

## Verificatie en calibratie MaDAM

**Remco van Thiel**

**Graduation Date:**  
15 October 2004

**Graduation committee:**  
v. Berkum  
Weijermars  
Birnie

**Organisation:**  
Goudappel Coffeng

### *Inleiding*

Het wordt steeds drukker op de Nederlandse wegen. Files behoren tegenwoordig tot de orde van de dag. De verkeersmanagers willen grip op deze files krijgen door meer inzicht in de verkeersafwikkeling te krijgen. Dit inzicht wordt onder meer gekregen door gebruik te maken van verkeersmodellen. Door Goudappel Coffeng is daarom het macroscopische dynamisch toedelingsmodel, genaamd MaDAM, ontwikkeld. Met behulp van dit model wordt het mogelijk de verkeersafwikkeling op netwerkniveau te bepalen en hiervoor voorspellingen te geven.

De ontwikkeling van MaDAM is nog in volle gang. Het is daarom interessant om te weten hoe goed de uitkomsten zijn die het model geeft. Om dit te onderzoeken is in dit rapport een verificatie van MaDAM uitgevoerd. Hierin is de werking van MaDAM in een drietal verkeerssituaties beoordeeld. Er is gekeken of MaDAM de juiste uitvoer geeft en/of MaDAM geschikt is om in dergelijke situaties toe te passen. Na de verificatie is een calibratie uitgevoerd. Hierin vindt het ijken van MaDAM plaats. Er wordt getracht om MaDAM zo dicht mogelijk bij metingen uit de praktijk te brengen.

### *Verificatie*

Tijdens de verificatie is de werking van MaDAM in een drietal verkeerssituaties beoordeeld. Dit zijn een bottleneck waarin een rijstrookvermindering van drie naar twee plaatsvindt, een toerit op een autosnelweg en een met verkeerslichten geregeld kruispunt op het onderliggend wegennet. In de verificatie is de uitvoer van MaDAM op deze drie verkeerssituaties vergeleken met de uitvoer van de microscopisch simulatiemodel Vissim en een (wetenschappelijke) analytische benadering. In één situatie, de toerit, is gekozen voor de vergelijking met een praktijksituatie in plaats van een analytische benadering. Dit omdat er over het voertuiggedrag ter plaatse van een toerit onvoldoende duidelijkheid bestaat. De vergelijking die tussen de drie methoden wordt gemaakt, is gebaseerd op de lengte van de file of wachtrij en de rijtijden. Bij de verificatie is voor alle drie de situaties een HB-matrix en HB-verdelingsfunctie opgesteld, zodanig dat er in de simulaties zowel een free-flow situatie als een congestie situatie voorkwam.

Als eerste is de situatie met de rijstrookvermindering uitgewerkt. Uit de simulatie met Vissim is naar voren gekomen dat de capaciteit per rijstrook in de bottleneck lager ligt dan gebruikelijk mag worden aangenomen. Over het algemeen geldt op het hoofdwegennet een capaciteit van ongeveer 2250 voertuigen per uur per rijstrook. Als gevolg van de bottleneck is de capaciteit ter plaatse maar 1600 voertuigen per uur per rijstrook. Deze capaciteitsreductie neemt MaDAM niet mee in zijn simulatie. MaDAM laat een hoeveelheid verkeer door die gelijk is aan de opgegeven capaciteit van de link. Door een link van 50 meter, met lagere capaciteit, in de bottleneck te plaatsen wordt dit probleem ondervangen. Hierbij moeten wel in het netwerk de

mogelijke knelpunten worden opgezocht en het netwerk worden aangepast. Veelal komen deze knelpunten pas aan het licht op het moment dat er een simulatie is uitgevoerd. Met behulp van de relaties tussen snelheid, dichtheid en intensiteit uit Vissim worden de optredende schokgolven bepaald. Aan de hand van de snelheid van de schokgolven wordt de opbouw van de file op een analytische wijze bepaald. Voor het bepalen van de filelengte in MaDAM en Vissim is gekozen voor het criterium snelheid. Met behulp van de contourplotten uit MaDAM en Vissim wordt de lengte van de file bepaald. Uit de resultaten komt naar voren dat MaDAM een onderschatting van ongeveer 15% geeft met betrekking tot de filelengte in vergelijking met de analytische benadering. Vissim blijft hier echter ver achter.

Met betrekking tot de rijtijden kan hetzelfde worden geconcludeerd. De rijtijden zijn op de analytische wijze bepaald met behulp van de trajectoriënmethod. De snelheden die voor deze methode nodig zijn volgen uit de relaties tussen de snelheid, intensiteit en dichtheid. Tijdens de free-flow situatie komen de rijtijden van de drie bronnen uitstekend met elkaar overeen. Wanneer de verkeersvraag toeneemt blijft MaDAM ongeveer 5% achter ten opzichte van de analytische benadering. Dit is te verklaren door het feit dat de filelengte ook achterbleef. Wanneer MaDAM een kortere file laat zien komt dit ook terug in kortere rijtijden, het verkeer staat namelijk minder lang in de file. Vissim laat duidelijk lagere rijtijden zien. Dit is mede het gevolg van de kortere filelengte die Vissim laat zien. Er blijkt hieruit dat MaDAM een goede weergave geeft van wat in de werkelijkheid mag worden verwacht. Met daarbij wel de belangrijke kanttekening dat ter plaatse van de bottleneck een afname van de capaciteit moet worden doorgevoerd in MaDAM. Aangezien de resultaten uit Vissim meer dan onvoldoende overeenkomen met de analytische benadering is het de vraag of Vissim voor deze situatie als geschikt vergelijkingsmateriaal mag worden gebruikt.

Vervolgens is de werking van MaDAM ter plaatse van een toerit nader bekeken. Vanwege het eerder beschreven feit dat over het gedrag van voertuigen ter plaatse van een bottleneck onvoldoende kennis beschikbaar is, is er voor gekozen om MaDAM hier met een praktijksituatie te vergelijken. Aan de hand van de intensiteiten uit de praktijk is de HB-matrix en HB-verdelingsfunctie opgesteld en in MaDAM en Vissim geïmplementeerd. In de praktijksituatie bedroegen de maximale lengte van de files op de hoofdrijbaan en de toerit respectievelijk 160 en 140 meter. MaDAM geeft hier wederom een kleine onderschatting van ongeveer 10%. Vissim daarentegen laat tijdens de simulatie op zowel de hoofdrijbaan als de toerit geen file zien. Het is vrij lastig om hier conclusies aan te verbinden, omdat de optredende file dermate kort is, dat er nauwelijks sprake is van een file. De rijtijden uit MaDAM geven net als bij de rijstrookvermindering een onderschatting weer. In dit geval bedroeg deze onderschatting ongeveer 10%. Hierin geeft Vissim weer grote verschillen ten opzichte van MaDAM en de praktijk. De rijtijden in Vissim liggen op de hoofdrijbaan hoger en op de toerit lager dan MaDAM. Een reden hiervoor zou mogelijk kunnen zijn dat in Vissim het verkeer op de toerit .voorrang krijgt ten opzichte van het verkeer op de hoofdrijbaan en dat dit in MaDAM juist andersom is. Het gevolg hiervan is dat de rijtijden ontstaan zoals hierboven geschetst.

De laatste verkeerssituatie die is nagebootst is een kruispunt welke is geregeld met verkeerslichten. Binnen MaDAM is het mogelijk om kruispunten te definiëren, de zogenaamde kruispuntmodellering. Bij een kruispunt met VRI's is deze zo opgebouwd dat het een vier-fasen regeling betreft. De vier armen krijgen dan steeds na elkaar groen. Om de vergelijking betrouwbaarder te maken is in Vissim ook een vier-fasen regeling geïmplementeerd. Met behulp van diverse (wetenschappelijke) formules zijn de cyclustijden en verliestijden op een analytische wijze bepaald. Met behulp van de cyclustijden is de verkeersafwikkeling bepaald om op deze wijze de lengte van de wachtrij te bepalen.

MaDAM bepaalt de verliestijd op het kruispunt met behulp van de verkeersvraag en de hoeveelheid verkeer die het kruispunt kan verlaten. De verliestijd (vertraging) die optreedt bij een VRI bestaat uit een .basis. vertraging welke het verkeer oploopt die voor een rood licht moeten wachten, maar wel in de volgende groenfase kunnen oprijden. Daarnaast ontstaat er nog een extra vertraging als gevolg van de toenemende verkeersvraag waardoor niet al het verkeer in één groenfase kan worden afgewikkeld. Hierdoor blijft er verkeer overstaan wat dan een extra verliestijd oploopt. De lengte van de wachtrij in MaDAM wordt bepaald met behulp van de snelheid. Hieruit is naar voren gekomen dat het van groot belang is dat de link voor de stopstreep niet te kort is. Deze link neemt de verliestijd op zich die als gevolg van de verkeerslichten optreedt. Wanneer deze link te kort is slaat het verkeer eerder terug. Het gevolg hiervan is dat uit de uitvoer van MaDAM een te lange filelengte wordt gedestilleerd. Het is van belang dat de juiste lengte van de link voor de stopstreep bekend dient te zijn. Deze lengte is alleen te achterhalen nadat er een simulatie is uitgevoerd. Om dit probleem te tackelen moet een andere manier van simuleren voor het onderliggend wegennet worden toegepast. Nadat het netwerklinken zijn aangepast blijkt dat MaDAM een overschatting van ongeveer 20% van de wachtrijlengte geeft ten opzichte de analytische benadering. De resultaten tussen MaDAM en Vissim komen wel uitstekend met elkaar overeen.

De rijtijden uit MaDAM en Vissim komen, in tegenstelling tot de lengte van de wachtrij, absoluut niet overeen met de analytische benadering. Dit is het gevolg van de wijze waarop de verliestijd in MaDAM en Vissim wordt bepaald. In de praktijk (dit is ook waar de analytische benadering vanuit gaat) is de verliestijd afhankelijk van de verkeersvraag. Op het moment dat de verkeersvraag toeneemt, neemt de verliestijd ter plaatse van een verkeerslicht ook toe. MaDAM en Vissim daarentegen bepalen éénmalig hun .basis. vertraging en gebruiken deze de gehele simulatie. De afwijking tussen enerzijds MaDAM en Vissim en anderzijds de analytische benadering ligt tussen de 30 en 40%.

#### *Calibratie*

Nadat de verificatie is afgerond wordt met de resultaten hiervan in het achterhoofd overgestapt op de calibratie. Tijdens de calibratie wordt de uitvoer van MaDAM geïkt aan gegevens uit de praktijk. Dit houdt in dat met aanpassingen in MaDAM wordt getracht de uitvoer zo dicht mogelijk bij de gegevens uit de praktijk te brengen. Het vergelijken van de gegevens uit de praktijk (metingen) gebeurt op basis van rijtijden welke met behulp van een aantal methoden, GSM-data en meerijdmethode, zijn achterhaald.

Het calibreren (ijken) van MaDAM kan op een aantal manieren worden bereikt. Ten eerste zijn er een aantal externe bewerkingen in MaDAM, zoals het aanpassen van de vrije snelheden en capaciteiten op een wegvak. Dit zijn de zogenaamde netwerkkenmerken. Daarnaast zijn er de interne bewerkingen van MaDAM, de parameters. Deze parameters komen voor in de snelheidsformule waar MaDAM gebruikt van maakt voor het bepalen van de snelheid in een volgende tijdstap. De snelheid in een volgende tijdstap is afhankelijk van een aantal factoren. Dit zijn onder andere de snelheden stroomopwaarts en de dichtheden stroomafwaarts. Aan deze factoren zitten parameters gekoppeld die de invloed van deze factor in de snelheidsformule bepalen. Door het aanpassen van deze parameters wordt de invloed van deze factor groter of juist kleiner, wat van invloed is op de snelheid in een volgende tijdstap en dus van invloed op de uitvoer van MaDAM. Vervolgens is een factor waarop gecalibreerd kan worden de verkeersvraag. De hoogte van de verkeersvraag is van invloed op de resultaten. Wanneer geen intensiteitgegevens aanwezig zijn, is de verkeersvraag de eerste factor waarin gedraaid moet worden. Dit is in de calibratie ook gebeurt. De verkeersvraag is aangepast aan de fluctuatie in de rijtijden. Tijdens het calibreren worden de aanpassingen van grof naar fijn uitgevoerd. Als eerste wordt er dus gekeken naar de verkeersvraag. Hiermee zijn de grootste veranderingen in de uitvoer te bewerkstelligen. Vervolgens komen de netwerkkenmerken aan bod en als laatste de parameters in de snelheidsformule van MaDAM. Aanpassingen aan de parameters in de snelheidsformule heeft nauwelijks zin omdat hiermee de veranderingen in de uitvoer uitermate klein zijn. Dit zou nog van pas kunnen komen op het moment dat de uitvoer van MaDAM minimaal afwijkt van de referentiewaarden.

Voordat met het calibreren kan worden gestart moet het netwerk waarop MaDAM wordt gecalibreerd worden opgesteld. Er is gekozen voor het netwerk rondom de regio Breda en Oosterhout, lopend vanaf knooppunt Hooipolder (A27) tot knooppunt Sint Annabosch en een gedeelte over het onderliggend wegennet van Breda. Er is voor dit netwerk gekozen omdat hier over diverse trajecten de rijtijden zijn gemeten. Met behulp van intensiteitmetingen op het hoofdwegennet is het mogelijk de verkeersvraag op deze trajecten te bepalen. Door deze verkeersvraag te koppelen aan de kordonmatrix van het gebied is het mogelijk de HB-matrix te schatten. De HB-verdelingsfunctie wordt geschat met behulp van de variatie in de verkeersvraag over de tijd. Voor het onderliggend wegennet is het lastiger om de HB-matrix en HBverdelingsfunctie op te zetten. Er zijn namelijk geen intensiteitmetingen op deze trajecten bekend. Hiervoor wordt aangenomen dat de kordonmatrix de juiste weergave geeft van de verkeersvraag op de betreffende dagen. De verdelingsfunctie wordt, zoals eerder beschreven, opgesteld aan de hand van de fluctuatie in de rijtijden op de betreffende trajecten. Dit is de eerste stap in de calibratie. Door het toepassen van deze methode voor het onderliggend wegennet neemt de onzekerheid met betrekking tot de calibratie toe.

Uit de referentiewaarden en de uitvoer van MaDAM is naar voren gekomen dat de fluctuatie in de rijtijden op het hoofdwegennet (A27) dermate gering waren dat er nauwelijks sprake van congestie was. Een calibratie op dit netwerk zou ook dan weinig zinvol zijn. De rest van de calibratie heeft zich dan ook op het onderliggend wegennet gericht. Dit heeft tot gevolg dat de gevonden plus- en minpunten in de verificatie, met betrekking tot het netwerk met de rijstrookvermindering en het netwerk met de toerit, niet gebruikt worden voor de calibratie. De uitkomsten uit de verificatie van deze netwerken komt uiteindelijk wel terug in de conclusies en aanbevelingen.

Het netwerk op het onderliggend wegennet bestaat uit een wegvak van ongeveer 2 kilometer lang en waarin een vijftal kruispunten voorkomen welke geregeld zijn met een VRI. Het is hierbij dus van belang de opgedane kennis uit de verificatie toe te passen. Met behulp van de fluctuatie in de rijtijden is de HB-verdelingsfunctie opgesteld. Uit de eerste simulaties kwam naar voren dat de rijtijden uit MaDAM structureel lager lagen dan de referentiewaarden. Dit zou het gevolg kunnen zijn van een te lage verkeersvraag op het netwerk. Wanneer de verkeersvraag op het traject groter zou zijn, zouden de rijtijden ook hoger uitvallen en waarschijnlijk dicht bij de referentiewaarden komen. Een andere oorzaak van de te lage rijtijden is dat MaDAM een te hoge snelheid op het netwerk genereert. De kruispunten in het netwerk liggen op een dusdanig kleine afstand van elkaar dat het, als gevolg van afremmen en optrekken, onmogelijk is een gemiddelde snelheid te behalen die gelijk is aan de maximaal toegestane snelheid (=50 km/uur). Door middel van het verlagen van de snelheid (afhankelijk van de lengte van het wegvak tussen twee opeenvolgende geregelde kruispunten) wordt deze beperking opgevangen. De resultaten uit de simulaties komen op deze wijze goed overeen met de referentiewaarden, daar een lichte onderschatting van de rijtijden nog steeds aanwezig is.

Zoals uit de verificatie naar voren is gekomen bepaalt MaDAM eenmalig de "basis" vertraging op een kruispunt. Deze wordt bepaald aan de hand van de één-uurs HBmatrix. Uit de praktijk blijkt dat in de spitsperiode 10% meer verkeer op het netwerk aanwezig is. Door het ophogen van de VRI-parameter met 10% wordt dit rechtgetrokken. Na deze bewerkingen komen de referentiewaarden en de rijtijden uit MaDAM uitstekend met elkaar overeen. De tweetal aanpassingen die tijdens calibratie van het onderliggend wegennet gedaan zijn, leveren uiteindelijk de gewenste situatie op. Het is echter zeer de vraag of dit voor elk netwerk en situatie geldt. Het verlagen van de free-speed is een aanpassing die conform de praktijk is. Deze netwerkaanpassing zal op elk netwerk tot betere resultaten leiden. Het aanpassen van de VRI-parameter is een aanpassing die niet geheel conform de praktijk is. Door het ophogen van deze parameter wordt ook de verliestijd in de free-flow situaties groter, waar dit in de praktijk niet het geval is. Deze aanpassing mag dan ook niet als aanbeveling worden gegeven.

*Conclusie*

Uit de verificatie is gebleken dat MaDAM de processen op het hoofdwegennet op een juiste wijze beschrijft. Er zijn echter wel een aantal punten waarop verbeteringen kunnen worden aangepast. De belangrijkste hebben betrekking op de capaciteit in de bottleneck en de omgang van MaDAM met geregelde kruispunten op het onderliggend wegennet. Op het hoofdwegennet geldt MaDAM in ieder geval als een voldoende betrouwbaar model.

De belangrijkste aanpassing die MaDAM nodig heeft is het op een andere manier simuleren van het onderliggend wegennet. Hierbij moet gedacht worden dat een snelheidsverandering op een link pas plaatsvindt op het moment dat de stroomafwaarts gelegen link oververzadigd is. Dit is ook te bewerkstelligen door de invloed van de stroomopwaartse link in de snelheidsformule te reduceren (aanpassen van de parameter  $v$  'nu').

Uit de calibratie van MaDAM is naar voren gekomen de invoergegevens sterk van invloed zijn op de resultaten uit MaDAM. In de gesimuleerde situaties heeft het aanpassen van de 'freespeed' en de parameter van de VRI er uiteindelijk tot geleid dat MaDAM de juiste uitvoer gaf. Met de kanttekening dat op de eerste plaats de verkeersvraag is aangepast aan de rijtijden.

Bij de conclusies die voortkomen uit dit onderzoek moeten een aantal kanttekeningen worden geplaatst. Er zijn een aantal beperkingen. Het ijken (calibreren) van MaDAM is uitgevoerd op één netwerk waarbij niet de garantie aanwezig is dat de HB-matrix en HB-verdelingsfunctie een correcte weergave van de werkelijkheid vormen. De aanpassingen die aan MaDAM, en het netwerk, zijn uitgevoerd, gelden voor dit specifieke netwerk. Het is mogelijk dat wanneer een ander netwerk wordt gesimuleerd er andere aanpassingen nodig zijn om tot het gewenste resultaat te komen. Voor een meer betrouwbare ijking moeten er dus meerdere netwerken worden onderzocht.

Bovenstaande zou in een vervolgonderzoek onderzocht moeten worden. Hiervoor zouden meerdere trajecten op zowel het hoofdwegennet als het onderliggend wegennet gesimuleerd moeten worden, waarbij meer kennis over de verkeersvraag (HB-matrix) en de verdeling van het verkeer (HB-verdelingsfunctie) beschikbaar moet zijn. Uit het onderzoek, vooral uit de verificatie, blijkt dat toepassen van MaDAM op dit moment het meest betrouwbare resultaat op het hoofdwegennet geeft. Dit ondanks de kleine minpunten die hier worden aangevoerd. Voor toepassing op het onderliggend wegennet is MaDAM op dit moment onvoldoende geschikt, omdat het (nog) niet op een juiste manier met de kruispuntmodellering om weet te gaan.