

Opschaling – van impact assessment naar kosten-batenanalyse

Eline Jonkers
TNO

Martijn de Kievit
TNO

Martijn van Noort
TNO

Samenvatting

Voor een succesvolle invoering van ITS applicaties is het nuttig om a priori de socio-economische effecten en maatschappelijke kosten en baten te kunnen bepalen. De overheid baseert bijvoorbeeld haar investeringsbeslissingen mede op deze effecten.

Op het gebied van ITS bestaan tools voor afzonderlijke onderdelen van deze analyse, maar een geïntegreerde tool ontbreekt. Een cruciale stap is opschaling: verkeerskundige effecten worden bepaald met behulp van microsimulatie, in scenario's die beperkt zijn in tijd en geografische schaal. Maatschappelijke kosten-batenanalyse vereist opschaling naar bijvoorbeeld een heel land en een heel jaar.

In de praktijk wordt weinig aandacht geschonken aan de opschalingsmethodiek. In het Europese project ITS Testbeds ontwikkelt TNO een praktische methodiek voor opschaling, die de tools voor verkeerssimulatie en kosten-batenanalyse integreert. Dit artikel schetst de problemen die een rol spelen bij opschaling en beschrijft deze aanpak. De aanpak wordt geïllustreerd met case studies over kilometerbeprijzing en Speed Alert.

Trefwoorden

Kosten-batenanalyse, impact assessment, opschaling, Intelligente Transport Systemen, simulatie.

1. Inleiding

Het toevoegen van intelligentie aan voertuigen en infrastructuur (ITS systemen) brengt grote beloftes met zich mee die ook door beleidsmakers op allerhande vlakken worden onderkend. Denk bijvoorbeeld aan het ITS Action Plan van de Europese Commissie en het Beleidskader Benutten van het ministerie van Verkeer en Waterstaat. Voor beleidsmakers is het daarom interessant om te weten welke bijdragen ITS systemen leveren aan het realiseren van beleidsdoelstellingen op gebied van bijvoorbeeld doorstroming, verkeersveiligheid en milieu.

1.1 Achtergrond

Naast technische vragen die opgelost moeten zijn voordat een systeem wordt geïmplementeerd, zullen ook niet technische aspecten voldoende moeten zijn afgedekt. Denk hierbij aan het afdekken van risico's en aansprakelijkheden, maar ook aan potentiële barrières rondom privacy en veiligheid die deze systemen met zich meebrengen. In dit artikel wordt specifiek ingegaan op het inschatten van potentiële effecten van ITS systemen en de baten (en kosten) die dit voor de maatschappij met zich meebrengt. Deze zogenaamde impact assessment en kosten-batenanalyse geven inzicht in de effecten die op de doorstroming, verkeersveiligheid en milieu verwacht kunnen worden en wat dit (uitgedrukt in geld) betekent voor de maatschappij. De combinatie van deze twee stappen wordt op dit moment onderzocht in het Europese project ITS Testbeds [ITS Testbeds, 2009]. Binnen dit project wordt een testbed ontwikkeld waarin een ITS systeem of applicatie (virtueel) getest kan worden op een aantal componenten. TNO is in dit project verantwoordelijk voor de componenten impact assessment, kosten-batenanalyse en business modellering.

1.2 Doelstelling

Ondanks een grote verscheidenheid aan (afgeronde) projecten waarin de effecten van ITS systemen zijn bepaald en verschillende trajecten waarin kosten en baten tegen elkaar zijn afgewogen, is op dit moment nog geen daadwerkelijke link gelegd tussen het uitvoeren van een effectstudie met behulp van microsimulatie en het moneteriseren van deze effecten in de vorm van maatschappelijke baten. Deze stap van verkeerskundige effecten uit microsimulatie (beperkt in geografische schaal en tijd) naar maatschappelijke kosten-batenanalyse voor bijvoorbeeld een heel land en een heel jaar noemen we 'opschaling'. In de Europese studie eIMPACT is een eerste poging ondernomen om opschaling uit te voeren. In het FESTA¹-handboek worden handreikingen gedaan voor het opschalen van effecten, deze zijn echter specifiek gericht op het evalueren van proeven en minder van toepassing op het opschalen van microsimulatie effecten. Binnen het EuroFOT project [EuroFOT, 2009] wordt ook gekeken naar opschaling, maar hier loopt men tegen dezelfde problemen aan als in eIMPACT. De hoofdvraag wordt daarmee als volgt geformuleerd:

Welke methoden kunnen gebruikt worden om de effecten die bepaald zijn met microsimulatie te vertalen naar kwantitatieve input voor een maatschappelijke kosten-batenanalyse?

¹ FESTA is een standaard methodiek binnen Europa voor het uitvoeren van FOTs (Field Operational Tests)

Hierbij bouwen we voort op de aanpak en handreikingen voor opschaling die in bovengenoemde projecten zijn beschreven.

In dit artikel zal het leggen van deze link voor twee ITS systemen worden uitgewerkt.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van het artikel wordt allereerst nader ingegaan op het begrip opschaling: wat is opschaling, wat zijn de elementen van opschaling en wat voor methoden zijn er voor opschaling (kort uitgewerkt voor doorstroming, verkeersveiligheid en milieu). In hoofdstuk 3 worden vervolgens twee cases beschreven waar de methode wordt toegepast en volgt hoofdstuk 4 met de conclusies.

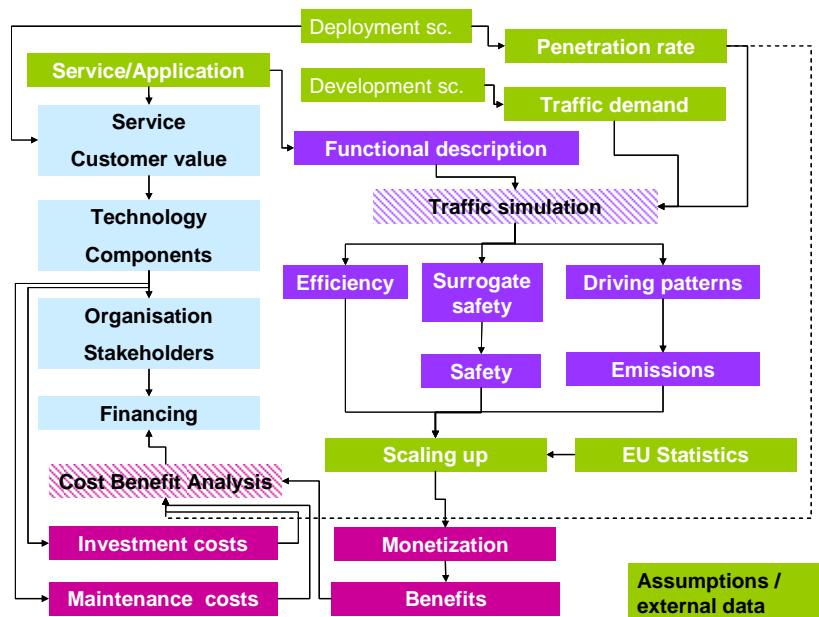
2. Methodologie

2.1 Wat is opschaling

In dit artikel wordt opschaling gedefinieerd als het vertalen van de uitkomsten van een experiment (bijvoorbeeld simulatie) naar de maatschappelijke impact van het verkeer op doorstroming, verkeersveiligheid en milieu. In een experiment wordt (doorgaans) een bepaalde applicatie of maatregel vergeleken met een basisscenario waarin die applicatie of maatregel niet aanwezig is. Via opschaling wordt bepaald wat de maatschappelijke effecten van de maatregel of applicatie zijn. Dit dient vaak als input voor een maatschappelijke kosten-batenanalyse (KBA).

Bij opschaling zijn twee stappen te onderscheiden, zie ook Figuur 1 op de volgende pagina. Ten eerste levert het experiment mogelijk niet direct de indicatoren op waarin maatschappelijke impacts worden uitgedrukt. Er is dan een vertaalslag nodig. Effecten op de verkeersveiligheid worden bijvoorbeeld uitgedrukt in aantallen vermeden doden en gewonden, maar dat wordt doorgaans niet direct gemeten. In plaats daarvan worden surrogaatmaten experimenteel bepaald, en worden die opgeschaald naar effecten in termen van gewenste grootheden.

Ten tweede komen de experimentele condities mogelijk niet overeen met de gewenste scenario's. In het experiment kan de maatregel of de applicatie in meer of mindere mate aanwezig zijn. Daarnaast zijn er experimentele condities wat betreft tijdschaal, geografische schaal en tijdsperiode, evenals de aanwezigheid van andere relevante maatregelen en applicaties. De tijdsperiode beïnvloedt bijvoorbeeld de verkeersvraag en verkeerssamenstelling. Voor de effectbepaling worden een of meer zogenaamde projectscenario's gedefinieerd op basis van maatschappelijke doelen. Deze scenario's komen qua condities mogelijk niet overeen met het experiment. Het kan bijvoorbeeld zijn dat men wil weten wat het effect is van grootschalige invoering op zeker moment in de toekomst, op basis van een kleinschalig experiment in het verleden.



Figuur 1: Informatiestromen tussen verkeerssimulatie (paars), kosten-batenanalyse (rood) en business modellen (blauw). Tussen simulatie en kosten-batenanalyse zitten opschalingstappen. Bron: ITS Testbeds.

2.2 Onderdelen van opschaling

De bij opschaling te nemen stappen hangen af van de aard van het experiment. Het type experiment waar dit artikel zich op richt is microscopische verkeerssimulatie, die gegevens oplevert van individueel gedrag van weggebruikers en van de verkeerskundige effecten op netwerkniveau, voor elke gewenste penetratiegraad, voor het basisscenario en de projectscenario's. Omdat de experimentele condities niet overeen komen met de gewenste scenario's is opschaling vereist. Te nemen stappen zijn:

1. Hogere penetratiegraad (d.w.z. meer voertuigen en/of locaties)
2. Vertalen experimentele output naar maatschappelijk relevante indicatoren (vooral voor verkeersveiligheid en doorstroming)
3. Tijdschaal
4. Geografische schaal
5. Tijdsperiode
6. Verdisconteren andere maatregelen en applicaties

Een aantal van de opschalingstappen kan al genomen worden in de definitie van de experimenten, namelijk hogere penetratiegraad, tijdsperiode en aanwezigheid van andere maatregelen en applicaties. Tijdschaal en geografische schaal van de simulatie zijn doorgaans beperkter dan in de scenario's en moeten dus worden opgeschaald.

2.3 Methodes van opschaling

Methodes voor opschaling worden onderscheiden in directe methodes en methodes gebaseerd op simulatie of modellen [Lassarre et al, 2008]. De keuze hangt af van de applicatie en de scenario's.

Bij directe methoden wordt gerekend met vuistregels en kentallen. Dit is eenvoudig en goedkoop, en kan een goed antwoord geven bijvoorbeeld als er geen interactie-effecten zijn of (in geval van milieu of verkeersveiligheid) geen veranderingen in tactisch rijgedrag. Simulatie is nauwkeuriger, vereist meer inspanning, en is vooral nuttig als het effect naar verwachting niet lineair is in parameters als aantal verreden kilometers of de penetratiegraad, bijvoorbeeld bij coöperatieve systemen. Voor de drie aspecten van maatschappelijke impacts wordt dit hieronder verder toegelicht.

Doorstroming

Doorstroming omvat bereikbaarheid, uitgedrukt in verliestijden, en betrouwbaarheid, uitgedrukt in variatie in verliestijden, dan wel het aandeel grote verliestijden [V&W en VROM, 2006]. Directe methoden zijn beperkt bruikbaar en kunnen gebruikt worden om effecten op rijbaan capaciteit te schatten [van Noort et al, 2009]. Netwerkeffecten kunnen alleen bepaald worden via simulatie (microscopisch, mesoscopisch en/of macroscopisch).

Verkeersveiligheid

Verkeersveiligheid wordt uitgedrukt in termen van aantallen verkeersdoden en gewonden en soms ook materiële schade, eventueel uitgesplitst naar categorieën.

Bekende directe methoden zijn:

- Kentallen per wegtype [SWOV, 2009]
- Het vertalen van surrogaatmaten zoals verdelingen van volgtijd en snelheid naar bovenstaande indicatoren via fysische modellen, zie bijvoorbeeld [Najm et al, 2000].

Surrogaatmaten kunnen bijvoorbeeld bepaald worden met microsimulatie. Gedetailleerde simulatie van historische ongevallen kan gebruikt worden om hypothetische scenario's door te rekenen en te bepalen wat er gebeurd zou zijn met de applicatie of de maatregel [Karabatsou et al, 2009]. Microsimulatie is hiervoor niet gedetailleerd genoeg.

Milieu

Milieu wordt uitgedrukt in termen van emissies (CO₂, NO_x, etc.), geluid en brandstofverbruik. Het effect van een bekende verandering in netwerkbelasting (bijvoorbeeld door variatie in routekeuze of verkeersvraag) kan direct worden bepaald via kentallen per wegtype [VROM, 2010]. Met simulatie kunnen ook effecten van veranderingen in het tactische rijgedrag worden meegenomen, en de effecten van andere techniek (motoren e.d.). Simulatie kan gebruik maken van statistische emissiemodellen [Versit+, 2007] of motormodellen.

3. Cases

In het ITS TestBeds project zijn twee applicaties gesimuleerd in het microsimulatiemodel van TNO, de ITS Modeller, en daarna zijn de uitkomsten van de simulaties opgeschaald om als input te dienen voor een kosten-batenanalyse. Deze applicaties zijn 'Road Pricing', gebaseerd op de plannen voor Anders Betalen voor Mobiliteit, en 'Cooperative Speed Alert', een applicatie die de bestuurder waarschuwt als hij de snelheidslimiet overschrijdt. Deze applicaties zijn zeer verschillend van aard en dit uit zich in de manier van opschalen. In dit hoofdstuk wordt per case

een korte beschrijving gegeven van de applicatie en de scenario's, daarna worden de opschaling en de resultaten beschreven.

3.1 Case 1: Road Pricing

Met de Road Pricing applicatie betalen automobilisten direct voor het gebruik van de wegen en niet voor het bezit van hun voertuig. De kosten voor het rijden worden bepaald door plaats en tijd. Er zijn twee tarieven: € 0,03 per kilometer buiten de spits, en € 0,11 per kilometer in de spits (7:00-9:00 en 16:00-18:00).

Bij de implementatie van Road Pricing in de ITS Modeller is als geografische schaal het netwerk Utrecht – Amersfoort gekozen, en als tijdschaal de avondspits (15:00-19:00).

Naar verwachting heeft Road Pricing effect op de totale verkeersvraag (bijvoorbeeld door andere modaliteitskeuze), vertrektijden en routekeuze. Om de potentiële effecten van Road Pricing in kaart te brengen zijn hypothetische scenario's gedefinieerd waarin met deze parameters wordt gevarieerd. Er is een basis scenario 1, met de huidige situatie (waarin niemand de applicatie heeft en iedere bestuurder zijn route kiest op basis van reistijd). De scenario's waarbij iedereen de Road Pricing applicatie heeft zijn als volgt:

- Scenario 2: 5% minder verkeer (overall en op elk tijdstip)
- Scenario 3: 5% minder verkeer in de spits, dit verkeer gaat naar de randen van de spits
- Scenario 4: bestuurders baseren hun route op een afweging tussen kosten en reistijd, waarbij een reistijd van één uur gewaardeerd is op € 15,80 (berekening van TNO, gebaseerd op kosten van een voertuigverliesuur [RWS, 2010])

Hieronder worden de relevante resultaten van de microsimulatie en de opschaling gegeven, per aspect van de maatschappelijke impact (doorstroming, verkeersveiligheid, milieu).

Doorstroming

Voor de kosten-batenanalyse in ITS TestBeds moet de doorstroming worden uitgedrukt in vertraging of verliestijd als waarden die te moneteriseren zijn. Hoe wordt de vertraging in een netwerk in de spits opgeschaald naar heel Nederland voor een heel jaar? De regio Utrecht – Amersfoort is een druk gebied. We gaan er vanuit dat het gebruikte netwerk representatief is voor andere drukke gebieden waar regelmatig vertragingen ontstaan (voornamelijk in de Randstad, het noordwesten van Noord-Brabant en de regio Arnhem – Nijmegen). De volgende aspecten worden dan niet meegenomen:

- Vertragingen veroorzaakt door kruispunten (deze worden niet beïnvloed door de applicatie);
- Indirecte effecten zoals nieuwe bottlenecks of meer congestie stroomopwaarts of stroomafwaarts (aannahme is dat deze vertragingen klein zijn vergeleken met de totale vertragingen in Nederland); en
- Indirecte effecten in de vorm van minder congestie door minder ongevallen (aannahme is ook dat deze vertragingen een zeer klein deel van het totaal uitmaken).

Het grootste effect op de doorstroming is te zien in scenario 2, daar daalt de gemiddelde vertraging met 11% vergeleken met het basisscenario. Omdat in scenario 2 op elk moment op elke plaats minder verkeer is, kan de daling in vertraging in het netwerk Utrecht – Amersfoort op basis van bovenstaande aannames één op één doorvertaald worden naar een afname in vertraging (of verliestijd) in heel Nederland in een jaar van 11%.

Verkeersveiligheid

De voorkeur voor het bepalen van de effecten op verkeersveiligheid gaat uit naar het gebruik van surrogaatmaten (gemiddelde snelheid, standaarddeviatie van de snelheid, aandeel kleine volgtijden, etc.). Voor alle scenario's van Road Pricing geldt echter dat er slechts kleine effecten zijn op deze maten en dat de effecten ook niet in één richting wijzen. Daarom zijn kentallen van de SWOV [SWOV, 2009] gebruikt om het effect van Road Pricing op aantal doden en gewonden te bepalen. Deze kentallen geven het aantal ernstige ongevallen per gereden kilometer per wegtype. Als er dus een verandering is in het aantal kilometers dat op bepaalde wegen wordt gereden, verandert het aantal ernstige ongevallen. Dit is alleen het geval in scenario 2 (kleinere verkeersvraag): op alle soorten wegen worden minder kilometers gereden, de daling varieert van 2,7% (snelweg) tot 3,7% (stadsweg). Relatief gezien gebeuren de meeste ongevallen op stadswegen. Het aantal ernstige ongevallen in Nederland daalt in scenario 2 dan ook met 3,5%, en we nemen voor de eenvoud aan dat het aantal doden en zwaar gewonden dan ook met 3,5% daalt. Hierbij is rekening gehouden met het feit dat het netwerk Utrecht – Amersfoort niet dezelfde 'verhouding' aan gereden kilometers per wegtype heeft als heel Nederland [CBS, 2008].

Milieu

Ook om te bepalen wat het effect van Road Pricing op het milieu is, zijn kentallen van VROM gebruikt [VROM, 2010]. Deze kentallen geven de emissies per gereden kilometer per voertuigtype, wegtype en verkeersomstandigheden (congestie en free flow). Omdat alleen in scenario 2 (kleinere verkeersvraag) het aantal kilometers dat op bepaalde wegen is gereden verandert, is alleen voor dit scenario het milieueffect berekend (omgerekend van het netwerk naar heel Nederland). Het resultaat is als volgt: de CO₂, NO_x en PM₁₀ emissies dalen met ongeveer 3,3%.

3.2 Case 2: Cooperative Speed Alert

Cooperative Speed Alert (CSA) is een in-car systeem dat de bestuurder waarschuwt (d.m.v. een haptisch gaspedaal) wanneer deze de – statische, tijdelijke of dynamische – snelheidslimiet overschrijdt. Het doel van het systeem is het verminderen van snelheidsovertredingen en op deze manier de verkeersveiligheid te verbeteren (door afname van aantal ongevallen). De functionaliteit van CSA is gebaseerd op de beschrijving die gebruikt is in het Europese project eIMPACT [Wilmink et al., 2008]. De verwachting is dat CSA alleen invloed heeft op het tactische rijgedrag (snelheidskeuze) en niet op strategische keuzes zoals route en vertrektijdstip. In eIMPACT is een literatuurstudie uitgevoerd naar de verandering in snelheidskeuze. Conclusie was dat bestuurders met het systeem geneigd zijn meer rond de snelheidslimiet te rijden dan zonder het systeem. Met andere woorden, snelheden ver onder of boven de snelheidslimiet komen minder vaak voor als bestuurders met het systeem rijden.

Bij de implementatie van CSA in de ITS Modeller is net als bij Road Pricing als geografische schaal het netwerk Utrecht – Amersfoort gekozen. Een spits, dal en 'gemiddelde' verkeersvraag zijn gesimuleerd. Deze zijn opgeschaald naar een doordeweekse dag en een weekenddag, en daarna omgerekend naar een heel jaar.

Aangenomen is dat als CSA op de markt komt, bestuurders het geleidelijk zullen kopen.

Vrachtauto's zullen gemiddeld eerder beschikken over systeem dan auto's. De scenario's die in

de ITS Modeller zijn geïmplementeerd en gesimuleerd variëren met de penetratiegraad (gebaseerd op eIMPACT):

- Scenario 1 (basis scenario): 0% penetratie
- Scenario 2 (2020 laag): penetratie auto's 30%, bussen 34%, vrachtauto's 42%
- Scenario 3 (2020 hoog): penetratie auto's 46%, bussen 50%, vrachtauto's 61%
- Scenario 4 (volledig): 100% penetratie

Penetratie is gedefinieerd als het percentage gereden kilometers met CSA.

Hieronder worden de relevante resultaten van de microsimulatie en de opschaling gegeven, per aspect van de maatschappelijke impact (doorstroming, verkeersveiligheid, milieu).

Doorstroming

Voor de kosten-batenanalyse in ITS TestBeds moet de doorstroming worden uitgedrukt in vertraging of verliestijd als waarden die te monetariseren zijn. In de simulatie is dit bepaald per wegtype en per scenario. Deze resultaten zijn gecombineerd met informatie over het gemiddeld aantal voertuigkilometers per verkeersvraag (spits, gemiddeld of dal), verdeeld naar wegtype en per penetratiegraad, voor zowel het gesimuleerde netwerk als heel Nederland [CBS, 2008]. Zo kan het effect van CSA op vertraging in heel Nederland in een jaar bepaald worden.

Het grootste effect op de doorstroming (ten opzichte van het basisscenario) is te zien in het scenario met volledige penetratie: afhankelijk van de verkeersvraag neemt de vertraging toe tot 7% op de snelweg, tot 6% op de provinciale weg en tot 28% op stedelijke wegen. De vertragingen van de scenario's 2020 laag en 2020 hoog liggen tussen die van het basisscenario en het scenario met volledige penetratie in. De vertragingen nemen toe met CSA omdat door CSA de gemiddelde snelheid daalt.

Het opschalingsresultaat is als volgt: voor scenario 2020 laag stijgt de vertraging met 1,9%, voor scenario 2020 hoog met 2,8% en voor volledige penetratie met 6,2%. Dit is dus een toename in verliezen en zorgt voor negatieve baten binnen de kosten-batenanalyse.

Verkeersveiligheid

In deze case zijn er, in tegenstelling tot bij Road Pricing, wel effecten op de surrogaatmaten. Het aandeel kleine volgtijden en times-to-collision blijft vrijwel gelijk, maar er is wel een effect van CSA op gemiddelde snelheid en standaarddeviatie van de snelheid. In de literatuur zijn relaties beschreven tussen (variatie in) snelheid en ongevalrisico. Een samenvatting hiervan kan bijvoorbeeld gevonden worden in [Aarts en Van Schagen, 2006] en [Jamson et al., 2004]. Voor de relatie tussen snelheid en ongevalrisico gebruiken we de Nilsson formule [Nilsson, 1981] en voor de relatie tussen de standaard deviatie van de snelheid en ongevalrisico de Salusjärvi formule [Salusjärvi, 1990].

De Nilsson formules zijn de volgende: $F_2 = F_1 \cdot \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^4$ en $I_2 = I_1 \cdot \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^3$. Hierbij is F_1 het aantal

dodelijke ongevallen zonder het systeem en F_2 met systeem, I_1 het aantal niet-dodelijke ongevallen zonder systeem en I_2 met systeem; v_1 is de gemiddelde snelheid zonder systeem en v_2 met systeem.

De Salusjärvi formule voor de relatie tussen variatie in snelheid en ongevalrisico, is als volgt:

$\Delta risk = 0.68 \cdot (\Delta SD)^2 - 6.4$, met $\Delta risk$ de verandering in ongevalrisico in % en ΔSD de verandering in standaard deviatie van de snelheid in km/u.

We nemen voor de eenvoud aan dat de verandering in aantal dodelijke ongevallen gelijk is aan de verandering in aantal doden, en de verandering in aantal niet-dodelijke ongevallen gelijk is aan de verandering in aantal gewonden.

De gemiddelde snelheden en standaarddeviatie van de snelheid per wegtype, scenario en verkeersvraag zijn uitgerekend in de simulaties, en bovenstaande formules zijn toegepast. Voor de Salusjärvi formule geldt dat de verschillen tussen de scenario's van de standaarddeviatie van de snelheid die uit de microsimulatie komen te klein zijn: er is geen verandering in ongevalrisico. Omdat de verandering in gemiddelde snelheid wel een effect heeft op ongevalrisico, beschouwen we deze effecten als het effect van CSA op verkeersveiligheid. Na de toepassing van de Nilsson formules en de juiste opschalingen (netwerk versus heel Nederland, zie ook bij *Doorstroming*) is de verandering in aantal doden en gewonden uitgerekend.

Het resultaat is als volgt: voor scenario 2020 laag en 2020 hoog daalt het aantal doden met 1,3% en gewonden met 1%, voor scenario volledige penetratie daalt het aantal doden met 3,2% en gewonden met 2,4%.

De bovenstaande percentages voor verkeersdoden en gewonden worden vervolgens vermenigvuldigd met het aantal relevante doden en gewonden (kijkend naar wegtype, snelheidsregime, etc.) en op basis van deze getallen kunnen uiteindelijk maatschappelijke baten gevonden worden.

Milieu

Emissies zijn uitgerekend voor elk wegtype en elk scenario met behulp van Versit+ [Versit+, 2007], het emissiemodel van TNO dat gekoppeld kan worden aan de ITS Modeller. Opschaling is gedaan door aantal gereden kilometers per wegtype voor het netwerk te vergelijken met heel Nederland. De resultaten zijn als volgt: in scenario 2020 laag dalen de emissies (CO₂, NO_x en PM₁₀) met 1 tot 2%, voor scenario 2020 hoog zijn de dalingen 2 tot 2,5% en voor het scenario met volledige penetratie 2 tot 3%.

4. Conclusies

De manier waarop effecten uit microsimulatie (beperkte geografische schaal en tijdsduur) opgeschaald worden naar bijvoorbeeld een heel land en een heel jaar, is afhankelijk van een aantal omstandigheden zoals het soort systeem en het effect op het rijgedrag. In de cases die in dit artikel zijn besproken komt dit duidelijk tot uiting. Bij Road Pricing zijn er geen effecten op het tactische rijgedrag, daarom wordt de opschaling van milieu- en veiligheidsresultaten gedaan via kentallen. In de case Speed Alert zijn er juist wel effecten op het tactisch rijgedrag, dus kan de opschaling van milieu- en veiligheidsresultaten beter gedaan worden via modellen die rijgedrag koppelen aan effecten.

Wat betreft doorstroming, in de case Road Pricing zorgen de effecten op het strategisch rijgedrag (modaliteitskeuze, routekeuze, vertrektijdstop) voor een netwerkeffect. Gezien de aard van de Road Pricing applicatie kunnen de doorstromingseffecten op het gebruikte netwerk één op één worden opgeschaald naar landelijk, jaarlijks niveau. Mogelijke verbetering van deze opschaling is mogelijk via meso- of macroscopische simulatie. Bij de Speed Alert applicatie zijn er geen effecten op strategisch rijgedrag, dus doorstromingsresultaten worden opgeschaald via directe opschaling per wegtype.

Referenties

- Aarts, L. and I. van Schagen, *Driving speed and the risk of road crashes: A review*, SWOV, Accident Analysis and Prevention 38 (2006) 215-224.
- CBS, *Emissies en voertuigkilometers per wegtype*, 2008, CBS/CLO/mei10.
- EuroFOT, <http://www.eurofot-ip.eu/>, 2009.
- ITS TestBeds, <http://www.itstestbeds.org/>, 2009.
- Jamson S., R. Batley, V. Portouli, V. Papakostopoulos, A. Tapani, J. Lundgren, Y. Huang, E. Hollnagel, W. Janssen, *Obtaining the functions describing the relations between behaviour and risk*, AIDE D2.3.1 v10, 2004.
- Karabatsou, V., M. Pappas, P. van Elslande, K. Fouquet, M. Stanzel, B. Fildes, R. de Lange, *A-priori evaluation of safety functions effectiveness – Methodologies*, TRACE D4.1.3, 2007.
- Lassarre, S., et al, *Data analysis and modeling*, FESTA D2.4, 2008.
- Najm, W.G., M.P. daSilva, *Benefits estimation methodology for intelligent vehicle safety systems based on encounters with critical driving conflicts*, ITS America 10th annual meeting and exposition, Boston, 2000.
- Nilsson, G., *The effects of speed limits on traffic accidents in Sweden. In: Proceedings of the international symposium on the effects of speed limits on accidents and fuel consumption*, 6-8 October 1981, Dublin (OECD, Paris), 1982.
- Noort, M. van, T. Bakri, K. Malone, *Conceptueel model doorstroming*, TNO rapport, TNO-034-DTM-2009-02438, 2009.
- Rijkswaterstaat, *Bereikbaarheidsmonitor Hoofdwegen 2007*, 7 juli 2008.
- Rijkswaterstaat (2010), http://www.rijkswaterstaat.nl/kenniscentrum/economische_evaluatie/kengetallen/index.aspx - Document: Value of time personenvervoer.
- Salusjärvi, M. (1990). In G. Nilsson (Ed.), *Speed and safety: research results from the Nordic countries*, Linköping: VTI.
- SWOV, *Het meten van de (on)veiligheid van wegen*, SWOV-Factsheet, Leidschendam, april 2009, http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/NL/Factsheet_Meten_van_verkeersveiligheid.pdf.
- V&W en VROM, *Nota Mobiliteit*, april 2006.
- Versit+ product folder, http://www.tno.nl/downloads/lowres_TNO_VERSIT.pdf, 2007.
- VROM, *Luchtkwaliteit Invoergegevens 2010*, <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=47065>, last visited 02-07-2010.
- Wilmlink, I., W. Janssen, E. Jonkers, K. Malone, M. van Noort, G. Klunder, P. Rämä, N. Sihvola, R. Kulmala, A. Schirokoff, G. Lind, T. Benz, H. Peters, S. Schönebeck, *eIMPACT Deliverable D4, Impact assessment of Intelligent Vehicle Safety Systems*, 11 augustus 2008.