

SIMULATIE VAN ONGEVALLLEN

Wismans, J.

Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO, Postbus 237, 2600 AE Delft,
Nederland.

INLEIDING

Jaarlijks overlijden in Nederland meer dan 4000 personen ten gevolge van een ongeval. Tabel 1 geeft een overzicht van het aantal doden verdeeld over drie categorieën namelijk bedrijfsongevallen, verkeersongevallen en privé-ongevallen (Rogmans, 1982). Deze tabel bevat tevens gegevens over in een ziekenhuis opgenomen slachtoffers.

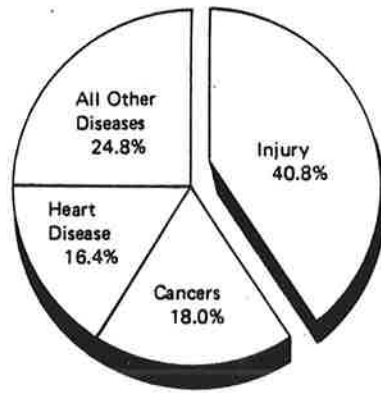
Tabel 1. Ongevalscijfers in Nederland 1979

	overleden	in ziekenhuis opgenomen
Bedrijfsongevallen	73	4.000
Verkeersongevallen (incl. luchtverkeer)	2.107	23.801
Ongevallen in de privé- sfeer	2.449	64.677

Bron: Rogmans (1982).

Buitenlandse ongevals cijfers zijn even verontrustend. Zo blijkt uit een onderzoek in de Verenigde Staten dat het aantal potentiële levensjaren tot 65 jaar dat verloren gaat ten gevolge van letsels veel hoger is dan het verlies aan potentiële levensjaren ten gevolge van hartziekten of kanker (zie Figuur 1).

Uit dezelfde Amerikaanse studie blijkt dat jaarlijks meer dan 70.000 mensen ernstig hersenletsel oplopen, waaronder 2000 slachtoffers die ten gevolge hiervan in een blijvende coma geraken (Injury in America, 1985).



Figuur 1. Percentage verlies potentiële levensjaren (tot de leeftijd van 65 jaar) ten gevolge van onder andere letsels, kanker en hartziekten (Injury in America, 1985).

De afdeling Letselpreventie van het Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO in Delft verricht onderzoek met het doel de kans op ernstig letsel bij ongevallen te verminderen. Tot voor kort vond dit onderzoek vooral plaats ten behoeve van het wegverkeer. Typische producten van letselpreventie onderzoek zijn veiligheidsvoorzieningen die thans gemeengoed zijn zoals de autogordel, de valhelm voor motor- en bromfietzers, maar ook kreukelzones, kooiconstructies, energie-absorberende stuurkolommen, enz. De opgebouwde kennis en aanwezige onderzoeksmethoden blijken echter ook steeds meer toepassing te vinden buiten het wegverkeer, met name ten behoeve van luchtvaartveiligheid en ongevallen in de privé-sfeer (o.a. sportongevallen).

De afdeling Letselpreventie beschikt over uitgebreide experimentele faciliteiten ten behoeve van dit ongevalsonderzoek. Het belangrijkste gereedschap is de 'full-scale' botsbaan. Hier kunnen laboratorium omstandigheden worden geschapen waarbij bijvoorbeeld een werkelijke botsing, waar een of meerdere auto's bij betrokken zijn, zéér realistisch kan worden nagebootst. De mens wordt bij dergelijke proeven gesimuleerd door proefpoppen voorzien van uitgebreide instrumentatie om letsels te detecteren.

Naast de experimentele faciliteiten wordt bij het letselpreventie onderzoek de laatste jaren ook steeds frequenter gebruik gemaakt van computer simulaties. Centraal staat hierbij het simuleren van de mens in een botsituatie.

Hiertoe heeft TNO in samenwerking met de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) het computerprogramma pakket MADYMO ontwikkeld, dat inmiddels bij vele laboratoria en industrieën in de wereld toegepast wordt.

WAAROM COMPUTER SIMULATIES BIJ HET LETSELPREVENTIE-ONDERZOEK?

Er zijn diverse toepassingsgebieden in de letselpreventie aan te geven waarbinnen om uiteenlopende redenen computer simulaties worden toegepast.

De belangrijkste zijn:

- Biomechanica onderzoek

Het doel van letselbiomechanica onderzoek is ondermeer het bestuderen van letselmechanismen en het bepalen van letsel toleranties. In diverse buitenlandse laboratoria worden hiertoe proeven uitgevoerd met vrijwilligers, lijken of dieren om de mens in een botsituatie op een zo realistisch mogelijke wijze te simuleren. Computersimulaties van deze proeven worden gebruikt voor nadere analyse en interpretatie van de testresultaten en ten behoeve van extrapolatie van de resultaten naar condities waarvoor geen proefresultaten beschikbaar zijn.

- Analyse van werkelijke ongevallen

Met behulp van computer simulatie technieken kunnen vaak op relatief goedkope en eenvoudige wijze reconstructies worden uitgevoerd van werkelijk plaatsgevonden ongevallen. Op snelle wijze kan het effect van bepaalde parameter variaties nagegaan worden, bijvoorbeeld de invloed van de rijsnelheid vlak voor de botsing. Met name in de Verenigde Staten ziet men dat computer simulaties steeds vaker gebruikt gaan worden in de rechtszaal als technisch bewijsmateriaal in processen waar vaak omvangrijke schadeclaims geëist worden. Recente ontwikkelingen op het gebied van graphics en computer animaties blijken de drempel voor het gebruik van dergelijke simulaties aanmerkelijk te verlagen.

- Computer ondersteunend ontwerpen

Bij het ontwerpen van een auto met betrekking tot wettelijke eisen op het gebied van de botsveiligheid dient met een groot aantal factoren rekening te worden gehouden. Het betreft bijvoorbeeld het gedrag van voertuigen bij voorwaartse- en achterwaartse botsingen. In de toekomst

zijn ook eisen te verwachten met betrekking tot bescherming van inzittenden bij zijdelingse botsingen en ter bescherming van voetgangers/wielrijders door het eisen van zachte en juist gedimensioneerde bumpers, motorkappen en voorruitzones. Een groot aantal, vaak kostbare proefnemingen is nodig om tot een optimaal voertuigontwerp te komen. Steeds vaker passen de auto-industrieën daarom computer simulatie technieken toe in het ontwerpproces om het aantal botstesten te reduceren en zodoende de benodigde ontwikkelingstijd van een nieuw voertuig te versnellen.

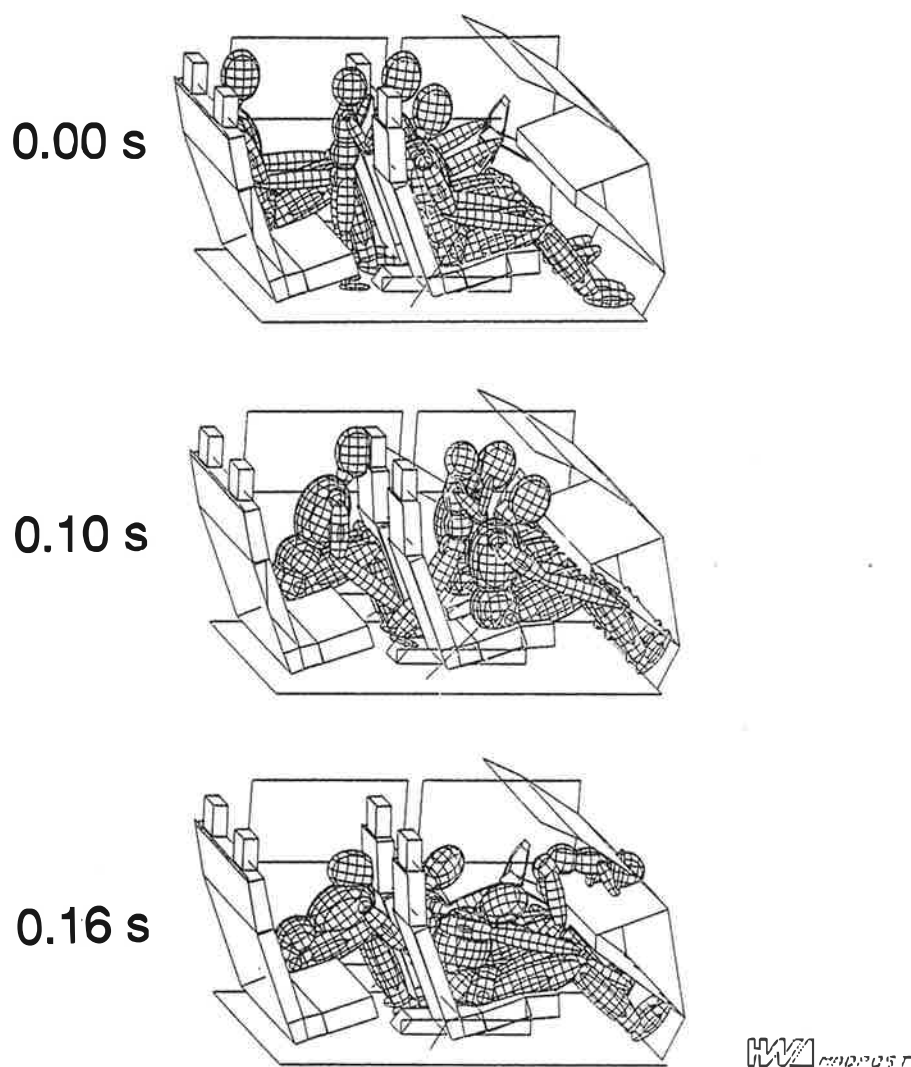
HET MADYMO PROGRAMMAPAKKET

MADYMO is een programmapakket voor de berekening van ruimtelijke bewegingen van gekoppelde starre lichamen onder invloed van externe belastingen (Wismans et al 1985). Het aantal te kiezen lichamen is arbitrair. Een aantal speciale krachtmodules is ontwikkeld die het programma bijzonder geschikt maken voor crash analyses. Zo zijn ondermeer modules beschikbaar voor de simulatie van autogordels en voor het contact tussen inzittende en voertuiginterieur. Speciale postprocessors zijn ontwikkeld voor visualisatie van de voorspelde bewegingen en bepaling van optredende letsels. Het pakket is zeer algemeen en eigenlijk een bouwdoos voor het maken van specifieke rekenmodellen.

In die zin lijkt het veel op de commercieel beschikbare eindige elementen methode pakketten voor sterkte- en stijfheidsberekeningen. In essentie komt het erop neer dat de gebruiker in de 2- of 3-dimensionale ruimte systemen definieert bestaande uit starre onvervormbare elementen die door scharnieren verbonden zijn. Aan elk element wordt een massa en massa-traagheidsmomenten toegekend. Daarna wordt om het systeem een omgeving gedefinieerd en tot slot worden de mogelijke krachtinteracties tussen systeem en omgeving gekozen. De benodigde bewegingsvergelijkingen worden automatisch opgesteld en opgelost totdat de eindtijd van de simulatie bereikt is.

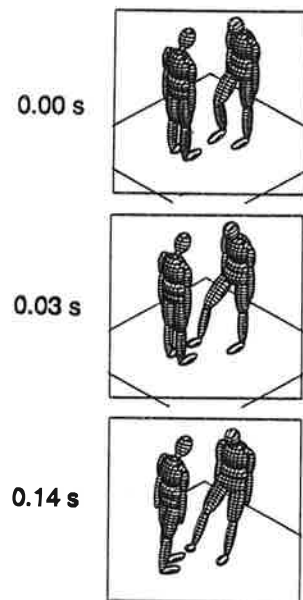
ENKELE RECENTE TOEPASSINGEN VAN MADYMO

Een drietal voorbeelden zullen hier in het kort besproken worden om de algemeenheid van het pakket te illustreren. Het eerste voorbeeld heeft betrekking op voertuigveiligheid. Het betreft de simulatie van een frontale botsing van een auto met vier inzittenden. Bestuurder en passagier op de voorbank dragen een automatische 3-puntsgordel terwijl een volwassen passagier op de achterbank een heupgordel draagt. Een driejarig kind staat op het moment van de botsing rechtop in het midden, vlak achter de voorstoelen. Simulaties van dit ongeval werden uitgevoerd door één van de gebruikers van MADYMO: een Engels ingenieurbureau. De totale simulatietijd bedroeg 160 ms. Resultaten van deze simulatie zijn opgenomen in Figuur 2.



Figuur 2. Simulatie van verkeersongevallen.

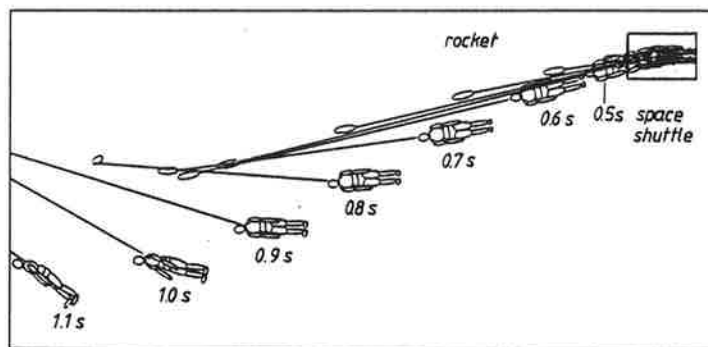
Het tweede voorbeeld is ontleend aan de activiteiten van de afdeling Letselpreventie van IW-TNO op het gebied van sportletsels. Berekeningen werden uitgevoerd met het doel inzicht te verkrijgen in de belastingspatronen die leiden tot scheenbeenletsels. Op basis van dit onderzoek worden kwaliteitseisen opgesteld worden ten behoeve van scheenbeschermers bij voetbal en hockey. Figuur 3 illustreert een eenvoudige simulatie van een schop van een voetballer tegen het onderbeen van een tegenstander. De totale simulatieduur bedroeg 150 ms.



Figuur 3. Simulatie van sportongevallen.

Het laatste voorbeeld tenslotte betreft eveneens een door de afdeling Letselpreventie van IW-TNO uitgevoerde simulatie en wel op het gebied van de ruimtevaart. Wanneer een space shuttle terugkeert in de dampkring moeten in geval van nood 6 astronauten binnen 2 minuten uit de space shuttle kunnen ontsnappen. Bij een van de mogelijke methoden die door de NASA werd onderzocht wordt gebruik gemaakt van een kleine ontsnappingsraket waaraan een astronaut door middel van een elastisch koord is bevestigd. De astronaut vuurt de raket af waarna hij vervolgens uit de space shuttle wordt getrokken. Figuur 4 toont de resultaten van een der uitgevoerde simulaties. De totale simulatieduur is 1.1 sec. Door middel van

dergelijke simulaties is het bijvoorbeeld mogelijk om de eigenschappen en bevestiging van het elastisch koord te optimaliseren of het effect na te gaan van de beginpositie van de astronaut met het doel de kans op letsels te minimaliseren.



Figuur 4. Simulatie van een ontsnapping uit de space shuttle.

TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN

Belangrijke ontwikkelingen die de komende jaren zullen plaatsvinden met betrekking tot het programmapakket MADYMO zijn:

- . Verhoging van de gebruikersvriendelijkheid door implementatie op technische workstations en ontwikkeling van software voor real-time animaties.
- . Ontwikkeling van speciale kracht interactie modules voor specifieke toepassingen bijvoorbeeld t.b.v. luchtkussens (airbags) in auto's en t.b.v. parachute simulaties.
- . Ontwikkeling van een postprocessor die een input database van een mens genereert op basis van opgegeven leeftijd, geslacht, lengte en gewicht.
- . Integratie met eindige elementen methode simulaties van het crash gedrag van een voertuig of vliegtuig.

REFERENTIES

Rogmans, W.H.J.: "Ernst en omvang van ongevallen in de privé-sfeer". Rapport no. 8, Veiligheidsinstituut, Postbus 5665, 1007 AR Amsterdam, 1982.

"Injury in America - a continuing Public Health Problem". Committee on Trauma Research, Commission on Life Sciences, National Research Council and the Institute of Medicine. National Academy Press, Washington DC. 1985.

Wismans, J., Hoen T. en Wittebrood L. : "Status of the MADYMO Crash Victim Simulation Package 1985". Tenth International Conference on Experimental Safety Vehicles, Oxford, Engeland, 1985.