

**Onzekerheden in prognosemodellen van het wegverkeer.  
Wat kunnen we er mee in netwerkmodellen ?**

Klaas Friso  
Goudappel Coffeng BV  
[kfriso@goudappel.nl](mailto:kfriso@goudappel.nl)

Wim Korver  
Goudappel Coffeng BV  
[wkorver@goudappel.nl](mailto:wkorver@goudappel.nl)

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk  
20 en 21 november 2008, Santpoort**

## **Samenvatting**

Prognoses van verkeersmodellen leveren in het algemeen een puntschatting van de verwachte waarde op een bepaald wegvak. Deze puntschatting hangt echter van zeer veel factoren af die op complexe wijze weer van elkaar afhankelijk zijn. Tot op heden is er weinig informatie beschikbaar om een inschatting te geven van de betrouwbaarheid van de puntschatting, terwijl dit wel steeds belangrijker aan het worden is. De verkeersprognoses worden voor velerlei doeleinden gebruikt. Bijvoorbeeld om alternatieven met elkaar te vergelijken, om te onderzoeken of een situatie aan gestelde normen qua luchtkwaliteit voldoet of om de te verwachten opbrengsten te bepalen bij een tolproject. Bij het maken van keuzes op basis van de verkeersprognoses is het daarom goed om te beseffen dat er een onzekerheidsmarge bij de opgestelde prognose hoort.

Er is geen eenduidige methode beschikbaar om bij het opstellen van verkeersprognoses tegelijkertijd de onzekerheid in kaart te brengen. In dit artikel wordt daartoe een eerste aanzet gedaan door een overzicht te geven welke soorten van onzekerheid in verkeersprognoses (netwerkmodellen) zijn te onderscheiden, welke methodieken er beschikbaar zijn om deze onzekerheden te kunnen bepalen en op welke wijze deze vervolgens gepresenteerd kunnen worden. Afhankelijk van het doel en beschikbare middelen qua tijd en kosten binnen een studie dient een afweging te worden gemaakt omtrent de gewenste inspanning om tot het opstellen van onzekerheidsmarges te komen.

## **1. Inleiding**

Er is tot op heden weinig bekend omtrent de betrouwbaarheid van prognoses van verkeersmodellen. Hoewel de resultaten van verkeersmodellen in vele vervolgtoeepassingen worden gebruikt, met soms een bijzonder hoog detailniveau, is tot op heden weinig aandacht besteed aan de bandbreedtes die horen bij deze prognoses. Plannen worden beoordeeld aan gestelde normen en daarbij wordt de geprognosticeerde modelwaarde als de absolute waarheid beschouwd. Juristen lijken bijvoorbeeld geen onzekerheid te kennen. Uitspraken van een luchtkwaliteitsstudie waarbij de voorspelde NO<sub>2</sub> concentratie 0,1 µg/m<sup>3</sup> boven (of onder) de norm ligt, worden voor waar aangenomen. Ter illustratie: op een weg met 20.000 voertuigen gaat het dan over een verschil van minder dan 100 voertuigen of wel minder dan een half procent. Anders gezegd, juristen gaan er van uit dat de uitvoer van een verkeersmodel op wegvakniveau een betrouwbaarheid heeft van meer dan 99,5%. Een dergelijke betrouwbaarheid durft geen enkele verkeerskundige over zijn of haar verkeersmodel te geven.

Oftewel, de noodzaak om bandbreedtes bij verkeerscijfers aan te kunnen geven, wordt van steeds groter belang. Dit artikel geeft een aanzet om beter inzicht te verkrijgen in de onzekerheden van verkeersmodellen, met name netwerkmodellen. Daartoe zijn groeicijfers van prognoses van verschillende verkeersmodellen in Nederland met elkaar vergeleken om te onderzoeken of er veel variatie in de groeicijfers aanwezig is. Daarna worden enkele methodieken beschreven die een inschatting geven van de bandbreedtes in resultaten van verkeersmodellen. De methodieken worden vergeleken op een aantal criteria om bijvoorbeeld te kunnen bepalen of de benodigde inspanning opweegt tegen de benodigde kosten c.q. tijd.

Op basis van de absolute uitvoer van verkeersmodellen (verkeersintensiteiten) worden veelal externe effecten berekend, zoals luchtkwaliteit, verkeersveiligheid en geluidhinder. Ook deze modellen ter bepaling van de externe effecten kennen een onzekerheid. In dit artikel wordt niet ingegaan op de onzekerheid (bandbreedte) in modellen van externe effecten.

In hoofdstuk 2 worden de belangrijkste bronnen die bijdragen aan de onzekerheid in het prognoseresultaat beschreven. Op basis van gemeentelijke verkeersprognoses, die voor geheel Nederland in de Saneringstool zijn opgenomen, zijn enkele analyses uitgevoerd. De resultaten van deze analyses worden in hoofdstuk 3 beschreven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 een vijftal methodieken beschreven om de onzekerheid te bepalen in verkeersprognoses, deze worden vergeleken op een aantal criteria. Hoofdstuk 5 schetst een aantal mogelijkheden om berekende dan wel ingeschatte onzekerheidsmarges van modellen te presenteren. Afgesloten wordt in hoofdstuk 6 met conclusies en aanbevelingen.

## **2. Bronnen van onzekerheid**

Prognoses van verkeersmodellen kennen in feite twee soorten van onzekerheid. Enerzijds, in prognoseberekeningen van verkeersmodellen wordt in het algemeen met één veronderstelde toekomst (qua ruimtelijke, infrastructurele en beleidsmatige ontwikkelingen) gerekend. Deze toekomst is echter bij lange na niet zeker en kent derhalve een onzekerheidsmarge. Anderzijds kent het analyse-instrument (het model)

waarmee de prognoses worden opgesteld een aantal onzekerheden. Hieronder worden een aantal bronnen van onzekerheid genoemd.

#### *Bronnen van onzekerheid in verkeersmodellen*

De onzekerheden in modelresultaten kunnen worden veroorzaakt door een aantal onzekerheden en/of onnauwkeurigheden:

- onzekerheden en mogelijk onnauwkeurigheid in de waarden van de modelinvoer
- onzekerheden en mogelijk onnauwkeurigheid in de waarden van de modelparameters en
- onzekerheid over de mate, waarin de structuur van het macroscopische (sterk vereenvoudigde) model een betrouwbare afspiegeling vormt van de in werkelijkheid aanwezige verbanden tussen vigerende invloedsfactoren.

In het algemeen worden in de verkeersmodellering de modellen geschat via zwaartekrachtmodellen of discrete keuze modellen. Deze methodieken hebben zich in de loop der jaren bewezen als goede modelsystemen voor het schatten van de verkeersrelaties. Er wordt daarom in dit artikel verondersteld dat de keuze van verkeersmodelsystematiek niet tot significante onzekerheidsmarges in de uitkomsten leidt. Daarom wordt het niet nodig geacht om daar verder onderzoek naar te doen.

De invoervariabelen die onzekerheid en mogelijke onnauwkeurigheid veroorzaken zijn:

- netwerk (zoals afstand, wegvaksnelheid, capaciteit)
- sociaal-demografische gegevens (zoals inwoners (per leeftijdsklasse), huishoudgrootte, aantal arbeidsplaatsen (per sector), inkomen, autobezit, beroepsbevolking)
- autokosten en
- beleidsscenario.

Modelparameters die tot onzekerheid en mogelijke onnauwkeurigheid leiden komen voor in de volgende modellen:

- productie/attractie modellering (bv. regressie parameters);
- weerstandsberekening (bv. Value of Time);
- matrixschatting: vervoerwijzekeuze en herkomst-bestemmingskeuze (bv. distributiefuncties, nutsfuncties);
- toedelingsmodel (bv. speed-flow curve).

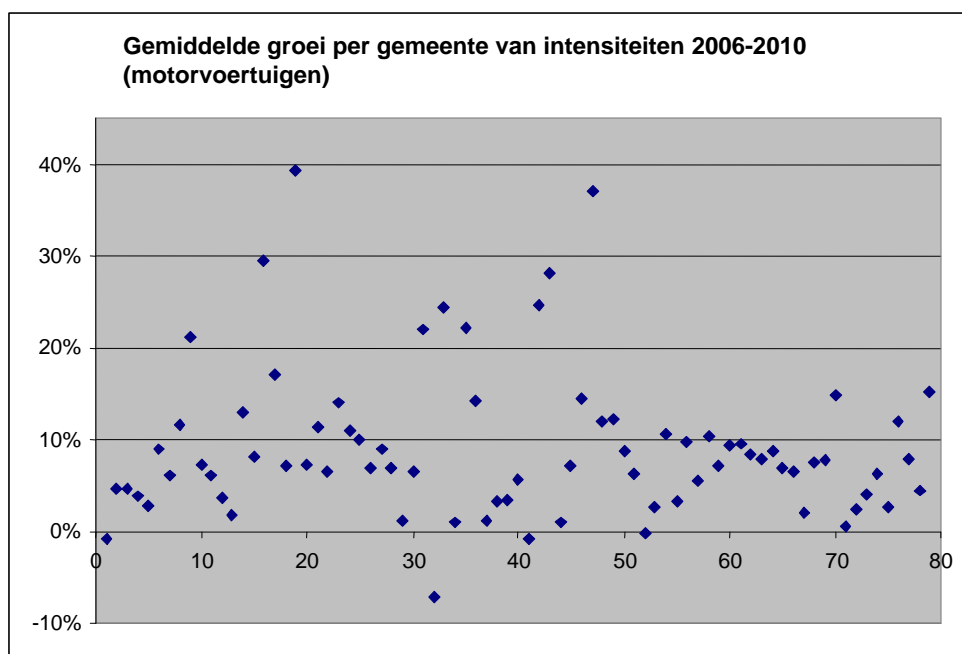
In Nederland is tot dusver weinig onderzoek gedaan naar de betrouwbaarheid van verkeersprognoses. In 2005 is door de Jong et al. een onderzoek uitgevoerd waarbij case studies zijn uitgevoerd met het LMS (Landelijke Models Systeem) en het NRM Noord-Brabant (Nieuw Regionaal Model). Voor beide cases zijn 100 runs uitgevoerd waarbij per run is gevarieerd met invoervariabelen en modelparameters, zowel afzonderlijk als gecombineerd. De variatie in de invoervariabelen is gebaseerd op historische data. Uit dit onderzoek blijkt dat de onzekerheid in modelresultaten vooral afkomstig zijn uit de invoervariabelen. De procentuele standaarddeviatie als gevolg van invoervariabelen ligt tussen de 4 en 15%, voor de modelparameters tussen de 1 en 4%. De invoervariabelen die de meeste onzekerheid kennen, zijn autobezit en inkomen. Volgens Annema en de Jong (2008) zijn de schattingen van de procentuele afwijkingen aan de lage kant.

### 3. Data-analyse gemeentelijke verkeersprognoses en beoordelingscriteria ter vergelijking van modelalternatieven

#### 3.1 Analyse prognoses van gemeentelijke verkeersmodellen

Bandbreedtes voor vervoerprognoses kunnen op basis van een bepaalde methode afgeleid worden, maar een relevante vraag is natuurlijk of er in de bestaande vervoerprognoses wel verschillen zijn. Stel dat allerlei vervoermodellen allemaal met ongeveer dezelfde (groei)verwachtingen zouden komen, dan komt de hele discussie over bandbreedtes al snel in een ander daglicht te staan. Om dit te onderzoeken is gebruik gemaakt van de Saneringstool versie 2.22. Binnen de Saneringstool zijn voor heel Nederland binnen een datasysteem allerlei verkeersmodellen bijeengebracht. Daarbij geldt in het algemeen dat voor wegvakken binnen de bebouwde kom een lokaal (stedelijk) model is gebruikt en dat voor de wegen buiten de bebouwde kom veelal het Nationaal Vervoermodel van Goudappel Coffeng is gebruikt. Voor de Rijkswegen is gebruik gemaakt van het LMS. Totaal is er binnen het systeem bijna 8.000 km (ca 42.000 wegvakken) van het onderliggend wegennet opgenomen. Per wegvak is er informatie over het aantal personenauto's, vrachtauto's (middelzwaar en zwaar) en het aantal bussen voor het basisjaar 2006 en de prognosejaren 2010, 2015 en 2020. Voor de voorliggende analyse is gebruik gemaakt van alleen die wegvakken die gekoppeld zijn aan een lokaal verkeersmodel (ruim 36.000, ofwel 90% van het totaal). Met behulp van deze databron kunnen op eenvoudige wijze analyses gedaan worden op wegvakniveau, maar ook op meer geaggregeerd niveau, bijvoorbeeld door gemeentes te vergelijken.

Figuur 3.1 geeft voor gemeenten waar voor meer dan 100 wegvakken informatie voorhanden is de groei weer in de periode 2006-2010. Het betreft bijna 80 gemeenten in totaal waarvoor de analyse is uitgevoerd.



Figuur 3.1: Gemiddelde groei op wegvakniveau per gemeente

Uit figuur 3.1 blijkt dat:

- o de mobiliteitsgroei tussen gemeenten aanmerkelijk kan variëren. Deze loopt uiteen van 39% groei in Almere tot 7% afname in Roermond en
- o de spreiding (vrij) groot is.

De algehele verwachte groei tussen 2006 en 2020 van de mobiliteit is in de lokale vervoermodellen 19%, waarvan al een groot deel in de periode tot en met 2010 wordt gerealiseerd: 8%.

In tabel 3.1 wordt de groei per stedelijkheidsklasse gepresenteerd. In algemene zin zijn de verschillende stedelijkheidsklassen niet onderscheidend, met uitzondering van stedelijkheidsklasse 1 (de grote steden): daar liggen de groeiverwachtingen aanmerkelijk lager dan gemiddeld. Verder geldt dat in stedelijkheidsklasse 5 de verwachte groei voor alle perioden boven het gemiddelde ligt.

	Stedelijkheidsklasse	2006-2010	2010-2015	2015-2020	2006-2020
Gemiddeld	1	5%	3%	4%	13%
	2	10%	6%	7%	24%
	3	9%	2%	6%	18%
	4	8%	5%	5%	19%
	5	11%	5%	8%	26%
	Totaal		8%	4%	6%
		2006-2010	2010-2015	2015-2020	
Standaarddeviatie	1	18%	15%	12%	
	2	20%	14%	11%	
	3	19%	13%	12%	
	4	15%	13%	10%	
	5	15%	12%	8%	
	Totaal		19%	14%	11%

Tabel 3.1: Groei per stedelijkheidsklasse

Als naar de spreiding (gedefinieerd als de standaarddeviatie) in de geprognosticeerde waarden wordt gekeken blijkt dat deze voor alle combinaties ergens tussen 10% en 20% te liggen. Een nadere analyse laat zien dat bij de grotere gemeente (de G4) deze standaarddeviatie veelal meer richting de 10% gaat.

Op basis van de voorafgaande analyse komt naar voren dat er aanmerkelijke verschillen bestaan tussen gemeenten en ook binnen gemeenten variëren de prognoses aanmerkelijk. In grote gemeenten zijn deze bandbreedtes iets lager.

### 3.2 Beoordelingscriteria vergelijking alternatieven

Voor de planstudie A4 Delft-Schiedam zijn onlangs met het NRM Randstad versie 2.4 meerdere alternatieven doorgerekend. Deze alternatieven zijn op een aantal aspecten beoordeeld. Deze aspecten zijn in tabel 3.2 zijn weergegeven. De genoemde waarden zijn op basis van 'expert judgement' bepaald. De bandbreedtes die hier uit naar voren komen zijn aanzienlijk.

Aspect	Significante verschillen bij
Verkeersintensiteiten	Als verschil > 10% op wegen met een etmaalintensiteit van meer dan 50.000 mvt/etmaal Als verschil > 20% op wegen met een etmaalintensiteit van minder dan 50.000 mvt/etmaal
Herkomsten en bestemmingen	Bij verschillen > 10% bij grote verkeersstromen Bij verschillen > 20% bij kleine verkeersstromen
Beoordelingscriteria	
IC-waarden	Bij het verspringen van IC-klasse <sup>1</sup>
Reistijden en reistijdverhoudingen	Bij verschillen > 25%
Verkeersprestaties en congestieverlies	Bij verschillen > 15%

Tabel 3.2: Beoordelingsaspecten alternatieven in planstudie A4 Delft-Schiedam

#### 4. Methodieken

In dit hoofdstuk wordt een aantal methodieken voor het bepalen van betrouwbaarheidsmarges benoemd en kort toegelicht. Deze methodieken worden vervolgens op een aantal criteria beoordeeld.

##### 4.1 Monte-Carlosimulatie (MCS)

Monte-Carlosimulatie is een simulatietechniek waarbij door vele herhalingen, elke keer met een andere startwaarde, een verdelingsfunctie wordt verkregen. De Monte Carlo methode wordt toegepast in situaties waarin:

- het resultaat van een enkele simulatie niet voldoende representatief is in verband met de in werkelijkheid te verwachten variatie van de invoergegevens.
- deze variatie van elk van de invoervariabelen bekend is. De betreffende variabele kan dan worden gerepresenteerd door middel van een nominale waarde, een spreidingsgebied rond die waarde en een kansverdeling binnen dat spreidingsgebied.

De Monte-Carlo simulatietechniek vergt veel rekentijd en dus krachtige computers en is een dure aangelegenheid. Afhankelijk van het gewenste betrouwbaarheidsniveau moet de simulatie namelijk vele malen herhaald worden, iedere keer met een nieuwe set invoervariabelen.

In tolstudies is het gebruikelijk om gebruik te maken van Monte-Carlosimulaties om door middel van een kwantitatieve risico-analyse de distributie van prognoseresultaten te bepalen. De stappen in dit proces zijn als volgt. Allereerst worden de risico-factoren gedefinieerd en de elasticiteiten van deze factoren bepaald. De elasticiteit wordt bepaald op basis van een gevoeligheidsanalyse. Voor iedere risico-factor wordt vervolgens een aanname gemaakt van de stochastische verdelingsfunctie (veelal een normale verdeling). In de Monte-Carlosimulatie wordt door middel van veel trekkingen uit de gedefinieerde verdelingsfuncties de verdeling van de prognose bepaald. Voor deze toepassing is commerciële software beschikbaar, zoals bijvoorbeeld @Risk.

<sup>1</sup> Strikt genomen is een verspringing van IC-klasse niet significant. Dit kan immers het gevolg zijn van een verandering van intensiteit van 1 motorvoertuig. Daarom is bij de beoordeling van de van de IC-waarden een ruime marge gehanteerd: een variant moet op meerdere wegvakken een verandering laten zien alvorens dit consequenties heeft gehad voor de beoordeling.

#### 4.2 Response Surface Methodology (RSM)

Met de Response Surface Methodology (RSM) wordt de relatie onderzocht tussen verschillende verklarende variabelen en één of meer resultaat (response) variabelen. De methode is geïntroduceerd door G. E. P. Box en K. B. Wilson in 1951. Het basisidee van RSM is om een set van experimenten te ontwerpen die een optimaal resultaat opleveren. RSM is gebaseerd op schattingen van de doelfunctie door een lagere orde. Aan de hand van een klein aantal waarnemingen van de stochastische doelfunctie wordt door middel van regressie analyse de beste lokale oplossing bepaald tezamen met de zoekrichting voor mogelijke verbeteringen. RSM is bijvoorbeeld toegepast in de fysische, biologische en medische wetenschap.

Er wordt in deze methodiek verondersteld dat de verdeling van de relevante invoervariabelen bekend is. De te onderzoeken verwachte waarde (bijvoorbeeld wegvakbelasting) is afhankelijk van deze invoervariabelen. De verwachte waarde wordt  $f(n)$  genoemd, waarbij  $n$  staat voor de verwachte waarde van de invoervariabelen. Omdat de verdeling van de invoervariabelen bekend is, kunnen deze op een dusdanige wijze gevarieerd worden dat iedere situatie een gelijke kans heeft. Omdat het aantal door te rekenen varianten gewenst is om beperkt te zijn wordt getracht een imitatiefunctie  $g()$  te vinden, waarna geëxtrapoleerd kan worden op het effect van een select aantal varianten. Het meest eenvoudige model is door de imitatiefunctie  $g()$  lineair te veronderstellen, waardoor 3 varianten genoeg zijn (de reeds beschikbare prognose en een variant met lagere c.q. hogere waarden van de invoer). Naarmate de functievorm voor de imitatiefunctie complexer wordt gedefinieerd zijn meerdere varianten (modelruns) benodigd.

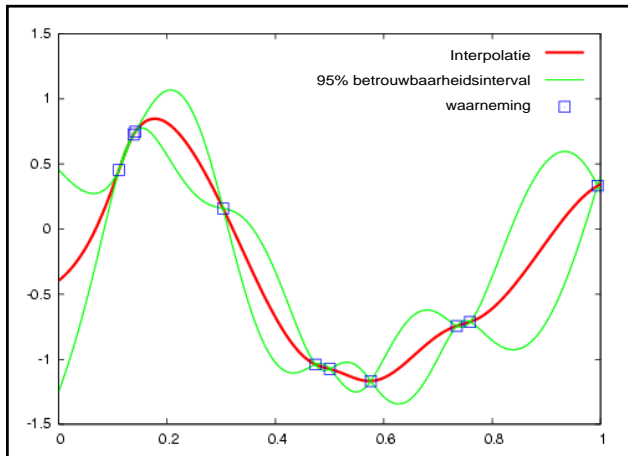
#### 4.3 Kriging interpolatie

Kriging interpolatie is een groep van geostatistische technieken die de waarden van een stochastische variabele interpoleert op een niet-waargenomen locatie vanuit ruimtelijke waarnemingen op nabijgelegen locaties. De methode is vernoemd naar de Zuid-Afrikaanse mijn-ingenieur, die voorspelling wilde doen over goud-concentraties in de aardbodem. De Kriging-interpolatie techniek is populair omdat het voordelen heeft ten opzichte van andere interpolatie-methodes, zoals:

- de methode interpoleert waarnemingen waarbij de gewichten niet afhankelijk zijn van de data;
- de methode geeft een schatting van de interpolatie-fout die gebruikt kan worden als een maat voor de betrouwbaarheid van de voorspelling;
- de methode is een 'exacte' interpolatiemethode, dat wil zeggen: de voorspelling op een waargenomen punt is gelijk aan de waarneming zelf.

Kriging behoort tot de familie van lineaire kleinste kwadraten schattings algoritmes.





Figuur 4.1: Voorbeeld van 1-dimensionale Kriging interpolatie inclusief 95%-betrouwbaarheidsinterval

De Kriging interpolatie methode wordt beschouwd als een betrouwbaardere methodiek dan RSM omdat het een nauwkeurigere voorspelling van hogere orde non-lineaire functies geeft (Lee en Park, 2006).

#### 4.4 Pragmatische analyses

Op basis van een aantal pragmatische analyses is het mogelijk om een goede indruk te krijgen van de gevoeligheid van modelprognoses. Deze gevoeligheidsanalyse kunnen helpen inzicht te verkrijgen in de betrouwbaarheid van de resultaten. Hieronder worden enkele eenvoudig toe te passen analysemogelijkheden genoemd:

- vergelijking verschillende toedelingen
  - o In het algemeen geldt voor wegvakken waar veel verdrijving is, dat die het minst gevoelig zijn voor veranderingen in invoer en dus de gemodelleerde intensiteit een hoge betrouwbaarheid kent. De verdrijving wordt inzichtelijk gemaakt door de capaciteitsafhankelijke toedeling (die meestal wordt toegepast in regionale en gemeentelijke modellen) te vergelijken met een alles-of-niets toedeling (toedeling die het gewenste routes weergeven als geen rekening hoeft te worden gehouden met andere weggebruikers)
  - o Door resultaten vanuit verschillende toedelingstechnieken met elkaar te vergelijken, wordt inzicht verkregen in de bandbreedtes op wegvakniveau . Hierbij kan gedacht worden aan een vergelijking tussen capaciteitsafhankelijke en stochastische toedeling maar ook door binnen de capaciteitsafhankelijke toedeling te variëren met speed-flow curves.
- Bad-case benadering
  - o analyse in riteindmodel/tourberekening: toename verklarende variabele met een zeker percentage

Om gevoel te krijgen voor de invloed van de toename van een invoervariabele op de mobiliteit is, kan in het productie/attractie-model gevarieerd worden in de invoerdata.

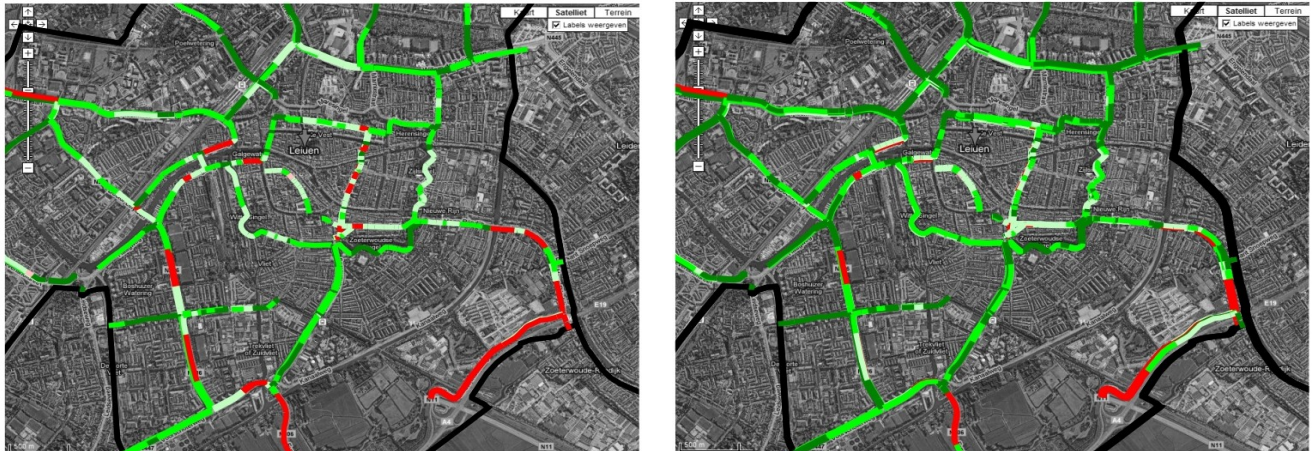
In tabel 4.1 wordt weergegeven hoe de verhouding is tussen de toename van 5% van een sociaal-demografische variabele en de toename van het aantal personenverplaatsingen op een gemiddelde werkdag. Deze berekening is

uitgevoerd op basis van de verklarende variabelen die afkomstig zijn uit het NRM Oost-Nederland. Deze berekening geldt voor de som van alle gemodelleerde vervoerwijzen (veelal auto, OV en langzaam verkeer). In het bovenste deel van de tabel worden de effecten voor de variabelen afzonderlijk weergegeven. In werkelijkheid zijn sommige variabelen echter gecorreleerd, het onderste deel van de tabel geeft dit weer.

<b>Toename sociaal-demografische variabele met 5% afzonderlijke variabelen</b>	<b>Toename aantal personenverplaatsingen etmaal (%)</b>
Inwoners (totaal)	1.3
Inwoners jonger dan 34 jaar	0.3
Huishoudens	0.8
Beroepsbevolking	0.5
Arbeidsplaatsen (totaal)	0.6
Arbeidsplaatsen detailhandel	0.4
<b>gecorrleerde variabelen</b>	
inwoners totaal en inwoners (<34) +5%, en aantal huishoudens en beroepsbevolking + 2.2%	2.1
zowel arbeidsplaatsen totaal als arbeidsplaatsen detailhandel +5%	1.0

Tabel 4.1: Effect toename invoervariabele op aantal personenverplaatsingen

- o toedeling van HB-matrix maal een factor  
Door toedelingen van de geprognosticeerde HB-matrix en deze matrix maal een factor (bijvoorbeeld 1,05) met elkaar te vergelijken kunnen uitspraken worden gedaan omtrent de gevoeligheid op wegvakniveau.
- bepalen mobiliteitsruimte
  - o Voor sommige typen onderzoek is het zinvol om te weten wat de marge in verkeersintensiteit mag zijn tot dat de gestelde norm of grenswaarde wordt overschreden. Bijvoorbeeld voor lucht- en geluidberekeningen kan 'andersom' gerekend worden. Meestal worden de milieueffecten berekend vanuit een geschatte hoeveelheid verkeer en congestie in de toekomst. Nu wordt 'andersom', dus vanuit milieueffecten (de norm en grenswaarde) teruggerekend wat de hoeveelheid verkeer en congestie is die daarbinnen past. Dit wordt de mobiliteitsruimte genoemd. Op deze manier wordt dus inzicht verkregen voor verschillende congestieniveaus wat de bandbreedte mag zijn van de gemodelleerde verkeersintensiteit totdat een norm of grenswaarde wordt overschreden. Deze 'andersom'-berekening kan alleen gebruikt worden voor criteria op wegvakniveau waar normen en/of grenswaarden gesteld zoals lucht en geluid. In figuur 4.2 wordt de mobiliteitsruimte gepresenteerd voor de stad Leiden voor respectievelijk 2006 en 2010. Naarmate een wegvak roder gekleurd is, is de mobiliteitsruimte kleiner (of gelijk aan 0 omdat de grenswaarde reeds is overschreden).



Figuur 4.2: Mobiliteitsruimte per wegvak in 2006 en 2010 met betrekking tot de luchtkwaliteit, gemeente Leiden

#### 4.5 Expert view

Door interpretatie van de modelresultaten door een expert team is het mogelijk om de kwaliteit te beoordelen en daarmee een mate van betrouwbaarheid aan te geven. Soortgelijk aan een MER-commissie valt het te overwegen om een Verkeers-commissie in te stellen die de kwaliteit van de verkeersberekeningen beoordeeld tegelijkertijd uitspraken doet omtrent de betrouwbaarheid van de resultaten.

Met betrekking tot milieustudies stellen Annema en de Jong (2008) bijvoorbeeld voor om een expertcommissie op te stellen die op basis van onderstaande hulpbronnen haar oordeel kan opstellen:

- berekening uit verkenningenfase / MER
  - o resultaten van berekeningen uit eerdere fasen helpen om de betrouwbaarheid van resultaten te bepalen
- ex-post onderzoek
  - o door 'analyses achteraf' worden de effecten beschouwd van een ingreep uit het verleden, zowel op de locatie van de ingreep zelf als in de omgeving van de ingreep. Vraag is wel of deze analyse juridisch gezien houdbaar is, aangezien infrastructurele en demografische aspecten per locatie zeer verschillend kunnen zijn en daarmee ook de effecten van een bepaalde ingreep
- mobiliteitsruimte
  - o dit is bij de pragmatische analyses hiervoor reeds toegelicht

#### 4.6 Vergelijking methodieken

In tabel 4.2 worden de hiervoor beschreven methodieken beoordeeld op een aantal criteria. Per criterium is een ranking van de methodieken ingevuld, op basis van de volgende indeling:

- doorlooptijd: weinig tijd (1) – veel tijd (5)
- kosten: goedkoop (1) – duur (5)
- theoretische onderbouwing: beste (1) – minst goede (5)

- transparantie: zeer transparant (1) – weinig transparant (5)

Methodiek	Beoordelingscriteria			
	Doorlooptijd	Kosten	Theoretische onderbouwing	Transparantie
Monte Carlo Simulatie	2	3	3	2
Response Surface Methodology	4	4	2	4
Kriging interpolation	5	5	1	3
Pragmatische analyses	1	1	5	1
Expert view	3	2	4	5

Tabel 4.2: Ranking methodieken voor onzekerheid

Bij deze tabel dient opgemerkt te worden dat de ranking van de methoden per criterium niet equidistant is. De doorlooptijd van pragmatische analyses is veel korter dan RSM of Kriging, die qua doorlooptijd niet veel van elkaar zullen verschillen. Het is daarom lastig om op basis van deze ranking een voorkeur voor een bepaalde methodiek uit te spreken, daarvoor zijn ze te uiteenlopend. Op basis van beschikbare middelen, tijd en gewenste/benodigde kwaliteit zal per studie een keuze moeten worden gemaakt omtrent welke aanpak gevolgd wordt.

#### 4.7 Toepasbaarheid

Resultaten van prognoses van verkeersmodellen worden op verschillende niveaus beoordeeld, te weten:

- op gebiedsniveau : zoals kosten baten analyses (KBA), verkeersprestatie (voertuig-/reizigerskilometers), voertuigverliesuren;
- op streng niveau: zoals reistijden, reistijdverhoudingen, voertuigkilometers (tolstudie)
- op wegvakniveau: zoals verkeersintensiteit, lijnbelasting, I/C-waarde

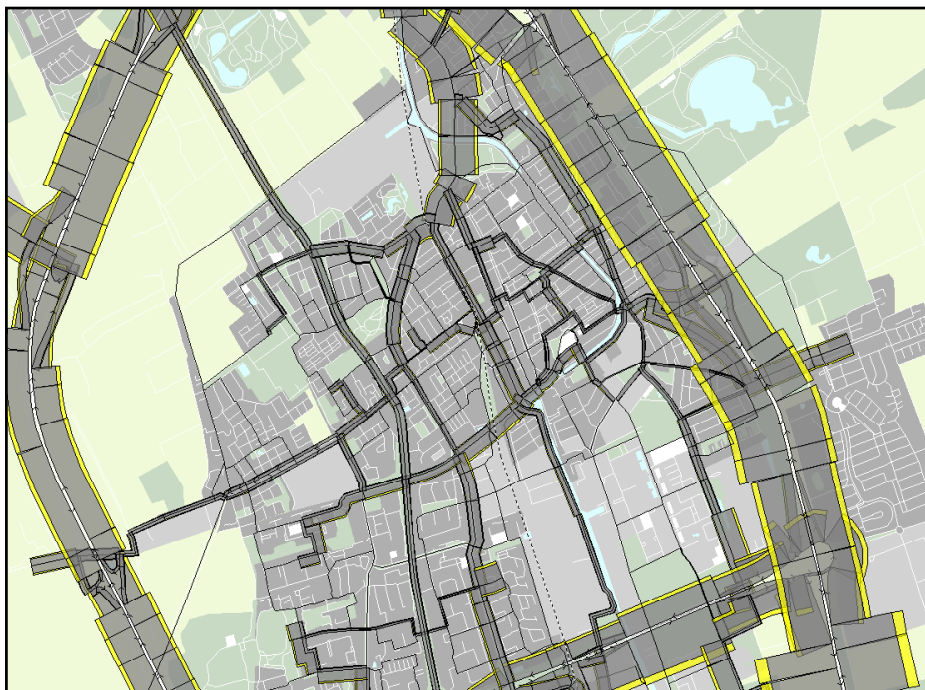
Naarmate het niveau gedetailleerder wordt, mag worden verwacht dat de onzekerheidsmarges van de prognoses toenemen.

### 5. Presentatie van bandbreedtes

Behalve het bepalen van bandbreedtes in netwerkmodellen is het van belang om deze bandbreedtes op een goede en begrijpelijke manier te presenteren. Hieronder worden enkele mogelijke vormen van presentatie voorgesteld.

#### 1. Standaarddeviatie

De standaarddeviatie kan voor geaggregeerde grootheden zoals aantal verplaatsingen, voertuigkilometrage, voertuigverliesuren etc. in tabelvorm worden gepresenteerd en eventueel geïndexeerd om vergelijkingen te vergemakkelijken. Op grafische wijze kan op wegvakniveau de standaarddeviatie weergegeven worden door aan een intensiteitsplot een balk toe te voegen met de standaarddeviatie en desgewenst in combinatie met de getalswaarden (zie figuur 5.1 ter illustratie).



Figuur 5.1: Illustratie presentatie standaarddeviatie

## 2. Percentiel

Voor bijvoorbeeld een tolproject is het voor een private partij van belang om de percentielwaarden te weten. Een tabel waarin per stappen van 5-percentielen de verwachte aantallen voertuigen (en dus opbrengsten) op een traject zijn opgenomen helpen de partij om een inschatting te maken van het risico dat hij neemt.

## 3. Mobiliteitsruimte

Op grafische wijze kan worden getoond bij een prognose wat de beschikbare marge is voordat een bepaalde norm wordt overschreden. In figuur 4.2 is hiervan reeds een voorbeeld gepresenteerd. Dit is alleen mogelijk voor toepassingen waarvoor een norm is gedefinieerd. Dus bijvoorbeeld wel voor berekeningen van luchtkwaliteit en geluid, maar niet voor bereikbaarheid.

## 4. Klassen betrouwbaarheid

Op basis van berekeningen of inschattingen kan de betrouwbaarheid in een drietal klassen worden weergegeven, bijvoorbeeld:

- hoge betrouwbaarheid (groen)
- redelijke betrouwbaarheid (oranje)
- kleine betrouwbaarheid (rood)

Op grafische wijze kan voor een netwerktoedeling voor ieder wegvak op deze wijze inzichtelijk worden gemaakt tot welke categorie van betrouwbaarheid het desbetreffende wegvak behoort.

De methodieken die in hoofdstuk 4 zijn beschreven, geven niet alle de benodigde informatie om de hierboven genoemde presentatievormen te kunnen hanteren. In tabel 5.1 wordt aangegeven welke van de genoemde presentatievormen van bandbreedtes in principe mogelijk zijn.

Methodiek	Standaarddeviatie	Percentiel	Mobiliteitsruimte	Klassen betrouwbaarheid
Monte Carlo Simulatie	X	X	X	X
Response Surface Methodology	X	X	X	X
Kriging	X	X	X	X
Pragmatische analyse	-	-	X	X
Expert view	-	-	X	X

Tabel 5.1: Presentatiemogelijkheden per beschreven methodiek.

## 6. Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Conclusies

Afhankelijk van het doel van een bepaald onderzoek dient bepaald te worden welk betrouwbaarheidsniveau van verkeersprognoses is vereist. Enerzijds is er vraag naar eenvoudiger rekenmodellen bijvoorbeeld in studies waarin het met name gaat om het vergelijken van alternatieven. Anderzijds is er juist vraag naar meer nauwkeurige berekeningen, denk aan milieustudies (luchtkwaliteit en geluidsberekeningen) of tolstudies waarbij private partijen op basis van de verkeersprognoses een risico-analyse moeten doen.

Al met al kan daarom worden gesteld dat er een groeiende behoefte is aan inzicht in de bandbreedte van de resultaten van verkeersmodellen (netwerkmodellen). In dit artikel is een aanzet gegeven door een aantal methodieken op een rij te zetten. Verder onderzoek naar de praktische haalbaarheid van een aantal van deze methodieken is nog benodigd.

Voor studies waarbij het gaat om de prognose op wegvakniveau zijn de betrouwbaarheidsmarges in het algemeen behoorlijk groot. Daarom dient de afweging gemaakt te worden of veel inspanning gestoken dient te worden in het zo goed mogelijk bepalen van de bandbreedte of dat op andere wijze juiste keuzes kunnen worden gemaakt.

### 6.2 Aanbevelingen

Door 'oude' prognoseberekeningen onder de loep te nemen kan inzicht worden verkregen over de kwaliteit van deze berekeningen en daarmee omtrent de betrouwbaarheid van de modelresultaten. Inmiddels bestaan er voldoende modellen waarvan het prognosejaar inmiddels (bijna) werkelijkheid is. Door in het 'oude' model de daadwerkelijke realiteit qua infrastructuur en ruimtelijke vullingen in te vullen en de prognoseberekening opnieuw uit te voeren en vervolgens te vergelijken met bijvoorbeeld tellingen kunnen uitspraken worden gedaan over de kwaliteit en betrouwbaarheid van het gehanteerde modelsysteem.

Er is aandacht benodigd voor bandbreedtes omtrent het vrachtverkeer. Een kleine verandering van (het aandeel) vrachtverkeer kan reeds grote effecten op de luchtkwaliteit. Als vuistregel wordt veelal gehanteerd dat 1 vrachtauto gelijk is aan 15 personenauto's in luchtstudies. Opvallend is daarom dat in verkeersmodellering in scenarioberekeningen het vrachtverkeer als constant wordt verondersteld. Daarom is meer onderzoek omtrent de verwachte hoeveelheid vrachtverkeer én het type vrachtverkeer benodigd.

Door meerdere toekomsten te modelleren (ofwel verschillende scenario's) kan inzicht worden verkregen in de bandbreedtes van verkeersprognoses als gevolg van de onzekerheid van de veronderstelde toekomst. Dit wordt vooralsnog echter niet gedaan, waarschijnlijk mede omdat daardoor doorlooptijden van studies fors zullen toenemen. Het zou bijvoorbeeld interessant zijn om voor regionale studies de 4 WLO-scenario's standaard door te rekenen of voor gemeentelijke studies een scenario te vergelijken waarin alle geplande ruimtelijke en infrastructurele ontwikkelingen zijn opgenomen die aan de orde zijn, versus een scenario waarin alleen de vastgestelde ontwikkelingen zijn opgenomen.

## **7. Literatuur**

Annema, J.A. en Jong, G. de (2008) Milieuschattingen in planstudies, een voorstel tot vereenvoudiging. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

Clerx, W.C.G., Maarseveen, M.F.A.M. van en Verroen, E.J. (1986) De mobiliteitsverkenner, Onzekerheden in de prognoseresultaten: analyse van de omvang en de achtergronden. Verkeers- en vervoersgroep TNO.

Lee, K.H, en Park, G.J. (2006) A Global Robust Optimization Using Kriging Based Approximation Model. JSME International Journal, Seriec C, Vol. 49, pp. 779-788

Jong, G. de et al, RAND Europe, (2005) Uncertainty in traffic forecasts: literature review and new results for the Netherlands.

Veer, C. van der en Meer, G van der. (2008) Gevoeligheids en risico-analyse op het verkeersstroommodel Omnitrans. Stageverslag Erasmus Universiteit.