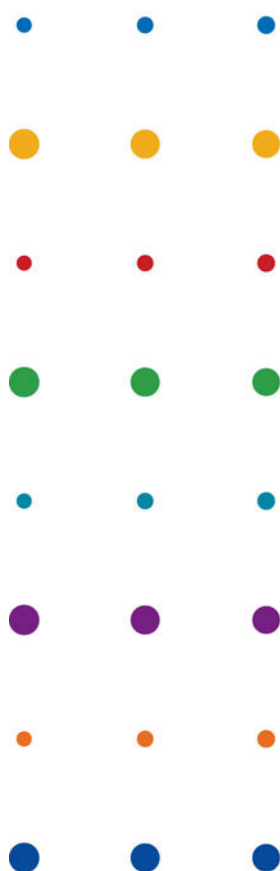


Verkeersdynamiek in milieuberekeningen

Dynasmart toont meerwaarde



afstudeerrapport

NHTV internationaal hoger onderwijs Breda

16 juni 2010
definitief

Verkeersdynamiek in milieuberekeningen

Dynasmart toont meerwaarde

afstudeerrapport

dossier :

registratienummer :

versie : 1.0

NHTV internationaal hoger onderwijs Breda

16 juni 2010

definitief

MEDIATHEEKFORMULIER

Naam: Bram van de Vrande
Datum: 16 juni 2010
Opleiding: Verkeerskunde
Soort verslag: Afstudeerrapport
Auteur: Bram van de Vrande
Titel en ondertitel: Verkeersdynamiek in milieuberekeningen:
Dynasmart toont meerwaarde
Name stageplaats: DHV B.V.
Eindhoven
Bedrijfsbegeleider: Geert van der Heijden
Hogeschoolbegeleider: Lizanne Hessels
Summary: Verkeersmodellen genereren verkeersintensiteiten die gebruikt worden in milieuberekeningen. Een dynamisch verkeersmodel zoals Dynasmart kan daarnaast met de in dit rapport beschreven methode ook verkeersafhankelijke factoren berekenen. Vanuit een statisch verkeersmodel zijn hier geen gegevens voor beschikbaar en worden deze geschat op basis van kennis van de situatie. Dankzij Dynasmart en de daarin verwerkte verkeersdynamiek neemt de nauwkeurigheid en objectiviteit van milieuberekeningen toe.
Trefwoorden: verkeersmodellen, milieuberekeningen, CAR II-model, Dynasmart, verkeersdynamiek

SAMENVATTING

De luchtkwaliteit in stedelijke gebieden wordt aangetast door verkeer en dat verkeer produceert ook geluidsbelasting. Hoeveel dat precies is, moet onderzocht worden om de volksgezondheid te waarborgen. Hiervoor worden verkeersmodellen ingezet. De standaardmethode hiervoor is een statisch verkeersmodel dat de verkeersintensiteit bepaald met daaraan gekoppeld het CAR II-model voor de luchtkwaliteit en SRMI voor de geluidsbelasting. Sinds enkele jaren bestaat echter een nieuw type verkeersmodel, het dynamische mesoscopische verkeersmodel. DHV gebruikt hiervoor het programma Dynasmart. Binnen DHV was wel duidelijk wat Dynasmart kon betekenen voor de luchtkwaliteit als het gaat om het berekenen van de verkeersintensiteiten. De vraag van waaruit dit onderzoek vorm heeft gekregen was of Dynasmart nog meer kon betekenen, want de luchtkwaliteit is ook afhankelijk van de verkeersdynamiek. Verkeersdynamiek is de interactie van voertuigen onderling wat tot snelheidsveranderingen leidt. En verkeersdynamiek is juist een aspect waar Dynasmart mee rekent wat met een statisch verkeersmodel niet mogelijk is.

De berekening van de geluidsbelasting is statisch en houdt nauwelijks rekening met verkeersdynamiek, zoals het optrekken en afremmen van voertuigen. Dynasmart kan hier weinig meerwaarde bieden. De berekening van de luchtkwaliteit is een ander verhaal, want deze bevat twee belangrijke verkeersafhankelijke factoren: De snelheidstypering en de stagnatiefractie. Dit zijn twee factoren die aangeven of voertuigen veel snelheidsverschillen hebben op een wegvak, of juist vlot kunnen doorrijden. Dit onderscheid is belangrijk, want snelheidsverschillen hebben een negatieve invloed op de emissies en dus de luchtkwaliteit. Een statisch verkeersmodel doet niets met verkeersdynamiek, waardoor dit geen beschikbaar gegeven is om de snelheidstypering en stagnatiefractie te bepalen. **De verkeersafhankelijke factoren in het CAR II-model worden geschat op basis van kennis van de situatie. Bovendien worden verkeersafhankelijke factoren in het CAR II-model voor een volledig etmaal geschat. Dit is een subjectieve en daardoor onnauwkeurige methode.**

Dynasmart heeft onder andere als uitvoer de gemiddelde snelheid per voertuig per wegvak. Hiermee zijn de snelheidstypering en stagnatiefractie berekend. De berekeningen zijn uitgevoerd op twee manieren, namelijk Methode 1: één snelheidstype per wegvak en Methode 2: meerdere snelheidstyperingen per wegvak. Als één snelheidstype gekozen wordt voor een wegvak dan bestaat de keus uit drie types. Voertuigsnelheden liggen niet noodzakelijkerwijs dicht bij elkaar, maar vaak juist verspreid. Elk snelheidstype zal door de beperkte keus niet precies de goede waarde aan kunnen geven. Traploos een snelheidstypering kiezen is wel mogelijk door aan elk voertuig een snelheidstype te koppelen. **Dankzij de berekeningen van verkeersafhankelijke factoren is het resultaat van het CAR II-model objectiever en nauwkeuriger geworden.** Hierbij is methode 1 vooral snel en objectief en methode 2 vooral nauwkeurig en objectief gebleken. Hiervan wordt methode 2 geadviseerd, want deze levert de meeste extra nauwkeurigheid op. Tevens zijn bij deze methode subtielere verschillen in de verkeersdynamiek zichtbaar.

De meerwaarde van Dynasmart voor de berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting is ten eerste een verbeterde methode om verkeer toe te delen op het netwerk. Dynamisch toedelen levert een nauwkeurigere verkeersintensiteit op. Daarnaast kan door middel van de voertuiggegevens van Dynasmart de snelheidstypering en stagnatiefractie van het milieumodel berekend worden. **De berekening leidt tot een objectieve en nauwkeurigere berekening van de concentratie vervuilende stoffen.** Een objectieve en nauwkeurigere berekening aan de hand van verkeersdynamiek maakt de effecten van maatregelen op het gebied van verkeersdynamiek op de luchtkwaliteit inzichtelijk.

Verder blijkt dat ook zonder een berekening van verkeersafhankelijke factoren ook de traditionele schatting zelf verbeterd kan worden. Wegvakken na een met verkeerslichten geregelde kruising bevatten zelden stagnerend verkeer en mogen dus niet gewaardeerd worden als een wegvak met hoofdzakelijk stagnerend verkeer. Tevens blijkt dat de periode buiten de spitsen verantwoordelijk is voor de meeste uitstoot in het etmaal, terwijl bij studies met verkeersmodellen de aandacht juist op de spitsperioden gericht wordt. **De periode buiten de spits verdient net zo goed de aandacht voor een zo nauwkeurig mogelijke berekening van de luchtkwaliteit.**

Het nauwkeurig en objectief berekenen van de luchtkwaliteit is van belang voor de maatschappij, want juist daarmee worden juiste de milieuknelpunten geïdentificeerd. Knelpunten dienen in het belang van de volksgezondheid aangepakt te worden en het juist identificeren hiervan is de eerste stap.

INHOUD**BLAD**

	VOORWOORD	
1	INLEIDING	8
1.1	Aanleiding	8
1.2	Doel	9
1.3	Onderzoeksvragen	9
2	GEVOELIGHEIDSANALYSES	10
2.1	Luchtkwaliteit	10
2.1.1	Gevoeligheidsanalyse CAR II-model	15
2.1.2	Conclusie Luchtkwaliteit	16
2.2	Geluidsbelasting	17
2.2.1	Conclusie geluidsbelasting	17
2.3	Conclusie gevoeligheidsanalyse	18
3	BEREKENING VERKEERSAFHANKELIJKE FACTOREN	19
3.1	Dynasmart	19
3.2	Dynasmart voor de etmaaltoedeling	20
3.3	Bepalen van de snelheidstypering	23
3.3.1	Methode 1: Één snelheidstypering per wegvak met stagnatiefractie	24
3.3.2	Berekenen van de stagnatiefractie	25
3.3.3	Berekenen van het snelheidstype	25
3.3.4	Methode 2: Meerdere snelheidstyperingen per wegvak	28
3.3.5	Resultaten snelheidstypering	29
3.4	Conclusie	30
4	MEERWAARDE DYNASMART	31
4.1	Meerwaarde van Dynasmart in bepalen van de verkeersdynamiek	31
4.2	Meerwaarde voor de maatschappij	33
4.3	Meerwaarde voor DHV	33
5	CONCLUSIES & AANBEVELINGEN	34
5.1	Conclusies	34
5.2	Aanbevelingen voor de korte termijn	35
5.3	Aanbeveling voor doorontwikkeling van Questor/Dynasmart	35
5.4	Aanbevelingen voor verder onderzoek	35
6	BRONVERMELDING	36
7	TREFWOORDENLIJST	37
8	COLOFON	39
BIJLAGE 1	UITGANGSPUNTEN GEVOELIGHEIDSANALYSE	1
BIJLAGE 2	EXTRAHEREN VOERTUIGGEGEVENS UIT DYNASMART	1

VOORWOORD

Het rapport dat voor u ligt is geschreven als afstudeeropdracht voor de opleiding Verkeerskunde aan de NHTV internationaal hoger onderwijs Breda. Het is uitgevoerd bij en in opdracht van DHV BV in Eindhoven.

In mijn zoektocht naar een uitdagend stageonderwerp waar ik zowel met verkeersmodellen als met luchtkwaliteit kon werken ben ik bij DHV uitgekomen, waar ik een zeer technisch en diepgaand onderzoek heb uitgevoerd. Het heeft mijn kennis en niveau op zowel wiskunde, verkeersmodellen als luchtkwaliteitsberekeningen zeer verhoogd. Hierbij zijn een aantal personen onmisbaar geweest. Vanuit de NHTV heeft Lianne Hessels de procesmatige begeleiding verzorgt en Geert van der Heijden ook de procesmatige, maar ook de inhoudelijke ondersteuning en deze twee wil ik hiervoor graag bedanken. Voor het verkeersmodel heb ik vooral ondersteuning ontvangen van Wim van der Hoeven en voor het CAR II-model kon ik altijd rekenen op hulp van Sander Teeuwisse, die beiden specialisten zijn op hun vakgebied. Deze ondersteuning heeft de diepgang van dit onderzoek tot een hoger niveau getild, waarvoor ik hen zeer dankbaar ben.

Het onderzoek is zeer technisch uitgevoerd, maar zo globaal en algemeen mogelijk opgeschreven. Het belang van dit rapport is primair vanzelfsprekend van belang voor DHV intern, maar in het onderzoek zijn genoeg zaken naar voren gekomen waar een breder belang voor de vakwereld aan vast hangt. Dit bredere belang voor de maatschappij is voor mij zeer belangrijk, omdat ik van mening ben dat stage- en afstudeerrapporten openbaar moeten zijn en in het belang van de opleiding, de vakwereld en de maatschappij.

Bram van de Vrande
Eindhoven, 16 juni 2010

1 INLEIDING

Wegverkeer produceert geluid en milieuonvriendelijke stoffen die in hoog volume of hoge concentraties schadelijk zijn voor de volksgezondheid. De Europese Unie heeft normen opgelegd om zorg te dragen dat de volksgezondheid niet teveel aangetast wordt door de uitstoot (ABRvS, 2006). Het toetsen aan de normeringen gebeurt niet met metingen, want hiervoor is in bijna elke straat een meetstation nodig. Toch is het mogelijk om voor een groot deel van het wegennet de luchtkwaliteit en geluidsbelasting te benaderen. Hiervoor zijn een tweetal berekeningen ontwikkeld die de luchtkwaliteit en geluidsbelasting berekenen aan de hand van verkeersintensiteiten, verkeersafhankelijke factoren en omgevingsfactoren. De verkeersdruk is niet van elke straat bekend, maar kan wel benaderd worden door middel van een verkeersmodel. Verkeersmodellen benaderen de verkeersdruk op elk wegvak in een netwerk op basis van onderzoeken en metingen. Met de verkeersdruk wordt vervolgens de luchtkwaliteit en geluidsbelasting bepaald.

Traditioneel wordt voor de berekening van luchtkwaliteit en geluidsbelasting een statisch (macroscopisch) verkeersmodel gebruikt. Dit is een verkeersmodel dat rekent met samengenomen verkeersstromen en gaat uit van een constant verkeersaanbod. Een statisch model heeft hierdoor het nadeel dat de spitsperioden een 'plat' verloop hebben en alleen resultaten per wegvak (en niet per voertuig) worden berekend. Deze methode werkt goed op grote netwerken met grote veranderingen, maar niet wanneer de dynamiek van het verkeer (bijvoorbeeld bij Dynamisch Verkeersmanagement) beïnvloed wordt. In deze gevallen heeft een statisch verkeersmodel teveel beperkingen voor de berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting, want de nuances van de dynamiek van het verkeer gaan verloren. Toch is een statisch verkeersmodel het gebruikelijke hulpmiddel om de luchtkwaliteit en geluidsbelasting te bepalen, want tot voor kort was dit het de enige beschikbare instrument. Recentelijk is een nieuw type verkeersmodel op de markt gekomen, Dynasmart, een dynamisch mesoscopisch verkeersmodel. Dynasmart is in gebruik bijna hetzelfde als het statische verkeersmodel, maar het detailniveau is hoger en de achterliggende algoritmes en aannames zijn anders. Dynasmart rekent namelijk met individuele voertuigen, wat het voordeel heeft dat meer rekening gehouden wordt met wachtrijen, vertragingen en sluiproutes. Daarnaast rekent Dynasmart met een spitsverloop, waarbij de drukte in de spits op- en afbouwt (Bron: Heijden, G.A.J. van der, 2009). Rekenen met een dynamisch spitsverloop en met individuele voertuigen resulteert in een verkeersverdeling die beter omgaat met de dynamiek van het verkeer, wat ook de effecten van Dynamisch Verkeersmanagement inzichtelijk maakt.

1.1 Aanleiding

Dynasmart heeft ten opzichte van een statisch verkeersmodel een meerwaarde voor modelberekeningen, doordat de dynamiek van het verkeer erin is verwerkt. Omdat Dynasmart met individuele voertuigen rekent, opperde DHV dat Dynasmart mogelijk ook meerwaarde kan bieden bij de berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting. Beide berekeningen gaan uit van het verkeersmodel, maar daar zitten ook veel aannames aan vast. Één belangrijke verkeersafhankelijke factor voor de luchtkwaliteit is bijvoorbeeld de snelheidstypering, waarmee aangegeven wordt hoe snel het verkeer doorstroomt. Dynasmart genereert gegevens van alle gesimuleerde voertuigen waarmee de berekeningen van de luchtkwaliteit en geluidsbelasting mogelijk verbeterd kunnen worden. Het berekenen van deze verkeersafhankelijke factoren levert mogelijk objectievere en nauwkeurigere gegevens op dan wanneer deze geschat worden. In dit rapport staat centraal hoe en waarom met de uitvoer van Dynasmart bepaalde factoren van de berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting beter berekend kunnen worden dan met een statisch verkeersmodel.

1.2 Doel

DHV wil de meerwaarde van Dynasmart voor berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting gespecificeerd hebben. Het doel van dit onderzoek is als volgt:

"Het specificeren van de meerwaarde in objectiviteit en nauwkeurigheid van het gebruik van Dynasmart voor berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting"

1.3 Onderzoeksvragen

1: Welke factoren van de berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting kan Dynasmart berekenen die met een statisch model niet of minder goed berekend kunnen worden?

In deze onderzoeksvraag staan de berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting centraal. Onderzocht is waar er rek in de berekeningen zit en waar verbetering gemaakt kan worden met behulp van Dynasmart. Van zowel de berekening van de luchtkwaliteit als de berekening van de geluidsbelasting worden de verkeersafhankelijke factoren onder de loep genomen. Van elke factor wordt de theoretische gevoeligheid bepaald en de methode hoe deze berekend of geschat wordt. Hiervoor worden een verkeersmodel, handmatige berekeningen en eerdere onderzoeken gebruikt. Hieruit volgt een lijst van factoren welke mogelijk berekend kunnen worden door middel van Dynasmart.

- a) Welke gevoeligheid hoort bij elk van de parameters van de berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting?
- b) Welke factoren kunnen (nauwkeuriger) berekend worden met behulp van Dynasmart?

2: Hoe kan Dynasmart verkeersafhankelijke factoren objectiever of nauwkeuriger berekenen welke niet of minder goed berekend kunnen worden met een statisch verkeersmodel?

Nadat in de vorige vraag de milieuberekeningen onderzocht zijn is met deze onderzoeksvraag de volgende stap gezet en is deze kennis toegepast op Dynasmart. Zowel verkeersmodel als de milieumodellen zijn vereenvoudigde weergaves van de werkelijkheid en deze moeten nauwkeurig in elkaar gevlochten worden. De kern van deze onderzoeksvraag ligt daarom in het specificeren van definities van factoren zodat deze bruikbaar zijn in een berekening. Deze onderzoeksvraag resulteert in het definiëren en controleren van de factoren uit de vorige onderzoeksvraag. Dit is volledig uitgevoerd met behulp van Dynasmart en aanverwante programma's.

- a) Als definities van factoren aangepast moeten worden, wat zijn dan bruikbare definities hiervan?
- b) Hoe kunnen factoren objectiever en/of nauwkeuriger berekend worden?

3: Wat is de meerwaarde van Dynasmart voor berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting?

Als Dynasmart enkele factoren kan berekenen die via het traditionele statische verkeersmodel niet mogelijk zijn, wat is dan de invloed van deze factoren op de algehele objectiviteit en betrouwbaarheid? Door middel van deze onderzoeksvraag zijn alle eerder gevormde deelconclusies samen genomen en wordt in de breedte gekeken wat de meerwaarde van Dynasmart precies betekent. Door middel van het verkeersmodel en het CAR II-model is de luchtkwaliteit bepaald en zijn de definities uit de vorige onderzoeksvraag kritisch onderzocht op eventuele meerwaarde.

1. Is de betrouwbaarheid en objectiviteit van de berekeningen van geluidsbelasting en luchtkwaliteit toegenomen dankzij Dynasmart?
2. Hoe relevant is het berekenen van verkeersafhankelijke factoren in de berekeningen van geluidsbelasting en luchtkwaliteit?

2 GEVOELIGHEIDSANALYSES

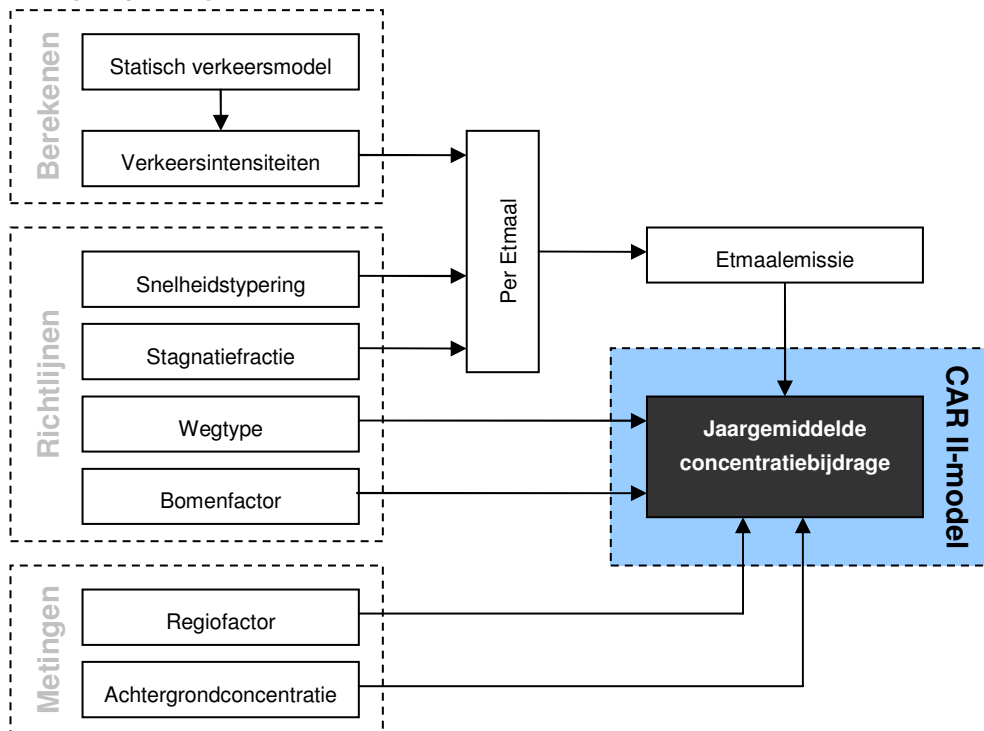
In dit hoofdstuk is de eerste onderzoeksvraag beantwoord: "Welke factoren van de berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting kan Dynasmart berekenen die met een statisch model niet of minder goed berekend kunnen worden?". De kern van de rekenmethodes is ontleed om inzicht te krijgen in individuele factoren en parameters. Hierbij is gebruik gemaakt van het verkeersmodel, handmatige berekeningen en eerdere onderzoeken. Paragraaf 2.1 gaat over de berekening van de luchtkwaliteit, waarbij eerst een beschrijving van de berekening van de luchtkwaliteit staat, gevolgd door de gevoeligheidsanalyse. Paragraaf 2.2 gaat in op de berekening van de geluidsbelasting met een gevoeligheidsanalyse van alleen de verkeersafhankelijke factoren.

2.1 Luchtkwaliteit

Een indicatie van de luchtkwaliteit wordt bepaald middels het CAR II-model (Calculation of Air pollution from Roadtraffic). Dit is een rekenmethode die de concentraties van een aantal milieuvervuilende stoffen berekent, waarbij voor verkeer vooral stikstofdioxide (NO₂) en fijnstof (PM₁₀) een belangrijke rol spelen. Het CAR II-model is door het Ministerie van VROM verplicht gesteld als de te gebruiken methode voor luchtkwaliteitsstudies binnen de bebouwde kom, omdat de concentraties voor de volksgezondheid onder een vastgestelde Europese milieunorm moeten blijven (ABRvS, 2006). Betrouwbaar berekenen van de emissies is een hoofdzaak die bij heel veel projecten belangrijk is. Gevolg van het overschrijden van normeringen kan zijn het stilleggen van ontwikkelingen die meer verkeer zullen genereren of juist het treffen van maatregelen die de uitstoot moeten beperken.

In het CAR II-model wordt gerekend met etmaalintensiteiten van het wegverkeer en verschillende omgeving- en verdunningsfactoren. Het vereist zeven invoerfactoren met ieder een eigen gevoeligheid. Tevens is de achtergrondconcentratie zonder verkeersbijdrage vastgelegd voor heel Nederland, want ook zonder bijdrage van het wegverkeer zijn alle stoffen in meer of mindere mate aanwezig in de lucht. In Afbeelding 1 op de volgende pagina is de relatie tussen de factoren en het resultaat neergezet, waarbij ook is aangegeven hoe elke factor is bepaald.

Afbeelding 1
Huidige inpassing van een statisch verkeersmodel in het CAR II-model



Hieronder volgt een beschrijving van de zeven invoerfactoren van het CAR II-model en hoe deze bepaald zijn.

Snelheidstypering

Verkeer kan niet altijd met de maximumsnelheid doorstromen. Dit heeft tal van redenen, maar voornamelijk dankzij drukte op de weg en de weginrichting (bijvoorbeeld de aanwezigheid van drempels of verkeerslichten). De voertuigemissies zijn sterk afhankelijk van snelheid en snelheidsveranderingen. Daarom is voor verschillende voertuigklassen (personenwagens, middelzwaar vrachtverkeer, zwaar vrachtverkeer en autobussen) de gemiddelde emissie per voertuig vastgesteld bij verschillende verkeersbeelden. Deze verkeersbeelden zijn onderverdeeld in vijf snelheidstyperingen (Tabel 1). De gemiddelde emissies in de tabel zijn gebaseerd op metingen bij snelheidsveranderingen. Een voertuig dat continu 20km/h rijdt heeft een heel ander emissiepatroon dan een voertuig dat gemiddeld 20km/h rijdt met uitschieters naar stilstand en 50km/h. De richtlijnen voor snelheidstypering (Tabel 1) zijn vastgesteld voor verschillende gemiddelde snelheden met een aantal stops per kilometer. Hier zijn ook de gemiddelde emissie van NO₂ (stikstofdioxide) per personenvoertuig en de gemiddelde emissie van PM₁₀ (fijnstof) per zware vrachtwagen bijgevoegd.

Tabel 1

Richtlijnen voor het invullen van de snelheidstypering in het CAR II-model (Bron: InfoMil, 2009)

	Snelheidstypering	Gem. snelheid	Gem. # stops/km	NO ₂ (g/km) Pers.Vtg	PM ₁₀ (g/km) Zw. Vr
A	Snelweg algemeen	65km/h	0,2	0,072	0,202
B	Buitenweg algemeen	60km/h	0,2	0,068	0,222
E	Stadsverkeer met minder congestie	30-45km/h	1,5	0,132	0,258
C	Normaal stadsverkeer	15-30km/h	2	0,122	0,343
D	Stagnerend stadsverkeer	< 15km/h	10	0,199	0,496

De snelheidstyperingen in deze tabel zijn gesorteerd op basis van doorstroming. Een betere doorstroming levert minder stops en minder snelheidsveranderingen op. In de laatste twee kolommen zijn toegevoegd als voorbeeld emissies waarbij opgemerkt moet worden dat stagnatie meer uitstoot (emissies) per kilometer als gevolg heeft. De snelheidstypering wordt gekozen op basis van kennis van de werkelijke situatie en staat voor het gehele etmaal.

Hier is uit te herleiden dat het veel verschil maakt welk snelheidstype gekozen wordt. Vooral snelheidstype D 'stagnerend stadsverkeer' resulteert in een veel hogere emissie dan snelheidstype C 'normaal stadsverkeer'. Kiezen van het best passende snelheidstype gebeurt door een inschatting te maken met kennis van de werkelijke situatie op straat.

Het CAR II-model mag alleen gebruikt worden om concentraties te berekenen binnen de bebouwde kom, daarom wordt in dit onderzoek niet verder ingegaan op snelheidstype A. Snelheidstype B is wel mogelijk, omdat op wegen binnen de bebouwde kom een maximum snelheid van 70km/h mogelijk is. Deze wegen lijken qua snelheid en wegbeeld het meest op snelheidstype B "buitenweg".

De snelheidstypering moet representatief zijn voor een geheel etmaal, want het CAR II-model rekent altijd met etmaalgegevens. Een spitsperiode met veel stagnatie en een goed doorstromende dalperiode is echter een veel voorkomende situatie, waardoor elke snelheidstypering ver van de het optimale resultaat zal zitten. Vooral snelheidstype D kan in zo'n situatie een heel vertekend beeld opleveren. Daarom is in 2007 het CAR II-model uitgebreid met de stagnatiefractie.

Stagnatiefractie

De stagnatiefractie duidt het aandeel verkeer in snelheidstype D aan. Hierdoor is het mogelijk om de emissies van een bepaald aandeel voertuigen in snelheidstype D te berekenen en de emissies van de resterende voertuigen in één ander snelheidstype. Doordat de stagnatiefractie het aandeel verkeer in snelheidstype D aanduidt, is stagnatiefractie 1 effectief hetzelfde als snelheidstype D.

Tabel 2

Richtlijnen om de stagnatiefractie te schatten

Omschrijving situatie	% stagnerend verkeer
Geen stagnatie	0%
Stagnatie gedurende een klein deel van de ochtend- of avondspits (minder dan 1u)	7%
Stagnatie gedurende een klein deel van de ochtend- en avondspits (minder dan 2x 1u)	15%
Stagnatie gedurende een groot deel van de ochtend- of avondspits (bijna 2u)	15%
Stagnatie gedurende de gehele ochtend- of avondspits (meer dan 2u)	20%
Stagnatie gedurende de gehele ochtend- en avondspits (bijna 2x 2u)	30%
Stagnatie gedurende de gehele ochtend- en avondspits (meer dan 2x 2u)	40%

Bij gebrek aan gedetailleerde snelheidsgegevens in statische verkeersmodellen, wordt de stagnatiefractie geschat op basis van kennis van de situatie en de richtlijnen in Tabel 2. Hierbij wordt alleen gekeken naar de doorstroming in de spitsperioden. Echter, de stagnatiefractie gaat net als de snelheidstypering over het aandeel stagnerend verkeer per etmaal. Aangenomen wordt dat 40% van de etmaalintensiteit zich tijdens de 2x2 spitsuren bevindt, wat resulteert in een bereik van 0% tot 40% in Tabel 2. Ook wordt aangenomen dat buiten de spitsperioden geen stagnatie optreedt. Door middel van deze tabel wordt ingeschat wat de stagnatiefractie is op basis van het wegbeeld tijdens beide spitsperioden. Het is mogelijk om op basis van kennis van de situatie een hogere of lagere stagnatiefractie te schatten als de verhouding tussen spitsen en de rest van de dag afwijkt.

Verkeersintensiteiten

Verkeersintensiteit en emissie hebben een rechtevenredig verband waarbij tweemaal het aantal voertuigen ook tweemaal de emissies oplevert. De verkeersintensiteiten zijn uitgedrukt in motorvoertuigen per etmaal. Door middel van een fractie personenvoertuigen, fractie middelzwaar vrachtverkeer, fractie zwaar vrachtverkeer en fractie autobussen wordt per voertuigklasse de gezamenlijke emissie bepaald. De uurintensiteiten in het verkeersmodel zijn gekalibreerd aan de hand van tellingen, maar de fracties per voertuigklasse zijn gebaseerd op zowel tellingen als schattingen en richtlijnen. Detectielussen bieden namelijk wel de mogelijkheid vrachtverkeer te onderscheiden, maar niet altijd of dit onder middelzwaar of zwaar vrachtverkeer valt.

Regiofactor

Windsnelheden spelen een belangrijke rol in het verdunnen van emissies doordat het deze verspreidt over een groter gebied. Het CAR II-model koppelt de locatie in het land aan een gemiddelde representatieve windsnelheid per regio. Deze gemiddelde windsnelheid is op basis van metingen.

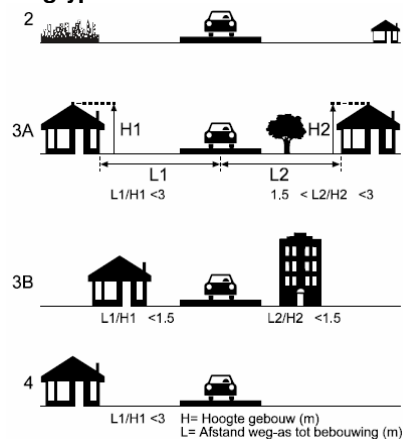
Wegtype

Het wegtype geeft de inrichting en de aanwezigheid van laag- en hoogbouw aan. Het type bebouwing langs een weg heeft invloed op de verdunning van de uitgestoten emissies doordat de wind juist gehinderd

of versterkt wordt. Bij wegtype 3B (Afbeelding 2) wordt een hogere concentratie verwacht dan bij categorie 2, want gebouwen beperken de effectiviteit van de wind en daarmee de verdunning.

Afbeelding 2

Wegtypes in het CAR II-model binnen de bebouwde kom (Bron: InfoMil, 2009)

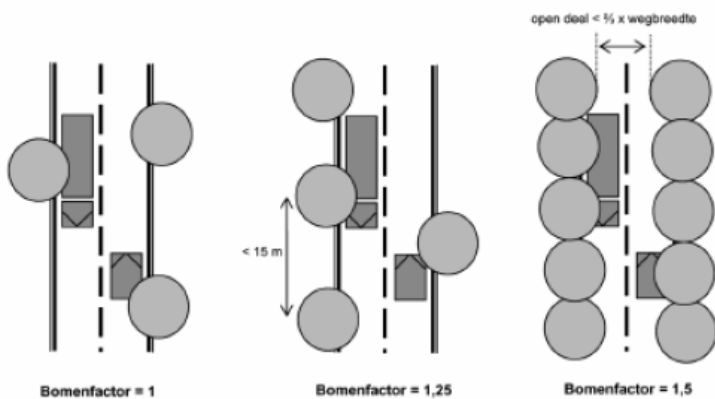


Bomenfactor

Bomen beïnvloeden net als bebouwing de mate van verdunning van emissies. Bomen langs de weg houden emissies langer bij de weg, doordat de wind daar minder vat op heeft (Afbeelding 3). De bomenfactor wordt ingeschat aan de hand van onderstaande afbeelding. Hierbij moet opgemerkt worden dat bij de bomenfactor uit drie onderstaande waarden gekozen mag worden zonder tussenliggende waarden.

Afbeelding 3

Bomenfactor in het CAR II-model (Bron: InfoMil, 2009)



Achtergrondconcentratie

Het lokale wegverkeer is niet alleen verantwoordelijk voor de uitstoot van milieuvervuilende stoffen. Ook de industrie, landbouw en ook het verkeer in de rest van de wereld stoten deze stoffen uit. De aanwezigheid van deze stoffen wordt bij de berekende emissies van het lokale wegverkeer opgeteld om tot een realistisch resultaat te komen.

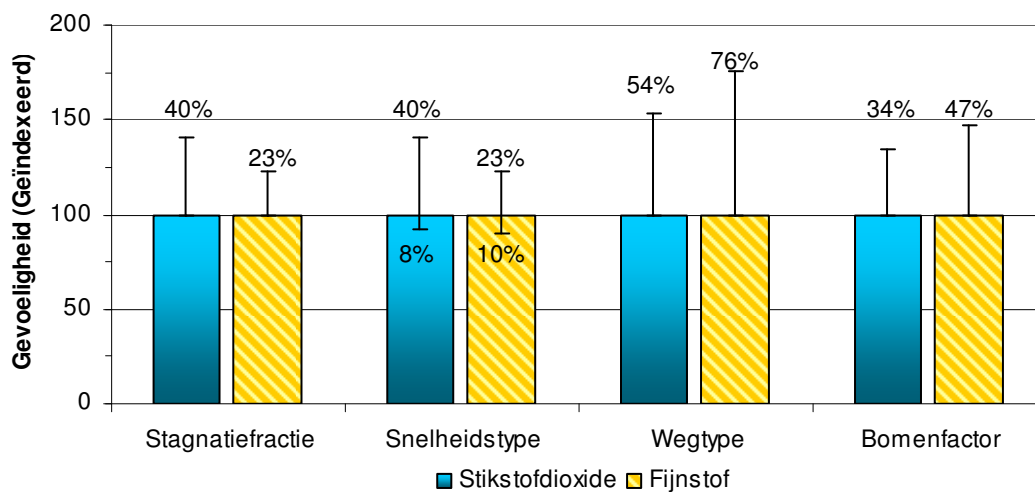
2.1.1 Gevoeligheidsanalyse CAR II-model

Met behulp van het online CAR II-model op car.infomil.nl is de gevoeligheid per factor bepaald. Van de zeven factoren uit paragraaf 2.1 zijn alle factoren in te vullen in het CAR II-model. De regiofactor wordt automatisch bepaald aan de hand van de locatie in Nederland. De regio wordt niet onderzocht, aangezien het bij relatieve berekeningen geen invloed heeft. De verkeersintensiteit is bepalend voor de emissies in het CAR II-model, maar wordt niet onderzocht. Vergelijken van de berekende verkeersintensiteiten tussen Dynasmart en een statisch model gaat niet in op de berekening van de verkeersafhankelijke factoren. Tevens is de emissie van verkeer sterk verweven met de andere factoren waardoor is gekozen om de factor verkeersintensiteit niet te onderzoeken in de gevoeligheidsanalyse.

Het is in dit onderzoek niet van belang hoe de hoeveelheid verkeer de emissies beïnvloedt, maar hoe de verkeersafhankelijke factoren dit doen. In Afbeelding 4 is een gemiddeld druk wegvak in normaal stadsverkeer geïndexeerd op 100 en is per factor de relatieve toename of afname van de emissies op de verkeersbijdrage berekend. Zie bijlage 1 voor de uitgangscriteria.

Afbeelding 4

Relatieve gevoeligheid van factoren in het CAR II-model op de verkeersbijdrage



De verticale strepen in de grafiek geven de gevoeligheid van een factor weer. Bijvoorbeeld bij het snelheidstype is "Normaal stadsverkeer" geïndexeerd op 100. Als in plaats van normaal stadsverkeer "stagnerend stadsverkeer" gekozen wordt, levert dat een 40% toename op in NO₂ en 23% toename in PM₁₀. Andersom levert de keus "stadsverkeer met minder congestie" een verlaging van respectievelijk 8% voor NO₂ en 10% voor PM₁₀ tot gevolg. Bij de snelheidstypering is alleen gerekend met de typeringen C, D en E. Het wegtype heeft de grootste gevoeligheid van alle factoren. Dit is net als de bomenfactor echter geen verkeersafhankelijke factor en kan daarom niet berekend worden door middel van een verkeersmodel.

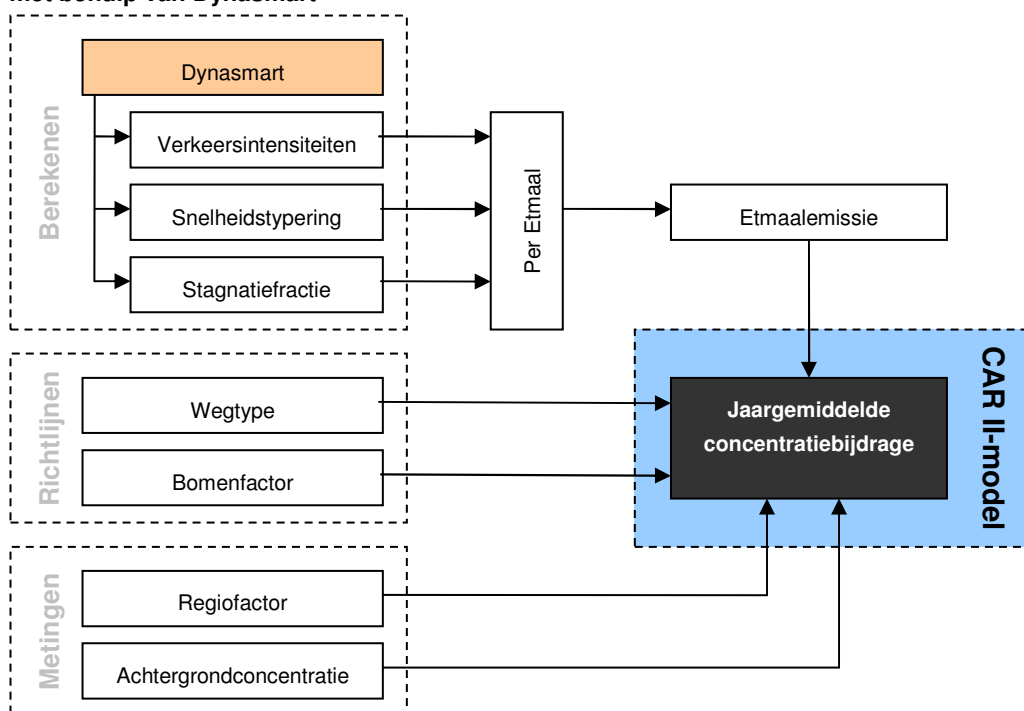
2.1.2 Conclusie Luchtkwaliteit

Het CAR II-model bevat twee verkeersafhankelijke en twee niet-verkeersafhankelijke factoren. Het is van belang dat alle factoren goed bepaald worden, want deze hebben allemaal een grote gevoeligheid. Het is echter niet mogelijk om met behulp van een verkeersmodel het wegtype en de bomenfactor te bepalen. Deze worden geschat aan de hand van richtlijnen, wat op dit moment de meest optimale methode blijft. Hierdoor wordt als uitgangspunt genomen dat deze factoren zo nauwkeurig mogelijk bepaald zijn en wordt alleen ingegaan op de verkeersafhankelijke factoren.

De snelheidstypering en stagnatiefractie zijn verkeersafhankelijke factoren die berekend kunnen worden met behulp van een dynamisch verkeersmodel. Statische verkeersmodellen leveren alleen de verkeersintensiteiten en dat heeft de huidige invulling van het CAR II-model bepaald. De invulling van het CAR II-model als gevolg van het berekenen van de snelheidstypering en stagnatiefractie met behulp van Dynasmart is weergegeven in onderstaande afbeelding.

Afbeelding 5

Invulling van het CAR II-model als stagnatiefractie en snelheidstypering berekend kunnen worden met behulp van Dynasmart



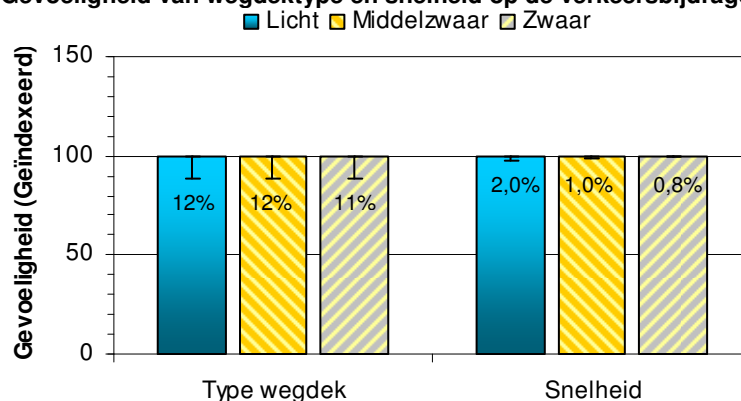
2.2 Geluidsbelasting

De geluidsbelasting wordt berekend door middel van Standaard Rekenmethode 1 (SRMI). Dit is de door het Ministerie van VROM voorgeschreven rekenmethode voor geluidsbelasting. Deze formule bestaat uit een emissieberekening voor de ongecorrigeerde geluidsproductie waar enkele correcties bij opgeteld en enkele verdunningsfactoren vanaf getrokken worden (CROW, 2009). De parameters in de correctie- en verdunningsfactoren zijn geen van alle afhankelijk van de dynamiek van het verkeer. De enige verkeersafhankelijke factoren die een rol kunnen spelen zijn de snelheid en de verkeersintensiteit.

De gevoeligheid van een enkele verkeersafhankelijke factor moet in een perspectief geplaatst worden door andere factoren ook te berekenen. Hier is gekozen voor het type wegdek. De andere verkeersafhankelijke factor is de verkeersintensiteit. Deze wordt altijd berekend door het verkeersmodel en valt hierdoor buiten de scope van dit onderzoek. In dit onderzoek staan de verkeersafhankelijke factoren centraal.

Afbeelding 6

Gevoeligheid van wegdektype en snelheid op de verkeersbijdrage in de SRMI berekening



In de berekening van de geluidsbelasting wordt gerekend met de wettelijke maximumsnelheid op een wegvak. In het verkeersmodel zal geen gemiddelde snelheid voorkomen die hoger ligt dan de maximumsnelheid. In deze berekening is de geluidsemissie bij 50km/u geïndexeerd op 100. De laagste snelheid die berekend mag worden door middel van SRMI is 40km/u. Een afname van de (maximumsnelheid) 50km/u naar (gemiddelde snelheid) 40km/u levert op het minst geluiddempende wegdektype (gewone elementenverharding) een afname in de geluidsproductie op van 2% voor lichte personenvoertuigen. Na het toepassen van de correctiefactoren komt deze gevoeligheid uit rond de 0,5%.

2.2.1 Conclusie geluidsbelasting

Alle factoren in de berekening van de geluidsbelasting worden al berekend, hier komt geen inschatting aan de hand van richtlijnen aan te pas. Snelheid is de enige verkeersafhankelijke factor en kan berekend worden door middel van een verkeersmodel. De gevoeligheid van de snelheid is klein en daardoor is de meerwaarde van het berekenen van de snelheid beperkt.

2.3 Conclusie gevoeligheidsanalyse

Welke factoren van de berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting kan Dynasmart berekenen die met een statisch model niet of minder goed berekend kunnen worden?

In het CAR II model worden drie verkeersafhankelijke factoren ingevoerd: de verkeersintensiteit, de snelheidstypering en de stagnatiefractie. In de huidige werkwijze wordt alleen de intensiteit berekend, de andere factoren worden geschat. Met statische modellen kunnen de snelheidstypering en de stagnatiefractie niet worden berekend, maar met behulp van Dynasmart kan dit wel.

Dynasmart kan ook de factor 'snelheid' van de geluidsbelastingberekening berekenen, maar deze heeft een te lage gevoeligheid om waarde te hechten aan de berekening.

3 BEREKENING VERKEERSAFHANKELIJKE FACTOREN

Dit hoofdstuk bestaat uit de uitwerking van de factoren die resulteren uit de inventarisatie in hoofdstuk 2 en beantwoordt de onderzoeksvraag: "Hoe kan Dynasmart verkeersafhankelijke factoren objectiever of nauwkeuriger berekenen welke niet of minder goed berekend kunnen worden met een statisch verkeersmodel?". In dit hoofdstuk staat Dynasmart centraal en hoe dit model in elkaar zit op het gebied van berekeningen van de luchtkwaliteit. Doordat de uitwerking van deze onderzoeksvraag sterk beïnvloed is door Dynasmart als instrument, komt dit eerst aan bod. Vervolgens zijn de mogelijkheden van Dynasmart gebruikt om de snelheidstypering en stagnatiefractie te berekenen.

3.1 Dynasmart

Dynasmart is ontwikkeld door Maryland Transport Initiative van de University of Maryland. DHV heeft deze software geïntegreerd in het pakket Questor. Questor is een statisch macroscopisch verkeersmodel voor het maken van verkeers- en vervoersprognoses. Dynasmart is een mesoscopisch verkeersmodel dat hieraan gekoppeld is en extra mogelijkheden biedt door middel van een dynamische toedelingmethode. Dynasmart onderscheidt zich van een macroscopisch statisch verkeersmodel door te rekenen met congestie, een spitsverloop, individuele voertuigen en dynamische routekeuze. Het is bij uitstek geschikt om de verkeersafwikkeling te analyseren en evalueren in regionale en stedelijke netwerken.

Tabel 3

Verschillen tussen traditioneel macroscopisch statisch verkeersmodel en Dynasmart (Bron: Heijden, G.A.J. van der, 2009)

Macroscopisch (statisch)	Mesoscopisch (dynamisch)
<i>Verkeers- en vervoerplanning</i>	<i>Analyse van verkeersmaatregelen en dynamisch verkeersmanagement</i>
– Nationaal/regionaal netwerk	– Regionaal/stedelijk netwerk
– Lange termijn	– (Middel)lange termijn
– Laag detailniveau	– Gedetailleerde kruispunten
– Gemiddelde (spits)uur	– Dynamisch verkeersvraag
– Statische maatregelen	– Dynamische maatregelen
– Geaggregeerde verkeersstromen	– Individuele voertuigen
– Evenwichtstoedeling	– Dynamisch routekeuze
	– File- en wachtrijvorming

Mesoscopisch detailniveau

Dynasmart heeft een hoger detailniveau dan een traditioneel macroscopisch statisch verkeersmodel. In het statische model vervalt de gehele verkeersdynamiek, omdat alleen met geaggregeerde verkeersstromen gerekend wordt. Dynasmart rekent juist met individuele voertuigen.

Een macroscopisch verkeersmodel rekent in termen van verkeersstromen (intensiteiten en dichtheden) op wegvakken en in Dynasmart worden voertuigen individueel gemodelleerd. Ook bestaan kruispunten in Dynasmart niet meer uit alleen weerstanden, maar bevatten gedetailleerde verkeersregelingen.

File- en wachtrijvorming

Statische modellen rekenen met vertragingen op wegvakken en kruispunten, waarbij de vertraging afhankelijk is van het conflicterende verkeer en niet groter kan worden van een vooraf ingesteld maximum.

Oftewel de intensiteit kan groter worden dan de capaciteit. Dynasmart berekent file- en wachtrijvorming waarbij de intensiteit nooit groter kan worden dan de capaciteit. De capaciteit van een bottleneck is hierbij maatgevend voor de doorlaat van het verkeer.

Spitsverloop

De verkeersvraag is tijdsafhankelijk in Dynasmart, wat wil zeggen dat er sprake is van spitsverlopen. Een spitsperiode bestaat in een statisch verkeersmodel uit een gemiddeld uur. De verkeersvraag wordt hiermee afgevlakt. In Dynasmart wordt de verkeersvraag opgebouwd en afgebouwd in de simulatieperiode. Dit is het zogenaamde spitsverloop.

Dynamische routekeuze

Doordat Dynasmart de lengte van wachtrijen berekent, wordt de terugslag hiervan in het netwerk zichtbaar. Voertuigen in Dynasmart kunnen een eigen route kiezen op basis van een wisselende kennis van de situatie (bijvoorbeeld op basis van ervaring, navigatiesystemen of andere verkeersinformatie). En kunnen tijdens de rit van route veranderen op basis van actuele verkeersinformatie of gebeurtenissen in het netwerk. Deze methode levert een beeld op dat nauwkeuriger sluipverkeer kan simuleren dan een macroscopisch statisch verkeersmodel.

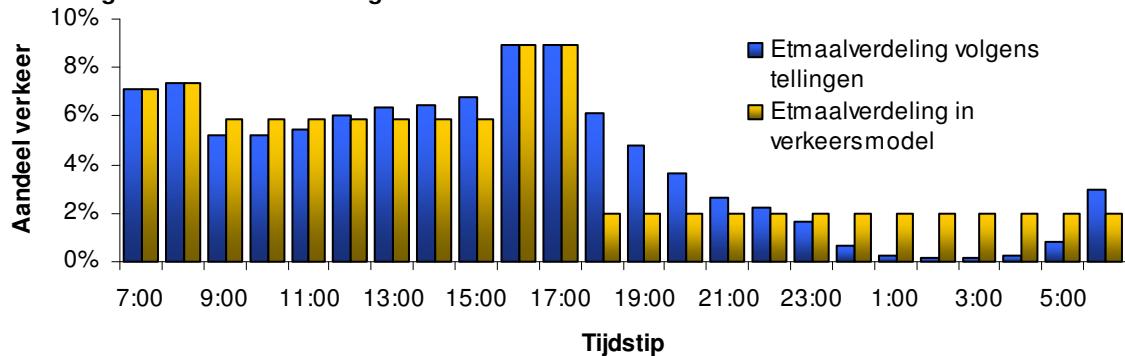
3.2 Dynasmart voor de etmaaltoedeling

Het CAR II-model is opgebouwd uit etmaalgegevens. Dynasmart biedt de mogelijkheid om een toedeling van een volledig etmaal te maken. In de praktijk wordt dit nog niet gedaan en de bestaande verkeersmodellen blijken niet geschikt om deze etmaaltoedeling uit te voeren. Aanpassen van een bestaand model of het bouwen van een nieuw model kost teveel tijd waardoor in dit onderzoek is afgeweken van de etmaaltoedeling. Het verkeersmodel van de gemeente Waalre is gebruikt als case voor de gehele studie.

Statische verkeersmodellen rekenen etmaalgegevens uit op basis van drie perioden: een ochtendspits van twee uur, een avondspits van twee uur en een restdag van twintig uur. De restdag is een gemiddelde over 20 uur. Voor het CAR II-model zijn etmaalgegevens nodig en doordat de etmaaltoedeling niet gelukt is, is op basis van meerdere periodes ook in Dynasmart een etmaal berekend. Aanpassing van de 'statische methode' is de splitsing van de restdag in twee perioden. De restdag bestaat namelijk uit zeven uur overdag en dertien uur 's nachts en deze twee perioden verschillen onderling sterk. Daarom is gekozen om de restdag te splitsen in twee periodes, namelijk een *restdag overdag* en een *restdag nacht*. De gemiddelde verkeersintensiteiten per restdag periode zijn herleid uit verkeerstellingen. In onderstaande afbeelding staat het verloop van de getelde intensiteit in vergelijking met de verkeersintensiteit die in Dynasmart gebruikt is voor de etmaalgegevens.

Afbeelding 7

Verdeling van verkeer over een gemiddeld etmaal voor het verkeersmodel van Waalre



Verkeersintensiteit en emissies hebben een rechtevenredig verband. Een ochtendspits die 14,5% van het verkeer per dag afwikkelt is daarmee ook verantwoordelijk voor 14,5% van de berekende emissies van het CAR II-model. Uit tellingen blijkt dat 67,7% van het verkeer buiten de spitsperioden afgewikkeld wordt. Nauwkeurig berekenen van de restdag perioden is voor de berekening van de luchtkwaliteit dus belangrijker dan de spitsperioden.

Tabel 4

Aandeel in intensiteit per periode

	Fractie verkeersintensiteit
Ochtendspits	14,5%
Restdag overdag	41,4%
Avondspits	17,7%
Restdag nacht	26,3%

De restdagperiodes zijn bewerkingen van de avondspits waarbij alleen voor de totale hoeveelheid verkeer is gecorrigeerd. Doordat beide restdag perioden berekend zijn door middel van een gemiddelde twee-uur toedeling, zijn deze gecorrigeerd naar de volledige duur en verkeersintensiteit.

Afbeelding 8

Formule om de etmaalintensiteit te berekenen aan de hand van de beschikbare toedelingen

$$n_{\text{etmaal}} = n_{\text{ochtendspits}} + n_{\text{avondspits}} + n_{\text{restdagmiddag}} \cdot 3,5 + n_{\text{restdagnacht}} \cdot 6,5$$

Door middel van de hier beschreven methode is zijn verkeersgegevens van een etmaal berekend en gebruikt voor het bepalen van de etmaalintensiteit en de snelheidstypering. Hier volgen beknopt de stappen die gezet zijn om voertuiggegevens uit Dynasmart te halen om vervolgens daarvan gemiddelde voertuigsnelheden te berekenen. De uitgebreide beschrijving inclusief codes, queries en rekenregels is opgenomen als bijlage 2.

Te doorlopen stappen per periode/toedeling

1. Per periode: Dynasmart toedeling uitvoeren.
2. Per periode: VehTrajectory.dat is een uitvoerbestand van Dynasmart waarin per voertuig de gevolgde route staat over elke knoop met de reistijd tussen deze knopen. Dit bestand is omgezet naar een bestand wat leesbaar naar een voor Microsoft Access leesbaar formaat. Voertuigen die buiten de rekenperiode vallen zijn genegeerd en voertuigen die op de buitenste knopen van het netwerk starten of eindigen zijn gecorrigeerd.
3. In het verkeersmodel van Waalre hebben de knopen van Dynasmart en de knopen van Questor andere identificatienummers, waardoor deze eerst samen gebracht zijn. Hierna is het mogelijk om wegvakgegevens aan elke voertuigbeweging te koppelen.
4. Combineren van de vier toedelingen waarbij bovenstaande drie stappen zijn uitgevoerd.

Na de laatste stap is per wegvak de verkeersintensiteit per periode (en per etmaal) berekend. Daarnaast is van elk voertuig de volledige route bekend en welke wegvakken deze passeert. Uiteindelijk is per wegvak ook geteld hoeveel voertuigen in elke snelheidstypering vallen.

3.3 Bepalen van de snelheidstypering

De verkeersafhankelijke factoren snelheidstypering en stagnatiefractie geven de snelheid van het verkeer aan. De snelheid is gebaseerd op het gemiddeld aantal stops per kilometer en een gemiddeld acceleratie- en deceleratie-profiel. Doordat een snelheidstype lastig te schatten is op basis van aantal stops en het optrekken en afremmen van voertuigen, is in de richtlijnen een gemiddelde snelheid opgenomen (Tabel 5). Snelheid en acceleratie/deceleratie en het aantal stops zijn gerelateerd. Als uitgangspunt is genomen dat een lagere gemiddelde snelheid het gevolg is van meer stops en meer snelheidsveranderingen als gevolg van congestie en bijvoorbeeld andere factoren zoals kruispunten.

In essentie heeft de snelheidstypering alles te maken met verkeersdynamiek. Dat wil zeggen dat het verkeer reageert op ander verkeer en ook andere obstakels zoals bijvoorbeeld verkeerslichten en kruispunten. Zonder deze invloeden zullen voertuigen constante snelheden rijden en bestaat daar weinig dynamiek tussen. Zodra het drukker wordt gaan voertuigen op elkaar reageren en verandert de verkeersdynamiek. In het verkeersmodel uit zich dit in snelheidsverschillen.

Het berekenen van de verkeersdynamiek kan alleen op basis van deze gegevens plaatsvinden, dus wordt aangenomen dat de gemiddelde snelheid van een voertuig representatief is voor de snelheidstypering.

Tabel 5

Richtlijnen voor het invullen van de snelheidstypering in het CAR II-model (Bron: InfoMil, 2009)

	Snelheidstypering	Gem. snelheid	Gem. # stops/km
a	Snelweg algemeen	65km/h	0,2
b	Buitenweg algemeen	60km/h	0,2
e	Stadsverkeer met minder congestie	30-45km/h	1,5
c	Normaal stadsverkeer	15-30km/h	2
d	Stagnerend stadsverkeer	< 15km/h	10

Uit bovenstaande tabel is niet af te leiden hoe de gemiddelde snelheid wordt bepaald. De gemiddelde snelheid kan gebaseerd zijn op basis op een gemiddelde van alle voertuigen op een wegvak, maar ook dat per voertuig een snelheidstypering gekozen kan worden. Om duidelijkheid te scheppen of op voertuigniveau of wegvakniveau gerekend moet worden, is gekeken naar de stagnatiefractie. De stagnatiefractie staat voor het aandeel verkeer (in een etmaal) dat valt onder snelheidstype D, wat impliceert dat per voertuig een snelheidstypering gekozen kan worden. Dit is in het huidige CAR II-model (versie 9.0) niet in voorzien en rekent alleen met één fractie voor snelheidstype D en de rest van het verkeer krijgt één (andere) snelheidstypering. Vanwege deze discrepantie is onderzocht of één snelheidstype voor alle voertuigen bepaald kan worden (paragraaf 3.3.1) of juist per individueel voertuig (paragraaf 3.3.4). Voor deze laatste methode is het wel noodzakelijk het CAR II-model aan te passen om dit mogelijk te maken.

3.3.1 Methode 1: Één snelheidstypering per wegvak met stagnatiefractie

Het is gebruikelijk om het snelheidstype te schatten op basis van kennis van de lokale situatie. Dit is geen objectieve methode, waardoor gekozen is om dit te berekenen. Tijdens dit onderzoek zijn rekenregels opgesteld om met voertuigsnelheden het snelheidstype te bepalen. Er zijn twee stappen gezet waaruit het aantal te berekenen wegvakken en het aantal te controleren wegvakken resulteert. Wegvakken die niet berekend hoeven worden, zijn hiermee buiten beschouwing gelaten.

Wegvakken die berekend moeten worden:

- Twee typeringen vervallen bij berekening met verkeersdynamiek. Het CAR II-model is alleen van toepassing op 'stedelijke wegen' met een maximumsnelheid van 40km/u of hoger. Snelheidstype A "Snelweg Algemeen" is voor snelwegen en valt daardoor buiten het rekengebied van het CAR II-model. Snelheidstype D "Stagnerend verkeer" vervalt ook ondanks dat het wel binnen het CAR II-model valt. Dit snelheidstype wordt immers afgevangen door de stagnatiefractie. Snelheidstype B "Buitenweg Algemeen" kan wel toegekend worden aan wegen binnen het CAR II-model en is meegenomen in de berekening. Dit type zal echter niet veel voorkomen binnen de bebouwde kom, waardoor de twee belangrijkste snelheidstyperingen snelheidstype C "Normaal stadsverkeer" en snelheidstype E "Doorstromend stadsverkeer" zijn.
- Het bepalen van de verkeersdynamiek op wegvakken met geen of weinig verkeer is overbodig, omdat het te rustig is voor stagnatie. Op wegvakken met een spitsintensiteit (2x2 spitsuren) lager dan 500mvt/u is de gemiddelde volgtijd tussen voertuigen ruim 7s. Stagnatie zal hier geen probleem zijn en zal niet berekend worden. Aan deze wegvakken is snelheidstype E toegekend als de maximumsnelheid 50km/u is en snelheidstype B als de maximumsnelheid 60km/u of 70km/u is. Deze komen het meest overeen met de verwachte verkeersdynamiek. Het is echter wel mogelijk dat stagnatie optreedt door verkeerslichten op een aanliggend kruispunt. Echter, met een heel lage intensiteit zijn de emissies ook laag. Het nauwkeurig berekenen van heel rustige wegvakken is van beperkt nut, omdat deze de normeringen toch niet overschrijden.

Wegvakken die niet berekend kunnen worden:

- Dynasmart kan de verkeersdynamiek niet voor alle wegvakken berekenen. Dynasmart rekent namelijk met een interval van 0,1 minuut (6s) waardoor de kleinst mogelijke reistijd op een wegvak 0,1 minuut bedraagt. Op korte wegvakken levert dit problemen op, want daardoor kan niet de goede snelheid berekend worden. Op wegvakken die zo kort zijn dat met een reistijd van 0,1 minuut niet de maximumsnelheid bereikt kan worden, kan niet de voertuigsnelheden van berekend worden. Van de in totaal 10551 wegvakken in verkeersmodel Waalre bevatten 74 wegvakken 'genoeg verkeer' (500mvt/u), maar zijn te kort om aan te rekenen. Hiervan vallen maar 37 (0,35% van het totaal aantal) wegvakken onder de rekenregels van het CAR II-model. De overige 37 wegvakken hebben dus een wettelijke maximumsnelheid die buiten het CAR II-model valt.

Tabel 6

Aantallen wegvakken in het verkeersmodel Waalre

	wegvakken	
Hoeft niet berekend te worden	10299	97,6%
Kan niet berekend worden	37	0,4%
Moet en kan worden berekend	215	2,0%

3.3.2 Berekenen van de stagnatiefractie

De stagnatiefractie wordt alleen berekend voor een wegvak als ook de snelheidstypering is berekend. In dit model is dat voor 215 wegvakken. Voor de stagnatiefractie is de onderstaande formule opgesteld.

Afbeelding 9

Formule voor de berekening van de stagnatiefractie per etmaal

$$FS = \frac{n_{etmaal_{v < 15}}}{n_{etmaal}}$$

Vanwege het ontbreken van de etmaaltoedeling is deze formule zodanig aangepast dat gerekend kan worden met de vier toedelingen zoals eerder beschreven.

Afbeelding 10

Alternatieve formule voor de berekening van de stagnatiefractie in dit onderzoek

$$FS = \frac{n_{ochtenspits_{v < 15}} + n_{avondspits_{v < 15}} + n_{restdagmiddag_{v < 15}} \cdot 3,5 + n_{restdagnacht_{v < 15}} \cdot 6,5}{n_{ochtenspits} + n_{avondspits} + n_{restdagmiddag} \cdot 3,5 + n_{restdagnacht} \cdot 6,5}$$

3.3.3 Berekenen van het snelheidstype

Het berekenen van een snelheidstypering krijgt een betere onderbouwing dan de oorspronkelijke schattingen. Drie verschillende rekenregels zijn opgesteld welke vergeleken zijn met een gedetailleerde schatting. De traditionele schatting op basis van kennis van de locatie is juist wat verbeterd moet worden met de berekeningen, dus kan niet gebruikt worden om een berekening te controleren. Door middel van het uitzetten in verschillende grafieken van gedetailleerde gegevens uit Dynasmart, is een onderbouwde inschatting van de snelheidstypering gemaakt per wegvak. Dit is gedaan voor alle wegvakken in het verkeersmodel waar een rekenregel mogelijk invloed kan uitoefenen op de uitkomst. Hieronder volgt een opsomming hoe de selectie is gemaakt welke wegvakken gecontroleerd zijn.

Wegvakken die gecontroleerd moeten worden:

- De belangrijkste wegvakken die berekend moeten worden zijn de doorgaande wegen door dorpkernen en stedelijke gebieden. Dit zijn vooral 50km/u wegen met een hoge verkeersintensiteit. Wegen met een hogere maximumsnelheid worden in deze fase niet gecontroleerd. Deze vallen buiten het CAR II-model omdat dit vaak buitenstedelijke wegen zijn.
- Doordat alleen wegvakken met maximumsnelheid 50km/u geselecteerd zijn voor de controle, zijn alleen snelheidstyperingen C "Normaal stadsverkeer" en E "Stadsverkeer met minder congestie" van belang. De snelheid die deze typeringen scheidt is 30km/u. Als op een wegvak minimaal 95% van de voertuigen een snelheid hoger dan of minimaal 95% van de voertuigen een snelheid lager dan 30km/u bevat, wordt aangenomen dat het berekende snelheidstype de meest optimale keus is.

Van de 215 wegvakken in het model die berekend worden zijn 48 hiervan belangrijk om te controleren. Op deze wegvakken is het namelijk mogelijk dat de berekening een niet optimale snelheidstypering oplevert.

De mediaan, gemiddelde snelheid en harmonisch gemiddelde snelheid geven een waarde. Voor deze drie rekenregels zijn dezelfde grenswaardes aangehouden als gebruikt worden in de richtlijnen van het CAR II-model. De snelheidstyperingen zijn verdeeld volgens Tabel 7. De wegvakken met een maximumsnelheid die buiten het CAR II-model valt, zijn zonder berekening een vaste snelheidstypering toegediend.

Tabel 7

Richtlijnen voor het snelheidstype per mediaan of per gemiddelde snelheidsberekening

Vmax	$v \leq 30$	$30 < v \leq 50$	$v > 50$
30	C	-	-
50	C	E	-
60	C	E	B
70	C	E	B
80	C	E	B
100	A	A	A
120	A	A	A

Rekenregel 1: Mediaan

De mediaan is de middelste van het aantal metingen wanneer deze van laag naar hoog gesorteerd zijn. Dus als op een wegvak de mediaan hoger is dan 30km/u, dan heeft minimaal 50% van het verkeer op dat wegvak een hogere gemiddelde wegvaksnelheid dan 30km/u. Met een grens op 30km/u wordt met de mediaan simpelweg bepaald of de meeste voertuigen in snelheidstype C (of lager) of snelheidstype E (of hoger) vallen.

Vergelijking met de schatting: 98% (47/48) overeenkomst

Opvallend: Het enige verschil is een wegvak waarbij snelheden tussen 15 en 30km/u nauwelijks voorkomen, maar wel veel boven de 30 (snelheidstype E) en veel onder de 15 (snelheidstype D).

Rekenregel 2: Gemiddelde snelheid

De totaal afgelegde afstand van alle voertuigen op een wegvak, gedeeld door de totale reistijd van deze voertuigen levert de gemiddelde snelheid op. De snelheidstypering wordt doorgaans geschat op basis van gemiddelde snelheden, waardoor deze methode het meest overeenkomst heeft met de traditionele methode. Met als verschil dat het hier uitgevoerd wordt door middel van een berekening van voertuiggegevens en niet alleen op basis van kennis van de situatie.

Afbeelding 11
Gemiddelde snelheid van de verkeersprestatie op een wegvak

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (l_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} (t_i)} = \frac{l \cdot n}{\sum_{i=1}^{i=n} (t_i)}$$

Vergelijking met de schatting: 96% (46) overeenkomst

Opvallend: Twee verschillend, waarvan één dezelfde als bij de mediaan. Hier is verder geen patroon in gevonden.

Rekenregel 3: Harmonisch gemiddelde snelheid

De harmonisch gemiddelde snelheid verschilt met de gemiddelde snelheid dat van elk voertuig de snelheid wordt berekend en die vervolgens middelt. Dit is de voorgeschreven methode om een gemiddelde snelheid op een wegvak (met vaste lengte) te berekenen.

Afbeelding 12

Gemiddelde harmonische snelheid door het middelen van de snelheden

$$\bar{v} = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{l}{t_i} \right) \cdot n^{-1}$$

Vergelijking met de schatting: 88% (42) overeenkomst

Opvallend: Bij elk verschil is de stagnatie overschat waardoor veel vaker snelheidstype C is toegekend dan bij de gedetailleerde schatting.

Vergelijking van de rekenregels

De mediaan komt als meest optimale rekenfactor naar voren. Niet alleen doordat deze het meest overeen komt met de gedetailleerde schatting, maar ook omdat het theoretisch veel overeen komt met de essentie van de snelheidstypering. Als van de voertuigen het grootste aandeel in een snelheidstypering valt, dan komt die snelheidstypering daar het best mee overeen.

Opvallende verschillen met de traditionele schatting

De traditionele schatting kwam op bijna geen enkel punt overeen met de gedetailleerde schatting (en de mediaan). Er is bij het bouwen van het model duidelijk een ander uitgangspunt gebruikt om wegen in snelheidstyperingen onder te verdelen.

- In het model is vaak snelheidstype D gebruikt voor de doorgaande routes en bij de berekening wordt alleen altijd snelheidstype C of E met een stagnatiefractie toegepast. Hierdoor is snelheidstype D veel gebruikt in de traditionele schatting en totaal niet in de berekeningen. Uit de berekeningen blijkt wel dat geen enkel wegvak een stagnatiefractie van 1 heeft, dus snelheidstype D hoeft ook nergens ingevuld te worden.
- Snelheidstype E komt in de berekeningen veel vaker voor dan in de oorspronkelijke schattingen. Vooral wegvakken ná kruisingen met verkeerslichten zijn anders ingeschat dan berekend. Hier is bij de schatting zelden snelheidstype E toegekend, terwijl de berekeningen aantonen dat deze dat vaak wel zijn. Hier is juist snelheidstype C of soms zelfs snelheidstype D geschat.

Tabel 8

Verdeling van het aantal wegvakken per snelheidstypering in het netwerk

	Berekend	Oorspronkelijk
Snelheidstype A "Snelweg algemeen"	90 (0,9%)	90 (0,9%)
Snelheidstype B "Buitengeweg algemeen"	1379 (13,1%)	1383 (13,1%)
Snelheidstype C "Normaal stadsverkeer"	8105 (77,5%)	8281 (78,5%)
Snelheidstype D "Stagnerend stadsverkeer"	-	173 (1,6%)
Snelheidstype E "Doorstromend stadsverkeer"	947 (9,0%)	624 (5,9%)
Wegvak te kort, handmatige invulling	30 (0,3%)	-

3.3.4 Methode 2: Meerdere snelheidstyperingen per wegvak

Bepalen van meerdere snelheidstyperingen per wegvak is in het begin hetzelfde als het bepalen van een enkele snelheidstypering. De selectie die komt tot het aantal te berekenen wegvakken is identiek en ook met deze hoeven en kunnen maar 215 wegvakken berekend te worden. Doordat het in Dynasart mogelijk is om het aandeel verkeer in elk snelheidstype te bepalen, is de keus voor een enkel snelheidstype overbodig.

Het is niet mogelijk om in de gebruikte versie (7.0) van het officiële online CAR II-model meerdere snelheidstyperingen toe te passen in één berekening. In de tot op heden nieuwste versie (9.0) is dit ook nog niet mogelijk. De emissieformules van het CAR II-model zijn echter eenvoudig te combineren tot een gewogen gemiddelde.

Het bepalen van het gewogen gemiddelde vergt na het uitvoeren van het CAR II-model nog een handmatige bewerking. In het CAR II-model moet voor elk wegvak elke (toepasbare) snelheidstypering apart berekend worden. Deze berekening moet gedaan worden met de totale etmaalintensiteit per wegvak voor elk van de typeringen. Hieronder een voorbeeld. De variabelen die niet ingevuld zijn in onderstaande tabel zijn per regel hetzelfde.

Tabel 9

Voorbeeld invulling (online) CAR II-model voor gewogen gemiddelde

Naam	Intensiteit	Wegtype	Stagnatiefractie	Concentratie	Fractie
Straatnaam (categorie E)	20343	E	0	51,2	0,74
Straatnaam (categorie C)	20343	C	0	53,8	0,18
Straatnaam (categorie D)	20343	D	0	66,5	0,08

Afbeelding 13

Formule voor het gewogen gemiddelde bij meerdere snelheidstyperingen per wegvak

$$E_{C+D+E} = F_E \cdot E_E + F_C \cdot E_C + F_D \cdot E_D = 52,9 \mu\text{g} / \text{m}^3$$

3.3.5 Resultaten snelheidstypering

De berekende intensiteiten van Dynasmart verschillen met de berekende intensiteiten van een statisch verkeersmodel. Voor een goede vergelijking zijn beiden doorgerekend met het online CAR II-model op car.infomil.nl. Dus de geschatte snelheidstypering met de verkeersintensiteit uit zowel het statische model als Dynasmart.

Tabel 10

Voorbeeld berekening NO₂ (CAR 7.0, 2008) voor zes wegvakken van de N69

	Schatten					Dynasmart: Methode 1					Dynasmart: Methode 2				
	Eemaalintensiteit (Statisch)	Snelheidstype	Stagnatiefractie	Concentratie (Statisch)	Concentratie (Dynamisch)	Eemaalintensiteit (Dynasmart)	Snelheidstypes (twee richtingen)	Stagnatiefractie	Concentratie (D)	Concentratie (C)	Concentratie (E)	Fractie snelheidstype D	Fractie snelheidstype C	Fractie snelheidstype E	Concentratie
1	21868	C	0,1	56,9	54,5	20343	E	0,08	66,5	53,8	51,2	0,08	0,18	0,74	52,9
2	17554	D	-	42,7	42,7	17565	E	0,17	42,7	38,0	36,8	0,17	0,26	0,57	37,1
3	17090	D	-	42,3	42,7	17565	E	0,03	42,7	37,1	35,7	0,03	0,03	0,94	35,8
4	17092	D	-	45,1	45,5	17565	E	0,17	45,5	40,1	38,8	0,17	0,26	0,57	39,1
5	18318	D	-	50,3	52,3	20257	E	-	52,3	43,8	41,8	-	-	-	-
6	18320	D	-	46,9	48,7	20255	E	0,02	48,7	41,4	39,7	0,02	0,14	0,84	39,9

Voor dit onderzoek is case Waalre gebruikt, welke een luchtkwaliteitsknpunt bevat. Dit punt, de N69 door de kern van Aalst, is als voorbeeld genomen om de snelheidstypering van te berekenen. In het verkeersmodel bestaat de N69 in Aalst uit 6 wegvakken in elk van beide richtingen. Van deze weg zijn de oorspronkelijke schattingen van de snelheidstypering doorgerekend in het CAR II-model met de etmaalcijfers van Dynasmart. Doordat hier op bijna elk wegvak snelheidstype D is gebruikt, valt de berekende concentratie veel hoger uit dan beide andere rekenmethodes.

Ook de verkeersintensiteit van het statische model is ingevoerd in het CAR II-model met verder dezelfde factoren. Tussen deze en de berekening met de etmaalintensiteit uit Dynasmart zit een verschil tot 2 µg/m³ in de concentraties. Een andere etmaalintensiteit heeft dus een grote invloed op het eindresultaat, maar dat valt buiten de scope van dit onderzoek.

Uit het berekenen van de snelheidstypering blijkt dat op elk deel van de N69 het grootste aandeel verkeer bijna ongehinderd kan doorrijden, wat overeen komt met snelheidstype E. Dit is te verklaren doordat de meeste vertraging het resultaat is van door verkeerslichten geregelde kruispunten. De wegvakken van de drukke kruispunten af bevatten hoofdzakelijk voertuigen in snelheidstype E en in de wegvakken naar het

kruispunt toe hoofdzakelijk voertuigen in snelheidstype C. In het CAR II-model worden tegengestelde richtingen samen genomen, wat ertoe resulteert dat al deze samengenomen wegvakken onder snelheidstype E vallen.

Bij methode 1 is niet alleen de concentratie voor snelheidstype E berekend, maar ook die van snelheidstypes C en D. Hiermee wordt het effect van een bepaalde keus duidelijker. Met milieustudies is de normering leidend. Het nauwkeurig berekenen van een snelheidstype heeft dus alleen nut als de concentratie rond de norm $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2 en PM_{10}) zit. Wanneer gekozen is voor snelheidstype C bevatten vier van de zes delen een hogere concentratie dan de normering, en bij snelheidstype E zijn dit er nog maar twee. In dit verkeersmodel wordt de PM_{10} norm nergens overschreden.

3.4 Conclusie

Hoe kan Dynasmart verkeersafhankelijke factoren objectiever of nauwkeuriger berekenen welke niet of minder goed berekend kunnen worden met een statisch verkeersmodel?

Dynasmart kan dankzij de voertuiggegevens in een groot netwerk voor een heel netwerk invoer leveren voor berekeningen van de verkeersafhankelijke factoren in het CAR II-model. Dynasmart berekent deze dus niet zelf, maar levert wel de voertuiggegevens aan. Met deze voertuiggegevens is het snelheidstype te bepalen via twee verschillende methodes. Methode 1 kent per wegvak één snelheidstype toe en methode 2 kent per voertuig één snelheidstype toe. Deze laatste methode levert een fractie van het aandeel verkeer per snelheidstype op. Deze methodes zijn vergeleken in paragraaf 4.1.

4 MEERWAARDE DYNASMART

Wat is de meerwaarde van Dynasmart voor berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting?

In dit hoofdstuk is bovenstaande onderzoeksvraag beantwoord. Meerwaarde is geen tastbaar begrip, want het kan duiden op een kwantitatief verschil, kwalitatief verschil en het verschilt per belanghebbende. In dit hoofdstuk is eerst ingegaan op de meerwaarde van Dynasmart voor de luchtkwaliteitsberekening. Vervolgens wordt deze meerwaarde beschreven voor de maatschappij en voor DHV. De meerwaarde is deels bepaald vanuit gesprekken met specialisten en deels vanuit de vorige twee hoofdstukken.

4.1 Meerwaarde van Dynasmart in bepalen van de verkeersdynamiek

Om de meerwaarde van de berekeningen tegen elkaar en tegen de traditionele schatting af te zetten is een multicriteria-analyse (MCA) uitgevoerd. De verschillen zijn ingedeeld op een vijfpuntsschaal waarbij 1 het slechtst en 5 het best is.

Objectief bepalen van de snelheidstypering

Het goed onderbouwen van bepaalde keuzes in het verkeersmodel is essentieel voor de kwaliteit van de uitvoer. Schatten kan onjuiste invoer opleveren als geschat wordt op basis van onjuiste aannames of beperkt inzicht van de werking van (bijvoorbeeld) de snelheidstyperingen. Het objectief berekenen van de verkeersdynamiek heeft daardoor altijd de voorkeur boven het schatten, mits de berekeningen beter onderbouwd zijn dan de schattingen.

Nauwkeuriger bepalen van de emissies

Zodra één snelheidstypering toegepast wordt per wegvak en deze in de berekening hetzelfde is als met de schatting, dan is het resultaat (de concentratie) ook identiek. Dynasmart heeft hier wel het voordeel dat de intensiteiten nauwkeuriger bepaald worden dan met een statisch model. De meerwaarde van Dynasmart is dus aanwezig, zelfs al wordt op de traditionele manier de snelheidstypering geschat. Dit is niet onderzocht omdat het buiten de scope van het onderzoek valt, maar het is wel degelijk een meerwaarde van Dynasmart die de nauwkeurigheid verbeterd.

Zodra meerdere snelheidstyperingen per wegvak gebruikt worden zal de berekende concentratie dichterbij de werkelijke situatie liggen als de voertuigsnelheden sterk verspreid zijn over de snelheidstyperingen. Want als de snelheden sterk verspreid zijn, dan dekt één snelheidstype de lading simpelweg niet.

Invloed van verkeersdynamiek op de luchtkwaliteit inzichtelijk

Effecten van grote aanpassingen zoals een rondweg om een drukke traverse te ontlasten, is terug te vinden in een statisch model. Echter, effecten in de verkeersdynamiek zijn alleen terug te vinden in een toename of afname van verkeersintensiteiten. Relatief kleine aanpassingen, zoals een groene golf op een doorgaande weg, leveren in een statisch verkeersmodel dus nauwelijks winst op. Dynasmart kan door middel van het berekenen van een snelheidstypering en stagnatiefractie wel een verschil tonen in de dynamiek van het verkeer en de invloed hiervan op de concentratie vervuilende stoffen. Doordat Dynasmart op een groot netwerk toegepast kan worden, is de invloed van maatregelen op de verkeersdynamiek (zoals DVM) door te rekenen over het gehele netwerk.

Eenvoudig en snelle methode

Het schatten van snelheidstypering en stagnatiefracties kost tijd, maar het hoeft maar één keer te gebeuren. Het berekenen van deze factoren moet bij elke toedeling gebeuren, wat op dit moment meer tijd kost. Als de methodes om de snelheidstypering en stagnatiefractie te berekenen opgenomen wordt in Dynasart heeft het de potentie om zelfs een snellere methode te worden. Daarvoor valt namelijk veel handwerk weg en met optimaliseren van de code is veel winst te behalen. Op dit moment is hiervan nog geen sprake, dus in onderstaande multicriteria-analyse is rekening gehouden met een lange en arbeidsintensieve taak om de verkeersafhankelijke factoren te berekenen. Ondanks dit nadeel blijken beide methodes veel hoger te scoren dan de traditionele schatting.

Tabel 11

Multicriteria-analyse van verschillende methodes om de snelheidstypering te bepalen

		Weging		
		Traditionele schatting	Één snelheidstype	Meerdere snelheidstypes
Objectief	x5	2	5	5
Nauwkeurig	x5	1	3	5
Verkeersdynamiek inzichtelijk	x2	1	4	5
Eenvoudig en snelle methode	x1	3	2	0
Score:		20	50	60

Uit de multicriteria-analyse blijkt dat methode 2, meerdere snelheidstypes per wegvak, de beste methode is. Dit is echter een methode een waarbij een handmatige bewerking van het CAR II-model noodzakelijk is, en dus nog geen accepteerde methode. Gebruik van het CAR II-model is heel nauwkeurig vastgelegd in de handleiding en nergens staat dat dit mag of juist niet mag. Methode 1, één snelheidstype, vergt nauwelijks aanpassingen en maakt de werking van het CAR II-model in principe niet anders. Toch wordt hier methode 2 geadviseerd, want het biedt een grotere nauwkeurigheid.

4.2 Meerwaarde voor de maatschappij

Het is met deze nieuwe methodes mogelijk om luchtkwaliteitsknelpunten op een nog objectievere en nauwkeurigere manier te identificeren. Het goed onderbouwen van bepaalde keuzes in het verkeersmodel is essentieel voor de kwaliteit van de uitvoer.

In het als case gebruikte verkeersmodel bleek oorspronkelijk dat de gehele N69 door de kern van Aalst luchtkwaliteitsknelpunten kent. Echter, als de berekende in plaats van de geschatte snelheidstyperingen worden gebruikt, dan blijken maar twee kruispunten een knelpunt op te leveren. Deze twee knelpunten zijn op een objectievere en nauwkeurigere methode geïdentificeerd, waardoor hier meer waarde aan gehecht kan worden.

Uit de case Waalre blijkt dat dankzij het (over)schatten van de stagnatie in de snelheidstyperingen dat veel meer locaties als luchtkwaliteitsknelpunten aangemerkt worden dan bij de berekening. Deze overschatting van de problemen kan ook in andere modellen van toepassing zijn. Het maakt voor de bevolking veel uit of de juiste problemen aangepakt worden. Want als op basis van onnauwkeurige gegevens geïnvesteerd wordt in minder belangrijke knelpunten, blijft minder financiële middelen over voor de echte knelpunten.

4.3 Meerwaarde voor DHV

DHV heeft baat bij een kwaliteitsverhogend product. Dynasmart is een product waarmee DHV grote netwerken dynamisch kan toedelen, waardoor dynamische kenmerken zoals filevorming en sluipverkeer inzichtelijk te maken zijn. Als Dynasmart daarnaast objectievere en nauwkeurigere invoer voor het CAR II-model kan leveren, biedt dit perspectieven om Dynasmart ook te benutten voor het bepalen van de luchtkwaliteit.

Het nauwkeurig en objectief inzichtelijk maken van de effecten van verkeer op milieu is en blijft een belangrijke motivatie achter beleidsbeslissingen.

5 CONCLUSIES & AANBEVELINGEN

Dit laatste hoofdstuk bevat de verzameling van conclusies uit voorgaande hoofdstukken. De aanbevelingen zijn opgesteld aan de hand van de conclusies en andere zaken die opgevallen zijn tijdens het onderzoek.

5.1 Conclusies

Onderzoeksdoel: "Het specificeren van de meerwaarde in objectiviteit en nauwkeurigheid van het gebruik van Dynasmart voor berekeningen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting"

De berekening van de luchtkwaliteit, het CAR II-model, is in de huidige vorm gebaseerd op enkele geschatte en enkele berekende factoren. De belangrijkste geschatte factoren zijn de snelheidstypering en de stagnatiefractie. Deze twee hebben te maken met de verkeersdynamiek en stagnatie. Dynasmart levert als uitvoer gegevens waarmee deze factoren berekend zijn door middel van een objectieve en nauwkeurige methode.

Het CAR II-model is afhankelijk van vele factoren met ieder een eigen gevoeligheid en betrouwbaarheid. Dat nu de snelheidstypering en stagnatiefractie berekend worden, verandert niets aan de andere niet-verkeersafhankelijke factoren. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat het wegtype en de bomenfactor zelfs een grotere invloed hebben op het eindresultaat dan de verkeersafhankelijke factoren. Een verkeersmodel kan hier echter niets mee omdat het niets met het verkeer te maken heeft. Deze zullen dus altijd goed geschat moeten worden, anders valt de toename in nauwkeurigheid door het berekenen van het snelheidstype hierbij in het niet.

Het berekenen van meerdere snelheidstyperingen per wegvak is de meest nauwkeurige methode om de verkeersafhankelijke factoren snelheidstypering en stagnatiefractie te bepalen. Doordat een aantal aannames is vervangen door een nauwkeurige berekening is daarmee ook de objectiviteit toegenomen.

Naast de voordelen in nauwkeurigheid en objectiviteit heeft het berekenen van de verkeersafhankelijke factoren nog andere voordelen. Dynasmart houdt rekening met de verkeersdynamiek, en zodra hier verbeteringen in gemaakt worden zal dit terug te vinden zijn in de snelheden van individuele voertuigtugten. Een betere doorstroming levert een ander resultaat van de snelheidstyperingen op, waardoor de effecten van deze maatregelen op de concentratie inzichtelijk worden.

De traditionele schatting levert een overschatting op van het aantal luchtkwaliteitskelpunten op. Door een nauwkeurigere bepaling worden alleen de echte luchtkwaliteitskelpunten geïdentificeerd. Met een betrouwbaardere lijst van geïdentificeerde knelpunten is het mogelijk om kwalitatief betere beleidsbeslissingen te maken. Zodoende krijgen de luchtkwaliteitskelpunten die echt aangepakt moeten worden prioriteit.

5.2 Aanbevelingen voor de korte termijn

Het berekenen zoals in deze studie is uitgelegd zal niet vanaf nu meteen de standaard methode zijn. Toch zijn in dit onderzoek enkele opvallende zaken naar voren gekomen die kunnen helpen bij het correct inschatten van een snelheidstypering zonder dat deze berekend worden.

Kritisch kiezen van snelheidstyperingen bij kruispunten

Bij het vergelijken van de resultaten van de berekeningen en de oorspronkelijke schatting zijn nog enkele andere zaken naar voren gekomen. De methode van het traditioneel schatten moet herzien worden. Het is onlogisch om een wegvak in te schatten als stagnerend verkeer als het een wegvak na verkeerslichten betreft. De kans op stagnatie is hier zeer klein, tenzij verderop een ander kruispunt voor vertraging zorgt. Veel doorgaande wegen stromen goed door, maar stagneren soms in de spits. Ondanks dat een spits helemaal vast kan staan, is de kans groot dat de doorstroming zo goed is buiten de spits dat het best snelheidstype E "stadsverkeer met minder congestie" gekozen kan worden om het representatief te maken voor het etmaal.

De periode buiten de spits is het meest belangrijk

Gemiddeld zijn de twee spitsperioden samen verantwoordelijk voor 40% van het verkeer per etmaal. In het CAR II-model met een enkele snelheidstypering betekent 40% van het verkeer ook 40% van de geproduceerde emissies. Verkeer buiten de spitsperioden produceert dus meer emissies dan de spitsperioden. Toch wordt de periode buiten de spits vaak minder belangrijk geacht, omdat hier minder congestie verwacht wordt. De spitsperioden zijn de belangrijkste periode bij onderzoek in doorstroming, maar de periode buiten de spits is het meest belangrijk voor de luchtkwaliteitsberekening. Het is dus niet logisch om een snelheidstypering te kiezen die representatief is voor alleen de spitsperioden, of zelfs maar een klein gedeelte daarvan. Neem de periode buiten de spits heel duidelijk op in de afwegingen en maak hier ook een nauwkeurige toedeling van in het netwerk.

5.3 Aanbeveling voor doorontwikkeling van Questor/Dynasmart

Rekenregels integreren

Het berekenen van verkeersafhankelijke factoren is mogelijk, maar het blijft natuurlijk de vraag of het de extra tijd waard is. De rekenregels zoals deze gebruikt in deze studie zijn niet geoptimaliseerd en werkt uiterst traag. Het voldeed prima voor de studie, maar niet om in productie genomen te worden. Dit zal al veel minder een minpunt zijn als de rekenregels opgenomen worden in Questor/Dynasmart, want dat bespaart veel rekentijd en veel handwerk.

5.4 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Uitgebreid onderzoek naar verkeersafhankelijke factoren in het CAR II-model

Het CAR II-model bevat weinig ruimte verkeersdynamiek. Het was immers tot voor kort niet mogelijk om dit te berekenen, wat met behulp van Dynasmart nu wel mogelijk is. Op basis van een statisch verkeersmodel en schattingen van verkeersafhankelijke factoren is het huidige CAR II-model het best beschikbare. Nu daar meer mogelijkheden bij zijn gekomen is het tijd om dit op termijn in het CAR II-model op te nemen. Het CAR II-model wordt niet zo maar uitgebreid, daar gaat uitgebreid wetenschappelijk onderzoek aan vooraf. Het is mogelijk dat dit onderzoek als eerste aanzet gebruikt wordt om de verkeersafhankelijke factoren door te lichten en uitgebreid op te nemen in de handleiding.

6 BRONVERMELDING

1. Afdeling Bestuursrechtspraak Raad van State, 2006, ABRvS 6 juni 2006, 200505000/1'. Raad van State, Den Haag
2. CROW (StillerVerkeer.nl), 2009. 'Bijlage III van het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006'. Ministerie van VROM, Den Haag
3. CROW (StillerVerkeer.nl), Geraadpleegd op 15 februari 2010. <http://www.stillerverkeer.nl/>
4. Erbrink, H., Vermeulen, J., & Kortmann, L., 2003. 'Modellen onder de loep: Analyse en beoordeling van modellen en methoden voor de bepaling van de luchtkwaliteit langs snelwegen'. CE, Delft
5. Genugten, W. van & Heijden, G.A.J. van der, 2009b, 'Dynamisch verkeersmanagement N69 in Aalst'. DHV, Eindhoven
6. Genugten, W.L.M., 2009a, 'Plan van Aanpak: Dynamisch verkeersmanagement en luchtkwaliteit Waalre'. DHV, Eindhoven
7. Heijden, G.A.J. van der, 2009, 'Memo: Wat is Dynasmart?'. DHV, Eindhoven
8. Hovens, M., 2010, 'Luchtkwaliteit prioriteren op verkeerskundige agenda', ANWB Verkeerskunde 03-10, Den Haag
9. InfoMil, 2007, 'Factsheet Meten en Rekenen aan Luchtkwaliteit'. InfoMil, Den Haag
10. InfoMil, 2009, 'Handleiding webbased CAR Versie 8.0'. Geraadpleegd op 16 februari 2010 van <http://www.infomil.nl/>
11. Lierop, O. van, 2009, 'Twijfel aan bruikbaarheid lichtmetingen N69'. Eindhovens Dagblad, Eindhoven
12. Mahmassani, H.S. & Sbayti, H., 2009. 'Dynasmart-P Version 1.6 User's Guide'. Northwestern University, Evanston Illinois.
13. Ministerie van VROM, 2006, 'Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006'. VROM, Den Haag
14. Ministerie van VROM, 2007, 'Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007', VROM, Den Haag
15. Reijnhoudt, J., 2009. 'Emissies in VERSIT+ en CAR II'. DHV, Amersfoort
16. RIVM, 2009. 'Metingen op leefniveau'. Geraadpleegd op 19 april 2010. <http://www.rivm.nl/milieuportaal/onderwerpen/lucht/metingen/>
17. StillerVerkeer.nl, 2010, 'Wegdecorrectiefactoren voor gebruik in het Reken- en Meetvoorschrift Geluidhinder 2006'. CROW, Ede
18. Velders, G.J.M., 2009, 'Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland'. Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven
19. Wesseling, J.P., Mooibroek, D., Pul, W.A.J. van, 2007, 'Een vergelijking tussen met CAR II versie 5.0 berekende concentraties en metingen van het LML'. RIVM, Bilthoven

Werksessies

- Specialist luchtkwaliteit en CAR II-model: Sander Teeuwisse (12 maart, 8 april en 20 mei 2010)
- Specialist verkeersmodellen en Dynasmart: Wim van der Hoeven (12 maart, 5 mei en 6 mei 2010)
- Specialist verkeersmodellen Wout Drewes (12 maart 2010)

7 TREFWOORDENLIJST

Achtergrondconcentratie	De concentratie vervuilende stoffen zonder verhoging door het wegverkeer
Avondspits	Drukste periode van de dag en in dit model tussen 16:00 en 18:00
Bomenfactor	Onderdeel van het CAR II-model. Zie pagina 14
CAR II-model	De rekenmethode van het ministerie van VROM om de luchtkwaliteit te berekenen. Zie pagina 10
Dynasmart	Het dynamische mesoscopische verkeersmodel dat gebruikt wordt door DHV
Etmaalemissie	De totale uitstoot van geluid of vervuilende stoffen van al het verkeer op een wegvak
Geluidsbelasting	De belasting van geluid op de gevels langs een weg geproduceerd door het wegverkeer
Gevoeligheidsanalyse	De methode om het bereik (gevoeligheid) van de parameters in de berekeningen van de luchtkwaliteit en geluidsbelasting te berekenen.
Jaargemiddelde concentratiebijdrage	De gemiddelde concentratie van vervuilende stoffen over een jaar
Luchtkwaliteit	De concentraties van luchtvervuilende stoffen (voornamelijk stikstofdioxide en fijnstof) op leefniveau langs wegen
Macroscopisch verkeersmodel	Een type statisch verkeersmodel op laag schaalniveau geschikt voor grote gebieden
Mediaan	Middelste van een reeks gesorteerde waarden
Mesoscopisch verkeersmodel	Een type dynamisch verkeersmodel op een gemiddeld schaalniveau geschikt voor grote gebieden
Ochtendspits	Periode (in dit model) tussen 7:00 en 9:00
Questor	Het statische verkeersmodel dat gebruikt wordt binnen DHV
Regiofactor	Onderdeel van het CAR II-model. Zie pagina 13
Restdag	De periode buiten de spitsperioden (9:00-16:00 + 18:00-7:00)
Snelheidstypering	Onderdeel van het CAR II-model. Zie pagina 11
SRMI	Standaard Rekenmethode 1, de standaard rekenmethode opgelegd door het ministerie van VROM om de geluidsbelasting te berekenen
Stagnatie	Vertraging van het verkeer, voornamelijk dankzij de verkeersdruk en verkeerslichten
Stagnatiefractie	Onderdeel van het CAR II-model. Zie pagina 13
Verkeersdynamiek	De interactie van voertuigen onderling als gevolg van congestie of bijvoorbeeld kruispunten en verkeerslichten. Dit leidt tot snelheidsverschillen.
Verkeersintensiteiten	Waarde waarmee de drukte op een wegvak wordt aangeduid in motorvoertuigen per tijdseenheid
Verkeersmodel	De methode om van een heel netwerk te berekenen (en voorspellen) van de verkeersdruk en andere parameters
Vmax	Afkorting: Maximumsnelheid
Wegtype	Onderdeel van het CAR II-model. Zie pagina 13

8 COLOFON

Opdrachtgever	: NHTV internationaal hoger onderwijs Breda
Project	: Verkeersdynamiek in milieuberekeningen
Dossier	:
Omvang rapport	: 39 pagina's
Auteur	: Bram van de Vrande
Begeleider DHV	: Geert van der Heijden
Begeleider NHTV	: Lizanne Hessels
Datum	: 16 juni 2010
Naam/Paraaf	:

DHV B.V.

Ruimte en Mobiliteit

Larixplein 1

5616 VB Eindhoven

Postbus 80007

5600 JZ Eindhoven

T (040) 250 92 50

F (040) 250 92 51

www.dhv.nl

BIJLAGE 1 UITGANGSPUNTEN GEVOELIGHEIDSANALYSE

Tabel 12

Uitgangspunten gevoeligheidsanalyse: Stratenbestand CAR II-model versie 7.0 jaartal 2008

Fractie stagnatie	Afstand wegas	Bomen factor	Weg type	Snelheidstype	Fractie zwaar	Fractie middel	Fractie licht	Intensiteit (mvt/etm)	Y(m)	X(m)	Straatnaam	Plaats
0,00	5	1	2	Normaal stadsverkeer	0,04	0,06	0,90	25000	378642	161277	nulmeting	Waalre
0,00	5	1	2	Stadsverkeer met minder congestie	0,04	0,06	0,90	25000	378642	161277	Snelheidstype E	Waalre
0,00	5	1	2	Buitenweg algemeen	0,04	0,06	0,90	25000	378642	161277	Snelheidstype B	Waalre
0,00	5	1	2	Stagnerend stadsverkeer	0,04	0,06	0,90	25000	378642	161277	Snelheidstype D	Waalre
1,00	5	1	2	Normaal stadsverkeer	0,04	0,06	0,90	25000	378642	161277	Stagnatiefractie 1	Waalre
0,00	5	1	1	Normaal stadsverkeer	0,04	0,06	0,90	25000	378642	161277	Wegtype 1	Waalre
0,00	5	1	3a	Normaal stadsverkeer	0,04	0,06	0,90	25000	378642	161277	Wegtype 3a	Waalre
0,00	5	1	3b	Normaal stadsverkeer	0,04	0,06	0,90	25000	378642	161277	Wegtype 3b	Waalre
0,00	5	1	4	Normaal stadsverkeer	0,04	0,06	0,90	25000	378642	161277	Wegtype 4	Waalre
0,00	5	1,25	2	Normaal stadsverkeer	0,04	0,06	0,90	25000	378642	161277	Bomenfactor 1.25	Waalre
0,00	5	1,5	2	Normaal stadsverkeer	0,04	0,06	0,90	25000	378642	161277	Bomenfactor 1.50	Waalre

BIJLAGE 2 EXTRAHEREN VOERTUIGGEGEVENS UIT DYNASMART

De voertuiggegevens uit Dynasmart staan in één bestand dat onleesbaar is voor andere programma's. Dat moet eerst omgezet worden naar iets bruikbaar voor Microsoft Access (2007). Het levert een zeer grote database op, al snel te groot voor versies ouder dan 2007. Voor dit omzetten is gekozen voor het gratis programma Notepad++ omdat deze met Regular expressions kan omgaan.

Bestand: VehTrajectory.dat

Programma: Notepad++

1. VehTrajectory.dat openen in Notepad++
2. Header (eerste 5 regels) verwijderen
3. ctrl+r (zoek&vervang). Elke onderstaande regel in dit venster uitvoeren.
 - a. "ctrl+m" vervangen door een spatie
 - b. "Regular Expr" aanzetten
 - c. Veh # vervangen door \r\nVeh #
 - d. `^Veh # (.*) Tag(.*)UstmN= (.*) DownN(.*)STime= (.*) Total(.*)VehType (.*) LOO 1 (.*) ==>Node(.*)$` vervangen door `\1 \7 \3 \8`
 - e. Dit bestand opslaan als VehTrajectory_AM_Nodes.txt
 - f. Teruggaan naar stap c
 - g. `^Veh # (.*) Tag(.*)UstmN= (.*)STime= (.*) Total Travel(.*)VehType (.*) LOO 1 (.*) Travel Time (.*) ==>(.*$` vervangen door `\1 \6 \4 \8`
 - h. Dit bestand opslaan als VehTrajectory_AM_TT.txt
4. Herhaal deze stappen voor de periodes PM (avondspits), RDO (restdag middag) en RDN (restdag nacht)

Programma: Microsoft Access

5. VehTrajectory_AM_Nodes.txt en VehTrajectory_AM_TT.txt openen linken in Access
6. Koppeltabel _KoppelnodeAM_TT aanmaken met de volgende query: `SELECT * FROM VehTrajectory_AM_Nodes INNER JOIN VehTrajectory_AM_TT ON VehTrajectory_AM_Nodes.VehID=VehTrajectory_AM_TT.VehID`
7. Herhaal stap 1 en 2 voor elke periode

8. Voer het volgende VBA script uit om alles te importeren naar de tabel _Import:

```
Public Function MaakResultaat()
    Application.SetOption "Confirm Action Queries", 0
    Dim countr As Integer
    countr = 5
    Do While countr <= 126
        VehTo = countr
        VehFrom = VehTo - 1
        vehLim = VehTo + 1
        DoCmd.RunSQL ("INSERT INTO _Import ( VehID, NodeFrom,
NodeTo, TT, STime, VehType, Period ) SELECT
VehTrajectory_AM_Nodes.VehID, VehTrajectory_AM_Nodes.VehID" &
VehFrom & ", VehTrajectory_AM_Nodes.VehID" & VehTo & ",
VehTrajectory_AM_TT.VehID" & VehTo & ",
```

```

VehTrajectory_AM_TT.Veld3, VehTrajectory_AM_Nodes.VehType, '2'
AS Period FROM _KoppelNodeTT_AM WHERE
VehTrajectory_AM_Nodes.Veld" & vehLim & " AND
VehTrajectory_AM_TT.Veld3>=60 AND
VehTrajectory_AM_TT.Veld3<180 AND VehTrajectory_AM_Nodes.Veld"
& VehFrom & " <> VehTrajectory_AM_Nodes.Veld" & VehTo & ";" )
    DoCmd.RunSQL ("INSERT INTO _Import ( VehID, NodeFrom,
NodeTo, TT, STime, VehType, Period ) SELECT
VehTrajectory_PM_Nodes.VehID, VehTrajectory_PM_Nodes.Veld" &
VehFrom & ", VehTrajectory_PM_Nodes.Veld" & VehTo & ",
VehTrajectory_PM_TT.Veld" & VehTo & ",
VehTrajectory_PM_TT.Veld3, VehTrajectory_PM_Nodes.VehType, '1'
AS Period FROM _KoppelNodeTT_PM WHERE
VehTrajectory_PM_Nodes.Veld" & vehLim & " AND
VehTrajectory_PM_TT.Veld3>=60 AND
VehTrajectory_PM_TT.Veld3<180 AND VehTrajectory_PM_Nodes.Veld"
& VehFrom & " <> VehTrajectory_PM_Nodes.Veld" & VehTo & ";" )
    countr = countr + 1
    On Error GoTo ErrorHandler
Loop
ErrorHandler:
    Exit Function
    Application.SetOption "Confirm Action Queries", 1
End Function

```

9. **Maak de koppeltabel _Koppel_Dyna2StatischFrom aan met de volgende query:** SELECT Links.ID AS LinkID, Links.Node1Ref AS FromStat, Links.Node2Ref AS ToStat, DynaNodeParams.DynaNodeID AS FromDyna, Links.Distance, Links.SpCar_ST AS VmaxCar, Links.SpTruck_ST AS VmaxTruck FROM Links INNER JOIN DynaNodeParams ON DynaNodeParams.NodeRef=Links.Node1Ref;
10. **Maak de koppeltabel _Koppel_Dyna2StatischTo aan met de volgende query:** SELECT [_Koppel_Dyna2StatischFrom].LinkID, [_Koppel_Dyna2StatischFrom].FromStat, [_Koppel_Dyna2StatischFrom].ToStat, [_Koppel_Dyna2StatischFrom].FromDyna, DynaNodeParams.DynaNodeID AS ToDyna, [_Koppel_Dyna2StatischFrom].Distance, [_Koppel_Dyna2StatischFrom].VmaxCar, [_Koppel_Dyna2StatischFrom].VmaxTruck FROM _Koppel_Dyna2StatischFrom INNER JOIN DynaNodeParams ON DynaNodeParams.NodeRef=[_Koppel_Dyna2StatischFrom].ToStat ORDER BY [_Koppel_Dyna2StatischFrom].FromDyna, DynaNodeParams.DynaNodeID;
11. **Maak de koppeltabel _SpeedPerVehicle aan met de volgende query:** SELECT [_Import].VehID AS VehID, [_Import].VehType AS VehType, [_Import].NodeFrom, [_Import].NodeTo, [_Import].STime AS STime, [_Import].TT AS TT, [_Koppel_Dyna2StatischTo].LinkID AS LinkID, [_Koppel_Dyna2StatischTo].Distance AS Length, [_Koppel_Dyna2StatischTo].VmaxCar AS VmaxCar, [_Koppel_Dyna2StatischTo].VmaxTruck AS VmaxTruck, [Length]/[TT]/60*3.6 AS Speed, Period FROM _Import INNER JOIN _Koppel_Dyna2StatischTo ON

- ```
([_Import].NodeFrom=[_Koppel_Dyna2StatischTo].FromDyna) AND
([_Import].NodeTo=[_Koppel_Dyna2StatischTo].ToDyna);
```
12. Voer de volgende queries uit om de tabel Results te bouwen
- a. INSERT INTO Results ( LinkID, MVTs, Length, Vmax, MeanTT, MeanV, VcatE, FSa, VcatC, StDevp, Mini, Maxi ) SELECT LinkID, COUNT(LinkID) AS Totaal, AVG(Length) AS LGTH, AVG(VmaxCar), AVG(IIF((Length/TT/60\*3.6) > VmaxCar, 50, (Length/TT/60\*3.6))), (AVG(Length)/AVG(TT)/60\*3.6), SUM(IIF(Length/TT/60\*3.6 >= 30 , 1, 0)) AS TelE, SUM(IIF(Length/TT/60\*3.6 < 15, 1, 0)) AS TelD, [Totaal]-[TelE]-[TelD], (StDevP((Length/TT/60\*3.6))/AVG(Length), MIN(Length/TT/60\*3.6), MAX(Length/TT/60\*3.6) FROM \_SpeedPerVehicle GROUP BY LinkID;
  - i. INSERT INTO ResultsRDN ( LinkID, MVTs, Length, Vmax, MeanTT, MeanV, VcatE, FSa, VcatC, StDevp, Mini, Maxi ) SELECT LinkID, COUNT(LinkID) AS Totaal, AVG(Length) AS LGTH, AVG(VmaxCar), AVG(IIF((Length/TT/60\*3.6) > VmaxCar, 50, (Length/TT/60\*3.6))), (AVG(Length)/AVG(TT)/60\*3.6), SUM(IIF(Length/TT/60\*3.6 >= 30 , 1, 0)) AS TelE, SUM(IIF(Length/TT/60\*3.6 < 15, 1, 0)) AS TelD, [Totaal]-[TelE]-[TelD], (StDevP((Length/TT/60\*3.6))/AVG(Length), MIN(Length/TT/60\*3.6), MAX(Length/TT/60\*3.6) FROM \_SpeedPerVehicleRDN GROUP BY LinkID;
  - b. INSERT INTO ResultsRDO ( LinkID, MVTs, Length, Vmax, MeanTT, MeanV, VcatE, FSa, VcatC, StDevp, Mini, Maxi ) SELECT LinkID, COUNT(LinkID) AS Totaal, AVG(Length) AS LGTH, AVG(VmaxCar), AVG(IIF((Length/TT/60\*3.6) > VmaxCar, 50, (Length/TT/60\*3.6))), (AVG(Length)/AVG(TT)/60\*3.6), SUM(IIF(Length/TT/60\*3.6 >= 30 , 1, 0)) AS TelE, SUM(IIF(Length/TT/60\*3.6 < 15, 1, 0)) AS TelD, [Totaal]-[TelE]-[TelD], (StDevP((Length/TT/60\*3.6))/AVG(Length), MIN(Length/TT/60\*3.6), MAX(Length/TT/60\*3.6) FROM \_SpeedPerVehicleRDO GROUP BY LinkID;
13. Voer de volgende query uit voor de mediaan:
- ```
SELECT Results.LinkID AS LinkID, Results.Length AS
Wegdek lengte, Results.MVTs AS MVTs, Results.Vmax AS Vmax,
ROUND(Results.MeanV,1) AS GemV, ROUND(Results.MeanTT,1) AS
GemTT, ROUND(([Wegdek lengte]/Mediaan.Median/60*3.6),1) AS
Mediaan, ROUND((Results.StDevP/[Vmax]*100),2) AS Spreiding,
CInt( IIF([MVTs] >= 2000 AND [Wegdek lengte] >= ([Vmax]/0.6),
SWITCH( [Vmax] > 80, 1, [Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50
AND [Mediaan] < 30, 3, [Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50 AND
[Mediaan] >= 30 AND [Mediaan] <= 50, 5, [Vmax] <= 80 AND
[Vmax] > 50 AND [Mediaan] > 50, 2, [Vmax] = 50 AND
[Mediaan] < 30, 3, [Vmax] = 50 AND [Mediaan] >= 30, 5,
[Vmax] < 50, 3 ), IIF([MVTs] < 2000, SWITCH( [Vmax]
> 80, 1, [Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50, 2, [Vmax] =
50, 5, [Vmax] < 50, 3 ), SWITCH( [Vmax] > 80,
1, [Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50, 2, [Vmax] = 50, 4,
[Vmax] < 50, 3 ) )) AS VcatMed, CInt( IIF([MVTs] >=
2000 AND [Wegdek lengte] >= ([Vmax]/0.6), SWITCH( [Vmax] >
80, 1, [Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50 AND [GemV] < 30, 3,
```

```

[Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50 AND [GemV] >= 30 AND [Gemv]
<= 50, 5, [Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50 AND [GemV] > 50, 2,
[Vmax] = 50 AND [GemV] < 30, 3, [Vmax] = 50 AND [GemV]
>= 30, 5, [Vmax] < 50, 3 ), IIF([MVTs] < 2000, SWITCH(
[Vmax] > 80, 1, [Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50, 2,
[Vmax] <= 50, 3 ), SWITCH( [Vmax] > 80, 1,
[Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50, 2, [Vmax] <= 50, 3
) )) AS VcatGemV, CInt( IIF([MVTs] >= 2000 AND
Wegdeklengte] >= ([Vmax]/0.6), SWITCH( [Vmax] > 80, 1,
[Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50 AND [GemTT] < 30, 3, [Vmax] <=
80 AND [Vmax] > 50 AND [GemTT] >= 30 AND [GemTT] <= 50, 5,
[Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50 AND [GemTT] > 50, 2, [Vmax] =
50 AND [GemTT] < 30, 3, [Vmax] = 50 AND [GemTT] >= 30, 5,
[Vmax] < 50, 3 ), IIF([MVTs] < 2000, SWITCH(
[Vmax] > 80, 1, [Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50, 2,
[Vmax] <= 50, 3 ), SWITCH( [Vmax] > 80, 1,
[Vmax] <= 80 AND [Vmax] > 50, 2, [Vmax] <= 50, 3 )
))) AS VcatGemTT, ROUND((MVTs]/14400*1000),2) AS Lambda,
IIF([MVTs] > 500 AND [Wegdeklengte] > ([Vmax]/0.6) AND [Vmax]
>= 50 AND [Vmax] <= 70, ROUND((FSA]/[MVTs]/2.5),2), 0) AS FS,
[FSA] AS FSS, ([GemV]-[GemTT]) AS Diff, Mini, Maxi, VcatE,
VcatC FROM Results INNER JOIN Mediaan ON Mediaan.LinkID =
Results.LinkID ORDER BY [Vmax] DESC;

```

14. **Genereer tabel Eindresultaat met alle gegevens met de volgende query:**

```

SELECT Spits.LinkID, Spits.Wegdeklengte, Spits.Vmax AS Vmax,
ROUND((([I_S]/[I_Etmaal]),2) AS Spitsverhouding,
ROUND((([I_S]+[I_RDN]*6.5+[I_RDO]*3.5),0) AS I_Etmaal,
IIF([Dtotaal] > 0 AND [Wegdeklengte] >= ([Vmax]/0.6) AND [Vmax]
>= 50 AND [Vmax] <= 70 AND [I_S] >= 2000,
ROUND([Dtotaal]/[I_Etmaal],2),0) AS FS_Etmaal,
ROUND(IIF([FSA_S] > 0 AND [Wegdeklengte] >= ([Vmax]/0.6) AND
[Vmax] >= 30, ([FSA_S]/[I_S]),0),2) AS FS_Spits, Spits.MVTs AS
I_S, RD.I_RDN AS I_RDN, RD.I_RDO AS I_RDO, Spits.Mediaan AS
Mediaan_S, Spits.VcatMed AS Type_S, Spits.VcatE AS VcatE,
Spits.VcatC AS VcatC, Spits.FSS AS FSA_S, RD.FSA_RDN AS
FSA_RDN, RD.FSA_RDO AS FSA_RDO, Spits.Mini, Spits.Maxi,
Spits.GemV, Spits.GemTT,
[RD.VcatC_RDN]+[RD.VcatC_RDO]+[Spits.VcatC] AS Ctotaal,
[FSA_RDN]+[FSA_RDO]+[FSA_S] AS Dtotaal,
[RD.VcatE_RDN]+[RD.VcatE_RDO]+[Spits.VcatE] AS Etotaal, 0.9 AS
fPV, .05 AS fMZ, .05 AS fZV,
(((fPV)*.122+[fMZ]*.693+[fZV]*.716)*1000*[Spits.VcatC]/24/3600
)+((fPV)*.199+[fMZ]*1.109+[fZV]*.716)*1000*[FSA_S]/24/3600)+((
fPV)*.132+[fMZ]*.492+[fZV]*.514)*1000*[Spits.VcatE]/24/3600))
AS EmissieSpits,
(((fPV)*.122+[fMZ]*.693+[fZV]*.716)*1000*[RD.VcatC_RDO]/24/360
0)+((fPV)*.199+[fMZ]*1.109+[fZV]*.716)*1000*[RD.FSA_RDO]/24/36
00)+((fPV)*.132+[fMZ]*.492+[fZV]*.514)*1000*[RD.VcatE_RDO]/24/
3600)) AS EmissieRDO,

```



```

((( [fPV]*.122+[fMZ]*.693+[fZV]*.716)*1000*[RD.VcatC_RDN]/24/360
0)+(( [fPV]*.199+[fMZ]*1.109+[fZV]*.716)*1000*[RD.FSa_RDN]/24/36
00)+(( [fPV]*.132+[fMZ]*.492+[fZV]*.514)*1000*[RD.VcatE_RDN]/24/
3600)) AS EmissieRDN,
[EmissieSpits]+[EmissieRDN]+[EmissieRDO])*0.89756532+23.1 AS
CARIIsom, (( [fPV]*.199+[fMZ]*1.109+[fZV]*.716)*1000*([Dtotaal])/
24/3600)+IIF([Type_S] =
3, (( [fPV]*.122+[fMZ]*.639+[fZV]*.716)*1000*([I_Etmaal]-
[Dtotaal])/24/3600)
, (( [fPV]*.132+[fMZ]*.492+[fZV]*.514)*1000*([I_Etmaal]-
Dtotaal])/24/3600) ))*0.81998+23.1 AS Emissie1 FROM
__Koppel_Mediaan AS Spits INNER JOIN __Koppel_Mediaan_RD AS RD
ON Spits.LinkID = RD.LinkID;

```