

Vanessa Daniel
Henk van Gent
Piet Rietveld
Jan Rouwendal
Erik Verhoef

Vrije Universiteit Amsterdam
Afdeling Ruimtelijke Economie

De waardering van interne en externe veiligheid in het verkeer

Bijdrage aan “Aanvulling OEI-leidraad: veiligheidseffecten”

september 2005

EXECUTIVE SUMMARY	1
SAMENVATTING EN AANBEVELINGEN.....	5
HOOFDSTUK 1 INLEIDING.....	9
HOOFDSTUK 2 CONCEPTUELE ZAKEN	11
2.1 Economische waardering van verkeersveiligheid.....	11
2.2 Typen veiligheid.....	12
2.3 Schadecategorieën	13
2.4 Mate van externaliteit	14
2.5 Variabiliteit	16
2.6 Rebound Effects	17
2.7 Conclusie	18
HOOFDSTUK 3 WAARDERING VAN VERKEERSVEILIGHEID.....	19
3.1 Inleiding.....	19
3.2 De Value of a Statistical Life (VOSL)	19
3.3 De VOSL-methode.....	20
3.4 Waardering van verkeersveiligheidsrisico's in de praktijk.....	22
3.5 Expected utility theory en prospect theory	26
3.6 Toepassing in kosten-batenanalyse	29
3.7 Conclusie	35
HOOFDSTUK 4 EXTERNE VEILIGHEID.....	37
4.1 Inleiding.....	37
4.2 Omschrijving van externe risico's.....	37
4.3 Quantitative Risk Assessment.....	39
4.4 Economische waardering van extern risico	41
4.5 Conclusie	47
LITERATUUR.....	51

EXECUTIVE SUMMARY

This report contains the results of a literature and desk study carried out by the department of Spatial Economics of the Vrije Universiteit. The purpose of the study is to provide some guidance for policy making with respect to safety of (traffic) infrastructure by highlighting some relevant issues concerning the monetary evaluation of accidents.

In chapter 2 we discuss some conceptual issues concerning the incorporation of safety issues in a social cost benefit analysis (CBA). We conclude that:

- the market takes care of some safety issues, but only imperfectly
- the market solution does not guarantee that an efficient situation will be reached, mainly because of perception errors and external effects
- efficiency requires that the agent who causes the risk has to pay the associated marginal cost
- equality between marginal costs and benefits does not automatically imply that the revenues of Pigovian taxes will be equal to the costs associated with safety measures
- measures that intend to improve traffic safety may evoke rebound effects, causing the net effect of such measures to be smaller than would be expected when this behavioral reaction is not taken into account.

The evaluation of traffic safety is discussed in chapter 3. Attention is focused on two aspects, viz. how to deal with immaterial damage (especially fatal accidents), and risk perception. This chapter concludes (among other things) that:

- the *Value of a Statistical Life* (VOSL) is an operational concept for the monetary evaluation of traffic safety risk
- applications of the concept is complicated by the wide range of estimates
- for practical reasons it is advisable to use a single VOSL
- it can be argued that the VOSL of the loss of a human life is biased downwards and it is therefore reasonable to expect that the ex post costs of traffic fatalities are higher than the ex ante estimates suggested; this difference is associated with the fact that ex ante risks are anonymous, while ex post one knows which individuals have been killed by traffic accidents
- the 'decision weights' used by human actors in situations with risks are sometimes different from the probabilities, while according to *expected utility theory* they should be identical
- this difference lowers the perceived effectiveness of measures that improve traffic safety
- when this difference is caused by perception errors (perhaps related to a learning process that is not yet finished) the appropriate reaction is to provide more information, not to use a VOSL based on erroneous perceptions
- it is difficult to incorporate *prospect theory*, the main alternative for expected utility theory, in CBA, mainly because of the somewhat arbitrary character of the reference point
- traffic safety involves more than dealing with risk: traveling may cause a feeling of uneasiness that may be interpreted as a kind of mental suffering that is probably related to, but certainly not identical with the experience of risk

- social safety is a field where such psychological aspects probably play an important role. A separate study that investigates these issues would be useful.

Chapter 4 of this study is devoted to external risks. The effects of internal risks are limited to the transportation sector, but external risks also affect parties that not participating in traffic. Important examples of external risks are those associated with transport of hazardous materials and the presence of an airport in the vicinity. The difference between external and internal risks is not a fundamental one from the economic point of view. For instance, for the evaluation and regulation of the risks experienced by pedestrians it is immaterial whether these actors are viewed as part of total traffic (implying that the risk is internal) or not (limiting traffic to transport that uses a vehicle, with the implication that the risk is external).

It follows that in principle the same methods can be used for the evaluation of internal and external traffic risks. However, this does not mean that the same results will be reached. This question has not yet received close examination, even though it is known that the VOSL may depend on the specific context in which it is measured. This context is often clearly different for internal and external risk. An actor experiences internal traffic risk as a consequence of his decision to participate in traffic, but external risks are somehow imposed on him or her. It is therefore much more difficult to control external risks and accidents following from such risks easily lead to feelings of injustice. This may well give rise to a higher VOSL for fatalities that are consequences of external risks, but this hypothesis requires further study.

Somewhat similar remarks can be made for the evaluation of group risks. On the one can, it may be argued that the evaluation of risk experienced by a group should be identical to the sum of the evaluations of the risk for all the individuals concerned, but on the other there are strong indications that large accidents receive a disproportional amount of attention (1300 fatalities in automobile traffic probably receives less attention than 400 people that die in because of an airplane crash) and may well be evaluated higher (Jones-Lee, 1998 suggests that the VOSL is higher in the context of larger groups).

With respect to both complications, it seems wise to use the VOSL estimates that are available from other contexts, at least until better (context specific) VOSL estimates come available. Proceeding in this way also has the advantage that public money will be spent in such a way that investments in traffic safety have the same effectiveness per euro spent in all directions. The use of different weight for special groups is thereby avoided. Further research should make clear whether this approach receives empirical justification.

The conclusions listed above lead to the following recommendations for further research:

- An important issue in the evaluation of risks is the effect of the context in which the evaluation takes place. Context-sensitivity has been demonstrated a number of times in existing research (e.g. in the difference between the evaluation of risk in the air and on the earth's surface). There are indications that the valuation of external risks differs from that of internal risks. The relevant issue could well be that experiencing internal risks is a consequence of one's own choice, whereas external risks are imposed on someone against his or hers will (or at least without asking), while the government is unwilling to provide complete protection against such risks. Further research can

determine the validity of this conjecture and measure the associated difference.

- A second important issue concerns the discrepancy between expected utility theory, which offers a consistent framework for evaluation, and prospect theory, that gives a better description of human behavior in the presence of risks. The main underlying point seems to be that there exists a tension between methodological individualism (that assumes people know what is good for themselves and act accordingly) and rationality (implying, for instance, that the money available for improving traffic safety should be spent efficiently). A closer examination of the determinants of the values attached to various measures and the role of providing more information (for instance about the policy purpose) could be enlightening.
- A third point of attention is the lack of interest (at least in a relative sense) for non-fatal accidents. It is – of course – to be appreciated that so much attention is given to fatal accidents, but somewhat problematic that there seems to exist much less interest in, for example, the risk of being severely handicapped for the rest of one's life.
- Finally, we call attention for the role of insurance in the way society deals with risks. We want to draw attention especially to the fact that insurance premiums do not always have the appropriate impact on the marginal cost associated with behavior involving risks, and will therefore not provide optimal incentives for resource allocation. We feel that further research on this topic should preferably be incorporated in the broader context of examining the impact of various determinants (not only the monetary ones) on behaviour involving risks.

We are well aware of the fact that other points that call for attention could as well be mentioned. The four that have been listed above are, in our view, some of the most important ones.

SAMENVATTING EN AANBEVELINGEN

Dit rapport bevat de resultaten van een literatuur- en deskstudie die door de afdeling Ruimtelijke Economie van de Vrije Universiteit werd uitgevoerd. Het doel van deze achtergrond studie is om AVV te voorzien van enige inhoudelijke ondersteuning op het gebied van theoretische aspecten rond de monetaire evaluatie van veiligheid van infrastructuur. AVV heeft daaraan behoefte in verband met ontwikkeling van een aanvulling op de OEI-leidraad voor kosten-batenanalyse.

Hoofdstuk 2 behandelt conceptuele zaken, waarbij met name is ingegaan op de wijze waarop verkeersveiligheid in het kader van een maatschappelijke kosten-baten analyse (KBA) kan worden behandeld. Daarbij bleek dat:

- een deel van de verkeersveiligheid via de markt wordt verzorgd
- het bestaan van die marktoplossing niet garandeert dat een efficiënte situatie wordt bereikt, met name vanwege perceptiefouten en externe effecten
- efficiëntie vereist dat de marginale kosten van verkeersonveiligheid in rekening worden gebracht bij de veroorzaker van de onveiligheid
- dit niet noodzakelijkerwijs betekent dat de gemaakte kosten volledig gedekt zullen worden door de opbrengsten
- maatregelen ter bevordering van de verkeersveiligheid tegengestelde gedragsreacties kunnen oproepen, waardoor het netto effect veel kleiner kan zijn dan dat wat zou zijn gerealiseerd zonder gedragsreactie.

De waardering van verkeersveiligheid wordt behandeld in hoofdstuk 3. Daar wordt met name ingegaan op twee ‘moeilijke’ aspecten van de waardering van veiligheid, te weten de omgang met immateriële schade (m.n. dodelijke ongevallen) en de percepties van risico’s. In dat hoofdstuk worden (onder meer) de volgende conclusies bereikt:

- De *Value Of a Statistical Life* (VOSL) is een operationeel concept voor de monetaire evaluatie van verkeersveiligheidsrisico’s
- Praktische toepassing ervan wordt wat bemoeilijkt door de uiteenlopende waarden van de diverse schattingen
- Het verdient op pragmatische gronden aanbeveling om bij toepassing van de VOSL uit te gaan van één waarde voor alle relevante projecten
- Er kan worden beargumenteerd kan worden dat de VOSL een onderschatting vormt van de waarde van een mensenleven, hetgeen ertoe leidt dat achteraf (ex post) de kosten van verkeersslachtoffers hoger zijn dan vooraf (ex ante) op basis van de VOSL werd geraamd
- De ‘*decision weights*’ die mensen in de praktijk hanteren bij gedrag in onzekere situaties willen nog wel eens verschillen van objectieve kansen, terwijl ze volgens *expected utility theory* aan elkaar gelijk moeten zijn
- Dit verschil kan er toe leiden dat de effectiviteit van maatregelen ter vermindering van risico’s kleiner wordt ingeschat dan ze in feite is
- Voor zover dit verschil veroorzaakt wordt door perceptiefouten (mogelijk samenhangend met een onvoltooid leerproces) is er reden om er door middel van informatieverstrekking op te reageren, echter niet om de VOSL te baseren op de verkeerde percepties
- Het is moeilijk om *prospect theory* (die een betere verklaring biedt voor menselijk handelen in onzekere situaties dan *expected utility theory*) op te

nemen in KBA, met name vanwege het enigszins arbitraire karakter van het referentiepunt

- Verkeersveiligheid omvat meer dan de omgang met risico's: deelname aan het verkeer kan leiden tot een gevoel van onbehagen dat kan worden geïnterpreteerd als een vorm van geestelijk lijden (*mental suffering*) dat waarschijnlijk wel gerelateerd is aan het bestaan van risico's, maar toch meer omvat
- Sociale onveiligheid is een veld waarin zulke meer psychologische aspecten waarschijnlijk een belangrijke rol spelen. Een aparte studie hierover verdient aanbeveling.

Tenslotte komt in hoofdstuk 4 de externe veiligheid aan de orde. Naast interne risico's, die binnen de verkeerssector blijven, veroorzaakt verkeer en vervoer ook externe risico's: risico's die gelopen worden door partijen die niet direct aan het verkeer deelnemen. Belangrijke voorbeelden zijn risico's die samenhangen met het vervoer van gevaarlijke stoffen, en veiligheidsrisico's nabij vliegvelden. Vanuit (beleids-)praktisch perspectief kan het onderscheid tussen interne en externe risico's van belang zijn, bijvoorbeeld als deze op het terrein van verschillende overheden vallen, economisch gezien is het onderscheid niet fundamenteel. Het maakt voor de waardering en regulering van het risico dat auto's voor wandelaars langs de weg veroorzaken bijvoorbeeld niet uit of deze als intern gezien worden (omdat wandelaars ook aan het verkeer deelnemen) of als extern (omdat het risico buiten de sector autoverkeer valt).

In principe kunnen dus ook dezelfde methoden gehanteerd worden bij het bepalen van de waardering van deze risico's. Of dat tot dezelfde resultaten leidt is daarmee nog niet gezegd. Dit is eigenlijk nog niet onderzocht in Nederland. In z'n algemeenheid is wél bekend dat bijvoorbeeld de VOSL af kan hangen van de specifieke context; zie daarvoor ook hoofdstuk 3. Voor externe risico's is deze context anders dan voor interne risico's. Onder meer kan men bij interne risico's het idee hebben deze vrijwillig te ondergaan, en ze daardoor beter onder controle te hebben. Bij externe risico's is die controle er veel minder (tenzij men zou verhuizen), en kan sterker een gevoel van onrechtvaardigheid spelen ('ik wordt buiten mijn wil in gevaar gebracht' in plaats van 'ik breng mijzelf bewust in gevaar'). Dit zou tot een hogere VOSL voor externe dan voor interne risico's leiden – maar dit is een hypothese die nadere studie verdient.

Datzelfde geldt voor het waarderen van groepsrisico's. Aan de ene kant zou men kunnen zeggen dat de waardering van een groepsrisico de som zou moeten zijn van de waardering van de individuele risico's van diegenen die dat ondergaan. Aan de andere kant blijkt men grote ongevallen disproportioneel belangrijk te vinden, zowel in de berichtgeving (1300 verkeersdoden op de weg krijgen vermoedelijk minder media-aandacht dan 400 inzittenden van een verongelukt vliegtuig) als in de waardering van risico's (er zijn aanwijzingen dat de VOSL in de context van grotere groepen hoger is dan voor kleinere; Jones-Lee, 1998).

Voor beide potentiële complicaties geldt dat, zolang er geen specifieke VOSL-schattingen voor handen zijn, het verstandig lijkt gebruik te maken van schattingen die vanuit andere contexten voorhanden zijn. Dit heeft bovendien het procedurele voordeel dat publieke gelden zodanig ingezet worden dat de effectiviteit van investeringen in veiligheid, per Euro, in alle richtingen gelijk is, zodat er geen verschillende gewichten aan risico's voor verschillende groepen worden gegeven.

Nader onderzoek zou dan vervolgens kunnen uitwijzen of deze benadering empirisch gezien gerechtvaardigd wordt.

In aansluiting op deze conclusies kunnen de volgende aandachtspunten voor nader onderzoek worden geïdentificeerd:

- Een belangrijk punt voor de waardering van externe risico's is de gevoeligheid van de gemeten VOSL voor de context waarin die meting plaatsvindt. Deze gevoeligheid is diverse keren aangetoond in bestaand onderzoek (bijv. naar het verschil in risicowaardering in de lucht en op de grond). Er zijn aanwijzingen dat externe risico's van verkeer anders worden gewaardeerd dan de risico's die een verkeersdeelnemer zelf loopt vanwege de andere context. Het relevante punt zou kunnen zijn dat je als verkeersdeelnemer 'willens en wetens' bepaalde risico's loopt, terwijl de externe risico's je als het ware worden aangedaan doordat de overheid slechts beperkte bescherming tegen, bijvoorbeeld, de risico's van chloortreinen wil bieden. Nader onderzoek naar dit aspect kan aantonen of die vermoeden terecht is en hoe groot het verschil in VOSL is.
- Een tweede belangrijk punt betreft de discrepantie tussen expected utility theorie, die een consistent kader voor evaluatie biedt, en prospect theorie, dat op sommige punten beter aansluit bij de beslissingen (en de willingness to pay voor risicovermindering). In feite treedt hier strijdigheid op tussen twee basisaannames van economische waarderingmethoden, namelijk die van het methodologisch individualisme (de mensen weten zelf wat goed voor het is en handelen dienovereenkomstig) en die van rationaliteit (die aanleiding geeft tot de stelregel dat de beschikbare middelen voor verkeersveiligheid efficiënt moeten worden besteed). Nader onderzoek naar de determinanten van de beoordeling van verschillende maatregelen en de invloed van informatievoorziening (bijvoorbeeld over de doelstellingen van het beleid) op de gegeven oordelen zou hier verhelderend kunnen werken.
- Als derde punt noemen we de betrekkelijk geringe aandacht die er in de literatuur wordt geschonken aan niet-fatale ongevallen. Het is vanzelfsprekend goed dat veel aandacht wordt geschonken aan het risico op dodelijke slachtoffers, maar minder voor de hand liggend dat er zo weinig belangstelling lijkt te bestaan voor bijvoorbeeld het risico op levenslange ernstige invaliditeit.¹
- Tenslotte vragen we nog aandacht voor de rol die verzekeringen spelen in de wijze waarop de maatschappij omgaat met risico's. Het gaat ons daarbij met name om het feit dat de premies niet altijd de juiste impact hebben op de marginale kosten van gedrag waaraan risico's zijn verbonden, en daardoor minder bevorderlijk zijn voor een optimale allocatie van middelen. Nader onderzoek naar dit aspect zou naar ons idee plaats moeten vinden in een bredere context waarin de invloed van de verschillende determinanten (dus niet alleen de monetaire) van gedrag waaraan risico's zijn verbonden worden meegenomen.

We zijn ons er van bewust dat er naast de vier door ons genoemd zaken nog andere punten van aandacht genoemd kunnen worden, maar dit lijken ons in ieder geval vier belangrijke.

¹ In beleidsdoelstellingen voor nationale verkeersveiligheid wordt dit aspect wel meegenomen, maar in de praktijk richt de meeste aandacht zich toch vaak op dodelijke slachtoffers.

HOOFDSTUK 1 INLEIDING

Sinds 2000 wordt bij grote infrastructuurprojecten een “Overzicht Effecten Infrastructuur” opgesteld, conform de OEI-leidraad. Veiligheidseffecten worden in deze leidraad minder diepgaand behandeld. In 2002 is uit een evaluatie van de OEI-leidraad dan ook naar voren gekomen dat veiligheidseffecten voor verdere uitwerking in aanmerking komen. AVV is daarom een project gestart onder de titel: “Aanvulling OEI-leidraad: veiligheidseffecten”. Dit rapport bevat de resultaten van een literatuur- en deskstudie die door de afdeling Ruimtelijke Economie van de VU werd uitgevoerd ten behoeve van de inhoudelijke ondersteuning van dit project met betrekking tot de theoretische aspecten rond de monetaire evaluatie van veiligheid van infrastructuur.² Dit rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt het algemene kader beschreven waarin economische evaluatie van verkeersveiligheidsaspecten plaatsvindt. In hoofdstuk 3 wordt vervolgens ingegaan op twee specifieke aspecten van veiligheid, te weten de omgang met immateriële schade (m.n. dodelijke ongevallen) en de percepties van risico's. In hoofdstuk 4 wordt bekeken of en in hoeverre de methoden die gebruikt worden voor de evaluatie van verkeersveiligheid ook van toepassing zijn op externe veiligheid.

² Veiligheid van infrastructuur wordt uiteraard niet alleen bepaald door de kenmerken van die infrastructuur, maar ook door het gebruik dat er van wordt gemaakt. Gedrag van de infrastructuur-gebruikers en kenmerken van de door hen gebruikte voertuigen zijn vanzelfsprekend factoren die mede bepalend zijn voor het aantal ongelukken. De marginale kosten van onveiligheid zijn dus niet per definitie alleen maar kosten van de beheerder van infrastructuur; ze kunnen net zo goed betrekking hebben op de gebruikers daarvan.

HOOFDSTUK 2 CONCEPTUELE ZAKEN

2.1 Economische waardering van verkeersveiligheid

In dit hoofdstuk wordt een kader ontwikkeld waarbinnen de economische evaluatie van veiligheidsaspecten zou kunnen plaatsvinden. Het gaat hierbij vooral om het classificeren van de typen veiligheid langs de dimensies die van belang zijn voor het uitvoeren van economisch evaluatie.

Het fundamentele uitgangspunt van economische evaluatie is dat er een afweging dient plaats te vinden tussen de kosten en baten van menselijk handelen. Dat handelen zou alleen dan moeten plaatsvinden wanneer de baten de kosten overtreffen. Deze algemene regel is ook van toepassing op de uitvoering van (verkeers)infrastructuurprojecten. Deze projecten hebben doorgaans gevolgen voor de verkeersveiligheid en de daardoor veroorzaakte kosten of baten zouden dus in een kosten-batenanalyse meegenomen moeten worden. De vraag is vervolgens op welke wijze dat dan dient te gebeuren.

Een belangrijk uitgangspunt van economische evaluatie is de gedachte dat individuen voor zichzelf uitmaken welk gedrag voor hen van belang is. Ze worden dus geacht in principe zelf een afweging te kunnen maken van de kosten en baten die aan hun handelen zijn verbonden. Op grond van dit uitgangspunt, dat wel bekend staat als methodologisch individualisme, wordt het in de praktijk van de economische evaluatie als regel onnodig geacht om na te gaan of er op individueel niveau wel een juiste afweging van de relevante kosten en baten heeft plaatsgevonden. Op deze regel zijn uitzonderingen. In een aantal gevallen is duidelijk, of ten minste aannemelijk, dat mensen geen goede inschatting weten te maken van de consequenties van hun gedrag voor zichzelf en anderen. Voor het onderwerp van dit onderzoek is met name relevant dat risico's die aan (verkeers)gedrag verbonden zijn niet altijd goed gepercipieerd worden. Als dat niet het geval is, kan dat een motief zijn voor corrigerend optreden door de overheid.

Ook als er geen perceptiefouten zijn, kan er reden zijn voor dergelijk optreden. Dat is het geval als de kosten en baten die voor het individu relevant zijn, niet alle kosten en baten omvatten die voor de maatschappij, waartoe dat individu behoort, relevant zijn.

De reden daarvoor is gelegen in een tweede uitgangspunt van economische evaluatie, namelijk dat gestreefd dient te worden naar een efficiënte allocatie van schaarse middelen. Die efficiëntie wordt bereikt in een Pareto-optimale situatie en daarvoor is vereist dat de marginale kosten van het handelen van economische actoren gelijk zijn aan de marginale baten. Daarbij gaat het om de kosten en baten voor de maatschappij als geheel, en die zijn niet noodzakelijkerwijs gelijk aan die voor het individu dat de betreffende handeling al dan niet uitvoert. Het feit dat een automobilist zich op de weg begeeft heeft consequenties voor zijn eigen veiligheid en we mogen aannemen dat hij dat beseft. Het heeft echter ook consequenties voor de veiligheid van andere verkeersdeelnemers en het is niet vanzelfsprekend dat die ook zijn meegenomen in de afweging van de automobilist. Als dat niet het geval is, is sprake van externe effecten en zal de individuele afweging van kosten baten niet noodzakelijkerwijs leiden tot een maatschappelijk efficiënte uitkomst.

Het doel van kosten-batenanalyse (KBA) is om de maatschappelijke kosten en baten van investeringsprojecten te inventariseren en op basis van een vergelijking tot

beleidsaanbevelingen over de wenselijkheid van uitvoering van dergelijke projecten te komen.

In dit hoofdstuk wordt vanuit deze algemene uitgangspunten gekeken naar de verkeersveiligheid. Daarbij zullen de volgende vragen aan de orde komen:

- welke typen veiligheid worden door de markt/maatschappij op adequate wijze verzorgd, wanneer is er aanleiding tot overheidsingrijpen?
- worden de verschillende schadecategorieën ook in rekening gebracht bij de veroorzaker van de schade?
- hoe valt de mate van externaliteit vast te stellen en hoe kan corrigerend worden opgetreden?
- wat is het verband tussen variabele en marginale kosten?

De omgang met immateriële schade (m.n. fatale ongevallen) en perceptiefouten wordt behandeld in het volgende hoofdstuk

2.2 Typen veiligheid

Het begrip ‘verkeersveiligheid’ heeft een aantal verschillende aspecten. Vanuit economisch perspectief is de volgende classificatie van typen veiligheid behulpzaam:

- *Passieve veiligheid:* heeft betrekking op de voorzieningen in een voertuig die bescherming bieden in geval van een ongeluk, zoals gordels, airbags, kreukelzones, e.d.. Het gaat hierbij om de veiligheid die er bestaat in het geval er onverhoopt een ongeval mocht plaatsvinden. De meeste voorzieningen voor passieve veiligheid beschermen de inzittenden van het voertuig, maar ze kunnen ook betrekking hebben op de veiligheid van slachtoffers buiten het voertuig. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan maatregelen die voorkomen dat fietsers belanden onder een vrachtwagen die een bocht neemt.
- *Actieve veiligheid:* dit betreft de voorzieningen in een voertuig om ongelukken te voorkomen, zoals ABS, BAS, ESP en ASR, waarmee autofabrikanten hun producten promoten. Dit aspect van de veiligheid heeft betrekking op de mogelijkheden die de bestuurder heeft om door middel van adequaat handelen een ongeluk te voorkomen.
- *Publieke veiligheid:* dit betreft door de overheid gefinancierde publieke goederen, zoals infrastructuur, verkeerstoezicht, enzovoort, teneinde daarmee de veiligheid te vergroten.

De voorzieningen voor passieve en actieve veiligheid komen voor een groot deel via de markt tot stand. De voorzieningen die op deze aspecten betrekking hebben, maken deel uit van het voertuig en worden dus door de eigenaar bij de koop van het voertuig aangeschaft, al dan niet als extra accessoires. De overheid oefent invloed uit op de markt via voorschriften, zoals het verplicht stellen van bepaalde voorzieningen. Aangezien verkeersveiligheid een terrein is waarop marktfalen een belangrijke rol speelt, is er geen reden om te verwachten dat onbelemmerde werking van de markt tot efficiënte uitkomsten zal leiden.

Het stellen van minimumeisen aan de rijbekwaamheid kan als een ingrijpen in de markt ter bevordering van een minimum niveau van publieke verkeersveiligheid worden beschouwd. Een belangrijk deel van de kosten van educatie wordt door

rijbewijshouders zélf gedragen door de kosten van rijlessen en van het afleggen van rijexamens.

De markt is in het algemeen niet in staat de om de publieke veiligheid op adequate wijze te realiseren. Daarvoor is doorgaans overheidsingrijpen vereist.³

Het feit dat actieve en passieve veiligheid grotendeels via de markt worden gerealiseerd betekent, zoals hierboven al werd vermeld, niet noodzakelijkerwijs dat de uitkomst van dat proces ook maatschappelijk optimaal is en dat een KBA van maatregelen die op deze aspecten gericht zijn dus bij voorbaat overbodig is. De markt levert alleen efficiënte uitkomsten onder een reeks van voorwaarden die, onder meer, betrekking hebben op volledige informatie en gelijkheid tussen maatschappelijke en individuele kosten. Bij gebrekkige informatie over verkeersveiligheid kan het *merit good* argument aanleiding zijn tot overheidsingrijpen en externe kosten geven eveneens een reden voor interventie in de markt. Bij veiligheid treden beide verschijnselen op. Veiligheidsrisico's worden niet altijd goed gepercipieerd; het is bijvoorbeeld bekend dat de meerderheid van de automobilisten het eigen rijgedrag als beter dan dat van de gemiddelde rijder beschouwt. Meer in het algemeen is in de psychologische literatuur veel aandacht besteed aan perceptiefouten ten aanzien van risico's. Het is dus niet verstandig om er bij voorbaat vanuit te gaan dat de markt ten aanzien van de productie van passieve en actieve risico's efficiënt werkt. Wel zal van geval tot geval moeten worden bekeken wat er exact aan de hand is en hoe eventuele maatregelen inwerken op de markt.

Ook externe effecten komen vrij algemeen voor in verband met de verkeersveiligheid. In het algemeen betekent een verplaatsing van een persoon een risico voor die persoon, maar eveneens voor andere gebruikers van dezelfde infrastructuur. Zelf als men er op grond van het methodologisch individualisme van uitgaat dat de risico's voor eigen voertuig en persoon goed worden ingeschat, dan is het nog twijfelachtig (en op grond van hetzelfde methodologisch individualisme zelfs onwaarschijnlijk) dat ook de risico's voor anderen het juiste gewicht krijgen. Als dat niet zo is, hebben we te maken met een extern effect dat in principe aanleiding zal zijn tot overheidsmaatregelen waarvan de effectiviteit met behulp van KBA kan worden onderzocht.

De rol van KBA bij maatregelen die betrekking hebben op de publieke veiligheid is evident: de markt laat het daar grotendeels afweten, zodat overheidsingrijpen noodzakelijk is. De doelmatigheid van dat ingrijpen kan met behulp van KBA worden onderzocht.

In het vervolg van deze studie zullen we terugkomen op de rol die perceptiefouten spelen in KBA's van verkeersveiligheid.

2.3 Schadecategorieën

De baten van bevordering van de verkeersveiligheid zijn vooral gelegen in de daardoor vermeden kosten van ongevallen. Een indeling van deze kosten in schadecategorieën, zoals gehanteerd door onder meer de SWOV, wordt gegeven door Wesemann en Devillers (2004):

³ Zie bijv. Verhoef en Van der Vlist (1999) voor een uitgebreidere bespreking van dit onderwerp.

- *Medische kosten*: alle medische kosten die als gevolg van de verkeersonveiligheid optreden.
- *Productieverlies (bruto)*: de som van het productieverlies door verzuim, arbeidsongeschiktheid (tijdelijk en blijvend) en overlijden als gevolg van de verkeersonveiligheid.
- *Materiële kosten*: de schades die door de slachtoffers zelf gedragen worden. De kosten van de verzekeringsmaatschappijen zijn opgenomen onder de afhandelingskosten.
- *Afhandelingskosten*: alle kosten die gemaakt worden om verkeersongevallen af te handelen.
- *Filekosten*: dit zijn de maatschappelijke kosten die gerelateerd zijn aan files als gevolg van ongevallen (dit is circa 20% van het totaal aantal files en 13% van het totaal aantal voertuigverliesuren).
- *Immateriële schade*: de waardering die mensen toekennen aan overlijden en pijn en lijden ten gevolge van letsel. In de economische analyses wordt hiervan een schatting gebruikt voor de waarde van een statistisch mensenleven.

Deze kosten dienen een rol te spelen in KBA van maatregelen die betrekking hebben op verkeersveiligheid. Bij maatregelen die de verkeersveiligheid bevorderen vormen de vermeden kosten van de ongevallen die anders hadden plaatsgevonden de baten. Zij dienen te worden afgewogen tegen de kosten die uitvoering van de betreffende maatregelen met zich meebrengen.

De meeste van de bovengenoemde kostencategorieën zijn betrekkelijk gemakkelijk in geld uit te drukken. De grote uitzondering vormt hier de immateriële schade. Die is volgens sommigen per definitie niet in geld te waarderen. Niettemin bestaat de noodzaak om die immateriële schade mee te nemen in de beoordeling van maatregelen die effect hebben op de verkeersveiligheid. Negeren van deze post doet zeker geen recht aan het bestaan er van. De vraag is dus hoe die immateriële schade toch op een verantwoorde wijze een rol kan spelen in de KBA. Bij de huidige stand van de economische wetenschap gebeurt dat door een verbinding te maken met de betalingsbereidheid die mensen hebben voor de vermindering van risico's. De immateriële schade wordt dus op een indirecte wijze benaderd als het bedrag dat men er voor over heeft om de kans op het lijden van dergelijke schade te vermijden. In het volgende hoofdstuk van deze studie zullen we daar nader op ingaan.

2.4 Mate van externaliteit

Hierboven werd al vermeld dat externe effecten een rol spelen in de verkeersveiligheid. Het is echter niet altijd duidelijk of en in welke mate dit het geval is. Het nu volgende voorbeeld dient als illustratie.

Een bestuurder van een voertuig confronteert de samenleving met twee soorten risico's: het risico dat hij zelf gewond raakt of overlijdt bij een verkeersongeval en het risico dat hij iemand anders verwondt of doodt bij een verkeersongeval. Indien de bestuurder alleen rekening houdt met het effect op zichzelf, en mogelijk dat op de andere inzittenden in het door hem bestuurde voertuig, is sprake van een extern effect. De meeste automobilisten zijn echter verzekerd tegen eventuele aansprakelijkheid voor schade die zij aan anderen hebben toegebracht. Het afsluiten van een dergelijke verzekering is zelfs verplicht gesteld door de Nederlandse overheid. Men zou hieruit kunnen concluderen dat het externe effect is geïnternaliseerd en het probleem is

opgelost door de markt. Dat is echter niet het geval. Internalisering van een extern effect vereist dat de marginale externe kosten bij de veroorzaker ervan in rekening worden gebracht. Verzekeringspremies zijn echter doorgaans niet of nauwelijks afhankelijk van het aantal gereden kilometers en dat leidt tot de conclusie dat er geen sprake is van internalisatie van het externe effect omdat de marginale kosten door de verzekeringspremie niet wijzigen. Die premie beïnvloedt alleen de vaste kosten van autogebruik.

Dit leidt tot de conclusie dat er geen sprake is van internalisatie van het externe effect, ook al is er via marktwerking voor gezorgd dat alle kosten van het externe effect daadwerkelijk betaald worden. Van internalisatie is namelijk slechts dan sprake als de automobilisten (bijvoorbeeld door middel van een heffing) worden geconfronteerd met de marginale externe kosten van hun weggebruik en dat vereist een verzekeringspremie die afhankelijk is van het aantal gereden kilometers. In de praktijk wordt niet of nauwelijks gebruik gemaakt van dergelijke premies. Verzekeringsmaatschappijen hanteren soms een indeling in brede klassen van jaarkilometrages, maar controleren daar meestal niet actief op. Een premie die recht evenredig is met het aantal gereden kilometers zou, uit oogpunt van internalisatie van de externe kosten van verkeersveiligheid voor de hand liggen.⁴ Het wel breed geaccepteerde systeem van bonus/malus regelingen geeft wel een prikkel in de juiste richting, maar vormt slechts een gebrekkig alternatief voor internalisatie. Hoewel invoering van een ‘Pay as you drive’ systeem in de VS wel wordt gebruikt en een studie heeft laten zien dat invoering in Nederland in potentie aanzienlijke maatschappelijke voordelen biedt⁵ lijkt invoering ervan op korte termijn onwaarschijnlijk.

Dit voorbeeld maakt duidelijk dat een economische analyse van verkeersveiligheid niet kan stoppen bij de vaststelling dat de markt voor een kostendekkende oplossing heeft gezorgd. Die oplossing is niet noodzakelijkerwijs doelmatig en ze kan daarom de wenselijkheid van overheidsingrijpen onverlet laten.

Een hiermee verband houdend aspect is het interne karakter van een groot deel van de verkeersveiligheidsrisico's.⁶ De verkeersdeelnemers veroorzaken dat risico en ze ondergaan het, maar het effect blijft (grotendeels) binnen de groep. Per saldo betaalt de groep dus ook zelf de kosten die ze veroorzaakt en dat zou tot de gedachte kunnen leiden dat er dan geen reden voor de overheid meer is om in te grijpen. Toch is deze gedachtegang niet juist en de reden is (opnieuw) dat ze voorbijgaat aan het efficiëntie criterium. Ook al betaalt de groep verkeersdeelnemers per saldo zelf de externe veiligheidskosten die ze veroorzaakt, dan wil dat nog niet zeggen dat de individuele verkeersdeelnemer ook geconfronteerd wordt met de marginale kosten van zijn gedrag. Het hiervoor gegeven voorbeeld van de verzekeringspremies kan ook hiervoor als illustratie dienen.

⁴ Overigens is in de literatuur betoogd dat nog een heffing van 100% op een dergelijke proportionele premie nodig zou zijn om tot volledige internalisatie van het externe effect te komen (zie Edlin, 2003).

⁵ Zie Vonk en Janse (2003). Mogelijk knelpunt vormen de kosten van monitoring van het aantal gereden kilometers. Een andere complicatie is dat voor leaseauto's de werkgever de verzekeringspremie betaalt, waardoor ook een kilometerafhankelijke premie niet noodzakelijkerwijs leidt tot het voor de efficiëntie gewenst effect op de marginale kosten van de *weggebruiker*.

⁶ De gebruikelijke terminologie kan verwarrend werken. We spreken van *interne verkeersrisico's* als het gaat om risico's die de weggebruikers elkaar aandoen. Maar een situatie waarin die weggebruikers zelf volledig de kosten dragen van die risico's is nog geen garantie voor *internalisatie* van die risico's in die zin dat de externe kosten die met de interne verkeersrisico's samenhangen volledig doorwerken in de marginale kosten waarmee de weggebruikers worden geconfronteerd.

Het gaat hier bijvoorbeeld om betaling van de immateriële schade aan niet-schuldige verkeersdeelnemers. De SER adviseert om ook dit soort ongevalskosten te laten betalen door de veroorzaker. Die kosten zouden dan natuurlijk weer door een verzekering gedekt moeten worden, hetgeen naar alle verwachting resulteert in hogere verzekeringspremies. Overigens geeft de SER aan niet te verwachten, dat hogere premies zullen leiden tot veiliger rijgedrag. Slechts als ze afhankelijk worden gemaakt van verkeersveiligheidsprestaties zullen hogere premies wel tot veiliger rijgedrag leiden.

Tenslotte merken we nog op dat ook met betrekking tot het risico dat de verkeersdeelnemer zelf loopt externe effecten kunnen bestaan. Niet alle kosten die het gevolg zijn van een verkeersongeval komen tot uiting in de marginale kosten van verkeersdeelname. Wie bijvoorbeeld tengevolge van een eenzijdig verkeersongeval enige tijd in het ziekenhuis verblijft en zijn werk niet kan verrichten wordt doorgaans voor het eerste gecompenseerd door een ziektekostenverzekering waarvan de premie onafhankelijk is van verkeersdeelname, terwijl bovendien zijn of haar salaris wordt doorbetaald. Deze verzekeringen leiden daarmee in potentieel tot verdere verstoringen van de financiële prikkels voor een efficiënte omgang met de risico's van verkeersdeelname.

2.5 Variabiliteit

In het voorgaande is herhaaldelijk gebruik gemaakt van het begrip marginale kosten. Dat is verwant met, maar niet identiek aan het begrip variabele kosten. Variabele kosten zijn kosten die bepaald worden door de omvang van – in de context van dit onderzoek – de verkeersstromen. Vaste kosten zijn, althans binnen bepaalde grenzen, onafhankelijk van die omvang. Te denken valt aan de kosten van verkeersinfrastructuur. Op korte termijn is de omvang van die infrastructuur gegeven en zijn de bijbehorende kosten dus vast. Op langere termijn is het natuurlijk zo dat de capaciteit van de infrastructuur wordt aangepast aan de omvang van de verkeerstroom die er gebruik van maakt en zijn ook die kosten variabel. Het onderscheid tussen de twee kostenposten is dus mede afhankelijk van de tijdspanne die relevant is voor de analyse.

De marginale kosten zijn, zoals bekend, de kosten van de laatst toegevoegde eenheid. In de context van dit onderzoek gaat het dus om de kosten van de laatst toegevoegde verkeersdeelnemer. De (gemiddelde) variabele kosten zijn alleen gelijk aan de marginale kosten als de marginale kosten constant zijn. Aangezien de indeling van de totale kosten in een vast en variabel gedeelte mede afhankelijk is van het tijdsperspectief, is ook de hoogte van de marginale kosten daarvan afhankelijk.

De doelmatigheid van de wijze waarop met schaarse middelen wordt omgegaan, wordt, onder meer, bepaald door de verhouding tussen marginale kosten en prijs. Om die reden wordt in economisch onderzoek doorgaans de nadruk gelegd op die marginale kosten, die dus niet noodzakelijkerwijs gelijk zijn aan de gemiddelde variabele kosten. Wel is er een nauw verband tussen deze twee begrippen omdat marginale kosten noodzakelijkerwijs betrekking hebben op kostenposten die variabel zijn. Vaste kosten zijn immers onafhankelijk van de productieomvang of, in de context van dit onderzoek, het aantal verkeersdeelnemers en hun omvang wordt dus ook niet beïnvloed door de laatst toegevoegde verkeersdeelnemer. Welke kostenposten variabel zijn en welke vast, hangt, zoals gezegd af van de gehanteerde tijdshorizon. Op korte termijn kan de omvang van de verkeersinfrastructuur als een

gegeven grootte worden beschouwd, en de daaraan verbonden kosten als vast. Op langere termijn zal de verkeersinfrastructuur echter worden aangepast aan het aantal gebruikers en dan zijn de kosten daarvan dus als variabel te beschouwen.

Voor zover de kosten van verkeersongevallen en van handhaving van de verkeersveiligheid deel uitmaken van de marginale kosten dienen ze bij de weggebruikers in rekening te worden gebracht via verzekeringspremies en heffingen.

De opbrengst van deze premies en heffingen kan worden gebruikt om de kosten te dekken. Er bestaat echter geen garantie dat totale opbrengsten en kosten aan elkaar gelijk zullen zijn, ook niet in gevallen waarin de externe kosten volledig zijn geïnternaliseerd.

Als de opbrengsten van de heffingen die externe kosten internaliseren afwijken van de kosten van de maatregelen die worden genomen ter bevordering van de verkeersveiligheid, dan is additionele financiering nodig, of kan een deel van de opbrengst van de heffingen worden gebruikt ter vermindering van andere belastingen. In beide gevallen dient rekening te worden gehouden met effecten op de efficiëntie van het economisch proces. Daarvoor zijn methoden ontwikkeld, die echter niet specifiek zijn voor de verkeersveiligheid en daarom hier buiten beschouwing zullen blijven.

2.6 Rebound Effects

Een laatste aspect dat in het kader van de KBA van verkeersveiligheid aandacht verdient zijn de zogenaamde '*rebound effects*'. Het gaat hierbij om de gedragsreacties die worden opgeroepen door maatregelen ter bevordering van de verkeersveiligheid. Verkeersdeelnemers bepalen hun gedrag mede op basis van een inschatting van die verkeersveiligheid en als die door beleidsmaatregelen verandert, zal hun gedrag in het algemeen ook veranderen.

Neem bijvoorbeeld aan dat de overheid zorgt voor veiliger verkeersinfrastructuur. De gebruikers van die infrastructuur kiezen zelf hun snelheid en houden daarbij rekening met de (on)veiligheid. Verbetering van de infrastructuur betekent een andere afweging tussen de voordelen van een hogere snelheid (met name reistijdwinst) en de nadelen (met name risico van een ongeval) en het resultaat zal een hogere gemiddelde snelheid zijn. Wie het effect van de verbeterde infrastructuur raamt zonder rekening te houden met dit '*rebound*' effect komt tot een overschatting.

Het bestaan van externe effecten kan deze *rebound* effecten nog versterken. Een voorbeeld kan dit duidelijk maken. Aanwezigheid van een of meer airbags in een auto vermindert het risico van een ongeval met ernstig persoonlijk letsel. De keerzijde van deze medaille is dat die airbags de kosten van riskant rijgedrag in termen van het eigen veiligheidsrisico verminderen en er dus toe kunnen leiden dat zich een riskantere rijstijl ontwikkelt. Die heeft niet alleen gevolgen voor het eigen risico van een ongeval, maar ook op dat van andere weggebruikers, waarvan een deel (met name voetgangers en fietsers) zich minder gemakkelijk kan beschermen. Het uiteindelijke effect kan dus bestaan uit een bescheiden toename van de veiligheid voor auto's met een airbag en een afname van de veiligheid voor andere groepen. Het netto effect van de airbag zou daardoor nihil of zelfs negatief kunnen zijn.

Een uitgebreide economische analyse die tot deze conclusie voert werd gegeven door Peltzman (1975). Later empirisch onderzoek heeft uiteenlopende resultaten opgeleverd met betrekking tot de omvang van *rebound effects*, maar het bestaan en de potentiële omvang ervan wordt tegenwoordig alom erkend.

2.7 Conclusie

In dit hoofdstuk is ingegaan op de wijze waarop verkeersveiligheid in het kader van een maatschappelijke KBA kan worden behandeld. Daarbij bleek dat:

- een deel van de verkeersveiligheid via de markt wordt verzorgd
- het bestaan van die marktoplossing niet garandeert dat een efficiënte situatie wordt bereikt, met name vanwege perceptiefouten en externe effecten
- efficiëntie vereist dat de marginale kosten van verkeersonveiligheid in rekening worden gebracht bij de veroorzaker van de onveiligheid
- dit niet noodzakelijkerwijs betekent dat de gemaakte kosten volledig gedekt zullen worden door de opbrengsten
- maatregelen ter bevordering van de verkeersveiligheid tegengestelde gedragsreactie kunnen oproepen, waardoor het netto effect veel kleiner kan zijn dan dat wat zou zijn gerealiseerd zonder gedragsreactie.

HOOFDSTUK 3 WAARDERING VAN VERKEERSVEILIGHEID

3.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk is ingegaan op de toepassing van het algemene kader van de kosten-batenanalyse op (verkeers)veiligheid. Twee aspecten die specifiek zijn voor dit onderwerp bleven daarbij nog grotendeels buiten beschouwing: de waardering van immateriële schade, met name die van fatale ongevallen, en de perceptie van risico's. Dat betekent dat dit hoofdstuk zich bezighoudt met een beperkt deel van het lijstje schadecategorieën van paragraaf 2.3: het gaat vooral om de immateriële schade. In dit hoofdstuk wordt op deze twee aspecten nader ingegaan. In de volgende paragraaf wordt het concept *Value Of a Statistical Life* (VOSL) geïntroduceerd. In 3.3. wordt vervolgens nader ingegaan op de wijze waarop deze variabele wordt bepaald. Vervolgens wordt in 3.4 nader ingegaan op de toepassingen van dit concept in de context van verkeersveiligheid. De gebruikelijke methode ter bepaling van de VOSL gaat uit van correct waargenomen kansen op fatale ongevallen. De vraag hoe realistisch deze aanname is, komt aan de orde in paragraaf 3.5. In 3.6 wordt vervolgens nader ingegaan op de vraag hoe de informatie uit VOSL-studies kan worden gebruikt in kosten-batenanalyses ten behoeve van veiligheidsbeleid. Tenslotte wordt in 3.7 nog ingegaan op de effecten die zulk beleid oproept.

3.2 De Value of a Statistical Life (VOSL)

Het waarden van risico's op fatale ongevallen vormt een probleem waarvoor lange tijd geen goede oplossing bestond. In het verleden werd wel gewerkt met het idee dat de waarde van een mensenleven gerelateerd is aan het consumptieverlies, dat wil zeggen de waarde van de consumptie die niet is gerealiseerd omdat de betreffende persoon door een ongeval eerder is overleden dan anders het geval zou zijn geweest. Deze waarderingsmethode werd vrij algemeen als weinig bevredigend beschouwd, onder meer omdat er naast de materiële verliezen (waarvoor de niet gerealiseerde consumptie als een redelijke maat kan worden beschouwd) ook sprake is van immaterieel verlies. Bij gebrek aan een beter alternatief werd de methode niettemin vrij veel toegepast.

Inmiddels is er wel zo'n beter alternatief ontwikkeld. Het is tegenwoordig gebruikelijk om risico's op fatale ongevallen te waarden met behulp van de *Value Of a Statistical Life* (VOSL). De VOSL geeft aan hoeveel men er voor over heeft om het verwachte aantal doden dat verbonden is aan een bepaald risico met 1 te laten afnemen. Het gaat dus om een verandering in een gemiddeld aantal slachtoffers en het is dus niet bekend wiens leven er gespaard zal worden. Om die reden wordt er gesproken van de waarde van een *statistisch* mensenleven. En het gaat in feite om de betalingsbereidheid voor een vermindering van risico's, niet om een poging tot het vaststellen van de waarde van een mensenleven.

De bepaling van de VOSL gaat als volgt: stel dat mensen bereid zijn 60 euro te betalen om het risico van dodelijke verkeersslachtoffers op een weg af te laten nemen van 7 naar 4 slachtoffers per jaar en dat 100.000 mensen van de weg gebruik maken. De 100.000 mensen zijn dan gezamenlijk bereid om 6 miljoen euro te betalen voor een reductie van 3 slachtoffers, wat gelijk is aan een waardering van 2 miljoen euro per slachtoffer.

De VOSL heeft in het algemeen een (veel) hogere waarde dan het consumptieverlies. De verklaring daarvoor kan men zoeken in het feit dat de VOSL zowel immateriële kosten van overlijden, als het consumptieverlies omvat. De omvang van de immateriële kosten kan worden geschat door het consumptieverlies op de VOSL in mindering te brengen. Een overzicht van schattingen van de VOSL is te vinden in Viscusi en Aldy (2003).

Voor het bepalen van de immateriële schade van andere ongevallen kan dezelfde methode worden toegepast als voor de VOSL. Om die reden wordt aan dit onderwerp nauwelijks aandacht besteed.

3.3 De VOSL-methode

Het handhaven of verhogen van een bepaald veiligheidsniveau legt beslag op schaarse middelen. De kosten die dat met zich meebrengt moeten worden afgewogen tegen de baten. Aangezien die baten worden gerealiseerd in de vorm van een kleiner aantal (dodelijke) slachtoffers moet er noodzakelijkerwijs een relatie worden gelegd tussen mensenlevens en geld, want dat is nu eenmaal de eenheid waarin kosten doorgaans worden uitgedrukt.

Zoals in de vorige paragraaf reeds bleek, is de VOSL is een betrekkelijk subtiële manier om deze relatie te leggen. De meeste studies ter bepaling van de VOSL maken gebruik van beloningsverschillen tussen banen waaraan verschillende risico's zijn verbonden. Door te kijken hoeveel compensatie er wordt gegeven voor beroepen met een extra risico op een fataal ongeval wordt informatie verkregen over de wijze waarop mensen omgaan met risico's. Het bedrag dat nodig is om te compenseren voor een toename van de kans op zo'n ongeval kan, op de hierboven besproken wijze, worden getransformeerd tot de waarde van een statistisch mensenleven (VOSL) en die kan vervolgens worden gebruikt als een maatstaf om veranderingen in risico's op dodelijke ongevallen in het algemeen te waarderen.

Deze gedachtegang gaat er van uit dat bereidheid om te betalen voor risico-vermindering een consistent onderdeel van het menselijk gedrag vormt en op correcte wijze kan worden gemeten. In het vervolg van deze sectie zullen we vooral op het laatstgenoemde uitgangspunt ingaan. Op het eerstgenoemde deel komen we terug in sectie 3.5.

Perceptie van beroepsrisico's

De conventionele procedure voor het meten van de VOSL maakt gebruik van compenserende verschillen in de beloning voor beroepen. Dat kan alleen dan tot een betrouwbare vaststelling van de '*willingness to pay*' voor vermindering van risico's leiden, als de werknemers die kiezen voor de uiteenlopende beroepen de juiste informatie hebben over de kansen op een fataal ongeval in diverse beroepen, en die informatie ook correct kunnen verwerken. Als de risico's worden onderschat zal minder compensatie worden vereist dan eigenlijk nodig is; als de risico's worden overschat, zal juist te veel compensatie worden gevraagd.

Het feit dat het mogelijk is gebleken om de VOSL te ramen op basis van compenserende beloningsverschillen geeft op zichzelf al aan dat er een min of meer juiste perceptie van risico's aanwezig is bij de betrokken werknemers. In VOSL studies worden de risico's doorgaans op objectieve wijze gemeten (bijv. aan de hand van het jaarlijkse aantal ongevallen), en als er compenserende beloningverschillen

zijn, komt dat doordat de perceptie van risico's onder de werknemers in hoofdlijnen overeenkomt met de objectieve maat.

Viscusi en O'Connor (1984) hebben dit nader onderzocht door werknemers in de chemische sector te ondervragen over de risico's die aan de uitoefening van hun beroep waren verbonden. Hun conclusie luidde dat het risico op dodelijke ongevallen dat door deze werknemers werd gepercipieerd opmerkelijk goed overeenkwam met de beschikbare gegevens over ongevallenfrequenties. Dit suggereert dat, althans in een aantal identificeerbare gevallen, werknemers inderdaad de risico's die zijn verbonden aan uitoefening van diverse beroepen goed kunnen inschatten.

Een unieke VOSL?

Voor de praktijk van de kosten-batenanalyse zou het erg gemakkelijk zijn als de VOSL als een soort universele constante van het menselijk gedrag met betrekking tot risico's zou zijn. Dat is echter niet het geval. De compenserende beloningsverschillen die in uiteenlopende studies zijn gemeten verschillen onderling aanzienlijk: de relevante range wordt doorgaans in miljoenen dollars of euro's uitgedrukt. Als het zojuist gememoreerde onderzoeksresultaat algemeen geldig zou zijn, zouden die verschillen in de gemeten VOSLs niet verklaard kunnen worden uit verschillen in informatie over de relevante risico's. Er zijn waarschijnlijk ook andere oorzaken. Die hoeven niet ver gezocht te worden: de relevante economische theorie suggereert dat de compenserende beloning die nodig is voor het dragen van een bepaald risico samenhangt met persoonskenmerken, waaronder inkomen, levensverwachting en de hoogte van het (achtergrond)risico dat vanwege andere factoren wordt gelopen. Feitelijke schattingen van de VOSL vertonen inderdaad samenhang met bijv. leeftijd (zie bijv. Aldy en Viscusi, 2003) en welvaartsniveau (zie bijv. Costa en Kahn, 2002). Deze variatie geldt bij gelijke voorkeuren van de betreffende personen. Natuurlijk is het waarschijnlijk dat er ook wat betreft de acceptatie van risico's aanzienlijke verschillen tussen mensen bestaan die los staan van de zojuist genoemde variabelen. De implicatie hiervan is dat de VOSL geen universele constante zal zijn, maar zal variëren met persoonskenmerken.

Hoewel er, voor zover wij weten, geen onderzoek naar is uitgevoerd kan men zich verder voorstellen dat de waarde die men voor de VOSL vindt mede bepaald wordt door de conjuncturele omstandigheden. In tijden van grote werkloosheid accepteert men wellicht eerder een beroep met betrekkelijk grote risico's dan bij hoogconjunctuur. De gebruikelijke methode voor de bepaling van de VOSL gaat uit van evenwicht op de arbeidsmarkt en als dat ontbreekt (en dat kan zowel bij hoog- als laagconjunctuur het geval zijn) zal ze minder betrouwbare resultaten opleveren.

Selectie-effecten

Als er inderdaad verschillen bestaan in de bereidheid om risico's te accepteren, dan heeft dat weer gevolgen voor de wijze waarop de arbeidsmarkt werkt. Een compenserend beloningsverschil dat voor de één ruim voldoende is, kan door de ander als beneden de maat worden beoordeeld. Het gevolg is dat een selectieproces optreedt waardoor mensen die betrekkelijk gemakkelijk risico's accepteren oververtegenwoordigd zullen raken in riskante beroepen. De op de arbeidsmarkt waar te nemen beloningsverschillen geven dus aan hoeveel compensatie was vereist om een voldoende groot aantal mensen aan te trekken voor deze beroepen, en het is goed mogelijk dat die waarneembare verschillen kleiner zijn dan het beloningsverschil dat vereist is voor de gemiddelde werknemer. In het algemeen zal gelden dat door selectie

de waarneembare compenserende verschillen, en dus ook de VOSL, aan de lage kant zal zijn.

Hoewel het voor de hand ligt om aan deze vaststelling de conclusie te verbinden dat de gemeten waarden van de VOSL dus altijd als een ondergrens moeten worden beschouwd, is dat evenmin juist. De optredende selectie op basis van risico-aversie is slechts één van de econometrische problemen die zich voordoen bij het meten van de VOSL. Banen verschillen in meer aspecten van elkaar dan alleen in het risico op een dodelijk ongeval en niet al die aspecten zijn gemakkelijk waarneembaar. Als niet waargenomen baankenmerken zijn gecorreleerd met het risico op een fataal ongeluk, dan kan ook hierdoor vertekening ontstaan in de berekende VOSL. Een voorbeeld is dat banen met een hoog risico vaak ook in andere opzichten minder aantrekkelijk zijn (bijv. vanwege stank of lawaai), en dat de minder veilige routes doorgaans meer kruisingen, onoverzichtelijke bochten of andere negatief gewaardeerde kenmerken hebben.

Conclusie

Het voorgaande leidt tot de conclusie dat de VOSL een goed concept is voor de waardering van risico's. De interpretatie als de bereidheid om te betalen voor het vermijden van risico's op fatale ongevallen vermijdt een aantal moeilijkheden die verbonden zijn aan het waarderen van een mensenleven. Bovendien is het concept goed meetbaar. Op theoretische en praktische gronden kan de VOSL echter niet als een (min of meer) universele constante worden opgevat. De waarde van deze variabele is mede bepaald door persoonskenmerken als inkomen en leeftijd en waarschijnlijk ook door moeilijk of niet waarneembare kenmerken die te maken hebben met de persoonlijkheidsstructuur. Dat levert complicaties op bij de toepassing van de VOSL in kosten-batenanalyses.

Tenslotte merken we op dat de VOSL betrekking heeft op ongevallen met fatale afloop. Er is in de literatuur veel minder aandacht voor ongevallen met niet-fatale afloop. De meeste verkeersongevallen hebben zijn niet-fataal, en leveren minder schade op dan een ongeval met dodelijke afloop. Het is niettemin mogelijk dat de totale schade die door dergelijke ongevallen wordt veroorzaakt van dezelfde orde van grootte is als die van de fatale ongevallen. Bovendien zijn er ook niet-fatale ongevallen waarvan de schade waarschijnlijk van dezelfde orde van grootte is als van fatale ongevallen. Denk bijvoorbeeld aan een auto-ongeluk dat levenslange invaliditeit veroorzaakt.

3.4 Waardering van verkeersveiligheidsrisico's in de praktijk

Volgens De Blaeij (2003) kunnen de methoden die worden toegepast voor de waardering van verkeersveiligheid in twee hoofdcategorieën worden ingedeeld op basis van de gebruikte methode: de gebleken voorkeur (*revealed preference*) of de aangeduide voorkeur (*stated preference*). De onderstaande tabel geeft een overzicht van de methoden en de hoofdcategorie waartoe ze behoren.

De RP-methode is gebaseerd op data van werkelijke keuzes die mensen maken, terwijl SP-methoden hun eigen data verzamelen door hypothetische situaties te construeren en gebruik maken van vragenlijsten om inzicht te krijgen in de voorkeuren van individuen.

Revealed preference methodology (RP)	Stated preference methodology (SP)
Hedonic pricing	Contingent valuation Conjoint analysis Health-state utility approach

Bron: De Blaeij, 2003.

Tabel 3.1 Methoden voor de waardering van verkeersveiligheid

De RP-methode achterhaalt dus de waarde van het te waarderen goed door het gedrag te bestuderen van individuen op markten, die gerelateerd zijn aan het te waarderen goed. De bepaling van de VOSL op basis van compenserende beloningsverschillen die in 3.3 werd besproken is een voorbeeld van een RP methode. Dit voorbeeld maakt tegelijk duidelijk dat in deze benadering de uitkomsten van marktprocessen op een bepaalde wijze worden geïnterpreteerd. Verschillen in lonen kunnen, op een arbeidsmarkt die via het prijsmechanisme een evenwicht heeft bereikt, worden geïnterpreteerd als compensaties voor verschillen in kenmerken van de betreffende banen, en het risico van een fataal ongeval is zo'n kenmerk. De noodzaak om de data te interpreteren op basis van een aantal veronderstellingen die niet door iedereen worden geaccepteerd (evenwichtige markt, correct gepercipieerde risico's) is de zwakke kant van deze methode. Het sterke punt ervan is dat zij zich baseert op keuzes die mensen klaarblijkelijk bereid zijn te maken. Risicowaardering via compenserende beloningsverschillen kan worden opgevat als een variant van de breder toepasbare *hedonic pricing* methode. Een hedonische prijsfunctie geeft het verband tussen de prijs van een goed en de kenmerken ervan. Die kenmerken kunnen betrekking hebben op de risico's die aan gebruik van het goed zijn verbonden. Zo zijn bepaalde autotypen veiliger dan andere, en doorgaans zijn de veiliger types wat duurder. Er is dus een prijs verbonden aan de extra veiligheid en als mensen bereid zijn die te betalen zegt dat iets over hun waardering van verkeersveiligheid. Atkinson en Halvorsen (1990) en Dreyfus en Viscusi (1995) hebben op basis van deze redenering een schatting gemaakt van de VOSL in het verkeer.

Een soortgelijke analyse valt te maken op basis aanschaf van valhelmen voor gebruik op de fiets, het gebruik van veiligheidsgordels op vrijwillige basis en de keuze van de rijsnelheid. In al deze gevallen is er een afruil tussen extra veiligheid en een compenserend effect. Tabel 3.1 geeft een overzicht van de resultaten van deze studies dat gebaseerd is op Blomquist (2004), uitgedrukt in US dollars van 2000.⁷

Het voordeel van RP methoden is dat ze gebaseerd zijn op feitelijk waar te nemen keuzes. Het nadeel ervan is dat die keuzes vaak niet alleen betrekking hebben op risico's, maar tegelijk op andere zaken. Als het bijvoorbeeld zo is dat veiliger auto's wat zwaarder zijn en daardoor een betere wegligging hebben en een groter rijcomfort, dan is de bereidheid om extra te betalen voor veiliger auto's moeilijk te onderscheiden van de bereidheid om te betalen voor extra rijcomfort. Evenzo kan het gebruik van veiligheidsgordels als 'lastig' worden ervaren en daardoor wordt het moeilijk om de pure betalingsbereidheid voor het effect van het dragen van deze gordels op de verkeersveiligheid te meten. In beide gevallen kan een vertekening optreden van de geschatte waarde van de VOSL.

RP studies zijn niet altijd gemakkelijk uit te voeren omdat de keuzes waarin men is geïnteresseerd slecht waarneembaar zijn. Als het dragen van autogordels verplicht gesteld is valt er weinig meer te kiezen zijn, als airbags en anti-blokkeersystemen

⁷ In de gevallen waarop deze studies betrekking hadden was er sprake van een *vrijwillige* keus voor aanschaf en gebruik van veiligheidsgordels, kinderzitjes, enzovoorts. Als gebruik van dergelijke voorzieningen verplicht is gesteld, kan de hedonische prijsmethode niet meer worden toegepast.

(ABS) standaardaccessoires zijn geworden kan uit de aanschaf van een auto met deze attributen weinig worden geconcludeerd met betrekking tot waardering van veiligheidsrisico's. In de praktijk wordt het veiliger gedrag (bijv. dragen van valhelmen of autogordels) nogal eens verplicht gesteld als dat geen al te grote kosten met zich meebrengt. Daardoor ontstaat een situatie waarin de in de realiteit voorkomende verschillen in risico's zo gering zijn dat het moeilijk is om de effecten daarvan te onderscheiden van andere, tegelijkertijd optredende verschillen.⁸

Bron	Afruïl tussen, jaar	VOSL schatting ¹
Ashenfelter en Greenstone (2002)	Rijsnelheid en dodelijke verkeersongevallen, 1982-1993	1,7 (bovengrens)
Jenkins, Owens en Wiggins (2001)	Aanschaf en gebruik van valhelm en dodelijke ongevallen, 1997	4,4 volwassene 2,9 kind 5-9 2,8 kind 10-14
Blomquist, Miller en Levy (1996)	Gebruik veiligheidsgordels en dodelijke ongevallen, 1983	2,8-4,6 volwassene 3,7-6,0 kind jonger dan 5 1,7-2,8 motorrijder
Carlin en Sandy (1991)	Gebruik veiligheidszitje voor kinderen en dodelijke ongevallen, 1985	0,8 kind jonger dan 5
Mount et al. (2001)	Prijzen van motorrijtuigen en dodelijke ongevallen	7,2 volwassene 7,3 kind 5,2 oudere
Dreyfus en Viscusi (1995)	Autoprijzen en dodelijke ongevallen, 1988	3,8-5,4
Atkinson en Halvorsen (1990)	Autoprijzen en dodelijke ongevallen, 1978	4,7

Tabel 3.2 Resultaten van recente studies van de VOSL op basis van verkeersrisico's

Bron: Blomquist (2004, Table 2)

Onder meer om deze redenen wordt vaak de voorkeur gegeven aan SP methoden. Die maken gebruik van beweringen over waardering van veiligheid of over keuzegedrag dat die veiligheid als een van de relevante aspecten heeft. Beweringen over de waardering van veiligheid of over keuzegedrag zijn een stuk vrijblijvender dan feitelijk gedrag met consequenties voor de verkeersveiligheid en dit vormt het zwakke punt van de SP methoden. De kwaliteit van SP gegevens hangt daardoor af van de mate waarin de respondenten er in geslaagd zijn zich in te leven in de situaties die hen worden voorgespiegeld en vervolgens hun feitelijke keuzegedrag weer te geven als de hypothetische situatie de werkelijkheid zou weergeven. SP gegevens zijn doorgaans gemakkelijker te verzamelen dan RP gegevens en ze kunnen bovendien betrekking hebben op situaties die zich in de werkelijkheid (nog) niet voordoen. Een uitgebreid overzicht van de methoden is te vinden in Louviere, Hensher en Swait (2000).

⁸ Overigens geldt voor de in de tabel 3.2 opgenomen studies dat die zijn uitgevoerd in situaties waarin er geen (wettelijke) verplichting voor een bepaalde vorm van gedrag bestond.

De *Contingent Valuation* methode is waarschijnlijk het meest bekende voorbeeld uit deze tweede klasse evaluatiemethoden. Bij toepassing van deze methoden wordt respondenten rechtstreeks de maximale betalingsbereidheid voor een bepaald goed gevraagd. In het geval van verbetering van de verkeersveiligheid wordt dus gevraagd hoeveel de respondent maximaal wil bepalen voor een gespecificeerde risicoreductie. Een bekend voorbeeld van een toepassing van deze methode die onder meer betrekking heeft op verkeersveiligheid is de studie van Jones Lee, Hammerton en Philips (1985). Op de *contingent valuation* methode is kritiek uitgeoefend, onder meer omdat ze te veel zou veronderstellen over de mogelijkheden die respondenten hebben om voorkeuren te uiten met betrekking tot zaken waarover ze nauwelijks zijn geïnformeerd (zie bijv. Diamond en Hausman, 1994).

De *Conjoint Analysis* vraagt aan respondenten een keuze te maken tussen meerdere goederen, deze te rangschikken, of aan elk goed een waarde toe te kennen op basis van een kardinale schaal. Deze methode gaat er dus van uit dat de goederen een waarde hebben door hun attributen. Het belangrijkste voordeel van deze methode in vergelijking met de vorige is, dat het voor respondenten veel gemakkelijker is om *Conjoint Analysis*-vragen te beantwoorden, omdat men dit soort keuzesituaties in de dagelijkse praktijk tegenkomt. Er wordt, met andere woorden, meer structuur aangebracht in de situatie waarin de respondent zich dient te verplaatsen en dit zal, zo mag men althans aannemen, de betrouwbaarheid van de antwoorden ten goede komen (zie Broome, 1994 voor een betoog dat dit punt onderstreept). Een toepassing van *conjoint* analyse is te vinden in het proefschrift van de Blaeij (2003).

De *Health-state Utility Approach* wordt gebruikt om voorkeuren voor specifieke gezondheidssituaties te ontlokken. Aan respondenten wordt gevraagd om de gezondheidstoestand nadat hun een bepaald type ongeluk is overkomen te beoordelen op een schaal van 0 (dood) tot 1 (perfect gezond). Dit levert aanknopingspunten op voor een beoordeling van de kosten-effectiviteit die verbonden zijn aan veiligheidsbevorderende maatregelen, bijvoorbeeld door dezelfde respondenten ook te vragen naar hun betalingsbereidheid voor een bepaalde verbetering in de gezondheidstoestand. Een nadeel van deze methode is dat deze niet (of althans niet rechtstreeks) kan worden gebruikt voor monetaire waardering van gebeurtenissen die zich met een bepaalde waarschijnlijkheid voordoen, aangezien deterministische gezondheidssituaties worden vergeleken. Het is dus feitelijk geen methode voor de waardering van risico's.

De Blaeij (2003) geeft in hoofdstuk 3 een uitgebreid overzicht van studies naar de waardering van verkeersveiligheid, die alle studies gebaseerd zijn op de bovenvermelde methoden.⁹ Het gemiddelde van de VOSL schattingen is 4,4 miljoen dollar (prijsniveau 1997), maar er is een grote spreiding in de schattingen. We verwijzen naar dit onderzoek voor een breed overzicht van VOSL schattingen in het verkeer en besteden hier alleen nog aandacht aan enkele specifieke aspecten die voor het doel van deze studie van belang zijn.

Een opvallend kenmerk van studies naar verkeersveiligheid is dat sommige vormen van onveiligheid systematisch anders lijken te worden gewaardeerd dan andere. Zo worden de risico's van vliegen vrij algemeen hoger ingeschat dan die van autorijden, hoewel de feitelijke informatie dat tegenspreekt. Een verklaring die hiervoor nogal eens wordt aangevoerd is dat het gevoel van onveiligheid toeneemt als de reiziger zelf geen invloed kan uitoefenen op de kans op een ongeval. De bestuurder van een auto kan dat wel; de luchtreiziger niet. Men zou dit verschil op kunnen vatten als de

⁹ Zie ook Wesemann, De Blaeij en Rietveld (2005).

consequentie van een perceptiefout. Het is bijv. bekend dat het merendeel van de autorijders zichzelf beschouwt als een beter rijder dan de gemiddelde chauffeur, en deze overschatting van het eigen kunnen zou er voor kunnen zorgen dat vliegen ten onrechte als riskanter dan autorijden wordt beschouwd. In een recent artikel van Carlsson et al. (2004) wordt deze hypothese nader onderzocht door de waardering van onveiligheid in het vliegverkeer te vergelijken met die bij taxigebbruik. Hoewel de reiziger ook bij de laatstgenoemde vorm van transport geen invloed heeft op het zich voordoen van eventuele ongevallen, bleek veiligheid in de lucht toch aanzienlijk hoger te worden gewaardeerd dan in de taxi. De auteurs zoeken de verklaring van dit onderzoeksresultaat in het 'mentale lijden' (*mental suffering*) van de luchtreizigers. Dat betekent dat er vanuit welvaartstheoretisch oogpunt in principe reden is om schaarse middelen in te zetten ter vermindering van dit probleem. Het is echter maar de vraag of dit maatregelen moeten zijn die vliegen extra veilig maken ten opzichte van autorijden. Het mentale lijden dat door vliegen wordt veroorzaakt heeft mogelijk meer te maken met het 'opgesloten' zitten met veel personen in een beperkt ruimte zonder veel uitzicht. Maatregelen ter verbetering van het reiscomfort op deze aspecten zijn wellicht effectiever om dit probleem te verhelpen dan maatregelen die de verkeersveiligheid nog extra verhogen.

Een tweede aspect dat aandacht verdient is de over-reactie op ongevallen die recent hebben plaatsgevonden. Onder andere door Viscusi (1992) is aandacht gevraagd voor de '*alarmist reaction*' die in een aantal gevallen lijkt op te treden nadat een betrekkelijk zeldzame gebeurtenis heeft plaatsgevonden. Risico's waarvan men zich voorheen nauwelijks bewust was, krijgen onmiddellijk daarna een overmatig gewicht in de perceptie, hetgeen leidt tot een (veel) te hoge gepercipieerde kans op herhaling van de gebeurtenis. De meeste voorbeelden van dit effect zijn gebaseerd op de sterke intensiveringen van beleid om te voorkomen dat een op zichzelf zeldzame gebeurtenissen zich zal herhalen, nadat die zich eenmaal heeft voorgedaan. Chilton et al. (2002) onderzochten de invloed van een spoorwegongeluk in Engeland op de relatieve waardering van veiligheid op het spoor en vonden inderdaad dat de respondenten meer prioriteit gaven aan beleid ter verbetering van de veiligheid op het spoor nadat het ongeluk had plaatsgevonden. De effecten op de betalingsbereidheid voor risicovermindering op het spoor waren echter minder substantieel dan men op grond van deze vraag om meer beleidsaandacht zou verwachten.

De twee zojuist genoemde aspecten laten zien dat het niet altijd eenvoudig is om de resultaten van studies naar de waardering van veiligheidsrisico's te interpreteren. Dat compliceert de uitvoering van een KBA waarin dergelijke risico's een rol spelen. We zullen later in dit hoofdstuk op dit onderwerp terugkomen, maar eerst aandacht schenken aan de empirische status van de economische theorie over gedrag in situaties van onzekerheid.

3.5 Expected utility theory en prospect theory

Vertekening van risico's

Hoewel hierboven werd gememoreerd dat werknemers in de chemische sector volgens onderzoek de beroepsrisico's goed kunnen inschatten, is er ook onderzoek dat er op wijst dat andere risico's systematisch worden vertekend in de perceptie van mensen. Lichtenstein et al. (1978) toonden dat aan met een onderzoek naar de percepties van risico's met betrekking tot overlijden ten gevolge van ziektes en ongevallen. De kans op oorzaken die met een kleine waarschijnlijkheid optreden

wordt doorgaans overschat, terwijl dat van oorzaken met een (relatief) grote waarschijnlijkheid voorkomen lager wordt ingeschat dan het in feite is. Het bestaan van deze vertekening is daarna bevestigd in ander onderzoek.

Expected utility theory

Deze vertekening kan worden gezien als onderdeel van een veel breder scala van onderzoeken dat de validiteit van de gebruikelijke economische theorie voor handelen in onzekere situaties in twijfel heeft getrokken. Die theorie werd ontwikkeld door Von Neuman en Morgenstern (1946) en staat bekend als *Expected Utility Theory* (EUT). Ze is gebaseerd op een aantal axioma's die beschouwd kunnen worden als kenmerken van rationeel gedrag. Zoals de naam al aangeeft, waardeert EUT een situatie met onzekere uitkomsten als de verwachte waarde van het nut dat bereikt zal worden bij elk van die uitkomsten. De situatie van zekerheid is een speciaal geval dat bereikt wordt wanneer één van de mogelijke uitkomsten een kans, en dus een gewicht, 1 krijgt en alle andere gewicht 0. EUT kan dus gezien worden als een generalisatie van de standaard economische theorie, die betrekking heeft op zekere uitkomsten, naar situaties van onzekerheid.

Al spoedig na de ontwikkeling van de EUT bleek dat deze niet in staat was het waarneembare keuzegedrag van personen in experimentele situaties goed te beschrijven. De keuzes die werden gemaakt, weken op systematische wijze af van de voorspellingen van de theorie en deze 'paradoxen' bleken moeilijk te verklaren. In een aantal gevallen bleken de proefpersonen irrationeel te handelen in die zin dat veranderingen in de alternatieven die volgens de EUT geen invloed zouden hebben op het keuzegedrag, feitelijk zorgden voor een verandering in de keuze van de meeste respondenten.

Prospect theory

Veel van de anomalieën zijn door Tversky en Kahnemann (1979) samengevat in een alternatieve aanpak die bekend staat als *Prospect Theory* (PT). PT onderscheidt zich van EUT in twee opzichten:

- zij gaat uit van een referentiepunt dat wordt gekozen door de proefpersoon; dit referentiepunt bepaalt of de verschillende mogelijke uitkomsten worden beschouwd als winst dan wel als verlies ten opzichte van een uitgangssituatie
- zij gaat niet uit van het verwachte nut van de onzekere uitkomsten, maar weegt het nut van de mogelijke uitkomsten met '*decision weights*' die functies zijn van de kans op de betreffende uitkomst, maar daar in het algemeen van verschillen.

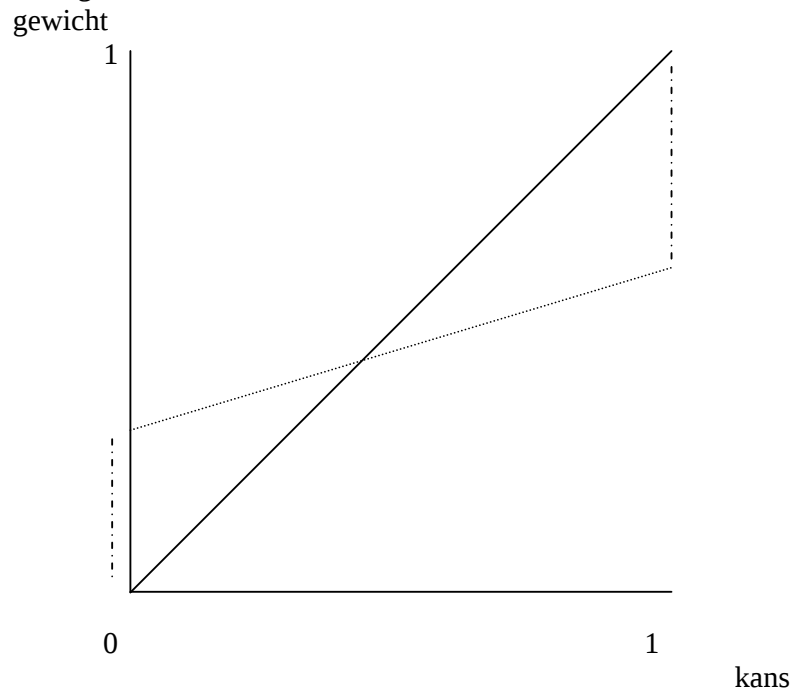
Door deze twee veranderingen aan te brengen in EUT, waren Tversky en Kahneman in staat de meeste, zo niet alle, uit de literatuur bekende paradoxen te verklaren. Daarbij was van groot belang dat ze zeer flexibel omgingen met de keuze van het referentiepunt. Ze presenteerden geen theorie over het totstandkomen van dat punt en empirisch onderzoek suggereert dat de keuze daarvan kan afhangen van triviale details. Een kleine verandering in de verwoording van een vraag kan de keuze van het referentiepunt voor een grote groep respondenten doen omslaan en tot substantieel verschillend keuzegedrag leiden.

De gebruikte gewichten blijken op regelmatigere wijze te worden bepaald. Twee belangrijke en redelijk algemeen voorkomende kenmerken zijn dat:

- het verschil tussen een situatie van zekerheid en één van onzekerheid een discontinuïteit in de beoordeling tot gevolg heeft (dit staat wel bekend als het '*certainty effect*'). Dit effect is een van de redenen waarom kleine risico's op, bijv. een aardbeving, aanvankelijk decision weight 0 kunnen krijgen, maar nadat ze zich (toch) hebben voorgedaan niet meer als verwaarloosbaar worden beschouwd en ineens een vrij zwaar gewicht krijgen.
- de gewichten die aan zeldzame gebeurtenissen worden toegekend groter zijn dan de bijbehorende kans, terwijl de gewichten voor frequent voorkomende gebeurtenissen worden gebruikt juist kleiner zijn.

Figuur 3.1 geeft aan hoe de gewichten als functie van de kansen verlopen als ze deze twee kenmerken hebben. De doorgetrokken schuine lijn geeft gewichten aan die gelijk zijn aan de kansen. Dat correspondeert met EUT. De onderbroken lijn geeft de gewichten weer die in de praktijk worden waargenomen voor kansen die groter dan 0 en kleiner dan 1 zijn.¹⁰ Voor de beide extremen geldt wel de 45°-lijn, zodat er twee discontinuïteiten optreden in de curve voor de gewichten. Deze discontinuïteiten corresponderen met het '*certainty effect*'. Ze ontbreken in de continue lijn die correspondeert met EUT.

Het vlakkere verloop van de lijn die de gewichten weergeeft voor onzekere gebeurtenissen is een gevolg van het '*certainty effect*' en geeft tegelijkertijd aan dat het gewicht van een zeldzame gebeurtenis groter is dan men op grond van de kans erop zou verwachten, terwijl voor een frequent voorkomende gebeurtenis het omgekeerde geldt.



Figuur 3.1 Objectieve kansen en '*decision weights*'

¹⁰ Figuur 3.1 is bedoeld als illustratie. Prospect theory impliceert niet noodzakelijkerwijs een rechte lijn voor de gewichten. Essentieel zijn wel de discontinuïteiten die samenhangen met het '*certainty effect*' en het van boven kruisen van de 45° lijn.

Perceptiefouten en leergedrag

Hoewel de afwijkingen van EUT niet alleen worden veroorzaakt door perceptieverschillen kan men de gewichten uit PT in een aantal gevallen opvatten als gepercipieerde kansen. Op deze wijze kan PT in verband worden gebracht met de vertekening van risico's waarover in de psychologische literatuur is gerapporteerd. Bij zo'n interpretatie ligt het enigszins voor de hand om de verschillen tussen de gewichten en de kans toe te schrijven aan gebrekkige informatie. Viscusi (1992, hoofdstuk 7) heeft inderdaad betoogd dat veel van de afwijkingen van EUT die in de praktijk zijn waargenomen, kunnen worden geïnterpreteerd als het gevolg van een nog niet geheel doorlopen leerproces bij de respondenten. Dat leerproces zou starten met het idee dat allerlei gebeurtenissen ongeveer dezelfde kans op realisatie hebben. Vervolgens worden op grond van verkregen informatie de kansen bijgesteld, maar zo lang het leerproces nog niet volledig is, zullen de gepercipieerde kansen min of meer het patroon vertonen van de gewichten in Figuur 3.1.

De snelheid en volledigheid van het leerproces hangen uiteraard af van de hoeveelheid informatie die actief dan wel passief verworven wordt. Bij beroepskeuze bestaat er een duidelijke prikkel tot verzamelen van informatie over (al dan niet fatale) ongevallen en kan het proces binnen betrekkelijk korte tijd voltooid zijn. In andere gevallen zal alleen passief informatie worden verkregen en kan het lang duren voor perceptie en realiteit elkaar benaderen. Voor gebeurtenissen die zich met een zeer kleine kans voordoen, kan een mensenleven te kort zijn voor volledige convergentie.

3.6 Toepassing in kosten-batenanalyse

In deze sectie wordt nader ingegaan op de consequenties van het voorgaande voor de praktijk van de kosten-batenanalyse (KBA). We beginnen met het eenvoudigste geval: dat waarin EUT relevant is en er een unieke waarde van de VOSL bekend is. Vervolgens bekijken we ingewikkelder situaties, gaan we dieper in op het VOSL-concept en bekijken we de invloed van perceptiefouten en andere afwijkingen van EUT.

Een doelmatigheidscriterium

Omdat EUT gezien kan worden als een generalisatie van de gebruikelijke economische theorie naar situaties van onzekerheid, levert gebruik ervan in kosten-batenanalyse (KBA) weinig problemen op. Toepassing van deze theorie leidt vooral tot het benadrukken van de efficiënte besteding van aan verkeersveiligheid bestede middelen. Aangezien die middelen schaars zijn, verdient het aanbeveling om ze zo doelmatig mogelijk in te zetten. Het aantal bespaarde statistische mensenlevens per miljoen euro dat voor verkeersveiligheid wordt gebruikt, dient dan gelijk te zijn voor alle maatregelen die worden aangewend om de verkeersveiligheid te bevorderen. Dat heeft tot gevolg dat het totale aantal gespaarde statistisch mensenlevens maximaal is voor het (als gegeven opgevatte) totale budget dat beschikbaar is voor de verbetering van de verkeersveiligheid.¹¹

Dit efficiëntiecriterium lijkt voor de hand liggend en men zou verwachten dat het breed ondersteund wordt. Niettemin leveren analyses van het feitelijk gevoerde veiligheidsbeleid doorgaans het beeld op van een grote verscheidenheid aan kosten-

¹¹ Deze regel gaat uit van één waarde van de VOSL voor alle slachtoffers van dodelijke ongevallen.

effectiviteit van de getroffen maatregelen (zie bijv. Viscusi, 1992, hoofdstukken 9 en 14).

Toepassing van de VOSL

Het zojuist geformuleerde efficiëntie criterium zegt nog niets over het aantal gespaarde mensenlevens per aan verkeersveiligheid besteed bedrag. Om dat te kunnen bepalen wordt de VOSL vaak gebruikt. Hierboven is beargumenteerd dat dit inderdaad een operationeel concept is en beschouwd kan worden als het beste instrument dat bij de huidige stand van het economisch onderzoek beschikbaar is voor dit doel.

Dat wil niet zeggen dat het concept VOSL helemaal zonder problemen is. Een eerste moeilijkheid is de grote variatie die er in de schattingen van de VOSL optreedt. De ideale situatie is die waarin de VOSL kan worden beschouwd als een universele constante die in elke KBA kan worden gebruikt. De sterk uiteenlopende waarden van de praktisch schattingen maken deze interpretatie echter problematisch.

De problemen zijn nog het kleinst als uiteenlopende schattingen van de VOSL het gevolg zijn van onnauwkeurigheid in de gebruikte methode. In dat geval kan de variatie in de gevonden waarden worden beschouwd als ‘ruis’ om een constante en is het gebruik van een gemiddelde of mediaan goed te verdedigen.

We hebben echter hierboven gezien dat de variatie althans voor een deel wordt veroorzaakt door verschillen in risicowaardering die samenhangen met persoonskenmerken zoals inkomen en leeftijd. Als de mensenlevens die al dan niet worden gespaard door het doen van een bepaalde investering kunnen worden beschouwd als het gevolg van een willekeurige trekking uit de bevolking, dan valt er nog steeds veel te zeggen voor gebruik van een gemiddelde waarde van de VOSL, zij het dat nu gemiddeld moet worden over de persoonskenmerken.

Als het om statistische mensenlevens gaat die niet kunnen worden beschouwd als een aselechte steekproef uit de bevolking, dan zou rekening gehouden kunnen worden met de specifieke samenstelling van de groep die het veiligheidsrisico loopt dat door het project kleiner of juist groter wordt. Dat kan er toe leiden dat verschillende waarden van de VOSL worden gebruikt voor verschillende projecten. Als, bijvoorbeeld, in de groep mensen met een hoog inkomen oververtegenwoordigd zijn kan dit leiden tot een hoger waarde van de VOSL. Het gevolg is dat de verkeersveiligheid van de ene groep meer aandacht zal krijgen dan die van de andere. Een dergelijke vorm van differentiatie roept uiteraard ethische vragen op met betrekking tot de fundamentele gelijkwaardigheid van mensenlevens.

Een praktisch argument om deze vragen zo veel mogelijk te vermijden is de grote variatie die er in de praktijk nog altijd is in de schattingen van de VOSL. Die kan slechts voor een betrekkelijk klein deel worden verklaard uit gemakkelijk waarneembare persoonskenmerken en dat relativeert het belang van een differentiatie van de VOSL op basis van deze kenmerken aanzienlijk. Het gebruik van een uniforme waarde van de VOSL lijkt daarom op praktisch gronden de beste optie, althans bij de huidige stand van het onderzoek.

De VOSL en de waarde van een mensenleven

De verankering van de VOSL in de bereidheid om voor vermindering van risico's te betalen vormt een belangrijk voordeel ten opzichte van eerdere pogingen om in KBA's rekening te houden met de kans op fatale ongevallen. Dit maakt de maatstaf in principe minder vatbaar voor ethische kritiek (er wordt immers geen poging gedaan om feitelijke mensenlevens te waarderen). Door verschillende auteurs is dan ook – en terecht – betoogd dat de VOSL niet moet worden beschouwd als een manier om een

mensenleven te waarderen. Dat neemt echter niet weg dat er uiteindelijk tengevolge van het uitvoeren dan wel nalaten van bepaalde investeringen wel degelijk concrete mensenlevens gespaard kunnen worden.

Broome (1978) heeft betoogd dat de VOSL - op de keper beschouwd - geen goede maatstaf is voor de waardering van fataliteiten. Hij deed dat door naar een aantal specifieke gevallen te kijken waarin de anonimiteit van de slachtoffers kan of zal worden opgeheven. Zolang die anonimiteit bestaat zijn mensen bereid om genoeg te nemen met een eindige compensatie, maar zodra die verdwijnt, schiet zo'n eindige compensatie tekort. Broome bekijkt situaties waarin die onzekerheid vanzelf verdwijnt of door middel van actie kan worden geëlimineerd en laat zien dat je in die omstandigheden geen gebruik zult maken van de VOSL. Dat leidt hem tot zijn bovenvermelde conclusie.

Hierbij valt uiteraard op te merken dat in het in de context van verkeersveiligheid vrijwel onmogelijk is om de 'sluier van onwetendheid' op te heffen voor een project al dan niet is uitgevoerd. Desalniettemin is het goed om in gedachten te houden dat het gebruik van de VOSL geen einde heeft gemaakt aan de discussies omtrent de waardering van mensenlevens.

Ex ante en ex post

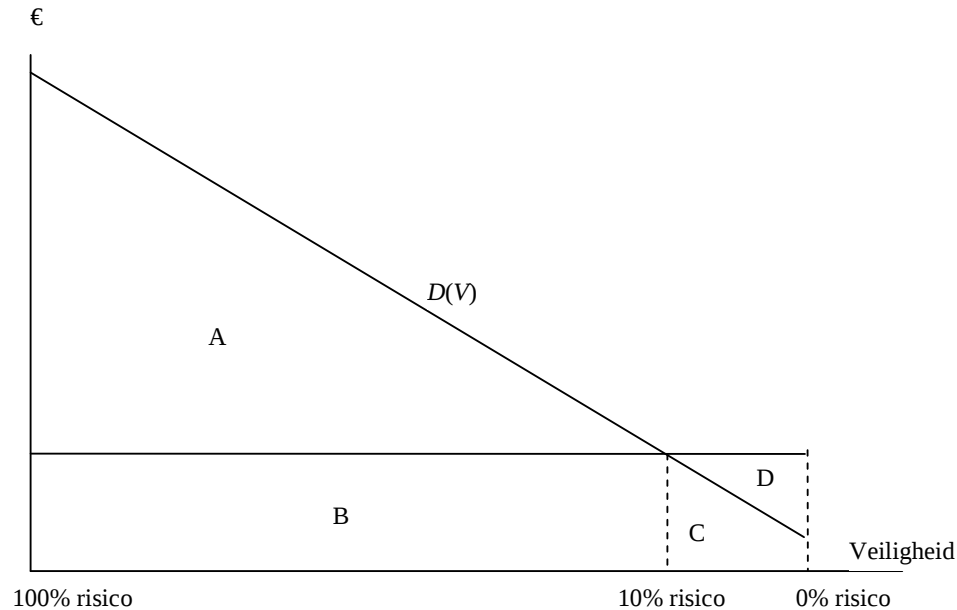
Overigens kan ook op een iets minder fundamenteel niveau worden beargumenteerd dat de VOSL tekortkomingen heeft en meer specifiek dat het een onderschatting oplevert van de waarde van een (statistisch) mensenleven die in KBA zou moeten worden meegenomen.

We kunnen dit illustreren aan de hand van een eenvoudig voorbeeld, waarbij een populatie van 100 identieke mensen beschouwd wordt, die voor de keuze staan een veiligheidsverbetering door te voeren waardoor het risico van een dodelijk ongeval daalt van 10 op de 100 naar 9 op de honderd per jaar. Figuur 3.2 geeft de individuele (inverse) vraagcurve $D(V)$ voor veiligheid over de gehele denkbare range: van een zeker ongeval bij 100% risico aan de linkerkant van de figuur, tot perfecte veiligheid en 0% risico aan de rechterkant. Normaal gesproken zal deze vraagfunctie naar veiligheid een dalend verloop kennen: in een veiliger situatie is men minder bereid extra uit te geven voor een verdere verbetering van de veiligheid. Voor het gemak veronderstelt de figuur een lineair verband.

Bij een betalingsbereidheid X voor een risicoreductie van omvang r ($r=10-9=1\%$ in ons voorbeeld) kan de VOSL in z'n algemeenheid worden geschreven als $VOSL = X/r$: de betalingsbereidheid wordt gedeeld door de omvang van de risicoverandering waarop deze betalingsbereidheid betrekking heeft, zodat de betalingsbereidheid voor één (statistisch) slachtoffer wordt verkregen. In het voorbeeld is de aldus berekende VOSL gelijk aan de som van de oppervlaktes B , C en D . Omdat we in het voorbeeld 'toevallig' één fataal ongeval verwachten te vermijden door de veiligheidsverbetering, is de risicoverlagings maatschappelijk gezien kennelijk wenselijk als de kosten van de investering niet hoger zijn dan $B+C+D$ per jaar. Dit is de ex ante maatschappelijke betalingsbereidheid om het risico zodanig te verlagen dat jaarlijks één ongeval wordt voorkomen.

Omdat het verband in Figuur 3.2 de marginale betalingsbereidheid voor veiligheidsverbeteringen geeft, kan het oppervlak $A+B+C$ worden opgevat als de betalingsbereidheid van één individu om in plaats van een zeker ongeval (100% risico), volledige veiligheid (0%) risico te lopen - en dus, zijn betalingsbereidheid om een zekere dood te voorkomen. Natuurlijk is het onwaarschijnlijk dat deze vraagfunctie in de werkelijkheid lineair en überhaupt meetbaar zou zijn, maar dat doet

voor de uiteenzetting niet ter zake. De veronderstelde veiligheidsverbetering zal naar verwachting één mensenleven per jaar redden, en dus naar verwachting een jaarlijkse bate van $A+B+C$ opleveren. Dit bedrag hoeft in het algemeen niet gelijk te zijn aan de conventionele *VOSL* ($B+C+D$). Naarmate het initiële risico daalt zal (bij een dalende vraagfunctie naar veiligheid) de *VOSL* dalen, en dus vanaf een zeker veiligheidsniveau onder het bedrag $A+B+C$ vallen.



Figuur 3.2 Ex ante en ex post waardering van veiligheidsverbeteringen

Vatten we de individuele betalingsbereidheid om een eigen risico te verlagen van 100% naar 0% op als de ex post waardering van het voorkomen van een zeker ongeval, dan zou de ex post geaggregeerde maatschappelijke betalingsbereidheid om één ongeval per jaar te voorkomen $A+B+C$ bedragen. Deze ex post *VOSL* ('statistisch', omdat niet van tevoren bekend is welk individu door het verwachte ongeval getroffen zal worden) bedraagt meer dan de conventionele 'ex ante' *VOSL*. Ook de ex post *VOSL* lijkt een verdedigbare maatstaf om de baten van veiligheidsverbeteringen te meten. Immers, elk van de 100 identieke individuen in het voorbeeld heeft dit bedrag over voor het voorkomen van een zeker overlijden, en naar verwachting één van die individuen wordt jaarlijks inderdaad gered door de veiligheidsverbetering.

Het verschil tussen de *ex ante* en *ex post* waardering zoals hierboven beschreven wordt veroorzaakt door het niet constant zijn van de marginale baten van veiligheidsverbeteringen (met andere waarde: de inverse vraagfunctie in Figuur 3.2 kent een dalend verloop). Natuurlijk zal het in de praktijk zeer moeilijk of zelfs onmogelijk blijken te zijn om een betrouwbare schatting van het oppervlak $A+B+C$ te verkrijgen. Maar dat doet niets af aan het feit dat als de individuele vraagfunctie voor veiligheid dalend is, en als de initiële marginale betalingsbereidheid voor risicovermindering (dus: de hoogte van de inverse vraagfunctie bij het initiële risiconiveau) relatief is laag is ten opzichte van het gemiddelde hiervan over de volledige range van risiconiveaus, dit oppervlak $A+B+C$ groter zal zijn dan de *VOSL*

$B+C+D$, zodat de ex ante waardering van de verlaging van het risico lager zal zijn dan de ex post waardering. Welk van deze twee in toegepaste evaluatie gehanteerd zou moeten worden, kan eigenlijk niet op inhoudelijke gronden gezegd worden. De praktische keuze voor ex ante waardering is waarschijnlijk in ieder geval deels gebaseerd op het feit dat het gebied $B+C+D$, hoewel lastig meetbaar, zich toch nog gemakkelijker laat meten dan het gebied $A+B+C$. Dit is echter een louter pragmatische overweging.

Het effect van perceptiefouten

Hoewel de VOSL strikt genomen niet exclusief gekoppeld is aan EUT, is het wel een concept dat het gemakkelijkst kan worden geïnterpreteerd binnen het kader van deze theorie. Bij het meten van de VOSL wordt er als regel van uitgegaan dat de compenserende beloningsverschillen geïnterpreteerd kunnen worden volgens de EUT. Het is niettemin zinvol om ons af te vragen wat er aan deze praktijk zou moeten veranderen als de EUT niet relevant is.

Er kan op verschillende manieren een antwoord op deze vraag worden gezocht. Als men uitgaat van *prospect theorie* en de gewichten die aan onzekere gebeurtenissen worden toegekend interpreteert als gepercipieerde kansen, dan valt een aantal conclusies te trekken. Als, bijvoorbeeld tengevolge van een beleidsmaatregel, de feitelijke kans op een bepaald ongeval afneemt, dan neemt ook de gepercipieerde kans op dat ongeval af, maar die vermindering is, althans voor de situatie die in Figuur 3.1 werd geschets, kleiner dan die van de feitelijke kans. Dat heeft tot gevolg dat de waardering voor de beleidsmaatregel kleiner is dan ze, op objectieve gronden zou moeten zijn. Evenzo wordt een toename van een risico tengevolge van een (andere) beleidsmaatregel als minder ernstig beoordeeld dan ze in feite is.

Als door een genomen maatregel de gepercipieerde kans op een ongeval daalt tot 0, kan het tegenovergesteld effect optreden: het gepercipieerde effect van de maatregel is dan groter dan het feitelijke effect. Als in plaats van de rechte lijn in Figuur 3.1 een kromme zou zijn getekent, zou zo'n overschatting zich ook kunnen voordoen als zo'n maatregel zou leiden tot een vermindering van kansen in een gebied waarin de curve van de 'decision weights' concaaf verloopt.

In het algemeen kan worden gezegd dat perceptiefouten in de kansen aanleiding kunnen zijn tot vertekeningen in de voorkeuren ten aanzien van risicoveranderingen. Dat betekent dat een KBA die uitgaat van gepercipieerde kansen tot een verkeerde beoordeling leidt. Deze redenering mondt dus uit in een pleidooi voor het gebruik van de objectieve kansen. Immers: wie uitgaat van de verkeerd gepercipieerde kansen heeft achteraf spijt omdat er meer mensenlevens gespaard hadden kunnen worden dan in feite gebeurde.

Prospect theory als basis voor risicowaardering

Het is echter niet noodzakelijk om PT, en de afwijkingen van EUT die ze verklaart, op te vatten als de consequentie van een onvoltooid leerproces. Een alternatieve interpretatie, die beter aansluit bij de mening van de bedenkers van de theorie, is dat PT juist het wezenlijke van menselijk gedrag in onzekere situaties weergeeft. De afwijkingen van EUT moeten dus niet opgevat worden als fouten, het is juist EUT zelf die fout is. Deze visie levert in ieder geval de suggestie op dat PT juist als basis voor de waardering van veranderingen in risico's moet worden beschouwd.

Het opvolgen van deze suggestie is echter niet zo eenvoudig. Dat komt door het irrationele element in de theorie. Dat is cruciaal voor haar empirische waarde, maar

het maakt het de theorie vrijwel onbruikbaar voor toepassing in een evaluatiekader waarin consistentie een vereiste is.

Een elementaire moeilijkheid is de afhankelijkheid van de keuze van het referentiepunt. Als het zo is dat kleine veranderingen in de vraagstelling tot verschuivingen van dat referentiepunt kunnen leiden, dan heeft dat tot gevolg dat de evaluatie van veranderingen in risico's gevoelig wordt voor dergelijke details. De uitkomsten van het onderzoek worden daardoor onzeker en manipuleerbaar. Het ligt misschien enigszins voor de hand om het referentiepunt te vergelijken met het nulalternatief in een KBA, maar deze vergelijking is niet juist. In een KBA dient het 0-alternatief als vast een referentiepunt en –ijkpunt en in *prospect* theorie is het referentiepunt nu juist niet vast, maar (althans in veel gevallen) afhankelijk van op zichzelf betekenisloze details als de formulering van de vraag die aan de respondenten wordt voorgelegd. Eenzelfde uitkomst (bijvoorbeeld een weg met enige congestie) kan bijvoorbeeld als winst ten opzichte van de ene situatie (een weg met veel congestie) worden voorgespiegeld of als verlies ten opzichte van een andere (een weg zonder noemenswaardige congestie). In KBA zou dat de beoordeling van het alternatief “weg met enige congestie” niet mogen beïnvloeden, maar in *prospect theory* kan dat wel het geval zijn.

Een andere moeilijkheid is dat de som van de gewichten in PT, anders dan de som van de kansen in EUT, niet gelijk hoeft te zijn aan 1. Dat heeft tot gevolg dat de waardering van een situatie van onzekerheid niet noodzakelijkerwijs tussen de minimale en de maximale waardering van de mogelijke uitkomsten ligt.

Deze stand van zaken kan worden beschouwd als een dilemma voor de economische waardering van verkeersveiligheid. Aan de ene kant is er een theorie (EUT) die een consistent kader biedt, maar op een aantal punten in tegenspraak is met het keuzegedrag. Anderzijds is er een theorie (PT) die daarbij goed aansluit, maar moeilijk te gebruiken te gebruiken lijkt voor beleidsevaluatie. Er lijkt, met andere woorden, tegenspraak op te treden tussen twee nogal fundamentele methodologische uitgangspunten voor economische evaluatiemethoden: aan de ene kant gaan men er van uit dat consumenten zelf weten wat goed voor hen is en dienovereenkomstig handelen, en aan de andere kant is een basale aanname dat consumenten rationeel handelen. Bij het omgaan met risico's lijkt aan tenminste een van deze uitgangspunten niet te worden voldaan.

Andere aspecten van veiligheid

In 3.4 werd vermeld dat analyse van de waardering van verkeersveiligheid laat zien dat vliegen als onveiliger wordt ervaren dan autorijden, al zou men op grond van objectieve factoren het omgekeerde verwachten. In de literatuur is gesuggereerd dat het gevoel van onveiligheid dat bij vliegen optreedt, moet worden beschouwd als een vorm van ‘*mental suffering*’ en dat er een bepaalde betalingsbereidheid is om dit te verminderen. Soortgelijke opmerkingen vallen te maken over ‘sociale onveiligheid,’ een begrip dat slechts gedeeltelijk verband houdt met het feitelijke voorkomen van ongevallen in het verkeer.¹² Verhoging van de sociale veiligheid is waarschijnlijk mogelijk door het aantal ongevallen terug te dringen, maar ook andere maatregelen, zoals het verwijderen van begroeiing of het aanbrengen van betere verlichting, kunnen hiertoe bijdragen en zijn mogelijk zelfs effectiever.

Deze overwegingen voeren ons tot de conclusie dat de monetaire waardering van sociale veiligheid door de eraan verbonden psychologische aspecten zodanig verschilt

¹² Zie in dit verband ook Rietveld (2005) die verband legt tussen architectuur van de stationsomgeving en sociale veiligheid.

van de waardering ‘pure’ verkeersveiligheid, dat er binnen het kader van deze studie geen aandacht aan kan worden besteed.

3.7 Conclusie

In het voorgaande is (onder meer) duidelijk geworden dat:

- de VOSL een operationeel concept is voor de monetaire evaluatie van verkeersveiligheidsrisico's
- praktische toepassing van het concept wat wordt bemoeilijkt door de uiteenlopende waarden van de diverse schattingen
- het op pragmatische gronden aanbeveling verdient om bij toepassing van de VOSL uit te gaan van één waarde voor alle relevante projecten
- beargumenteerd kan worden dat de VOSL een onderschatting vormt van de waarde van een mensenleven, hetgeen ertoe leidt dat achteraf (ex post) de kosten van verkeersslachtoffers hoger zijn dan vooraf (ex ante) op basis van de VOSL werd geraamd
- de verschillen tussen ‘*decision weights*’ en objectieve kansen er toe leiden dat de effectiviteit van maatregelen ter vermindering van risico's anders wordt beoordeeld dan ze in feite is
- voor zover dit verschil veroorzaakt wordt door perceptiefouten (mogelijk samenhangend met een onvoltooid leerproces) er reden is om door middel van informatieverstrekking daarop te reageren, maar niet om de VOSL te baseren op de verkeerde percepties
- het moeilijk is om *prospect theory* (dat een betere verklaring biedt voor menselijk handelen in onzekere situaties dan *expected utility theory*) op te nemen in KBA, met name vanwege het enigszins arbitraire karakter van het referentiepunt. Dit is problematisch, aangezien deze theorie op een aantal punten beter aansluit bij het keuzegedrag en daarmee bij de feitelijke voorkeuren van mensen
- verkeersveiligheid meer omvat dan de omgang met risico's: deelname aan het verkeer kan leiden tot een gevoel van onbehagen dat kan worden geïnterpreteerd als een vorm van geestelijk lijden (*mental suffering*) dat waarschijnlijk wel gerelateerd is aan het bestaan van risico's, maar toch meer omvat
- sociale onveiligheid is een veld waarin zulke meer psychologische aspecten waarschijnlijk een belangrijke rol spelen. Een aparte studie hierover verdient aanbeveling.

Op diverse plaatsen in dit hoofdstuk is de rol van percepties ter sprake gekomen. In veel gevallen zijn het de percepties die bepalen hoe mensen omgaan met risico's, terwijl traditioneel in de literatuur de nadruk wordt gelegd op ‘objectieve’ kansen in de waardering van risico's. Als die percepties verschillen van de objectieve risico's, doet zich de vraag voor welke van de twee de basis moet vormen voor de waardering van risico's. We hebben daarop geen algemeen antwoord gegeven, maar wel een aantal overwegingen aangedragen:

- voor zover het verschil tussen percepties en objectieve risico's veroorzaakt wordt door gebrek aan informatie of verkeerde informatie, verdient het aanbeveling om de informatie te verbeteren en niet om de foute percepties als uitgangspunt te nemen voor de risicowaardering
- voor het geval waarin de discrepantie veroorzaakt wordt door verschil tussen de normatieve *expected utility* theorie en de meer descriptieve *prospect* theorie,

ontstaat de moeilijkheid dat laatstgenoemde theorie zich niet goed leent voor risicowaardering in KBA-kader, omdat daaraan de eis van objectiviteit moet worden gesteld, terwijl het referentiepunt dat in de prospect theorie een belangrijke rol speelt, niet altijd objectief valt vast te stellen

- voor zover het puur om veiligheid gemeten in aantallen slachtoffers gaat, verdient het aanbeveling om de objectieve kansen als waarderingsgrondslag te nemen, de effectiviteit van de ingezette middelen in termen van een verminderd aantal slachtoffers kan alleen zó geoptimaliseerd worden
- dat betekent niet dat we onze ogen sluiten voor de mogelijkheid dat er ook andere zaken (zoals het 'gevoel' van onveiligheid) een rol spelen bij de waardering van veiligheidsrisico's; wat ons betreft is er niets op tegen om ook die zaken een rol te laten spelen bij het totstandkomen van beleid, maar het moet duidelijk zijn dat middelen die effectief worden besteed om een gevoel van veiligheid te bewerkstelligen veel minder effectief kunnen zijn bij het verminderen van het aantal slachtoffers, en omgekeerd.

Met name bij het laatstgenoemde aspect is er ook in de bestaande literatuur nog veel nader onderzoek te verrichten.

HOOFDSTUK 4 EXTERNE VEILIGHEID

4.1 Inleiding

Tot hiertoe heeft dit rapport zich vooral beziggehouden met veiligheid binnen het transportsysteem. In dit hoofdstuk zullen we aandacht schenken aan externe veiligheid, gedefinieerd als de gevolgen van verkeer voor de (on)veiligheid van derden, dat wil zeggen degenen die niet aan het verkeer deelnemen. Voorbeelden hiervan betreffen de risico's verbonden aan het transport van gevaarlijke stoffen (*hazardous materials*) en effecten van neerstortende vliegtuigen voor mensen en onroerende zaken op de grond. Duidelijk is dat publieke veiligheidsmaatregelen zoals genoemd in par. 2.2 een belangrijke determinant vormen van het niveau van de externe veiligheid. Het gaat hier om zaken zoals de door de publieke sector geïnitieerde voorzieningen zoals hulpdiensten, rampenplannen, technische en ruimtelijke veiligheidsnormen, veiligheidstoezicht, arbeidsinspectie, milieudienst, etc. Centraal staat de vraag hoe intensief dit beleid moet zijn wanneer rekening wordt gehouden met kosten en baten van beleid. In par. 4.2 geven we eerst een nadere omschrijving van het begrip externe risico's. Vervolgens geven we in 4.3 een korte typering van de *quantitative risk assessment* (QRA) methodologie die doorgaans wordt gehanteerd bij de analyse van deze risico's. In 4.4 behandelen we enkele voorbeelden van de economische waardering van externe risico's.

4.2 Omschrijving van externe risico's.

Bij externe risico's wordt bedoeld op risico's voor de omgeving veroorzaakt door de productie, de opslag, het transport en het gebruik van gevaarlijke stoffen (Raad voor Verkeer en Waterstaat en RARO, 2004). Duidelijk is hiermee dat externe risico's een breder bereik hebben dan alleen transport. Een geïntegreerde benadering van externe risico's uit verschillende domeinen verdient aanbeveling. Deze integratie heeft bijvoorbeeld betrekking op de totale keten van activiteiten rondom een bepaalde gevaarlijke stof. Beslissingen over de locatie van de productie van gevaarlijke stoffen hebben immers ook consequenties voor de benodigde transporten. Het minimaliseren van risico's in één richting kan ongewenste effecten hebben in andere richtingen. Een andere dimensie van een geïntegreerde benadering is dat voorkomen dient te worden dat sommige externe risico's veel beleidsaandacht krijgen waardoor ze tot extreme preventiekosten leiden, terwijl andere externe risico's worden genegeerd. In de huidige notitie concentreren we ons overigens op de behandeling van transportgerelateerde externe risico's. Wel zij hierbij opgemerkt dat in sommige gevallen transport en opslag moeilijk zijn te scheiden omdat gevaarlijke stoffen vaak in transportmiddelen worden opgeslagen, bijvoorbeeld in ketelwagens op spoorweg emplacementen en fabrieksterreinen. Het gaat hier niet alleen om het stilstaan van transportmiddelen in het transport door de vervoerder, maar ook om het aanhouden van opslag/buffervoorraden door de verlader of de ontvanger.

In lijn met de beschrijving hierboven geldt dat de transportgerelateerde externe risico's kunnen worden omschreven als risico's voor de omgeving veroorzaakt door het transport van gevaarlijke stoffen. Daarnaast worden in de praktijk onder externe risico's ook verstaan de risico's voor de omgeving verbonden aan de luchtvaart.

Evenzo kan men de risico's van verongelukkende voertuigen op de grond - hoewel die van geringere omvang zijn - voor niet-verkeersdeelnemers tot externe risico's rekenen.

De term 'extern risico' kan gemakkelijk tot verwarring leiden met de term externe kosten, die gangbaar is in de economische theorie, zoals ook al eerder aan de orde gesteld in deze notitie (par. 2.4). Het is belangrijk de twee termen goed te onderscheiden. Tabel 4.1 geeft aan hoe de begrippen zich tot elkaar verhouden. Dit gebeurt aan de hand van voorbeelden van transportkosten die worden onderscheiden naar de aard van de kosten (interne versus externe kosten) en de sector waar de kosten neerslaan (intern binnen de transportsector en extern naar andere partijen).

De voorbeelden in de linkerkolom (intern risico) spreken voor zich. Hier is sprake van kosten die gedragen worden door de veroorzakende verkeersdeelnemer zelf (interne kosten) tegenover kosten toegebracht aan andere verkeersdeelnemers (externe kosten). Bij extern risico is er de mogelijkheid dat deze tot interne kosten leidt. Dit is het geval bij ongevallen die tot schade leiden op de locatie zelf (bijvoorbeeld vermindering van arbeidsveiligheid op een chemiecomplex, LPG tankstation, of luchthaven). Externe kosten betekent hier dat er (ook) schade is buiten de beschouwde locatie. Beide categorieën vallen onder de definitie van externe veiligheid zoals hierboven gegeven.

	Intern risico	Extern risico
Interne kosten	Kans op ongevallen voor vrachtwagenbestuurder waarbij hijzelf schade ondervindt	Ongevallen door transport van gevaarlijke stoffen leidend tot schade aan bedrijfsgebouwen op het terrein van de vervoerder zelf.
Externe kosten	Kans op ongevallen voor vrachtwagenbestuurder waarbij hij andere weggebruikers schade toebrengt	Kans op ongevallen voor vrachtwagenbestuurder waarbij hij niet-weggebruikers schade toebrengt

Tabel 4.1. Externe-interne kosten versus externe-interne risico's; enkele voorbeelden.

Van belang is dat we er in deze voorbeelden vanuit gaan dat de veroorzaker van de kosten niet aansprakelijk wordt gesteld voor de schade van anderen. Wanneer sprake zou zijn van complete aansprakelijkheidsstelling zouden de betreffende externe kosten een intern karakter krijgen. Aansprakelijkheid van luchtvaartmaatschappijen voor de kosten veroorzaakt op de grond bij een neerstortend vliegtuig zou bijvoorbeeld thuishoren in de cel rechtsboven in de tabel. Hier blijft overigens wel het voorbehoud gelden dat ook al in par. 2.4 is gemaakt. Aansprakelijkheidsstelling zal in het algemeen leiden tot het verzekeren van de risico's door de veroorzaker. Door allerlei implementatieproblemen is dan niet gegarandeerd dat de premie gelijk is aan de marginale externe kosten. Een verwant punt is dat veroorzakers vaak verplicht worden tot het nemen van risicobeperkende maatregelen. In dat geval worden de

kosten verbonden aan de externe risico's kleiner; de kosten van deze preventieve maatregelen worden gedragen door de veroorzaker. Als de normen voor de preventieve maatregelen op een juist niveau zijn vastgesteld zullen precies de marginale kosten van de externe risico's gelijk zijn aan de marginale preventiekosten en is er dus sprake van perfecte internalisering. Maar dit veronderstelt wel een regulator die zeer goed geïnformeerd is over de kosten van maatregelen, en bovendien een zeer gedifferentieerd stelsel van risiconormen.

Het onderscheid tussen intern en extern risico is niet altijd duidelijk te maken. Neem bijvoorbeeld een ongeval met een truck waardoor een kettingbotsing ontstaat waarbij 10 auto's betrokken zijn. Vier personen overlijden tengevolge van het ongeluk en 15 raken gewond. Dit voorbeeld past geheel in de context van verkeersveiligheid zoals die in hoofdstuk 3 aan de orde was. Het gaat dus om interne risico's. Neem nu echter aan dat de truck explosief materiaal vervoerde en dat daardoor meer personen omkwamen en gewond raakten ten gevolge van het ongeluk, en dat rook en schadelijke gassen vrijkwamen. Gaat het dan nog om interne veiligheid of om externe? Strikt genomen zouden de verkeersdoden die het gevolg zijn van de explosie van een voertuig dat gevaarlijke stoffen vervoert gerekend moeten worden tot de interne risico's. Het gaat immers om risico's die binnen de transportsector zelf plaatsvinden. In de praktijk van het beleid ligt dit minder eenvoudig. Gevaarlijke stoffen worden gerekend tot het domein van de externe risico's. Beleid gericht op het terugdringen hiervan vermindert in het algemeen ook de risico binnen het transportsysteem. Omgekeerd leidt een veiliger transportsysteem ook tot minder kans op ongevallen bij het vervoer van gevaarlijke transporten. De twee beleidsterreinen zijn dus duidelijk gerelateerd. Deze samenhang wijst op positieve *spill-overs* van het ene veiligheidsdomein naar het andere. Hiermee zou rekening moeten worden gehouden in de evaluatie van maatregelen op een specifiek beleidsterrein.

Een van de kenmerken van externe risico's is dat deze risico's voor de potentiële slachtoffers moeilijk te beïnvloeden zijn. Het gaat veelal om zeer lage kansen die moeilijk in te schatten zijn. Preventieve maatregelen zijn nauwelijks van toepassing. Een mogelijke uitzondering wordt gevormd door de risico's van overstroming waar huishoudens de mogelijkheid hebben om door hun locatiebeslissing op een duidelijk veiliger plek te gaan wonen of door preventieve maatregelen de potentiële schade aan hun woning kunnen verminderen. Bij transport is ook sprake van de mogelijkheid om op veiliger plaatsen te gaan wonen. Vlak voor de landingsbanen van Schiphol zijn de externe risico's bijvoorbeeld hoger dan elders. In het algemeen geldt echter dat de betreffende risico's zeer laag zijn en door de meeste potentiële slachtoffers niet worden meegewogen in locatiebeslissingen. In een dergelijke context is uiteraard de overheid aan zet om via informatieverschaffing aan burgers, normstelling bij risicobronnen, alsmede het toepassen van risicocontouren en zonering de externe veiligheidssituatie te optimaliseren.

4.3 Quantitative Risk Assessment

Een standaardinstrument voor de analyse van risico's is *Quantitative Risk Assessment* (QRA). QRA wordt gebruikt als hulpmiddel voor besluitvormingsprocessen met betrekking tot risico's. In zijn meest complete vorm behelst QRA de identificatie van de risico's aan de bron, de identificatie van de kans dat de betreffende gebeurtenissen

zich voordoen en die van de potentiële schade, alsook het beschrijven van mogelijke acceptatiecriteria en de identificatie van maatregelen die moeten worden genomen om onaanvaardbare risico's uit te sluiten (Jonkman, Gelder et al., 2003). In minder uitgebreide vorm omvat het een inschatting van de kans op een ongeval en de ernst ervan. Jonkman, et al. (2003) presenteren een veelomvattende lijst van risicomaatregelen. Deze zijn geclassificeerd per type van gevolg: menselijk (fatale ongevallen op individueel of maatschappelijk niveau), economisch of milieu. De mogelijkheid een geïntegreerde risicomaatregel te verantwoorden, rekening houdend met verschillende typen van gevolgen, wordt gepresenteerd, evenals de manieren om een economische waarde van een mensenleven te schatten.

Voorbeelden van de toepassing van QRA op externe risico's van transport zijn te vinden in Erkut en Ingolfsson (2005) die het vervoer van gevaarlijke stoffen analyseren. Het meest basale model richt zich op het bepalen van de verwachte waarde van de gevolg van een ongeval met een vrachtauto met gevaarlijke stoffen die een bepaalde route volgt. Het doel is om de route zo te kiezen dat deze verwachte waarde wordt geminimaliseerd. In lijn met deze benadering bespreken Kara, et al. (2003) routekeuze algoritmen. Saccomano and Cassidy (1994) verschaffen een algemene van de QRA-methode en doen suggesties voor verbeteringen. Cassini (1998) en Fabiano, et al. (2002) passen de QRA o.a. toe op het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg. Boulton (2000) past QRA specifiek toe op het vervoer van LPG en Ditali, et al. (2000) beschouwen LPG opslagplaatsen.

Een belangrijke element van het basismodel is de identificatie van de interne en externe factoren die de kans op ongevallen en de ernst daarvan beïnvloeden. Het gaat hier om intrinsieke risico's op explosie, straling of instabiliteit van stoffen en daarnaast op de invloed van externe factoren hierop zoals weersomstandigheden, storingen, aanslagen. Van belang is ook dat de invloeden van ongevallen een tijdsdimensie hebben. Naast de onmiddellijke effecten van een ongeval kunnen er bij het transport van chemische en radioactieve stoffen ook effecten optreden die pas op de langere termijn hun invloed laten voelen. Overigens gaan we in het waarderen van de risico's niet expliciet op deze lange termijn effecten in.¹³

Rebound effecten.

Een aantal kenmerken van interne risico's van transport komen terug bij de externe risico's. Een voorbeeld daarvan is het bestaan van *rebound* effecten. Beleid gericht op het veiliger maken van transport van gevaarlijke stoffen via technologische maatregelen maakt het mogelijk om de (ruimtelijke) beperkingen die gesteld moeten worden aan deze activiteiten te verminderen. Daarmee kan de aanvankelijk voorziene verbetering van de veiligheid voor een deel worden tenietgedaan. Dit betekent overigens niet per se dat er sprake is van falend beleid. Een dergelijke versoepeling van ruimtelijke restricties kan heel wel verdedigbaar zijn vanuit kosten-baten perspectief. Wel maakt dit voorbeeld duidelijk dat er behoefte is aan een geïntegreerde benadering van veiligheidsbeleid waarbij de verschillende manieren om veiligheid te verbeteren systematisch in kaart zijn gebracht, mede in hun onderlinge samenhang, en ook rekening houdend met gedragsreacties van verschillende betrokken actoren.

¹³ Hetgeen uiteraard niet wil zeggen dat er in een KBA geen aandacht aan moet worden besteed.

Veiligheidseffect en maatregeleffect

Een ander aspect dat aandacht verdient in de beleidsanalyse is dat maatregelen gericht op de verbetering van de veiligheid –vanzelfsprekend- ook andere gevolgen kunnen hebben (zie bij KPMG, 2004). Deze effecten kunnen betrekking hebben op aspecten die weinig of niets met veiligheid te maken hebben, maar die toch wel een forse invloed kunnen hebben op de uiteindelijke beoordeling van de maatregel. De hierboven genoemde ruimtelijke effecten maken daar onderdeel van uit, maar bijvoorbeeld ook de gevolgen van maatregelen voor de efficiency van productieprocessen, de luchtkwaliteit het energiegebruik, en de benutting van infrastructuur kunnen hier aan de orde komen.

4.4 Economische waardering van extern risico

Bij de economische waardering van externe risico's geldt net als bij de interne risico's dat zowel materiële als immateriële schade een belangrijke rol spelen. Net als in par. 3 zullen we ons hier concentreren op de immateriële schade, in het bijzonder op de VOSL. De reden daarvoor is dat de onzekerheid over deze component het grootst is. Wel is van belang op te merken dat sommige schattingsmethoden geen onderscheid kunnen maken tussen beide componenten. Zo bevatten hedonische prijsmethoden die worden toegepast om de invloed van externe risico's op woningprijzen te schatten zowel een materiële component (schade aan de woning) als een immateriële (effect van ongevallen op gezondheid of overlijdenskans).

Waardering van externe veiligheid

Zoals uiteengezet in Hoofdstuk 3 is het gebruik van *stated preference* technieken standaard in de context van de waardering van verkeersveiligheid. Deze keuze is begrijpelijk vanwege het feit dat de keuze voor veiligheid in deze context niet expliciet is; dat mensen beslissingen nemen volgens een subjectieve waarde van het risico, en dat de verandering in veiligheidsniveaus klein is.

De laatste twee redenen zijn ook geldig met betrekking tot de externe veiligheid. De ongevalskansen zijn doorgaans minstens even klein als in het transport. Ook hier is dus alle reden voor het toepassen van *stated preference* methoden om de verschillen in risiconiveaus expliciet te maken. Bij externe risico's bestaat echter nog een extra mogelijkheid om de risico's te waarderen, namelijk via de ruimtelijke variatie in risico's die via de woningmarkt zou kunnen leiden tot verschillen in woningprijzen. Dit impliceert het gebruik van hedonische prijsmethoden, die een voorbeeld vormen van *revealed preference* methoden. Overigens resteert dan nog het probleem dat de waardering via marktwaarden is gebaseerd op de subjectieve inschatting van risico's. In de praktijk van het empirische onderzoek wordt doorgaans de veronderstelling gehanteerd dat de kloof tussen subjectieve ongevalskansen en objectieve kansen op individueel niveau aanzienlijk kan zijn, maar geen gevolgen heeft voor de schatting van de marktconforme waardering van het risico. De achtergrond hiervan is dat de gevolgen van overschattingen en onderschattingen op individueel niveau elkaar zullen opheffen bij de berekening van de risicowaardering door de gemiddelde consument.

Risicowaardering en transport van gevaarlijke stoffen

Er zijn slechts weinig studies over de waardering van externe risico's bij gevaarlijke stoffen. Hieronder bespreken wij er twee.

Een artikel van Riddel, et al. (2003) bevat een interessante illustratie van het gebruik van SP technieken. Het handelt over de invloed van vervoer naar een opslagplaats van hoog radioactief afval op huisvestingsbeslissingen. De “quantity under scrutiny” is het de compensatie voor het daardoor veroorzaakte risico in de vorm van belastingreductie. De onderzochte mensen werd gevraagd of ze willen blijven wonen bij die opslagplaats tegen bij bepaald compensatieniveau (WTA).

Een interessant resultaat is dat huishoudens die onzeker zijn omtrent hun toekomstige risico's eerder lijken te willen verhuizen dan degenen die zekerheid uitstralen. Het blijkt dat 4,1% van de mensen die zekerheid uitstralen in hun risicobeoordeling zouden verhuizen indien zij geen compensatie zouden ontvangen. De studie leidt tot de volgende schatting: voor een gemiddeld risiconiveau, tegen een disconteringsvoet van 15%, is de impliciete VOSL 4,05 mln dollar (het artikel werd gepubliceerd in 2003; de disconteringsvoet van 15% is zeer hoog; er wordt geen argument voor gebruikt).

Bezien we nu het gebruik van hedonische prijstechnieken, dan bestudeerden Gawande en Jenkins-Smith (2001) de invloed van de transporten van nucleair afval op de waarde van het onroerend goed in South Carolina tussen 1993 en 1996. Het meest veelzeggende resultaat is het volgende: een huis, gelegen op 5 mijlen van de transportroute wordt bijna 3% (van de gemiddelde huizenwaarde) hoger gewaardeerd dan een soortgelijk huis langs de route. Het is duidelijk dat de genoemde 5 mijl niet gebaseerd is op werkelijk afstandsverval bij nucleaire risico's maar op percepties daarvan.

In deze beide studies is sprake van externe risico's waarbij zowel materiële als immateriële schade een rol speelt. Het ziet er naar uit dat in een geval als dit (kernafval) de immateriële schade als de belangrijkste component wordt gezien. Zoals we verderop zullen zien is dit overigens niet per se voor alle soorten externe risico's het geval.

Externe veiligheid van luchthavens

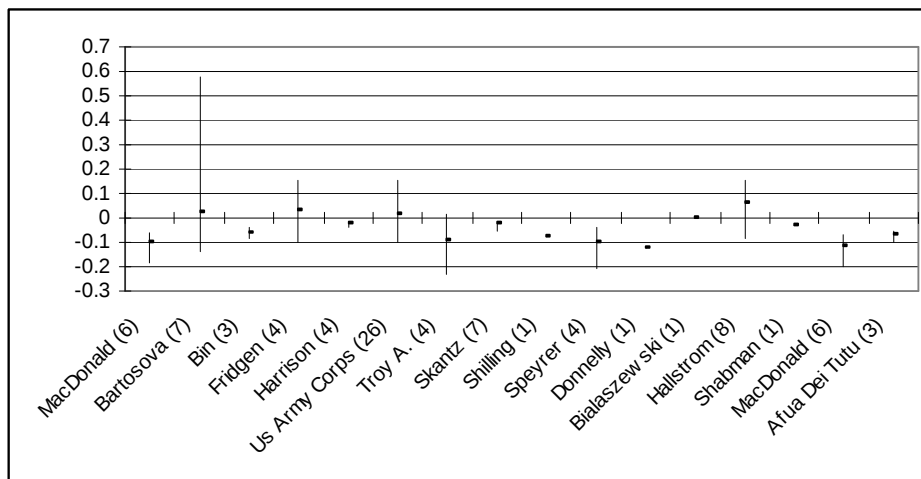
De externe veiligheid van luchtvaartbewegingen rondom Schiphol betreft het risico van een ongeval dat leidt tot schade aan onroerend goed, of doden op de grond. De waardering hiervan is bestudeerd door Blom en Rietveld, 2005. Met gebruikmaking van een SP techniek onder ongeveer 700 respondenten van omwonenden rondom Schiphol komen zij op een schatting van ongeveer 4.6 miljoen Euro voor de VOSL. Voor zover bekend is dit de enige studie naar de waardering van externe risico in de luchtvaart. Een methodische moeilijkheid in deze studie is dat de waardedaling ten gevolge van risico van externe veiligheid en van geluidsoverlast in de praktijk sterk gecorreleerd zullen zijn, waardoor het mogelijk is dat een deel van de gevonden waarde van de VOSL voortvloeit uit de geluidsoverlast. Bij de schatting van de baten van zonering door het slopen van woningen die aan relatief hoge externe veiligheidsrisico's zijn onderworpen blijkt dat de baten van verminderde geluidsoverlast en verminderde externe risico's van een vergelijkbare orde van grootte zijn. Overigens blijkt bij luchthavens dat de geluidscontouren tot sterkere ruimteclaims leiden dan de externe veiligheidscontouren. Bij spoorwegen en autowegen geldt impliciet het omgekeerde: de externe veiligheidscontouren geven vaste risico-afstanden, maar voor de geluidsbelasting staat het de infrabeheerder vrij om via maatregelen aan wegdek of afscherming het geluidsniveau binnen de normen te houden. Hier zijn dus mogelijkheden om via specifieke maatregelen de geluidsgelateerde ruimteclaims te laten krimpen.

Andere domeinen van externe risico's

Aangezien er maar weinig studies zijn van de waardering van externe risico's van transport gaan we hieronder breder in op andere externe risico's waarover meer bekend is.

Een aantal studies, waarin hedonische prijsmethoden worden toegepast bij de waardering van het overstromingsrisico in de VS gedurende de laatste decennia is behandeld in Daniel, Florax et al. (2005). De impliciete prijs van het overstromingsrisico werd in deze studies weergegeven in de vorm van het devaluatiepercentage van twee huizen die identiek zijn in in alle opzichten, behalve hun locatie binnen of buiten een bepaald overstromingsgebied. Het referentie risiconiveau is het 100-jaars overstromingsgebied, weergevend een 0,01 waarschijnlijkheid van het voorkomen van een overstroming per jaar.

Een kenmerk van hedonische prijzenstudies is dat hier zowel de materiële als de niet-materiële kosten van externe risico's worden gewaardeerd: naast de schadekosten aan woningen zijn er immers de risico's voor mensen die in de waardering betrokken worden. In het geval van overstromingsrisico's van rivieren zijn deze laatste risico's duidelijk kleiner dan de eerste. Bij een dreigende dijkdoorbraak kan men immers door evacuatie de kans op doden sterk verkleinen, iets wat niet lukt voor de materiële schade. Bij transport van gevaarlijke stoffen hangt het er nogal vanaf. Bij chemische stoffen zijn vooral de gezondheidsrisico's groot, terwijl bij explosieve stoffen zowel de materiële als de gezondheidsschade groot kan zijn.

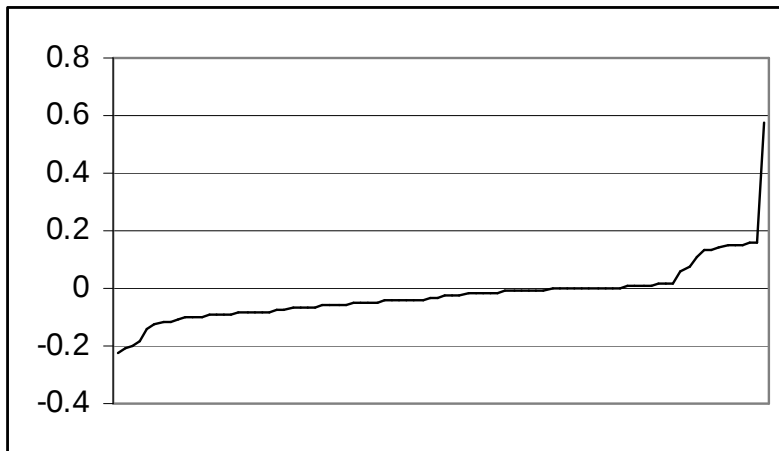


Figuur 4.1 Minimum, maximum en gemiddelde waarden van de impliciete prijs van een overstroming bij een 0,01 risico per jaar (geïdentificeerd via de naam van de eerste auteur; aantal schattingen per studie tussen haakjes); uitgedrukt in de procentuele verandering ten opzichte van de gemiddelde huizenprijs

De twee volgende figuren vatten de schattingen samen, die werden vermeld in een selectie van 16 studies, gepubliceerd tussen 1987 en 2004. Figuur 4.1 geeft de minimum, maximum en gemiddelde schattingen weer van de impliciete prijs van overstromingen voor het referentie risiconiveau. Het getal tussen haakjes geeft het aantal schattingen weer, zoals vermeld in het artikel, en de waarde op de x-as geeft de impliciete prijs weer van het overstromingsrisico. Figuur 4.2 presenteert de schattingen uit al deze 16 studies (86 punten), gerangschikt volgens oplopende

waarden. Duidelijk is dat er sprake is van aanzienlijke variaties tussen en binnen studies.

Een huis, gelegen in een 100-jaars overstromingsgebied wordt verkocht tegen een prijs, die gemiddeld 2,1% lager is dan een soortgelijk huis dat geen risico loopt (in de figuur komt dit neer op een niveau van -0,021)¹⁴. De brede variatie tussen schattingen wordt veroorzaakt doordat schattingen zijn verkregen via verschillende schattingstechnieken, vanwege verschillende steekproefomvang en dat significante niveaus heterogeen zijn tussen schattingen.



Figuur 4.2 Impliciete overstromingsprijs, gerangschikt naar toenemende waarden; in procentuele veranderingen ten opzichte van de gemiddelde huizenprijs.

Een moeilijkheid bij deze hedonische prijsstudies is dat het gevonden (negatief gewaardeerde) risico op een overstroming gecorreleerd kan zijn met positief gewaardeerde aspecten zoals de aanwezigheid van watersportfaciliteiten, open ruimte of een fraai uitzicht. Als die niet afzonderlijk in de regressievergelijking zijn opgenomen (bijvoorbeeld omdat informatie daarover ontbreekt) kunnen ze de coefficient voor het overstromingsrisico vertekenen. Dit probleem is ook relevant voor externe transportrisico's. Externe risico's bij een luchthaven zullen bijvoorbeeld gecorreleerd zijn een goede bereikbaarheid ervan. Op dezelfde manier is ook de moeilijkheid van het ontrafelen van verscheidene nadelen relevant, aangezien extern risico kan worden geassocieerd met belemmeringen, zoals lawaai, vervuiling, congestie of doorsnijding van het landschap.

Een ander punt betreft de potentiële afwijking tussen subjectieve en objectieve risicowaarden, of anders gesteld, het bestaan van perceptiefouten. Dit probleem kwam in dit rapport al eerder aan de orde. Als er een leerproces optreedt zullen nadat een overstroming zich heeft voorgedaan de subjectieve waarschijnlijkheden dichterbij de

¹⁴ Om precies te zijn, de huizen zijn gelijk, uitgezonderd hun ligging (binnen of buiten het 100-jaars overstromingsgebied). Dit betekent dat een huis, dat een risiconiveau van 0,01 per jaar of hoger kent, in potentie wordt gedevalueerd met 2,1% vergeleken met een soortgelijk huis met een risiconiveau dat lager is dan 0,01 per jaar.

objectieve komen te liggen; bij een ‘alarmist’ reactie hoeft dat echter niet het geval te zijn (zie par 3.4). Aangezien het bij externe veiligheid doorgaans om ongevallen gaat die zich zeer zelden voordoen in een land ligt het voor de hand dat de leerprocessen moeizaam verlopen. Bij de ‘gewone’ verkeersveiligheid verloopt de leercurve vermoedelijk sneller, daar verkeersongevallen zich veel vaker voordoen.

Dat de perceptiefouten aanzienlijk kunnen zijn wordt bijvoorbeeld geïllustreerd door de subjectieve risicoschatting van inwoners die in de Yucca Mountain regio wonen: die blijkt duizendmaal groter te zijn dan de officiële objectieve schatting (Riddell, Dwyer et al. 2003). De objectieve schattingen zijn het resultaat van studies op basis van QRA, zoals hierboven beschreven. Kosten-baten analyses van externe veiligheid zijn dus gefundeerd op QRA. Probleem is natuurlijk wel dat bij zeer zelden voorkomende risico’s de mogelijkheden van QRA beperkt zijn.

Er zijn ook onderzoeksresultaten te vinden die kunnen wijzen convergentie van gepercipieerde en feitelijke risico’s na het optreden van incidenten. Zo onderzochten Beron, et al. (1997), in de context van waardering van het aardbevingsrisico het San Francisco Bay gebied. Volgens hun studie, verminderde de devaluatie van huizenprijzen vanwege de locatie in een risicozone van 4% voor de Loma Pieta aardbeving in 1989, tot 3,4% erna. Ze interpreteren dit als het gevolg van aanpassing van het subjectieve risico: de aardbeving die zich voordeed was niet zo verwoestend als vooraf was gedacht.

Dit overzicht van onderzoek naar de waardering van externe risico’s in geval van natuurlijke oorzaken kan natuurlijk niet zomaar worden geprojecteerd op de externe risico’s in het transport. Toch zijn er wel enkele nuttige leermomenten. Allereerst levert deze aanpak informatie op die gebaseerd is op RP data, er wordt immers gebruik gemaakt van de hedonische prijsmethode. Deze studie is ook nuttig omdat er licht wordt geworpen op een centraal probleem bij hedonische prijsanalyses bij externe risico’s. Het betreft hier de correlaties tussen de externe risico’s en andere verklarende variabelen van de woningprijzen. Dit leidt tot sterke eisen die moeten worden gesteld aan de beschikbare data. Vervolgens vinden we de toch wel verrassende conclusie dat na een ongeval de waardering niet per se toeneemt. Een mogelijke verklaring is dat na een ongeval de conclusie kan zijn dat het wel meevalt met de omvang van de schade. Dit is natuurlijk niet een algemeen overdraagbare conclusie, maar wel een nuttige correctie ten opzichte van de verwachting dat een recent ongeval juist zal leiden tot een hogere waardering van het risico. Al met al kan op basis van deze ervaringen geconcludeerd worden dat het de moeite waard is om in Nederland meer energie te steken in schattingen van de waarde van externe risico’s.

Context: interne versus externe risico’s

Van belang is tenslotte de vraag of bij de waardering van externe risico’s in principe dezelfde waarden kunnen worden gehanteerd als bij de interne risico’s. In par. 3 is betoogd dat de literatuur een tamelijk grote variatie aan uitkomsten oplevert en dat de verschillen tussen individuen vermoedelijk beperkt zijn zodat het heel goed verdedigbaar is om vooralsnog gebruik te maken van een uniforme waarde voor de VOSL. De vraag is of een vergelijkbare aanpak te verdedigen is voor verschillen in context: kunnen de waarden voor de VOSL gevonden in de context van de interne transport risico’s worden overgezet naar een VOSL voor externe risico’s? Zoals in deze paragraaf is gebleken is er naar verhouding weinig bekend over de waardering van externe risico’s van transport. Dat zou er voor kunnen pleiten om vooralsnog maar gebruik te maken van de waarden die in andere domeinen zijn gevonden. Blom (2004) vindt bijvoorbeeld dat alle toepassingen van de VOSL in kosten-baten

analyses rondom de externe kosten van luchthavens ontleend zijn aan andere domeinen, en dat daarbij geen aanpassingen hebben plaatsgevonden.

Het is plausibel dat voor externe risico's hogere waarden zullen worden gevonden dan voor interne risico's. De reden daarvan is dat bij interne risico's –meer dan bij externe risico's- sprake is van een zekere vrijwilligheid in het aanvaarden van de ongevalskansen. Wie in een auto stapt is zich ervan bewust dat hij of zij een zekere kans loopt op een ongeval. Verkeersdeelnemers hebben enigermate invloed op deze kansen via hun mobiliteitsgedrag: wie meer rijdt loopt bijvoorbeeld meer risico. Bij externe risico's definiëren individuen hun positie veel meer als potentiële slachtoffers die onvrijwillig risico lopen. Ook is het mogelijk dat men grotere waarde hecht aan een veilige woonomgeving dan aan veiligheid gedurende een verplaatsing. De betalingsbereidheid voor dit soort risico's is lager dan wanneer er sprake is van een hoge mate van vrijwilligheid (Wesemann, de Blaeij en Rietveld, 2005) en dit zou pleiten voor een hogere waarde van de VOSL in externe risico's vergeleken met interne risico's (Viscusi, 1993). Het is niettemin te verdedigen om –zo lang niet meer bekend is over de waardering van de externe risico's- voor externe risico's te volstaan met schattingen die zijn gebaseerd op die van interne risico's.

Waardering van individueel versus groepsrisico.

Naast de vraag hoe interne risico's dienen te worden afgewogen ten opzichte van externe risico's is van belang om na te gaan hoe om te gaan met de waardering van ongevallen van grotere omvang vergeleken met ongevallen waarbij een slachtoffer valt. Risico wordt doorgaans gedefinieerd als het ongevalsrisico per persoon per jaar. Maar in andere gevallen zoals in de context van de externe risico's van de luchtvaart wordt ook aandacht besteed aan groepsrisico's. We gaan hieronder nader in op dit onderscheid.

Individueel risico: de kans (per jaar) dat een persoon die zich gedurende een bepaald jaar steeds op dezelfde plaats bevindt, gedood wordt als direct gevolg van een (luchtvaart)ongeval. Het individuele risico is in het algemeen locatie afhankelijk. Op de ene plaats is de kans op een vallend vliegtuig nu eenmaal groter dan op de andere plaats. Het individuele risico kan worden weergegeven door risicocontouren op een landkaart. Bij ongevallen bestaat de mogelijkheid dat er meer dan 1 slachtoffer in een keer valt. Interne verkeersrisico's op de weg worden doorgaans beperkt tot 1 of enkele slachtoffers. Bij bussen kan dit oplopen tot circa 50 en bij treinen en vliegtuigen tot circa 400. Bij externe risico's is eveneens sprake van een substantiële kans dat er bij een ongeval meer dan 1 slachtoffer valt, zoals onder meer blijkt uit de Bijlmerramp in 1992. Om het groepskarakter te expliciteren is in de context van externe risico's de term groepsrisico geïntroduceerd.

Groepsrisico: de kans (per jaar) dat N of meer mensen gedood worden als direct gevolg van een (luchtvaart)ongeval. Het groepsrisico volgt uit een statistische verdeling van de jaarlijkse frequentie van ongevallen en de omvang van een dergelijk ongeval. De informatie over de omvang van groepsrisico's is in principe af te leiden uit de informatie over de individuele risico's. Duidelijk is dat groepsrisico's aparte beleidsaandacht vragen. Ze maken bijvoorbeeld rampenplannen nodig die speciale voorzieningen vergen vanwege de grote schaal van de schade. Verder is duidelijk dat groepsrisico's in de krant doorgaans veel aandacht krijgen in vergelijking met individuele risico's. Dit kan mogelijk worden verklaard door de Prospect Theorie. Ongevallen met veel slachtoffers komen gelukkig sporadisch voor, en als ze dan een

keer gebeuren krijgen ze een groter gewicht dan je zou verwachten op basis van de frequentie van hun voorkomen. Het is echter niet evident waarom groepsrisico's voor wat betreft de *evaluatie van de schadekosten* een aparte behandeling vergen. Als het bijvoorbeeld gaat om de waardering van verkeersdoden is moeilijk in te zien waarom 30 beperkte ongevallen met een bus, steeds leidend tot 1 dode per ongeval een zwaarder gewicht zouden moeten krijgen dan 1 groot ongeval waarin 30 doden vallen. De veiligheidswaardering wordt immers steeds afgeleid uit de individuele waardering van het risico, en het is niet evident dat deze -ceteris paribus- bij grote ongevallen anders is dan bij kleine ongevallen. Er is enig onderzoek verricht naar de vraag of individuen bij groepsrisico's een afwijkende waarde hanteren ten opzichte van individuele risico's. Dit komt ondermeer aan de orde in onderzoek van Jones-Lee (1998) die vindt dat de waarde van de VoSL in openbaar vervoer groter is dan in het particuliere vervoer. Punt van aandacht is echter dat het onderscheid tussen groepsrisico en individueel risico in dit geval overlapt met de hierboven genoemde context aanduiding. In het geval van particulier vervoer is er naar de beleving van de verkeersdeelnemers doorgaans sprake van invloed op het al dan niet betrokken zijn bij een ongeval, bij het openbaar vervoer is hier veel minder sprake van. Door deze overlap is het moeilijk om aan te duiden wat de echte achtergrond is van mogelijke uiteenlopende risico waarderingen. We stellen vast dat er nog te weinig bekend is over dit thema. Daarom stellen we voor dat *als het om de waardering van risico gaat*, groepsrisico's worden behandeld als de optelsom van individuele risico's zodat ze geen speciale aandacht verdienen.

Praktische ervaringen met de waardering van externe veiligheid in KBA.

De uitkomsten van KBA in de context van externe veiligheid zijn soms opmerkelijk. Zo blijkt in een studie naar het bevorderen van de veiligheid van Itteren en Borgharen in verband met overstromingsrisico dat bepaalde maatregeleffecten (zie par 4.3) een veel belangrijker plaats innemen in de kosten-baten analyse dan het directe veiligheidseffecten. In het geval van Itteren en Borgharen gaat het om de economische betekenis van de grindwinning. Vergelijkbare voorbeelden kunnen zich voordoen bij veiligheidsmaatregelen rondom LPG stations: het sluiten van een dergelijk station kan tot grondbaten leiden die vele malen groter zijn dan de veiligheidsbaten van sluiting. In dit soort gevallen blijkt het veiligheidsdoel dat de oorspronkelijke motivator was van een maatregel uiteindelijk een gering gewicht te hebben in de kosten-baten afweging bij een alternatief. Daar is op zich weinig mis mee. Het is juist een teken dat kosten-baten analyse soms verrassend licht kan werpen op een beleidsprobleem. Wel kan dit aanleiding zijn om de oorspronkelijke probleemformulering nog eens te herzien omdat er redenen kunnen zijn om extra alternatieven te bezien. Bijvoorbeeld, de vraag naar de baten van grindwinning op een bepaalde plaats om de veiligheidssituatie te verbeteren kan worden geherformuleerd tot de vraag waar grindwinning in een regio optimaal is.

4.5 Conclusie

Naast interne risico's, die binnen de verkeerssector blijven, veroorzaakt verkeer en vervoer ook externe risico's: risico's die gelopen worden door partijen die niet direct aan het verkeer deelnemen. Belangrijke voorbeelden zijn risico's die samenhangen met het vervoer van gevaarlijke stoffen, en veiligheidsrisico's nabij vliegvelden. Vanuit (beleids-)praktisch perspectief kan het onderscheid tussen interne en externe risico's van belang zijn, bijvoorbeeld als deze op het terrein van verschillende

overheden vallen, economisch gezien is het onderscheid niet fundamenteel. Het maakt voor de waardering en regulering van het risico dat auto's voor wandelaars langs de weg veroorzaken bijvoorbeeld niet uit of deze als intern gezien worden (omdat wandelaars ook aan het verkeer deelnemen) of als extern (omdat het risico buiten de sector autoverkeer valt).

In principe kunnen dus ook dezelfde methoden gehanteerd worden bij het bepalen van de waardering van deze risico's. Of dat tot dezelfde resultaten leidt is daarmee nog niet gezegd. Dit is eigenlijk nog niet onderzocht in Nederland. In z'n algemeenheid is wél bekend dat bijvoorbeeld de VOSL af kan hangen van de specifieke context; zie ook hoofdstuk 3. Voor externe risico's is deze context anders dan voor interne risico's. Ondermeer kan men bij interne risico's het idee hebben deze vrijwillig te ondergaan, en zelf beter onder controle te hebben. Bij externe risico's is die controle veel minder (tenzij men zou verhuizen), en kan sterker een gevoel van onrechtvaardigheid spelen ('ik wordt buiten mijn wil in gevaar gebracht' in plaats van 'ik breng mijzelf bewust in gevaar'). Beide redenen zouden tot een hogere VOSL voor externe dan voor interne risico's leiden – maar dit is een hypothese die nadere studie verdient. Ook voor wat betreft de verschillen tussen *decision weights* en objectieve kansen lijkt er geen reden om externe risico's anders te behandelen dan de interne. Wel is het mogelijk zo dat sommige afwijkingen van *expected utility theory* zich wat frequenter voordoen bij externe risico's. Hierbij valt te denken aan het certainty effect, dat vooral een bewustwordingseffect is van kleine risico's. Bij externe risico's gaat het nogal eens om gebeurtenissen waarop slechts een kleine kans bestaat, zodat ze door velen verwaarloosd worden totdat ze zich weer eens voordoen.

Datzelfde geldt voor het waarden van groepsrisico's. Aan de ene kant zou men kunnen zeggen dat de waardering van een groepsrisico de som zou moeten zijn van de waardering van de individuele risico's van diegenen die dat ondergaan. Aan de andere kant blijkt men grote ongevallen disproportioneel belangrijk te vinden, zowel in de berichtgeving (1300 verkeersdoden op de weg krijgen vermoedelijk minder media-aandacht dan 400 inzittenden van een verongelukt vliegtuig) als in de waardering van risico's (er zijn aanwijzingen dat de VOSL in de context van grotere groepen hoger is dan voor kleinere; althans, Jones-Lee, 1998 vindt dat in het openbaar vervoer de waardering hoger is dan in het particuliere).

Voor beide potentiële complicaties geldt dat, zolang er geen specifieke VOSL-schattingen voor handen zijn, het verstandig lijkt gebruik te maken van schattingen die vanuit andere contexten voorhanden zijn. Zoals reeds uiteengezet, heeft dit het procedurele voordeel dat publieke gelden zodanig ingezet worden dat de effectiviteit van investeringen in veiligheid, per Euro, in alle richtingen gelijk is, zodat er geen verschillende gewichten aan risico's voor verschillende groepen worden gegeven. Nader onderzoek zou dan vervolgens kunnen uitwijzen of deze benadering empirisch gezien gerechtvaardigd wordt.

Wij zijn ons bewust dat deze benadering sommigen wellicht te ver gaat. Men kan immers ook stellen dat in ieder veiligheidsdomein de politiek aan zet is om veiligheidsdoelen te formuleren, en dat de politiek bij de afweging van de prioriteiten tussen veiligheidsdomeinen zich niet op een uniforme VOSL moet baseren. Het is belangrijk te beseffen dat ons advies om vooralsnog uit te gaan van een uniforme VOSL niet ingegeven is door de overtuiging dat deze in ieder domein dezelfde zou moeten zijn. Het probleem is gewoon dat er in diverse domeinen geen goede schattingen voorhanden zijn. Voorts behoudt de politiek natuurlijk altijd het primaat bij het vaststellen van beleidsprioriteiten, ook als het gaat om de keuze tussen diverse veiligheidsdomeinen. Wel zou het voor een optimale allocatie van middelen goed zijn

als de politiek bij het vaststellen van prioriteiten of veiligheidsnormen niet alleen let op risicopercepties en sentimenten van burgers, maar ook waar mogelijk schattingen van de VOSL in de afwegingen betreft om risico's van zowel under- als overshooting te vermijden.

LITERATUUR

- Aldy, J.E. en W. K. Viscusi (2003). *Age Variations in Workers' Valuation of Statistical Life*, NBER working paper 10199.
- Ashenfelter O. en M. Greenstone (2002), Using Mandated Speed Limits to Measure the Value of a Statistical Life, *Journal of Political Economy*, 112, p. S226.
- Atkinson, S.E. and R. Halvorsen (1990). The Valuation of Risks to Life: Evidence from the market for Automobiles. *Review of Economics and Statistics*, 72, 133-136.
- Beron, K. J., J. C. Murdoch, et al. (1997). An Analysis of the Housing Market before and after the 1989 Loma Prieta Earthquake, *Land Economics*. February 73(1): 101-13.
- Blaeij, A.T. de, (2003). *The Value of a Statistical Life in Road Safety*, Tinbergen Institute Research Series, nr. 308, Amsterdam.
- Blom, J. (2004). "Wat kost veiligheid?" *Externe veiligheidsrisico's in de luchtvaart Theorie - Praktijk - Empirie*, Doctoraal scriptie, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Blom, J. and P. Rietveld (2005). *Third party risk in aviation, the value of a statistical life*, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Blomquist, G.C. (2004). Self-Protection and Averting Behavior, Values of Statistical Lives, and Benefit Cost Analysis of Environmental Policy. *Review of Economics of the Household*, 2, 89-110.
- Blomquist, G.C., T.R. Miller en D.T. Levy (1996). Values of Risk reduction Implied by Motorist Use of Protection Equipment: new evidence from Different Populations. *Journal of Transport economics and Policy*, 30, 55-66.
- Boult, M. (2000). Risk management of LPG transport activities in Hong Kong, *Journal of Hazardous Materials* 71: 85-100
- Broome, J. (1978). Trying to Value a Life. *Journal of Public Economics*, 9, 91-100.
- Broome, J. (1994). Structured and Unstructured Evaluation. *Analyse & Kritik*, 16, 121-132.
- Carlin, P.S. en R. Sandy (1991). Estimating the Value of a Young Child's Life. *Southern Economic Journal*, 58, 186-202.
- Carlsson, F., O. Johansson-Stenman en P. Martinsson (2004). Is transport safety More Valuable in the Air? *Journal of Risk and Uncertainty*, 28, 147-163.
- Cassini, P. (1998). Road transportation of dangerous goods: quantitative risk assessment and route comparison, *Journal of Hazardous Materials* 61: 133-138.
- Chilton, S., J. Covey, L. Hopkins, M. Jones-Lee, G. Loomes, N. Pidgeon and A. Spencer (2002). Public Perceptions of Risk and Preference-Based Values of Safety, *Journal of Risk and Uncertainty*, 25, 211-232.
- Costa, D.L. and M.E. Kahn (2002). *Changes in the Value of Life 1940-1980*, NBER working paper 9396.
- Daniel, V., J. G. M. R. Florax, et al. (2005). River flooding and housing values: an economic assessment of environmental risk, Paper to be presented at the ERSA 45th Congress 2005.
- Diamond, P. en J. Hausman (1994). Contingent Valuation: Is Some Number Better Than No Number? *Journal of Economic Perspectives*, 8, 45-64.
- Ditali, S., M. Colombi, et al. (2000). Consequence analysis in LPG installation using an integrated computer package, *Journal of Hazardous Materials* 71: 159-77.
- Dreyfus, M.K. en W.K. Viscusi (1995). Rayes of Time preference and Consumer

- Valuation of Automobile Safety and Fuel Efficiency. *Journal of Law and Economics*, **38**, 79-105.
- Edlin, A. S. (2003). Per-Mile Premiums for Auto Insurance, in: *Economics for an Imperfect World: Essays In Honor of Joseph Stiglitz*, (Eds.) Richard Arnott, Bruce Greenwald, Ravi Kanbur, Barry Nalebuff, MIT Press.
- Erkut, E. and A. Ingolfsson (2005). Transport risk models for hazardous materials: revisited, *Operations Research Letters* **33**: 81-9.
- Fabiano, B., F. Curro, et al. (2002). A framework for risk assessment and decision-making strategies in dangerous good transportation, *Journal of Hazardous Materials* **93**: 1-15.
- Gawande, K. and H. Jenkins-Smith (2001). Nuclear waste transport and residential property values: estimating the effects of perceived risks, *Journal of Environmental Economics and Management* **42**: 207-33.
- Jenkins, R.R., N. Owens en L.B. Wiggins (2001). Valuing reduced Risks to Children: The Case of Bicycle Safety Helmets, *Contemporary Economic Policy*, **19**, 397-408.
- Jones-Lee, M.W., M. Hammerton en P.R. Philips (1985). The Value of Safety: Results of a National Sample Survey, *Economic Journal*, **95**, 49-72.
- Jones-Lee, MG (1998). The valuation of safety in the appraisal of proposed rail safety projects, Railtrack
- Jonkman, S. N., P. H. A. J. M. v. Gelder, et al. (2003). An overview of quantitative risk measures for loss of life and economics damage, *Journal of Hazardous Materials* **A99**: 1-30.
- Kahneman, D. en A. Tversky (1979). Prospect Theory: An Analysis of decision under Risk, *Econometrica*, **47**, 263-291.
- Kara, B. Y., E. Erkut, et al. (2003). Accurate calculation of hazardous materials transport risks, *Operations Research Letters* **31**: 285-92.
- Lichtenstein, S. et al. (1978). Judged Frequency of Lethal Events, *Journal of Experimental Psychology*, **4**, 551-578.
- Louviere, J.J., D.A. Hensher en J.D. Swait (2000). *Stated Choice methods: Analysis and Applications*, Cambridge University Press.
- Mount, T., W.Weng, W. Schulze en L. Chestnut (2001). Automobile Safety and the Value of Statistical Life in the Family. Working paper.
- Neuman, J. von, en O. Morgenstern (1946). *Theory of Games and Economic Behavior*, Wiley (second edition).
- Peltzman, S. (1975). The Effects of Automobile Safety Regulation, *Journal of Political Economy*, **83**, 677-725.
- Riddel, M., C. Dwyer, et al. (2003). Environmental risk and uncertainty: insights from Yucca mountain, *Journal of Regional Science* **43**(3): 435-57.
- Rietveld, P. (2005) Schoonheid is vergankelijk; belevingswaarden van stationslocaties. In: E. Dammers, W. Hornis en J. de Vries (red.) *Schoonheid is geld! Naar een volwaardige rol van belevingswaarden in maatschappelijke kosten-batenanalyses*. RPB, Den Haag.
- Saccomano, F. F. and K. Cassidy (1994). QRA and decision making in the transportation of dangerous goods, *Transportation Research Record* **1430**: 19-26.
- SER, (1999), *Advies Investeren in verkeersveiligheid*, Den Haag.
- Verhoef, E.T. and A.J. van der Vlist (1999), Marktmechanismen en marktfalen bij investeringen in verkeersveiligheid. In: M.G. Lijesen (1999) *Duurzaam, Veilig en*

- Rendabel: Hoe Financieren We Duurzaam Veilig Wegverkeer?* IOO, Den Haag, pp. 29-42.
- Viscusi, W.K. (1992). *Fatal Tradeoffs*, Oxford University Press.
- Viscusi, W.K. (1993). The values of risks to life and health, *Journal of Economic Literature* **31**, 1912-1946
- Viscusi, W.K. en J.E. Aldy (2003). *The Value of a Statistical Life: A Critical Review of Market Estimates throughout the World*, NBER working paper 9487.
- Viscusi, W.K. and C.J. O'Connor (1984), Adaptive Responses to Chemical Labelling: Are Workers Bayesian Decision Makers? *American Economic Review*, **74**, pp. 942-956.
- Vonk, T. en M.M. Janse (2003). *Mogelijkheden voor een variabele autoverzekering in Nederland?* INRO-TNO
- Wesemann, P. en E.L.C. Devillers (2004). *Kosten-batenanalyse van verkeersveiligheids-maatregelen*, SWOV, Leidschendam.
- Wesemann, P., A.T. de Blaeij en P. Rietveld (2005). *De Waardering van bespaarde verkeersdoden*, SWOV, Leidschendam.