R-92-14. SWOV, Leidschendam.
- Sleet, D. & Kallberg, V. (1992). *Airbags and their potential in Finnish motor crashes*. VTT Research Notes 1324.
- Viano, D.C. (1991). *Effectiveness of safety belts and airbags in preventing fatal injury*. SAE Technical Paper 910901. Society of Automotive Engineers, Warrendale PA.
- Wells, J.K. & Williams, A.F. (1993). *Seat belt use in air-bag-equipped cars: 1986-92 Models*. *Journal of Safety Research* 24: 73-76.
- Zador, P.L. & Ciccone, A. (1993). *Automobile driver fatalities in frontal impacts: Airbags compared with manual belts*. *Am. J. Public Health* 83, p. 661-666.

## Bijlagen 1 t/m 4

Bijlage 1. *Hoofdprogramma: Berekening reductie van het aantal slachtoffers bij gebruik van beveiligingsmiddelen + Voorbeeld.*

Bijlage 2. *Sub-programma: Verdeling slachtoffers naar voor- en achterzitplaatsen + Voorbeeld.*

Bijlage 3. *Berekening besparingen door aanwezigheid airbag en ongewijzigd gordelgebruik.*

Bijlage 4. *Berekening besparingen door aanwezigheid airbag en gewijzigd gordelgebruik.*

## Bijlage 1. Hoofdprogramma: Berekening reductie van het aantal slachtoffers bij gebruik van beveiligingsmiddelen

Voor een bepaald jaar kan het effect van maatregelen op het gebied van beveiligingsmiddelen worden berekend. Hiertoe wordt het aantal doden en het aantal ziekenhuisslachtoffers in de nieuwe situatie vastgesteld ten opzichte van de aantallen in de oude situatie.

De volgende gegevens zijn hiervoor noodzakelijk:

- het aantal doden plus ziekenhuisslachtoffers in de oude situatie (S1)
- het aantal doden plus ziekenhuisslachtoffers in de nieuwe situatie (S2)
- het percentage gebruik van beveiligingsmiddelen in de oude situatie (D1)
- het percentage gebruik van beveiligingsmiddelen in de nieuwe situatie (D2)
- de effectiviteit van van beveiligingsmiddelen in de oude situatie (E1)
- de effectiviteit van van beveiligingsmiddelen in de nieuwe situatie (E2)

### *Afleiding formule*

We gaan uit van een fictief jaar met Sf verkeersslachtoffers en een gebruikspercentage beveiligingsmiddelen van 0%. In een (volgend) jaar met een gebruikspercentage van D1 en een effectiviteit van E1, is het aantal slachtoffers (S1):

$$S1 = Sf - Sf * D1 * E1 \quad \rightarrow \quad S1 = Sf (1 - D1 * E1)$$

Andersom geredeneerd kan in een zeker jaar J1 met S1 slachtoffers het fictief aantal slachtoffers Sf worden berekend als in dat jaar geen beveiligingsmiddelen zijn gebruikt:

$$Sf = \frac{S1}{(1 - D1 * E1)} \quad (1)$$

Als nu in jaar J2 het gebruikspercentage D2 wordt en de effectiviteit E2, kan het effect ten opzichte van het fictieve jaar worden berekend.

$$S2 = Sf - Sf * D2 * E2 \quad \rightarrow \quad S2 = Sf (1 - D2 * E2) \quad (2)$$

Willen we in jaar J2 het aantal slachtoffers baseren op dat van jaar J1, zal rekening gehouden moeten worden met het oude gebruikspercentage D1 en de effectiviteit E1. Hiertoe substitueren we (1) in (2):

$$S2 = S1 * \frac{1 - D2 * E2}{1 - D1 * E1} \quad (3)$$

$$\text{De reductie (B) is nu: } B = S1 - S2 \quad (4)$$

Bij substitutie van (3) in (4) volgt:

$$B = S1 \left( 1 - \frac{1 - D2 * E2}{1 - D1 * E1} \right) \quad (5)$$

Een voorbeeld met invoergegevens en resultaten aangaande de autogordel gegeven in Schoon & Van Kampen, 1992 is hier overgenomen.

## Voorbeeld: Besparing slachtoffers door wijziging gebruik auto-gordels t.o.v. de referentie jaren 1985 en 1990

*Berekening besparingen ten opzichte van 1985 en 1990*

Jaar	Bestuurders	Passagiers totaal	voor*	achter*	Totaal inzitt.	Achterpassagiers* 0-4 jaar	>5 jaar
<i>1985</i>							
Overleden	486	228	171	57	714	6	51
Ziekenhuisgewonden	3537	2075	1506	569	5612	50	519
Gordelgebruik %	58		61	14		63	5
Effectiviteit %							
dodelijk letsel	40		40			50	30
ernstig letsel	25		25			30	20
<i>1990</i>							
Overleden	456	246	179	67	702	7	60
Ziekenhuisgewonden	3573	1837	1262	575	5410	51	524
Gordelgebruik %	69		73	14		63	5
Effectiviteit %							
dodelijk letsel	40		40			50	30
ernstig letsel	25		25			30	20
<i>Prognoses</i>							
Gordelgebruik %							
laag	75		78			70	25
middel	80		83			80	35
hoog	85		88			90	45
Effectiviteit %							
dodelijk letsel	40		40			55	30
ernstig letsel	25		25			35	20
<i>Besparingen doden</i>							
T.o.v. 1985							
laag	43,0	19,1	15,4	3,7	62,1	0,6	3,1
middel	55,7	25,7	19,9	5,8	81,3	1,1	4,7
hoog	68,3	32,2	24,4	7,8	100,6	1,6	6,2
T.o.v. 1990							
laag	15,1	9,4	5,1	4,4	24,5	0,7	3,7
middel	27,7	16,9	10,1	6,8	44,6	1,3	5,5
hoog	40,3	24,3	15,2	9,1	64,6	1,8	7,3
<i>Besparingen ziekenhuisgewonden</i>							
T.o.v. 1985							
laag	175,8	99,9	75,5	24,4	275,8	3,5	21,0
middel	227,5	134,8	97,7	37,1	362,3	5,6	31,5
hoog	279,2	169,7	119,9	49,7	448,9	7,8	41,9
T.o.v. 1990							
laag	64,8	44,0	19,3	24,7	108,8	3,5	21,2
middel	118,7	76,1	38,6	37,5	194,8	5,7	31,8
hoog	172,7	108,2	57,9	50,3	280,9	7,9	42,3

\* Berekend

### *Toelichting*

1. Voor wat betreft 'bestuurders' moet het aantal doden en ziekenhuisgewonden uit de VOR-statistiek gehaald worden.
2. Voor wat betreft 'voor- en achterpassagiers' moet het aantal berekend worden met behulp van een ander programma, genaamd 'PASS-V&A'.
3. Voor wat betreft 'leeftijd achterpassagiers' moet het aantal berekend worden met behulp van een ander programma, genaamd 'LFT-PASS.ACH'.
4. Voor wat betreft 'percentage gordelgebruik' en 'effectiviteit' kunnen andere getallen worden ingetypt.

## Bijlage 2. Sub-programma: Verdeling slachtoffers naar voor- en achterzitplaatsen

Aangezien CBS-cijfers geen verdeling geven van de aantallen slachtoffers naar voor- en achterzitplaatsen, dienen deze berekend te worden.

### Formule

Het totale aantal slachtoffers van de groep voor- en achterpassagiers is bekend ( $S_{tot}$ ). Als we de verhouding tussen de voor- en achterpassagiers weten, kan het absolute aantal slachtoffers voor zowel de voor- als achterpassagiers worden uitgerekend.

De niet-dragers worden in de formule voorgesteld door  $1-D$  en de dragers door  $D \cdot E$ .  
Voor  $S_v$  en  $S_a$  geldt:

$$S_v = f \cdot B_v \cdot R_v \{ (1 - D_v) + D_v \cdot E_v \} = f \cdot B_v \cdot R_v \{ 1 - D_v(1 - E_v) \}$$

$$S_a = f \cdot B_a \cdot R_a \{ (1 - D_a) + D_a \cdot E_a \} = f \cdot B_a \cdot R_a \{ 1 - D_a(1 - E_a) \}$$

en:

$$S_v + S_a = S_{tot} \quad (S_{tot} \text{ volgens opgave VOR})$$

Hierin zijn:

$S$ = aantal slachtoffers

$B$ = bezettingsgraad

$R$ = risicoverhouding voor- en achter

$D$ = draagpercentage gordels

$E$ = effectiviteit gordels

$f$ = constante

$v$ = voor

$a$ = achter

De verhouding tussen de slachtoffers voor en achter is:

$$S_v : S_a = B_v \cdot R_v \{ 1 - D_v(1 - E_v) \} : B_a \cdot R_a \{ 1 - D_a(1 - E_a) \}$$

De slachtoffers op de voor- en achterzitplaatsen zijn dan:

$$S_v = S_{tot} / (S_a/S_v + 1) \quad \text{en} \quad S_a = S_{tot} / (S_v/S_a + 1) \quad \text{of} \quad S_a = S_{tot} - S_v.$$

Voor de berekening van de verhouding van zowel het aantal doden als ziekenhuisgewonden wordt dezelfde formule gebruikt.

In hetgeen volgt is een voorbeeld met invoergegevens en resultaten gegeven. Bij deze berekening is voor bezettingsgraad, risico en effectiviteit geen onderscheid gemaakt tussen 1985 en 1990; wel voor het draagpercentage (Schoon & Van Kampen, 1992).

Afgezien van de aantallen slachtoffers is in dit voorbeeld alleen de waarde van de effectiviteit gevarieerd (voor de ziekenhuisgewonden geringer dan voor de doden).

## Voorbeeld: Berekening van het absolute aantal overleden en gewonde voor- en achterpassagiers voor de jaren 1985 en 1990

### *Verhouding passagiers voor/achter*

	Bezetting	Risico	Draagpercentage		Effectiviteit	
			1985	1990	dood	ziekenhuis
Voor	63,5	100	61	73	40	25
Achter*)	36,5	40	14	14	43	27
Sv ('85)	0,64					
Sa ('85)	0,15					
Verh. Sv/Sa ('85)	3,01					
Verh. Sa/Sv ('85)	0,33					
S-voor ('90)	0,64					
S-achter ('90)	0,15					
Verh. Sv/Sa ('90)	2,19					
Verh. Sa/Sv ('90)	0,46					

### *Berekening slachtoffers voor- en achter*

	1985	1990
<b>Werkelijke aantal slachtoffers</b>		
Overleden totaal	228	246
Ziekenhuisgewonden totaal	2075	1837
<b>Berekende aantal slachtoffers</b>		
Overleden voorinzittenden	171	179
Overleden achterinzittenden	57	67
Ziekenhuisgewonden voorinzittenden	1506	1262
Ziekenhuisgewonden achterinzittenden	569	576

\*) draagpercentage achter: gem. '89/'90;  
 effectiviteit achter: gewogen gem. '89/'90, incl. invloed kinderzitje

### *Toelichting*

Met dit programma wordt het aantal passagiers volgens de VOR-cijfers verdeeld naar aantallen voor- en achterpassagiers

1. De aantallen doden en ziekenhuisgewonden onder 'werkelijk' komen uit de VOR-statistiek.
2. Het programma berekent het aantal doden en ziekenhuisgewonden verdeeld naar voor- en achterpassagiers; de uitkomsten zijn te vinden onder 'bereken'.

### Bijlage 3. Berekening: Besparingen door aanwezigheid airbag en ongewijzigd gordelgebruik, Scenario 1.

Jaar 1992	Bestuurders	Passagiers voor*	Totaal voorinzittenden*
Overleden (A)	425	151	576
Ziekenhuisgewonden (B)	2844	1164	4008
Gordelgebruik (%)	72	75	
Effectiviteit gordel (%)			
dodelijk letsel	41	41	
ernstig letsel	41	41	
<i>Scenario 1: 100% aanwezigheid airbag en ongewijzigd gordelgebruik</i>			
Draaggedrag gordel	%	%	
Gordel dragers	72	75	
Niet-gordel dragers	28	25	
Ex-gordel dragers	0	0	
Totaal	100	100	
Aanwezigheid airbag	100	100	
Effectiviteit airbag (met en zonder gordel)			
Gordel dragers	46	46	
Niet-gordel dragers	17	17	
Ex-gordel dragers	-40,7	-40,7	
<i>Besparing slachtoffers in 1992 (t.o.v. 1992)</i>			
Absoluut			
Overleden	50,5	17,5	68
Ziekenhuisgewonden	337,5	134,5	472
Relatief t.o.v. A en B			
Overleden	11,9	11,6	11,8
Ziekenhuisgewonden	11,9	11,6	11,8

\*) Berekend



## Bijlage 4. Berekening: Besparingen door aanwezigheid airbag en gewijzigd gordelgebruik, Scenario 2.

Jaar 1992	Bestuurders	Passagiers voor*	Totaal voorinzittenden*
Overleden (A)	425	151	576
Ziekenhuisgewonden (B)	2844	1164	4008
Gordelgebruik (%)	72	75	
Effectiviteit gordel (%)			
dodelijk letsel	41	41	
ernstig letsel	41	41	
<i>Scenario 2: 100% aanwezigheid airbag en gewijzigd gordelgebruik</i>			
Draaggedrag gordel	%	%	
Gordel dragers	67	70	
Niet-gordel dragers	28	25	
Ex-gordel dragers	5	5	
Totaal	100	100	
Aanwezigheid airbag	100	100	
Effectiviteit airbag (met en zonder gordel)			
Gordel dragers	46	46	
Niet-gordel dragers	17	17	
Ex-gordel dragers	-40,7	-40,7	
<i>Besparing slachtoffers in 1992 (t.o.v. 1992)</i>			
Absoluut			
Overleden	24	8	32
Ziekenhuisgewonden	162,5	61,5	224
Relatief t.o.v. A en B			
Overleden	5,7	5,3	5,6
Ziekenhuisgewonden	5,7	5,3	5,6

\*) Berekend