

## **Werkwijzer Dynamische modellen in RWS-projecten**

Bert van Velzen – Sweco Nederland B.V. – bert.vanvelzen@sweco.nl

Falco de Jong – Sweco Nederland B.V. – falco.dejong@sweco.nl

Dusica Krstic-Joksimovic – Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving –  
dusica.krstic@rws.nl

### **Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 23 en 24 november 2017, Gent**

#### **Samenvatting**

In Rijkswaterstaatprojecten worden naast het NRM in een aantal gevallen ook dynamische verkeersmodellen gebruikt. In het belang van een consistente besluitvorming over projecten hanteert Rijkswaterstaat (RWS) het *Kader Toepassing NRM*. Ook voor het toepassen van dynamische modelberekeningen is de behoefte gegroeid aan een hulpmiddel, met als doel om de uniformiteit en onderlinge consistentie en vergelijkbaarheid tussen studies te vergroten. Onlangs is daarvoor de eerste versie van de Werkwijzer Dynamische Modellen (voor RWS-projecten), opgesteld in opdracht van RWS-WVL, afgerond. Deze paperbijdrage beschrijft het doel en de opzet van de Werkwijzer, gaat op hoofdlijnen in op de inhoud van de Werkwijzer en illustreert dit met korte beschrijvingen van enkele inzichten die de toepasser van dynamische verkeersmodellen van pas kunnen komen. Deze bijdrage vormt daarmee een samenvatting van de Werkwijzer. Veel is natuurlijk ook bruikbaar voor dynamische studies in de context van *andere* statische verkeersmodellen dan het NRM.

Het uitvoeren van dynamische modelberekeningen start nadat daartoe een afweging gemaakt is, die past bij het te beantwoorden verkeerskundige vraagstuk. Een vraagstuk kan betrekking hebben op het ontwikkelen of optimaliseren van een wegontwerp, op het afwegen van varianten, etc. In de modelmatige vertaling van het vraagstuk moet duidelijk worden om welk netwerk het gaat, welke varianten, modaliteiten, tijdhorizon, beoordelingsindicatoren, etc. De nadere vertaling van onderzoeksvragen en hypothesen naar indicatoren levert inzicht in welk type modelinstrument (statisch, macroscopisch, mesoscopisch, microscopisch) geschikt en/of nodig is. De Werkwijzer gaat in op de aspecten:

- keuze van type (dynamisch) model;
- inrichten dynamisch model;
- kiezen te beschouwen modeljaren;
- verkeersvraag;
- kalibratie en richtlijnen.

In deze paper lichten we dit verder toe.

Hoewel er veel verschillende (typen) dynamische verkeersmodellen zijn, is het bouwproces op hoofdlijnen vergelijkbaar. De Werkwijzer bevat een concrete stapsgewijze beschrijving van het opzetten en kalibreren van een dynamisch model, inclusief toetsing en benodigde onderbouwing van de kwaliteit van het gebouwde model. Daarbij besteden we op hoofdlijn aandacht aan de variatie in softwarepakketten en types.

## 1. Inleiding

### 1.1 Achtergrond

Modelberekeningen in het algemeen vormen een hulpmiddel om te komen tot inzicht en het leveren van onderbouwde beslisinformatie ten behoeve van beleid en uitvoering. Op het beleidsdomein bereikbaarheid worden hiervoor verkeers- en vervoermodellen gebruikt, op landelijk niveau het Landelijke Model System (LMS) en op regionaal niveau in ieder geval het Nederlands Regionaal Model (NRM). Deze modellen richten zich op strategisch en tactisch niveau op het bepalen van de verkeersvraag en de verkeersvolumes op het wegennet, in het bijzonder op het hoofdwegennet (HWN). Voor het verkrijgen van meer specifiek inzicht in de kwaliteit van de verkeersafwikkeling binnen een bepaald studiegebied en de effecten van maatregelen op deze verkeersafwikkeling, vormen dynamische modellen een vaak ingezet hulpmiddel. De juiste inzet van een dynamisch model voor het leveren van beslisinformatie maakt de onderbouwing van specifieke beslissingen steviger en reduceert daarmee het afbreukrisico van het infrastructuurproject.

De Werkwijzer dynamische modellen is ontwikkeld om meer eenduidigheid te krijgen in de (kwaliteit van de) toepassing van dynamische modellen binnen projecten van RWS. In studies worden dynamische modellen namelijk regelmatig op verschillende manieren opgebouwd en toegepast, waardoor de onderlinge vergelijkbaarheid van de studies onder druk staat. Dit is niet wenselijk omdat de mogelijkheid van het trekken van verschillende conclusies in vergelijkbare situaties de consistentie in de besluitvorming bedreigt. Deze Werkwijzer is opgezet om hierin verbetering te brengen.

De werkwijzer bevat waardevolle informatie en inzichten die ook bruikbaar is/zijn in relatie met andere statische modellen dan NRM. In ieder geval behandelt de werkwijzer de situatie dat er een combinatie van NRM en een ander statisch model gebruikt wordt als netwerkbrede context van het dynamisch model.

### 1.2 Doel en toepassing Werkwijzer

Het doel van deze Werkwijzer is het brengen van eenduidigheid in de toepassing van dynamische modellen voor RWS-projecten. Dit doel streven we na door houvast te bieden:

- i) bij de keuzes hoe het ontwikkelen, bouwen, toepassen en toetsen van een dynamisch model het beste gedaan kan worden;
- ii) bij het op een kwalitatief goede manier uitvoeren van de werkzaamheden, in relatie tot de NRM-berekeningen.

Voor RWS-projecten is de relatie met het NRM essentieel aangezien het de basis is van de verkeerskundige beschouwing in RWS-projecten. Deze Werkwijzer gaat er daarom van uit dat er NRM-berekeningen en -uitkomsten bestaan, en gaat in op het borgen van de relatie tussen het dynamisch model en het NRM.

In bredere zin geeft het *Kader Toepassing NRM* een beschrijving van de gewenste uitvoering van NRM-berekeningen, inclusief hoe het ministerie van IenM en RWS betrokken zijn. De RWS-dienst Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL) speelt een

belangrijke rol in het ontwikkelen, onderhouden, actualiseren en toepassen van modelberekeningen in het kader van RWS-projecten. In ieder geval zijn voor een specifiek project de projectleider/-manager en verkeerskundigen van de regionale dienst van RWS betrokken.

Niet alles wat in deze werkwijzer staat is vrijblijvend: het controleren van data en kalibratieresultaten en het onderbouwen van gemaakte keuzes horen altijd bij het verantwoord toepassen van modelinstrumenten, en uiteraard het goed documenteren en archiveren.

Veel van wat in deze Werkwijzer staat, is ook zinvol voor de bouw en toepassing van dynamische verkeersmodellen in andere contexten dan RWS-projecten. Steeds gaat het dan wel om inzet voor prognose en planning van mobiliteit, waaronder projecten van en rond infrastructuur. Inzet van dynamische modellen voor inhoudelijk, generiek, vaak meer wetenschappelijk onderzoek aan b.v. rijgedrag, geautomatiseerd rijden etc. valt buiten deze werkwijzer.

### *1.3 Doelgroep*

De doelgroep van deze Werkwijzer bestaat uit beleidsmedewerkers verkeer en vervoer, projectleiders, verkeerskundigen en verkeersmodeldeskundigen, zowel bij RWS als bij uitvoerende adviesbureaus en aannemers. De Werkwijzer gaat niet in op het kiezen van specifieke verkeersmodelsoftware. De expertise daarvoor is binnen de doelgroep aanwezig.

### *1.4 Opbouw van de Werkwijzer*

- Hoofdstuk 1: inleiding, scope, doelgroep en schematische overzichten
- Hoofdstuk 2: context qua projecten en relatie met NRM
- Hoofdstuk 3: inhoudelijk proces, keuzes, kanttekeningen
- Hoofdstuk 4: concreet de techniek, in stappen beschreven

De nadere uitwerking van een aantal specifieke onderdelen is in bijlagen ondergebracht: 1: Vertrekprofielen, 2: Statistiek en stochastiek, 3: Routekeuze, 4: Selected-link-analyse en HB-matrixuitsnede uit NRM, 5: Checklist kwaliteitscontrole en 6: Combineren matrix NRM en regionaal/lokaal model.

### *1.5 Modellen, verkeersmodellen, statisch en dynamisch*

Modellen in algemene zin en modelberekeningen helpen bij het verkrijgen van inzicht en begrip in de gemodelleerde mechanismen/systemen. Een model is daarbij een set van onderbouwde wiskundige formules die het gedrag van het systeem beschrijven (mede op basis van gefundeerde aannames). Gevoed met data geven zij een best mogelijke benadering van de werkelijkheid.

*Verkeersmodellen* beschrijven het verkeerssysteem (infrastructuur en verkeer), bestaande uit:

- verplaatsingsgedrag (motief, vervoerwijze- en bestemmingskeuze, pre-trip routekeuze),
- netwerk (capaciteiten, kruispunten),
- verkeersgedrag (rijstrookkeuze, voertuigvolggedrag, rijstrookwisselgedrag, perceptie, hiaat-acceptatie en (on-trip) routekeuze etc.)

op de verschillende tijd- en schaalniveaus, met als resultaat inzicht in hoeveelheden verkeer, reistijden, vertragingen etc. Statische modellen betreffen de eerste twee punten, dynamische toedelingsmodellen de laatste twee.

#### *Fluctuaties en spreiding*

Uit praktisch oogpunt werkt men met cijfers voor de gemiddelde werkdag, de spits van een gemiddelde werkdag etc. Men moet zich echter altijd realiseren dat in de werkelijkheid sprake is van dag-tot-dag-fluctuaties om dit gemiddelde heen. Daarnaast is de waarde van dit gemiddelde niet altijd goed bepaald, en hanteert men bandbreedtes. Dit geldt evenzeer voor dynamische als voor statische modellen. Bijzonder voor dynamische modellen is daarnaast dat stochastiek een 'natuurlijke' rol speelt in de rekenalgoritmen, een weerslag (en benadering) van het werkelijke verkeersgedrag van individuen en groepen.

#### *Dynamische berekeningen: inzicht in gedetailleerd verkeersproces*

Dynamische verkeersmodellen zijn vrijwel altijd gericht op het onderdeel *toedeling*; er vindt vrijwel nooit een terugkoppeling plaats naar verkeersmodelcomponenten als ritgeneratie en -distributie. De meerwaarde van een dynamische toedeling ten opzichte van een statische toedeling bestaat onder andere uit inzicht in tijdverloop en omvang van congestie en wachtrijen, de plekken waar deze ontstaan/ontkiemen, en de dynamische wisselwerking tussen congestie, routekeuze en ingrepen als verkeersregelingen en routeinformatie. Deze meerwaarde toont zich in ieder geval nodig als ook de te onderzoeken oplossingsrichtingen en maatregelen op dat detailniveau spelen. Dit is de meerwaarde voor verkeerskundigen en verkeerskundige analyses. De meerwaarde van microsimulatiemodellen ligt verder in de ook voor het brede publiek herkenbare weergave; ondersteuning door grafische weergave van de omgeving versterkt dit.

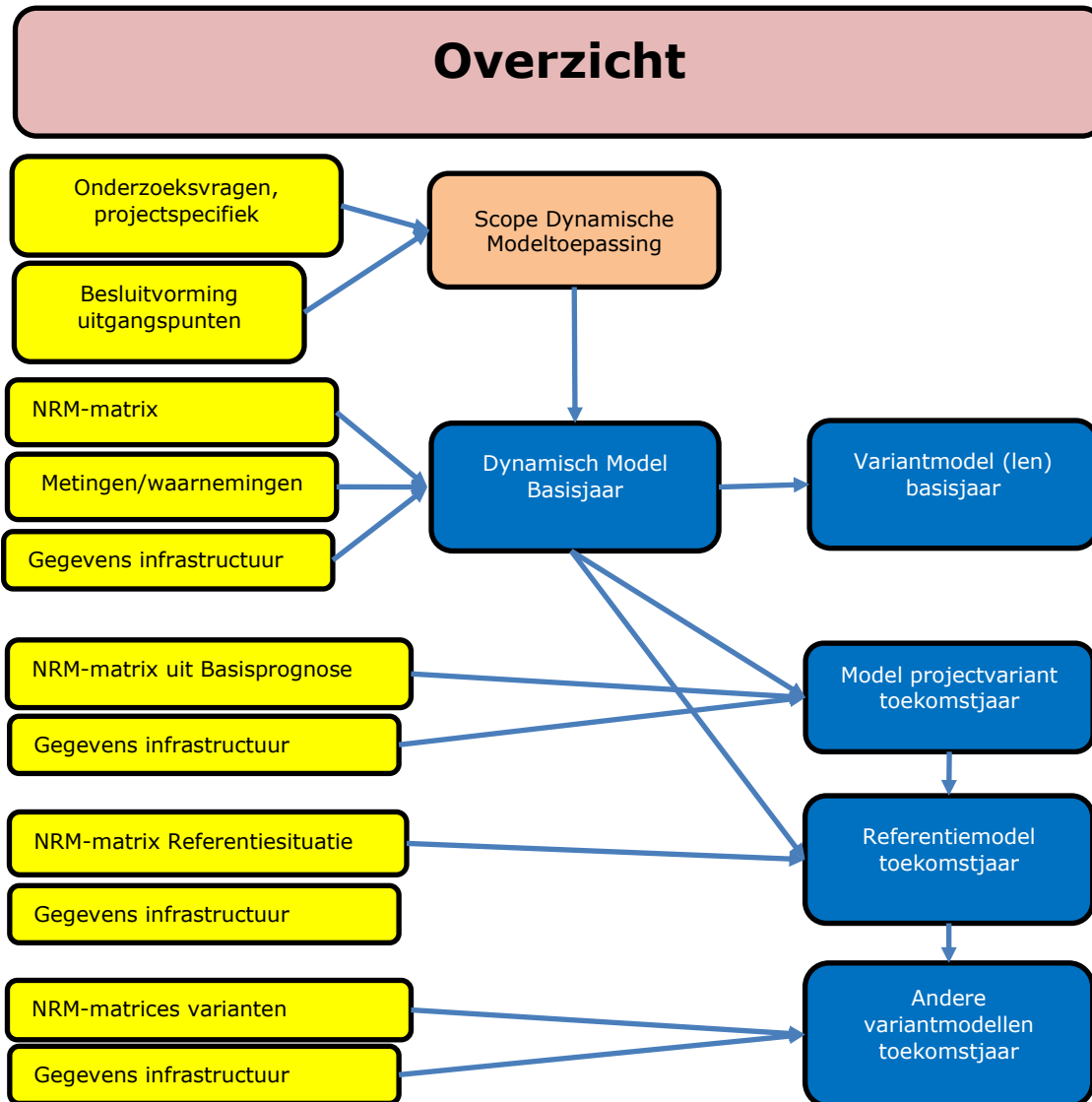
#### *Ontwikkelingen – van Smart Mobility tot automatisch rijden: onderzoeksopgave*

Technologische ontwikkelingen op het gebied van zelfrijdende auto's, het ITS-domein, coöperatieve werking tussen voertuigen onderling en met wegkantsystemen etc. hebben een potentie om de werking van het verkeers- en vervoersysteem ingrijpend te veranderen. Verkeer is immers interactie. Als b.v een van de verkeersdeelnemers fundamenteel verandert (door automatisering), gaan andere (niet geautomatiseerde) verkeersdeelnemers ook hun gedrag (fundamenteel?) aanpassen. Er is nog veel onzeker, reden waarom er veel onderzoek aan verricht wordt (o.a. in SimSmartMobility), multidisciplinair onderzoek door gedragsonderzoekers, verkeerskundigen, computer scientists en data scientists. Geen enkel bestaand microsimulatiemodel kan deze interacties nog goed modelleren.

De doorwerking hiervan in de verkeersmodellen die voor planning ingezet worden, heeft tijd nodig. Tot die tijd zal binnen de bestaande modellen met hun specifieke instelmogelijkheden en op hun eigen abstractieniveau een benadering gezocht moeten worden. Een voorbeeld is de verlaagde tijdwaardering van vertragingen doordat (o.a.)

mobiele telefonie in auto's wijdverbreid is: de tijd in file kan deels nuttiger besteed worden dan vroeger.

### 1.6 Overzicht relatie inzet statisch (NRM) en dynamisch model



Issues waar men mee te maken heeft, zijn:

- Keuze en afbakening studiegebied;
- Basisjaar dat niet gelijk is aan het NRM-basisjaar;
- Type model: macro-, meso- of microdynamisch;
- Effecten van maatregelen op de verkeersvraag.

## 1.7 Toepassingsdomeinen

### *Ex-ante-evaluatie – afweging van varianten*

Naast het geven van een beschrijving van het verkeer, is een belangrijke toepassing van een verkeersmodel het uitvoeren van ex-ante evaluatiestudies: het vooraf inschatten van de effecten van ontwikkelingen en aanpassingen, met daarbij inzicht in de verschillen tussen varianten en/of scenario's. De ontwikkelingen en aanpassingen spelen op het gebied van infrastructuur, ruimtelijke ordening, economie, demografie, beleid etc. Inzicht in effecten en verschillen levert beslisinformatie voor beleidskeuzes, maar ook input om ontwerp- en andere keuzes in een project te maken.

Wat goede beslisinformatie is, is afhankelijk van i) de fase waarin een project zich bevindt, ii) de aard van het probleem en de scope van de oplossing, iii) de indicatoren voor beschrijving van probleem en oplossing en iv) de mate waarin de waarden van die indicatoren op basis van data bepaald kunnen worden. Bij mobiliteitsprojecten wordt de verkeerskundige informatie in samenhang met informatie over andere domeinen (ruimte, inpassing, kosten, milieu) gezien.

Beslisinformatie ontleend aan praktijkervaring (case studies) is vaak niet voldoende omdat inzicht in problematiek en mogelijkheden van het specifieke gebied en netwerk gewenst zijn. Modellen bieden uitkomst, mits men kiest voor het model dat de benodigde informatie kan leveren.

### *Uitgangspunten voor verkeerskundige analyses voor projecten*

Voor RWS-projecten die zich in de planuitwerkingsfase in het kader van het MIRT (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport) bevinden, geldt het Kader Toepassing NRM, dat voorschrijft hoe de verkeerskundige analyses voor projecten uitgevoerd moeten worden. Dit om landelijke uniformiteit/consistentie in de besluitvorming te borgen. Belangrijk element is dat de uitgangspunten voor de verkeersstudie uitgewerkt en vastgesteld worden. Deze uitgangspunten betreffen onder andere de wijze van onderbouwing van de analyses met modelberekeningen, inclusief afspraken over welke informatie aan NRM-berekeningen ontleend wordt en welke aan eventueel uit te voeren dynamische modelberekeningen.

De Werkwijzer is bedoeld voor het proces *na* het vaststellen van die uitgangspunten, maar bevat wel inhoudelijke inzichten waar in het uitwerken van de uitgangspunten rekening mee gehouden kan worden.

### *Toepassing voor operationele vraagstukken*

Naast de toepassing in (voornamelijk) de MIRT-Planuitwerkingsfase worden dynamische modellen vooral ingezet voor operationele vraagstukken van i) tijdelijke aard, zoals wegwerkzaamheden, realisatiefaseringen of evenementen, en ii) structurele aard: operationeel verkeersmanagement. Inzicht in de congestiepatronen is dan nodig, veelal als basis om er gerichte (verkeers)maatregelen tegen te nemen, door te rekenen, etc. etc.

- Tijdelijke situaties

Omdat (grootschalige) wegwerkzaamheden (voor onderhoud of reconstructie) meestal grotendeels buiten de spitsen en in het weekend uitgevoerd worden, met potentieel ingrijpende maatregelen als volledige wegafsluitingen, is een toespitsing nodig van de

gemodelleerde verkeersvraag op die perioden, liefst specifiek op de kalender (dus niet een gemiddelde nacht, zaterdag, zondag etc.): seizoensvariatie, vakantieperiode, strandverkeer, etc.

In dergelijke situaties kunnen, afhankelijk van de impact van de tijdelijke situaties, verkeerspatronen ontstaan die significant verschillen van die in het (NRM-) basisjaar en het (verre) toe-komstjaar. De focus ligt op het zo goed mogelijk benaderen van de (te verwachten) werkelijkheid, dus met goed gebruik van gemeten informatie. Kalibratie van de verkeersvraag is voor de tijdelijke (niet eerder voorgekomen, en dus niet gemeten) situaties enerzijds lastiger, anderzijds minder relevant omdat de situaties immers zeer afwijkend zijn van de uitgangssituatie en een gewenning (stabilisatie, evenwicht) vaak niet zal optreden vanwege de korte duur van de situatie. Dit alles is maatwerk.

- Operationeel verkeersmanagement

Bij inzet van een dynamisch model voor operationeel verkeersmanagement is de relatie met het NRM (basis- en toekomstjaren) eveneens dermate beperkt dat aan deze relatie geen specifieke eisen hoeven te worden gesteld. Voor een goed verkeersmanagement is het vooral belangrijk dat het model de gemeten werkelijkheid gedetailleerd representeert, m.a.w. dat er een zorgvuldige kalibratie is uitgevoerd. Het NRM dient hier veelal slechts als een van de bronnen, b.v. voor routepatronen (d.m.v. selected-link-analyses).

## **2. Uitvoeren modelstudie (ex-ante evaluatie, variantafweging)**

Een modelstudie als ex-ante evaluatiestudie brengt verschillen tussen varianten in beeld, verschillen die antwoorden geven op onderzoeksvragen en/of als toets van hypothesen dienen. Voor benuttingsmaatregelen is dit beschreven in de *Leidraad Evaluaties benutting (2011)*.

### *2.1 Van vraagstuk naar modeltoepassing*

Uit de formulering van het vraagstuk zelf (ontwikkeling/optimalisatie van een wegontwerp, het afwegen van varianten, in diverse (MIRT-)-processtadia, etc.) kunnen we afleiden om wel netwerk het gaat, welke varianten, modaliteiten, tijdhorizon, beoordelingsindicatoren, etc. De nadere vertaling van onderzoeksvragen en hypothesen naar indicatoren levert inzicht in welk modelinstrument (statisch, macroscopisch, mesoscopisch, microscopisch) het best is en hoe dit het best ingezet moet worden.

Hieronder gaan we in op de aspecten:

- keuze van type (dynamisch) model;
- inrichten dynamisch model;
- kiezen te beschouwen modeljaren;
- verkeersvraag;
- kalibratie en richtlijnen.

## 2.2 Keuze van type (dynamisch) model

De vraag is welk type dynamische toedeling het meest geschikt is: macro-, meso- of microscopische toedeling? Bij het kiezen van het modeltype in samenhang met het inrichten van het model speelt het verschil in de toepassingspraktijk tussen statische en dynamische modellen.

### *Verschillen tussen statisch en dynamisch*

Een statisch model richt zich vooral op het beschrijven van (prognoses van) verplaatsingen en verkeer voor auto's en evt. andere modaliteiten, leidend tot de verkeersvraag; het doet dit vanuit de ruimtelijk-economische 'vulling' in een iteratief proces met o.a. een toedelingsalgoritme. Na toedeling (het vertalen van een bepaalde verkeersvraag naar het netwerk: intensiteiten en snelheden) ontstaat een beeld van de verkeersafwikkeling. Een dynamisch model beperkt zich in de regel tot toedeling, maar geeft daar vooral een meer gedetailleerd beeld in plaats en tijd van files, filelengte en routekeuze, een beeld dat realistisch, herkenbaar, toegankelijk overkomt.

Een belangrijk verschil tussen statische en dynamische modeltoepassingen betreft de omvang van het onderzoeksgebied. Een statisch model beschrijft in het algemeen een veel groter gebied, zij het naar het buitengebied grover gemodelleerd; een dynamisch toedelingsmodel omvat veelal een uitsnede uit dit gebied, vanwege de beheersbaarheid van het modelbouw- en rekenwerk. Een gevolg hiervan is dat herkomsten en bestemmingen van doorgaande ritten beperkt zijn tot de in- en uitgangen van het netwerk van het dynamisch model (het onderzoeksgebied), en zijn daarmee dus niet de eigenlijke riteinden.

Een dynamisch model kent (veel) meer details dan een statisch model:

- op wegvakken en kruispunten: opstelstroken, in- en uitvoegstroken, al dan niet met dynamische verkeersregelingen, etc.;
- de verkeersdrukke varieert in de tijd, meestal kiest men voor stapsgewijze variatie in stappen van vijf minuten tot een kwartier.
- de verkeersafwikkeling is bij microsimulatiemodellen gebaseerd op de eigenlijke interactie tussen voertuigen onderling, met eigen kenmerken en vertrekmomenten en met spreidingen in snelheden en volgafstanden.

Meer detail betekent in potentie een meer accurate beschrijving van de reis- en verliestijden van de voertuigen onder wisselende verkeersomstandigheden. Ook reageren de voertuigen op een tijdafhankelijke manier op de variërende verkeersomstandigheden.

Verschillen in het verkeersbeeld tussen dynamische en statische toedelingen ontstaan vooral bij het naderen en overschrijden van de capaciteit. Zeker traditionele statische (toedelings)modellen hebben moeite met het bepalen van de ruimtelijke afmeting van files en wachtrijen en de doserende werking ervan.

In een dynamisch model blijft het verkeer dat op een bepaald tijdstip niet kan worden verwerkt, achter in het netwerk (of zelf in de herkomstzones) tot er weer voldoende capaciteit beschikbaar is, overeenkomstig de werkelijkheid. Dit is afwijking van in ieder geval een traditioneel statisch model, dat alle verkeer aan het netwerk toedeelt. Het NRM



doet dit 'beter' door wel blocking back in rekening te brengen. Het toedelingsalgoritme heet b.v. QBLOK.

#### *Wanneer dynamisch?*

Voor vraagstukken op een groot schaalniveau en een verre tijdshorizon volstaat een statisch (toedelings)model. Wanneer het echter belangrijk wordt om de locatie- en tijdafhankelijkheid van congestie en wachtrijen realistischer te beschrijven (op- en afbouw van de spits, aangroei en oplossen van congestie), komt een dynamisch model in beeld. Een dynamisch toedeelinstrument heeft onder andere in de volgende gevallen de voorkeur:

- studie van dynamisch-verkeersmanagementmaatregelen
- situaties met een complex samenspel van wachtrij- en filevorming in de specifiek te bestuderen wegenconfiguratie; denk hierbij b.v. aan de gevallen waarin een file of wachtrij voor een kruispunt/rotonde, weefvak of voor een fysieke bottleneck zodanig groeit dat ook andere stromen (die de bottleneck niet hoeven te passeren) er hinder van ondervinden.
- situaties met dynamische routekeuze in het (deel)netwerk als gevolg van het congestiepatroon, leidend tot sterk tijdafhankelijke routekeuzepatronen.

#### *Indien dynamisch, welk type?*

Vervolgens is er de keuze tussen een micro-, meso- of macroscopisch dynamisch model. Bij deze keuze helpen de volgende typering:

- Microsimulatiemodellen beschrijven het gedrag van individuele voertuigen en hun interactie met andere voertuigen en de infrastructuur. Deze leveren in ieder geval goed en vaak noodzakelijk inzicht in stedelijk gebied, waarbij de capaciteit van (geregelde) kruispunten (die in de microsimulatiemodellen conform het werkelijke detailniveau gemodelleerd kunnen worden) vaak bepalend is voor de doorstroming. Daarnaast bieden ze toegevoegde waarde voor een streng op bv het HWN met toe- en afritten en wevend verkeer.
- Meso-modellen zijn een alternatief bij grotere netwerken (stedelijke tot regionale schaal). Deze modellen bootsen het verkeer op een meer geaggregeerde wijze na. De modellering van vooral geregelde kruispunten is hier dan ook minder gedetailleerd, wat voor grotere netwerken en toekomstige situaties vaak voldoende is. Het detail- cq. aggregatieniveau kan echter per pakket verschillen. Een voorbeeld van een meso-benadering is die waarbij individuele voertuigen niet op de afzonderlijke medeweggebruikers reageren, maar op het lokale actuele verkeersbeeld (gemiddelde intensiteit, dichtheid, snelheid, conform het basisdiagram).
- Macroscopische dynamische modellen beschrijven het verkeer op het niveau van de gemiddelde verkeerskundige grootheden intensiteit, dichtheid, snelheid (op een zelfde aggregatieniveau als vloeistofdynamica), met tijdafhankelijkheid en verschijnselen als blocking back. Deze modellen zijn minder rekenintensief en vormen een alternatief bij grote netwerken (regionale schaal). De modellering van kruispunten en wegvakken is hier nog een stap minder gedetailleerd dan in meso-modellen.

Een harde grens tussen deze detailniveaus is niet te trekken: er is een tussengebied qua vraagstukken waar meerdere modelniveaus in principe geschikt zijn. Ook praktische

omstandigheden als het reeds beschikbaar zijn van een gekalibreerd model kunnen een rol spelen, ook qua kosten en planning.

Als vuistregel geldt: als niet per se een microsimulatiemodel nodig is, dan is het beter te kiezen voor een meso- of macroscopisch dynamisch model. Dit vanwege benodigde details en rekentijd.

#### *Enkele praktische aandachtspunten*

- Verfijning van het netwerk is vaak noodzakelijk. Hiervoor is ten eerste broninformatie nodig om dat mogelijk te maken. Door verfijning kunnen in principe ook meer routes ontstaan, wat meer rekentijd vergt door de route-algoritmen.
- In algemene zin stelt dynamische modellering veel hogere eisen aan de kwaliteit van de (bron)gegevens, dit vanwege de (fijn)gevoeligheid van dynamische modellen. Bij het converteren van gegevens van statische modellen naar dynamische kunnen zich nl. onvolkomenheden openbaren waar het statische model kennelijk niet zo gevoelig voor was, maar die een dynamische berekening behoorlijk kunnen opbreken. Een veel voorkomend voorbeeld waar een dynamisch model hardnekkig 'vast' kan lopen is een herkomst-bestemmingsmatrix die niet goed 'past' bij het gehanteerde netwerk. Dit gebeurt o.a. bij een hoge groeiverwachting zonder aanpassingen aan het onderliggend wegennet.
- Er is in dynamische modellen een groter risico op schijnnaauwkeurigheid, doordat het aantal vrijheidsgraden in dynamische modellen veel hoger ligt dan in statische modellen, het hoogst in microsimulatiemodellen. Alertheid bij de interpretatie van de resultaten is daarom geboden.
- Stochastiek speelt een rol in de modellering van deelprocessen als keuze van exacte snelheid (door het individuele voertuig), moment van oprijden, moment/positie van rijstrookwisselen etc. Om een goed gemiddeld beeld te verkrijgen is het draaien van meerdere runs noodzakelijk. Het gemiddelde van deze runs is dan de in eerste orde te rapporteren waarde; daarnaast geeft de spreiding van de resultaten waardevolle informatie, b.v. als maat voor betrouwbaarheid.

#### *2.3 Inrichting dynamisch model*

Wanneer de voorgaande principiële keuzes gemaakt zijn, kan het inrichten van het model starten, met operationele keuzes op de volgende onderdelen:

- Afbakening modelnetwerk: studiegebied en eventueel invloedsgebied;
- Detailniveau/fijnmazigheid van het netwerk: welke straten wel, welke niet;
- Zonering: fijnmazigheid en wijze van koppeling aan netwerk;
- Horizon: kortetermijnsituatie of verre toekomst;
- In beeld te brengen tijdsperiodes: ochtend- en/of avondspits en/of andere periode, bijvoorbeeld een "werkdag in de vakantie" of weekenddag;
- Wijze van modelleren kruispunten.

#### *Studiegebied /-netwerk*

Het studiegebied voor de modelstudie betreft het gebied (of de locatie, de wegvakken) waar de effecten kunnen optreden; dit is meestal groter dan waar de oplossingsmaatregelen gerealiseerd kunnen worden. Concreet bepalend hiervoor zijn de indicatoren (meestal congestie) aan de hand waarvan de effectbeschrijving/-beoordeling

plaatsvindt. Het studiegebied moet in ieder geval de optredende files, zowel in probleem- als oplossingsvariant, volledig bevatten, d.w.z. tot en met de terugslag van de files (inclusief de staart ervan).

Ook voor andere indicatoren geldt dit, en het is aan de betrokken verkeerskundige om alert te zijn op aandachtspunten voor de specifieke studie en daarbij te anticiperen op de verkeerssituatie in de toekomstige (variant)situatie. Met name als er routekeuze-effecten te verwachten zijn, is een ruime begrenzing van het gebied nodig.

Na het kiezen van de buitenste begrenzing volgt de keuze welke wegen daarbinnen deel uitmaken van het studiegebied, in feite het 'studienetwerk'. Wegen binnen verblijfsgebieden kan men vaak buiten beschouwing, buiten het model laten.

NB: Voor invloed op natuur, geluid e.d., zijn andere dan typische spitsindicatoren relevant; b.v. zijn dan etmaal- en nachtintensiteiten nodig. Voor het statische model (als input voor b.v. milieuberekeningen) kan dus een groter studiegebied nodig zijn dan voor het meestal op doorstromingseffecten gerichte dynamische model.

#### *Modaliteiten bij toedeling*

Waar de toedeling binnen het statische verkeersmodel veelal alleen het autoverkeer beschrijft (de interactie met andere modaliteiten speelt alleen in het stadium van vervoerwijzekeuze), speelt in het dynamische model vaak ook de impact van andere modaliteiten op dit autoverkeer, in een stedelijke omgeving met name de impact van Openbaar Vervoer en langzaam verkeer op de capaciteit van kruispunten. Dat moet dan in ieder geval meegenomen worden. Voor verdere analyse (verkeersrelaties, routekeuze) hebben dynamische modellen ook faciliteiten, maar bedenk dat het vinden van goede brongegevens daarvoor een uitdaging oplevert. Voor RWS-projecten valt dit buiten deze werkwijzer.

#### *Tijdsperioden*

Dynamische modellen bieden doorgaans toegevoegde waarde in congestiesituaties (hoewel dat geen principiële beperking is). De te modelleren tijdsperiode moet starten met een 'opwarm'periode voorafgaand aan de congestie, de analyseperiode start net voor de eerste congestie en loopt door totdat de congestie in het netwerk weer is opgelost. De opwarmperiode dient om het model te vullen met een reële hoeveelheid verkeer, en is minimaal zo lang als een voertuig nodig heeft om het gehele netwerk via de langste (normale) route te doorkruisen.

#### *Kiezen te beschouwen modeljaren*

Het te beantwoorden vraagstuk is bepalend voor de keuze van de te beschouwen toekomstjaren:

- Wanneer gaat de problematiek in welke omvang spelen?
- Wanneer wordt een maatregel/situatie gerealiseerd?
- Tot wanneer moet een maatregel functioneren?
- Welke gegevens, modellen en prognoses zijn er beschikbaar?
- Is het vereist/verstandig een model voor de huidige situatie te bouwen?

We gaan nader in op twee specifieke aspecten: de rol van de huidige situatie en enkele onzekerheden t.a.v. de toekomst.

### *In beeld brengen huidige situatie, als doel of als middel*

Het in beeld brengen van de huidige situatie (vaak 'vorig jaar') kan simpelweg nodig om de effecten van kortetermijnmaatregelen in beeld te brengen:

- wegwerkzaamheden,
- op korte termijn uit te voeren wegaanpassingen,
- verkeersmanagementmaatregelen en/of
- bepaalde mobiliteitsmanagementmaatregelen.

Daarnaast zijn er andere redenen om de huidige situatie in beeld te brengen:

- In technische zin levert het modelleren van de huidige situatie inclusief kalibratie de juiste parameterinstellingen van het dynamisch model op (de juiste capaciteiten, routekeuze, verkeersgedrag e.d.), zodat ook in het toekomstjaar het gedrag van het systeem (netwerk en gebruikers) zo realistisch mogelijk zal zijn.
- Ook voor een goede vertaalslag van de verkeersvraag van statisch naar dynamisch model is het goed om dat (eerst) voor een bekende situatie te doen. Deze vertaalslag, bestaande uit onder andere verfijning en dynamisering, noemen we het kalibratie-effect.
- Verkrijgen van draagvlak bij de partijen in de omgeving van de studie, tweëerlei:
  - 'Vertrouwen' in het modelinstrument: demonstratie van de werking en prestaties van het dynamisch model.
  - Huidig (recent) verkeersbeeld: consistent, herkenbaar en volledig in beeld. Onder meer als demonstratie van de (reeds aanwezige) noodzaak tot het nemen van maatregelen.
- Kandidaten voor de 'huidige situatie':
  - het basisjaar van het statische model
  - een recenter jaar (verser in het geheugen en met meer en betere verkeersgegevens). Met als licht nadeel dat de een a priori-matrix een 'interpolatie' is tussen basisjaar en toekomstjaar van het statische model.

### *Toekomstjaren en belangrijkste onzekerheden*

Voor de verre toekomst gelden meer onzekerheden. In de overkoepelende strategische modellen liggen de onzekerheden qua economische ontwikkeling en de impact ervan op de omvang van de verkeersvraag, verdeeld over spits versus dalperiode. Voor dynamische modellen ligt door het inzoomen de onzekerheid in de vorm van de vertrekprofielen. Voor toedielingsmodellen gaat het verder vooral om ontwikkelingen die de capaciteit en het gedrag beïnvloeden. De ontwikkeling van rijtaakondersteunende systemen en automatisch rijden heeft invloed op het rij- en volggedrag van auto's en daarmee op de resulterende afwikkelingscapaciteit. De onzekerheden betreffen

- i) de wijze waarop dat op detailniveau zal veranderen.
- ii) het tempo van ontwikkeling van de penetratiegraad van de verschillende functies

En uiteraard de vraag hoe daar in de modelsoftware op ingespeeld wordt/kan worden.

### *Verkeersvraag*

Bij vrijwel alle dynamische modeltoepassingen leidt men de verkeersvraag (rittenmatrix) af van een bestaand statisch model; tenzij het netwerk en het vraagstuk dermate eenvoudig zijn dat de verkeersvraag af te leiden is uit tellingen/intensiteiten op wegvakken. Voor een HWN-studie is het NRM een belangrijke bron. Bij interactie tussen hoofdwegen en het onderliggend wegennet is vaak (op zijn minst aanvullend op het

NRM) ook een ander regionaal of stedelijk model zinvol of nodig. Indien er geen hoofdwegen betrokken zijn, kan men eventueel het NRM geheel achterwege laten. In de afweging speelt mee welk model op welke verschillende onderdelen van het wegennet in het studiegebied de beste beschrijving geeft.

Belangrijk is dat in het geval van een MIRT-planuitwerking het model uitgaat van uitgangspunten die het NRM hanteert: de toekomstscenario's (groecijfers), toekomstige sociaal-economische gegevens en toekomstige wegennet. Voor de bandbreedte voor de toekomst gebuikt men veelal de verschillende WLO-toekomstscenario's. Het NRM bevat daarvoor invoer en resultaten. De keuze is of voor elk toekomstscenario ook de dynamische modeltoepassing nodig of gewenst is.

Om de verkeersvraag voor de dynamische variantmodel af te leiden, kan het nodig zijn om aanvullend de corresponderende NRM-variantversie op/bij te stellen en (met het groeimodel) door te rekenen; dit is nl. niet altijd of even actueel voorhanden. Daarnaast kan sprake zijn van subvarianten op dynamisch niveau zonder dat daar ook op statisch niveau een aparte (groeimodel-)versie van gemaakt is of wordt. Denk hierbij aan kleine netwerkaanpassingen. Dan volstaat de verkeersvraag (de HB-matrix) van de hoofdvariant waar de sub bij hoort.

#### *2.4 Kalibratie*

Doel van de kalibratie is om het model zo goed mogelijk de werkelijke verkeersomvang en afwikkeling te laten beschrijven. Minimaal benodigd zijn een kalibratie op verkeerstellingen en verkeersbeeld.

Ten opzichte van het Kader Toepassing NRM (met vaste werkstappen en verschillende toetsen zoals actualiteitstoets, plausibiliteitstoets, etc.) kent de Werkwijzer voor dynamische model-toepassing meer vrijheid/variatie gezien de diversiteit van de toepassingen. De rode draad blijft wel het afstemmen van werkwijze en keuzes met de betrokkenen, en het vastleggen ervan. Dit start, kort na de start van de modelstudie, met het op- en vaststellen van een kalibratieplan met daarin de eisen waaraan het model moet voldoen en de criteria waaraan het getoetst zal worden.

In de volgende tabel zijn verschillende mogelijke statistieken uitgezet tegen type modelstudie, met per statistiek aangegeven of deze Vereist, Zinvol en/of juist Niet zinvol is. In Hoofdstuk 4 van de werkwijzer is nader uitgewerkt welke stappen en vragen er spelen bij het toetsen van een dynamisch model.

Projectapplicatie	Modelopzet					
	Landelijk netwerk	Regionaal Netwerk	Stedelijk netwerk	Klein gebied/corridor	Corridor autosnelweg	Streng met kruispunten
GEH-waarden op telpunten (of T-waarde)	Z	V	V	V	V	V
GEH-waarden op screenlines	V	V	V	Z	N	N
XY-/scatter plots (tellijnen versus model)	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Rijtijden	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Filelengtes	Z	Z	V	V	V	V
Tijd-wegdiagrammen	N	N	N	Z	V	Z
RMSE-statistiek (n= alle kalibratiedata)	Z	Z	Z	Z	N	N
Theil's U <sup>10</sup>	Z	Z	Z	Z	N	N

V=Vereist, Z=Zinvol, N=Niet zinvol

## 2.5 Samenspel tussen statische en dynamische modellen

Conceptueel-inhoudelijk kan de afstemming tussen statische en dynamische modellen versterkt worden door resultaten uit het dynamische model terug te voeren naar de (semi)statische toedeling en het statische vraagmodel. Anders gezegd: hoe kan de realistische en gedetailleerde beschrijving die een dynamisch model geeft, gebruikt worden om de geaggregeerde berekeningen in het statische model te verbeteren?

Daarbij gaat het voornamelijk om:

- betere capaciteiten, die in de statische context tot een verbeterd beeld leiden;
- betere rijtijden die een betere basis vormen voor de in het statische model bepaalde route-keuze (dan de rijtijden van het statische model).

Toelichting op deze twee aspecten:

- *Dynamisch bepaalde capaciteiten als aanscherping in statisch model (b.v. FOSIM)*  
Afwikkelingscapaciteiten zoals ze resulteren uit het dynamisch model (in het geval het voor die dynamische modellen uitvoer is, geen invoer).  
Het Kader Toepassing NRM geeft aan dat hiervoor in bijzondere situaties FOSIM gebruikt kan worden. Consistentie is geborgd doordat FOSIM-berekeningen ook open plekken invullen van het Handboek Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen (CIA), op zijn beurt de basis voor de HWN-capaciteiten in de huidige generatie NRM's.
- *Reistijden uit dynamisch model naar statisch model: toekomstmuziek?*  
Hierbij moet men erop bedacht zijn dat de betekenis/werking van weerstand/reistijd in het statische model kan verschillen van die in het dynamische model. De prognosemodellen zijn nl. geschat op andere reistijden dan uit de dynamische toedeling komen – er kan dus een inconsistentie ontstaan.

In het ideale geval zou je een dynamische run meenemen als onderdeel van de modelbrede iteratiecyclus, zodat ook in ritgeneratie en -distributie de dynamische mechanismen verdisconteerd worden. Ruime ervaring is hier niet voorhanden. Onder andere is de handicap hierbij dat een dynamisch model een afgebakend netwerk heeft,

terwijl het statische model tot in het buitenland doorloopt. Hoe het netwerk buiten het dynamische netwerk dan behandeld moet worden, is nog onontgonnen terrein.

In de praktijk gelden dus complicaties, die in het algemeen terug te voeren zijn op het feit dat de 'modelsystematiek' nogal kan verschillen tussen statisch en dynamisch. Er bestaan echter ook hybride modellen/pakketten waar e.e.a. 'achter de voordeur' getackeld wordt.

## Referenties

- Kader Toepassing NRM, laatste versie: mei 2017
- Traffic Modelling Guidelines / Model Auditing Process, Transport for London (2010, 2011)
- DESIGN MANUAL FOR ROADS AND BRIDGES (DMRB) (1996)
- Traffic Analysis Toolbox Vol.III: Guidelines Applying Traffic Microsimulation Modeling Software (FHWA, US DoT, 2004)
- Transport model development guidelines, New Zealand (2014)
- Traffic Modelling Guidelines, Australia (2013)
- PLATOS Publicatie No. 1 - Leidraad validatiestudies toedelings- en simulatiemodellen (2000)
- PLATOS Publicatie No. 7 - PLATOS Modelstelsel (2002)
- Leidraad Model- en Evaluatiestudies, Rijkswaterstaat (2002)
- Leidraad Evaluaties benutting, Rijkswaterstaat (2011)
- Traffic assignment and simulation models - state-of-the-art background document, Traffic Quest (2016)