

Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen, de gevraagde informatie in te vullen (en de overeenkomst te ondertekenen en af te geven).

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling met

Titel: Toedeling op het netwerk

Richting: 2de masterjaar in de verkeerskunde - mobiliteitsmanagement

Jaar: 2009

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Ik ga akkoord,

BAETEN, Jan

Datum: 14.12.2009

Toedeling op het netwerk

Jan Baeten

promotor :

dr. ir. Tom BELLEMANS

co-promotor :

dr. Katrien RAMAEKERS

WOORD VOORAF

Met het schrijven en inleveren van dit eindwerk komt een einde aan een studentenperiode van vijf jaar. Gedurende deze vijf jaar zijn talloze cursussen geblokt en examens afgelegd. Deze laatste hindernis tot het diploma was een zware beproeving en had ik nooit alleen kunnen overwinnen.

Allereerst dank aan mijn copromotor, Katrien Ramaekers, voor haar waardevolle tips, kritisch oog, goede raad, het vrijmaken van haar tijd en voor het geduld dat ze had. Verder zou ik ook alle personen willen bedanken die mij op één of andere manier extra informatie aanreikten waardoor mijn thesis tot dit resultaat is geworden. Zo gaat mijn dank uit naar Marlies Vanhulsel voor de vele mailtjes met nuttige informatie voor de codering in R, Peter van der Waerden voor de nuttige informatie rondom toedelingen in TransCAD, het personeel van AWV Limburg, waarvan ik de nodige meetgegevens heb gekregen, de afdeling Technical Support van Caliper, waar ik terecht kon met mijn vragen over TransCAD, de collega's van Soresma nv, waarvan ik veel steun kreeg bij het zoeken naar extra informatie. Natuurlijk wil ik ook mijn klasgenoten bedanken waaraan ik de afgelopen vijf jaar veel steun heb gehad tijdens de moeilijke periodes, maar natuurlijk ook op de gepaste momenten veel plezier mee heb beleefd.

Verder wil ik ook mijn vrienden thuis bedanken die op het juiste moment klaar stonden voor de nodige ontspanning tijdens de laatste intensieve thesismaanden.

Tenslotte, maar niet in het minst, bedank ik ook mijn ouders, die het mogelijk hebben gemaakt om deze studies en dit eindwerk tot een goed einde te brengen en voor alle mogelijkheden die ze voor me gecreëerd hebben.

Jan Baeten

As, mei 2009

SAMENVATTING

Achtergrond en aanleiding van dit onderzoek.

Sinds het begin van de verkeersvraagmodellering werden de meeste voorspellingen gedaan d.m.v. de verschillende bepalingen van de tripgebaseerde vierstaps aanpak: tripgeneratie, tripdistributie, modal split en toedeling van een HB-matrix op het verkeersnetwerk. Terwijl het proces van toedeling van de routekeuze slechts nut heeft in de context van een enkele trip, worden de reisbeslissingen zoals: hoe dikwijls en wanneer men het huis verlaat, waar men naartoe gaat, welk vervoermiddel men gebruikt, voor meerdere trips tegelijkertijd genomen.

Een activiteitsgebaseerde aanpak wordt de laatste jaren gezien als een potentiële vervanger voor de tripgebaseerde aanpak, omdat zij de verplaatsingen kunnen analyseren vanuit een theoretisch perspectief, dat rekening houdt met de vraag naar activiteitendeelname, relaties tussen verschillende trips en de interactie tussen de verschillende leden van het huishouden. In de context van het activiteitsgebaseerde kader is de menselijke activiteit een resultaat van acties die gemotiveerd zijn om de behoeften en wensen van het huishouden tevreden te stellen en het vervullen van hun noden en verlangens, om deel te nemen aan die activiteiten.

Het ideale activiteitsgebaseerde model zou de deelname aan activiteiten moeten overwegen langs een continue tijdsdimensie. Ook moet het rekening houden met tijdsgebruik en het toewijzingsgedrag, waarbij de beperkingen door de ruimtelijke dimensie, de tijdsdimensie en de sociale dimensie expliciet overwogen moeten worden. Verder moet ook de afhankelijkheid van individuen, binnen een gezin, bij het maken van verplaatsingen ingecalculereerd worden.

Deze evolutie op vlak van verkeersmodellering brengt natuurlijk ook aanpassingen op vlak van de toedeling op het netwerk met zich mee. Een activiteitengebaseerd model heeft logischerwijs ook nood aan een gedetailleerdere toedeling. Deze gedetailleerdere toedeling zou een oplossing moeten bieden voor het verloren gaan van informatie bij het aggregeren naar HB-matrices bij een eenvoudige evenwichtstoedeling.

Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek was tweedelig. Allereerst werd er op zoek gegaan naar de verschillende todelingsmethodes die momenteel gebruikt worden. De todelingsmethodes die in de literatuur besproken werden dienen als basis om vervolgens te kijken wat de toepasbaarheid is van de, in TransCAD aanwezige, todelingsmethodes op het Vlaamse wegennet.

Onderzoeksaanpak

Om een achtergrond te krijgen van wat een toedeling nu juist inhoudt, wat de verschillende todelingsmethodes zijn en wat de trends zijn waaraan de todelingsmethodes onderhevig zijn, is

er een literatuurstudie gebeurd. Aan de hand van de resultaten van de literatuurstudie werd er een praktijkonderzoek gedaan om uit te zoeken welke toedelingsmethode, die in TransCAD gebruikt kan worden, de beste resultaten bekomt voor het Vlaamse wegennet.

Conclusies

Na het uitvoeren van dit onderzoek konden verschillende conclusies getrokken worden. De belangrijkste conclusies worden hier op een rijtje gezet. Een uitgebreide bespreking hiervan is terug te vinden in het zesde hoofdstuk.

- Bijna alle toedelingsmethodes maken gebruik van een kortste pad algoritme.
- Er is een duidelijke omschakeling merkbaar van statische naar dynamische toedelingsmethodes.
- De dynamische toedelingsmethodes bieden een oplossing aan de tekortkomingen van de statische toedeling.
- De Stochastisch Gebruikers Evenwichtsmethode houdt rekening met de meeste inputparameters en geeft dan ook de beste resultaten.
- De meeste toedelingsmodellen houden rekening met de aanwezige verkeersstroom op het netwerk, en passen afhankelijk daarvan de reistijd aan.
- Er is de mogelijkheid om verschillende klassen of voertuigmodi simultaan toe te delen op het netwerk, elk met aparte inputparameters (VoT, PAE,...).
- Het is onmogelijk om een beslissing te maken over de beste toedelingswerkwijze omdat de resultaten van de toedelingen veel verschillen van de actuele verkeersstromen.
- Een ideale werkwijze zou bestaan uit een simultane toedeling op het netwerk van zowel de auto's en de vrachtwagens, waarbij er per klasse de verschillende inputgegevens aangepast kunnen worden, zodat er rekening gehouden kan worden met de maximumsnelheid van vrachtwagens.
- TransCAD biedt de mogelijkheid om verschillende klassen simultaan toe te delen. Wel is er een limiet van 100 verschillende klassen bij de normale gebruikersinterface. Wanneer men toedeelt via de DK script batchcode is het wel mogelijk om nog meer klassen te gebruiken.
- Wanneer het aantal klassen verdubbelt in een toedeling verdubbelt ook de tijd van toedeling.

INHOUDSOPGAVE

Woord vooraf	2
Samenvatting	3
Inhoudsopgave	5
Lijst met figuren	8
Lijst met Tabellen	9
Lijst met gebruikte afkortingen.....	10
1 Inleiding.....	11
1.1 Kadering	11
1.1.1 Ontwikkelingen op vlak van transport	11
1.1.1.1 Classificatie van de toepassingsvelden	12
1.1.2 Evolutie naar activiteitsgebaseerde (AB) Modellen	14
1.2 Onderzoeksvragen.....	16
1.2.1 Kernvraag	16
1.2.2 Deelvragen.....	16
1.2.2.1 Literatuurstudie	16
1.2.2.2 Praktijk.....	16
1.3 Aanpak	17
1.4 Structuur van de tekst	17
2 De verkeerstoedeling	19
2.1 Gebruik van de toedeling.....	19
2.2 Input van de toedeling	21
2.2.1 Zones en netwerken	21
2.2.1.1 Gebiedsindeling	21
2.2.1.2 Netwerken	23
3 Verschillende soorten toedelingen.....	26
3.1 Classificatie van toedelingsmodellen	27
3.2 Statische toedelingsmodellen	28
3.2.1 Alles-of-Niets toedeling	29
3.2.2 Stochastische toedeling.....	30
3.2.2.1 Stochastische toedelingsmodellen met theoretische verdelingsfuncties...	31
3.2.2.2 Stochastische toedelingsmodellen gebaseerd op simulatie	31
3.2.2.3 Algoritme voor de stochastische toedeling	32
3.2.3 Evenwichtstoedeling	32
3.2.3.1 Gebruikersoptimale en systeemoptimale evenwichtstoedeling.....	33
3.2.3.2 Tijdverliesfuncties	35
3.2.3.3 Algoritme voor de gebruikersoptimale evenwichtstoedeling	35
3.2.4 Stochastische evenwichtstoedeling	36
3.3 Dynamische verkeerstoedeling	38
3.3.1 Evolutie van de dynamische toedelingsmodellen	38
3.3.1.1 Onregelmatigheden van statische verkeersmodellen	38
3.3.2 Classificatie van dynamische toedelingsmodellen.....	39
3.3.3 Overzicht van de dynamische toedelingsmodellen	42
3.3.3.1 SATURN – Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks	42
3.3.3.2 CONTRAM – CONTinuous TRAffic Assignment Model	42
3.3.3.3 Dynamische toedeling in een driedimensionale tijdsruimte	44
3.3.3.4 Stochastic Doubly Dynamic Assignment Model	44
3.3.3.5 DTA – Dynamic Traffic Assignment	44

3.3.3.6	CDA- Convergent Dynamic Algorithm	45
4	Link Performance Functie	46
5	Multimodal, Multiclass assignment (MMA)	48
6	Toedeling in Transcad	50
6.1	Verkeerstoedelingmethodes	50
6.1.1	Alles-of-Niets (AON) toedeling	50
6.1.2	STOCH Toedeling	51
6.1.3	Incremental Toedeling	51
6.1.4	Capaciteits beperkingen (Capacity restraint)	51
6.1.5	Gebruikerseevenwicht (UE)	52
6.1.6	Stochastische gebruikerseevenwicht (SUE)	52
6.1.7	Systeemoptimale toedeling (SO)	52
6.2	Linkprestatie functies.....	52
6.3	Vereiste data voor een verkeerstoedeling	53
6.3.1	HB-matrix	53
6.3.2	Netwerk	54
6.4	Vereiste netwerkattributen en modelinstellingen	54
6.4.1	Vereiste attributen	55
6.4.2	Vereiste instellingen	56
6.5	Optionele gegevens voor een verkeerstoedeling	56
6.5.1	Optionele netwerkattributen	56
6.5.1.1	Link type.....	56
6.5.1.2	Alpha en Beta voor de BPR functie	57
6.5.1.3	Preloads.....	57
6.6	Standaardresultaten van een verkeerstoedeling	57
6.7	Meer geavanceerdere toedelingmethodes	58
6.7.1	Toedeling met alternatieve of door gebruikers bepaalde volume delay functies.....	58
6.7.2	HOV (High Occupancy Vehicle) toedeling.....	58
6.7.3	Multimodale Multiklasse toedeling (MMA)	59
6.7.3.1	Gegevens voor de MMA toedeling	59
6.7.4	Resultaten van de MMA.....	60
7	Praktijk	61
7.1	Vorbereiding	61
7.2	TransCAD.....	63
7.2.1	Netwerk Vlaanderen	63
7.2.2	Centroïden	63
7.2.3	Matrix	64
7.2.3.1	BASMAT.....	65
7.2.3.2	Vrachtwagens.....	68
7.2.3.3	Data import.....	70
7.3	Toedelingen.....	72
7.3.1	Sequentiële aanpak	72
7.3.1.1	Vrachtwagens.....	72
7.3.1.2	Toedeling BASMATmatrix met vrachtwagenstroom als preload	75
7.3.2	Simultane aanpak	75
7.4	Vergelijking van de resultaten van de verschillende werkwijzen met geobserveerde intensiteiten op het netwerk.....	76
7.5	Resultaatbespreking	79
7.5.1	Keuze van meest geschikte toedelingmethode.....	80
7.6	Het gebruik van meer klassen.....	81
8	conclusie.....	83

9	Lijst van de geraadpleegde werken	87
	Bijlagen.....	90
	Digitale bijlage	134

LIJST MET FIGUREN

Figuur 1: Gebiedsindeling op niveau van deelgemeenten	22
Figuur 2: Zone-indeling met wegennetwerk, knooppunten en centroïden	24
Figuur 3: Wegennetwerk	25
Figuur 4: Algoritme van Dijkstra	27
Figuur 5: Voorbeeld AON toedeling	30
Figuur 6: Stroomdiagram dat de werking van het CONTRAM model toont	43
Figuur 7: Typische Link Performance Functie van een lichtengeregeld kruispunt	46
Figuur 8: Netwerk.....	54
Figuur 9: Vervangen van centroïdes door dichtsbijzijnde eindknopen	64
Figuur 10: Creatie matrixbestand	65
Figuur 11: Matrix import Wizard	70
Figuur 12: Matrixbestand.....	71
Figuur 13: Update netwerkbestand	75

LIJST MET TABELLEN

Tabel 1: Classificatie statische toedelingenmodellen	29
Tabel 2: VoT voor verschillende motieven in Regionale omgeving	48
Tabel 3: VoT voor verschillende motieven in Europa	48
Tabel 4: VoT voor verschillende motieven voor de Trans-Atlantische markt.....	49
Tabel 5: VoT voor verschillende motieven op wereldvlak	49
Tabel 6: Vereiste netwerkattributen en modelinstellingen	55
Tabel 7: Vereiste attributen	55
Tabel 8: Vereiste modelinstellingen.....	56
Tabel 9: Optionele netwerkattributen	56
Tabel 10: Gebruikte linkcapaciteiten	61
Tabel 11: Worksheet TypeCap auto's	63
Tabel 12: Worksheet TypeCap vrachtwagens	63
Tabel 13: Verdeling van het gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag volgens motief en verplaatsingsmiddel	66
Tabel 14: Gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag volgens motief.....	67
Tabel 15: Percentage autobestuurders per motief in BASMAT	67
Tabel 16: voorbeeld BASMATmatrix.txt	68
Tabel 17: Vergelijkingspunten op het Vlaamse wegennet.....	73
Tabel 18: Vergelijking toedelingen op vrachtwagens en telgegevens AWV.....	73
Tabel 19: Vergelijking toedelingmethodes a.d.h.v. outputgegevens	74
Tabel 20: Gebruikte telpunten van de Vlaamse overheid	77
Tabel 21: Stroomgegevens per toedelingmethode	78
Tabel 22: Voor- en nadelen werkwijzen.	80
Tabel 23: Vergelijking tussen toedelingen met verschillende klassen	82

LIJST MET GEBRUIKTE AFKORTINGEN

- AB: Activiteitengebaseerd
- AON: Alles of Niets
- ATIS: Advanced Traffic Information Systems
- ATMS: Advanced Traffic Management Systems
- AWV: Administratie Wegen en Verkeer
- BPR: Bureau of Public Roads
- CDA: Convergent Dynamic Algorithm
- CONTRAM: CONtinuous Traffic Assignment Model
- CRT: Capacity Restraint
- DSO: Dynamic System Optimum
- DTA: Dynamic Traffic Assignment
- DTM: Dynamic Traffic Management
- DUE: Dynamic Users Equilibrium
- DUO: Dynamc Users Optimum
- HB: Herkomst Bestemming
- HOV: High Occupancy Vehicle
- INC: Incremental
- IS: Informatie Systemen
- ITS: Intelligent Transport Systems
- IVHS: Intelligent Vehicle Highway Systems
- MMA: Multimodal, Multiclass Assignment
- MSA: Method of Successive Averages
- NIS: Nationaal Instituut voor de Statistiek
- PAE: PersonenAuto Equivalent
- RTI: Road Traffic Informatics
- SATURN: Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks
- SO: Systeem Optimale
- SUE: Stochastic Users Equilibrium
- TDM: Travel Demand Management
- UE: Users Equilibrium
- V/C: Volume/Capaciteit ratio
- VDF: Volume Delay Function
- Vht: totale voertuiguren van verplaatsing
- Vmt: totale afgelegde afstand
- VoT: Value of Time

1 INLEIDING

1.1 Kadering

De toedeling op het netwerk is een belangrijke component van elk transportmodel. Zij valt binnen het traditionele sequentiële geaggregeerde vierstaps verkeersmodel¹.

Een vaak gebruikte methode voor de toedeling op het netwerk is de Alles-of-Niets toedeling, die gebaseerd is op de kortste pad methode. Het grootste nadeel van deze methode is dat het geen rekening houdt met de aanwezigheid van andere verkeersdeelnemers en met het feit dat de reistijd afhankelijk is van de verkeersstromen.

De laatste jaren zijn er verschillende ontwikkelingen geweest op vlak van modellering van transport. Door deze ontwikkelingen is er steeds meer nood ontstaan naar meer geavanceerde toedelingsmethodes, die ook meer nauwkeurige resultaten hebben.

1.1.1 Ontwikkelingen op vlak van transport

Sinds de uitvinding van de diesel en benzinemotoren is het aantal motorvoertuigen continu gestegen.

Voor lange tijd werd de oplossing, om om te gaan met de toenemende hoeveelheid verkeer en al de daarmee geassocieerde problemen, gezocht in de uitbreiding van de wegruimte. Het toevoegen van nieuwe wegen en toenemende rijbanen op de bestaande wegen is zeer prijzig en economisch niet haalbaar. Vanuit een economisch en dus politiek standpunt zou de verkeersvraag beperkt moeten worden. Ook vanuit het omgevingsstandpunt, het behouden van een gezonde omgeving, is de altijd groeiende hoeveelheid verkeer, met de daarbij samengaannde uitstoot van uitlaatgassen en de bezetting van het waardevolle landschap, onaanvaardbaar. De vraag naar transport kan verminderd worden door een verbetering van het publieke transport en door het aanmanen van reizigers om te wisselen van transportmodus. Ook worden er mechanismes als rekeningrijden voorgesteld. In dat geval wordt transport gezien als een economisch goed en volgens het zogenaamde prijsmechanisme, zal de vraag naar transport afnemen wanneer de prijs ervan stijgt. Andere mogelijkheden liggen in de promotie van carpoolen, betere ruimtelijke ontwikkeling, etc.

Gegeven een zekere hoeveelheid verkeer en een gelimiteerde uitbreiding van de verkeersruimte, is de enige manier om de groeiende verkeersvraag te beheren, het uitbreiden van de efficiëntie van het bestaande netwerk. Dit is mogelijk omdat analyses van bestaande transportnetwerken hebben aangetoond dat de capaciteit van de wegen verbeterd kan worden met hulp van telematica². Zo zijn er in de loop van de laatste decennia, en met de hulp van een snelle ontwikkeling in de elektronica, zijn er verschillende verkeersmanagement instrumenten ontwikkeld, getest en ingevoerd; o.a. opritmetingen, verkeerssignalisatie, automatische ongevaldetectie, homogeniseren

¹ Thomas, R. (1991), Immers, L.H. & Stada, J.E. (2004)

² Telematics in Traffic and Transport, (1990), SDU, The Hague, ISSN 0921 7371

(maximumsnelheid). Elk van deze instrumenten bevorderen de efficiëntie van het netwerk. De ontwikkelingen in de elektronica hebben ook gezorgd voor enkele andere systemen:

- Uitgebreide monitorsystemen zijn geïnstalleerd naast het netwerk
- Smart-cards maken een makkelijke implementatie van rekeningrijden mogelijk
- Voertuignavigatiesystemen werken met statische data, maar er zijn reeds grote ontwikkelingen naar dynamische data toe.
- Voertuigcontrolesystemen

Voor vele van de hierboven vermelde instrumenten en systemen is er meer inzicht noodzakelijk in het verkeersgedrag. Om het effect van deze instrumenten te bestuderen wordt het gebruik van modellen verkozen. Vooral door de grote impact die sommige instrumenten kunnen hebben op het verkeer en door de kosten die gepaard gaan met de implementatie van de instrumenten.

Naast het bestuderen van de effecten moet er ook rekening gehouden worden met het aspect van het controleren van deze instrumenten. De meeste instrumenten worden lokaal gecontroleerd, gebaseerd op de huidige lokale weg- en verkeerscondities. Maar wanneer het aantal instrumenten stijgt, wordt de controle erover moeilijker, doordat de verschillende instrumenten elkaar beïnvloeden. Om de controle te kunnen bewaren is er nood aan een netwerkgebaseerde controle. Zo is er dus nood aan een verkeersmodel, dat de verkeersontwikkelingen binnen de komende 30 tot 60 minuten voorspelt, en de effecten simuleert van de maatregelen op de verkeersstroom, is dus vereist.

1.1.1.1 Classificatie van de toepassingsvelden

Elk toepassingsveld, dat hierboven vermeld werd, benadert het verkeersprobleem vanuit een ander oogpunt, en dit kan leiden tot verschillende benodigheden voor het model.

Er kunnen vier verschillende categorieën binnen de toepassingsvelden geïdentificeerd worden, elk gekarakteriseerd door hun gebruikers. Voorspellingmodellen op korte termijn kunnen gebruikt worden door:

- transportplanners en verkeersmanagers voor een planning op lange termijn
- verkeersmanagers voor dynamisch verkeersmanagement (en verkeerscontrole)
- transportbedrijven, goederen en personenvervoer, routeplanning
- individuele reizigers, voor routeplanning (en routebegeleiding)

De eerste twee categorieën zijn beiden aanpakken vanuit een management standpunt. Zij handelen hoofdzakelijk over de planning en controle. De laatste twee categorieën handelen vanuit het standpunt van de noden van de individuelen, en zij streven naar een gebruikersoptimum. In dit

geval betreft het hoofdzakelijk de informatiesystemen (IS). Verkeersmanagement kan zowel informatiesystemen gebruiken, als ze voorzien.

Zonder in detail te treden over de benodigdheden van het model, zal elke categorie kort besproken worden.

1.1.1.1.1 Transportplanning en verkeersmanagement

Hier worden de modellen gebruikt om de beste toekomststrategie te bepalen. Modellen op korte termijn kunnen gebruikt worden om het gedrag te testen van een apart netwerk tijdens piekperiodes.

1.1.1.1.2 Dynamisch verkeersmanagement

In tegenstelling tot de planning op lange termijn, is verkeersmanagement belast met de dag op dag controle van het transportsysteem. Het controleren van het stijgende aantal instrumenten langs de wegen is ook één van hun taken. Recente ontwikkeling in de elektronica en de introductie van telematica, hebben geleid tot een Dynamisch VerkeersManagement (DTM). Deze term wordt hoofdzakelijk in Europa gebruikt. In de VS is de naam Advanced Traffic Management Systems (ATMS). De intentie van DTM of ATMS is het controleren van de instrumenten over het hele netwerk met toename van veiligheid en efficiëntie.

Hier kunnen verkeersmodellen op korte termijn gebruikt worden op twee manieren. Ten eerste om het effect van de instrumenten te bestuderen op de efficiëntie van het netwerk. Het model kan gebruikt worden om het effect van verschillende scenario's op de verkeersontwikkeling te voorspellen. Op die manier kan men het beste scenario kiezen wanneer men tot actie moet overgaan. Ten tweede kunnen deze modellen gebruikt worden om een transportsysteem (half)automatisch te controleren.

1.1.1.1.3 Transportbedrijven (vracht- en personenvervoer)

Deze bedrijven zitten in met de reistijden die hun vervoerders spenderen. Door gebruik te maken van modellen, is het mogelijk om de verschillende routes te optimaliseren. Vroeger lag de interesse van deze bedrijven hoofdzakelijk bij het plannen op lange en middellange termijn en het klaarmaken van reisschema's. Nu dat het mogelijk is, door de vooruitgang in de telecommunicatie, om tijdens de ritten contact op te nemen met de chauffeurs, zijn de bedrijven ook geïnteresseerd in het voorspellen op korte termijn. Wel moet in het achterhoofd gehouden worden dat elk transportbedrijf zijn eigen vereisten heeft.

1.1.1.1.4 Reizigers

Een minimale reistijd speelt in de interesse van elke individuele reiziger. Verschillende informatiesystemen worden gebruikt door de reizigers om zijn of haar reis te optimaliseren. Deze informatie kan zowel voor als tijdens de reis gebruikt worden, en kan zowel informatie geven over lokale, regionale of internationale condities. Deze informatie zou bij voorkeur niet enkel de huidige situatie beschrijven, maar ook de situatie in de nabije toekomst.

De ontwikkelingen in deze informatiesystemen zijn beter bekend onder de naam Advanced Traffic Information Systems (ATIS).

Buiten deze informatiesystemen, die werken via radio, televisie, teletekst, telefoon, etc. zijn er ook nog andere apparaten die de bestuurder assisteren. In het verleden was het enkel mogelijk om de weg te vinden doorheen het wegnetwerk met behulp van een wegenkaart. Met de invoer van voertuignavigatiesystemen wordt de bestuurder verlost van deze taak, en maakt het hem mogelijk om een reis beter te plannen en sneller te reageren op bijzondere verkeerssituaties.

De meeste voertuignavigatiesystemen gebruiken nog altijd statische data, maar in de toekomst kunnen zij door het gebruik van radiosignalen of bakens voorzien worden van dynamische informatie. Om deze dynamische informatie commercieel aantrekkelijk te maken moet het betrouwbaar zijn en de juiste informatie verstrekken. De verstrekking van de juiste voorspellingen van de verkeerscondities is de hoofdzorg van de elektrische industrie, die deze apparaten produceert. Om deze informatie te kunnen verstrekken zijn er echter modellen op korte termijn noodzakelijk.

De stap naar routebegeleiding is slechts een kleine stap. Hierbij wordt de informatie voorzien door een verkeersmanager, ook hier moet de informatie uiteraard correct zijn.

Dit soort projecten worden stilaan over heel de wereld geïntroduceerd. In Japan en de VS worden deze projecten gelabeld met de naam IVHS, wat staat voor Intelligent Vehicle Highway Systems. In Europa wordt het RTI genoemd, of Road Traffic Informatics. Beiden zijn ontwikkelingen waar zowel de industrie als de regering in samenwerken.

1.1.2 Evolutie naar activiteitsgebaseerde (AB) Modellen³

Oorspronkelijk focuste het transport planningsbeleid zich op het beheersen van de massieve groei van de voertuigenmobiliteit. De schatting en voorspelling van de vraag naar verkeer en het verkeersgedrag werden behandeld door een normale methodologische aanpak, ook wel het traditionele vierstapsmodel genoemd⁴. Deze aanpak werd meestal gekozen voor zijn geschikte wiskundige berekening en zijn capaciteit om het beleid van infrastructuuruitbreidingen te ondersteunen⁵. Ondanks de verschillende voorspelfouten blijven verbeterde versies van het vierstapsmodel nog steeds in gebruik, dit vooral door hun simpliciteit en het gemak om hen te begrijpen.

Maar door fenomenen zoals congestie, emissie, wisselend landgebruik, etc. en de eerder genoemde ontwikkeling op vlak van transport, zijn regeringen verder op zoek gegaan naar nieuwe beleidsmaatregelen, die deze fenomenen verminderen en controleren, en inspelen op de steeds

³ Janssens, D. (2007)

⁴ Ruiter E.R., Ben-Akiva M.E., (1978)

⁵ Ortuzar en Willumsen, (1995)

verdere ontwikkelingen. Deze beleidsmaatregelen worden ook wel Travel Demand Management (TDM) beleidsmaatregelen genoemd. Hun doel is driedelig⁶:

- Het reisgedrag te veranderen zonder noodzakelijk in grootschalige projecten te belanden.
- Het aanmoedigen van een beter gebruik van de aanwezige transportbronnen.
- Het vermijden van de negatieve gevolgen van de continue groei van de private mobiliteit.

Sinds het begin van de verkeersvraagmodellering werden de meeste voorspellingen gedaan d.m.v. de verschillende bepalingen van de tripgebaseerde vierstaps aanpak: tripgeneratie, tripdistributie, modal split en toedeling van een HB-matrix op het verkeersnetwerk. Terwijl het proces van toedeling van de routekeuze slechts nut heeft in de context van een enkele trip, worden de reisbeslissingen zoals: hoe dikwijls en wanneer men het huis verlaat, waar men naartoe gaat, welk vervoermiddel men gebruikt, voor meerdere trips tegelijkertijd genomen.

Een activiteitsgebaseerde aanpak wordt de laatste jaren gezien als een potentiële vervanger voor de tripgebaseerde aanpak omdat zij de verplaatsingen kunnen analyseren vanuit een theoretisch perspectief, dat rekening houdt met de vraag naar activiteitendeelname, relaties tussen verschillende trips en de interactie tussen de verschillende leden van het huishouden. In de context van het activiteitsgebaseerde kader is de menselijke activiteit een resultaat van acties die gemotiveerd zijn om de behoeften en wensen van het huishouden tevreden te stellen en het vervullen van hun noden en verlangens, om deel te nemen aan die activiteiten.

De overschakeling van het traditionele vierstapsmodel via tourgebaseerde modellen naar een activiteitengebaseerde model heeft natuurlijk tal van voordelen.

Het ideale activiteitsgebaseerde model zou de deelname aan activiteiten moeten overwegen langs een continue tijdsdimensie. Ook moet het rekening houden met tijdsgebruik en het toewijzingsgedrag, waarbij de beperkingen door de ruimtelijke dimensie, de tijdsdimensie en de sociale dimensie expliciet overwogen moeten worden. Verder moet ook de afhankelijkheid van individuen, binnen een gezin, bij het maken van verplaatsingen ingecalculereerd worden.

Deze evolutie op vlak van verkeersmodellering brengt natuurlijk ook aanpassingen op vlak van de toedeling op het netwerk met zich mee. Een activiteitengebaseerd model heeft logischerwijs ook nood aan een gedetailleerdere toedeling. Deze gedetailleerdere toedeling zou een oplossing moeten bieden voor het verloren gaan van informatie bij het aggregeren naar HB-matrices bij een eenvoudige evenwichtstoedeling.

⁶ Krygsman, S. (2004)

1.2 Onderzoeksvragen

1.2.1 **Kernvraag**

De kernvraag van deze thesis is tweedelig. Een eerste kernvraag is gerelateerd aan een literatuurstudie en kan als volgt geformuleerd worden: "Wat zijn momenteel de gebruikte toedelingmethodes in de literatuur van activiteitengebaseerde modellen". Een tweede kernvraag is gelinkt aan een praktijkonderzoek en kan als volgt omschreven worden: " Wat zijn de mogelijkheden van TransCAD om deze toedelingmethodes op Vlaams niveau toe te passen?"

Om een antwoord te kunnen geven op deze kernvraag moeten er eerst enkele deelvragen opgelost worden. De antwoorden op deze deelvragen worden zowel uit een literatuurstudie als uit een praktijkonderzoek gepuurd.

1.2.2 **Deelvragen**

1.2.2.1 Literatuurstudie

De deelvragen die opgelost moeten worden door het uitvoeren van een literatuurstudie zijn de volgende. Hiervoor is het nodig om te beschikken over voldoende en specifiek vakliteratuur.

- "Wat is het belang van verkeerstoedeling?"
- "Wat zijn de soorten van verkeerstoedeling?"
 - Opsplitsing in dynamische en statische verkeerstoedeling
 - Alles of niets toedeling of capacity restraint toedeling (CRT)?
 - Opsplitsing in deterministisch en stochastische verkeerstoedeling
- "Wat zijn de trends in de verkeerstoedeling?"

1.2.2.2 Praktijk

Met de informatie die verkregen wordt uit de literatuurstudie wordt er vervolgens aan de slag gegaan in de praktijk, gebruikmakend van het programma TransCAD. De data, die hiervoor gebruikt zal worden, komt uit de BASmat-database⁷, voor verplaatsingen de met de wagen, en uit een PWO-project⁸ tussen de UHasselt en de Provinciale Hogeschool Limburg (PHL), voor de vrachtwagenverplaatsingen. In de praktijkstudie zullen de verschillende toedelingmethodes uitgevoerd worden en met elkaar worden vergeleken.

⁷ Vlaams Verkeerscentrum, (2008)

⁸ Hendriks Dave, Vangeirt Frank, Ramaekers Katrien en Geert Wets (2008)

1.3 Aanpak

Het verloop van deze thesis is vrij structureel verlopen. Allereerst wordt er gezocht naar voldoende materiaal voor het uitvoeren van een literatuurstudie. Na het uitvoeren van deze literatuurstudie wordt de inhoud hiervan gebruikt om in de praktijk een beeld te vormen van wat nu de best mogelijke toedelingmethode is, om met de beschikbare data, een zo nauwkeurig beeld te vormen van de verkeersintensiteiten op het Vlaamse wegennetwerk. Zo zal er op twee verschillende manieren naar een eindresultaat toegewerkt worden:

- Een sequentiële aanpak, waarbij eerst de vrachtwagens op het netwerk worden toegedeeld en daarna de auto's.
- Een simultane aanpak, waarbij de auto's en vrachtwagens gelijktijdig op het netwerk worden toegedeeld.

Voor deze toedelingen wordt gebruik gemaakt van alle mogelijke toedelingmethodes, die in TransCAD beschikbaar zijn, naderhand worden de resultaten afzonderlijk besproken en zal er een onderlinge vergelijking plaatsvinden op basis van actuele tellingen van AWV.

Tot slot zal er ook nog gekeken worden naar wat een uitbreiding naar meerdere klassen als gevolg kan hebben op het resultaat van de toedeling.

1.4 Structuur van de tekst

Vermits verkeerstoedeling het sleutelbegrip is van deze studie, wordt in *hoofdstuk 2* een algemeen kader geschetst van wat een verkeerstoedeling nu juist is. Hierin komt men verder ook te weten waarvoor de verkeerstoedeling juist gebruikt wordt en welke input er nodig is om een verkeerstoedeling uit te voeren.

Om de lezer nog een beter beeld te geven van de verschillende verkeerstoedelingmethodes, wordt er in *hoofdstuk 3* een overzicht gevormd van alle verschillende toedelingmethodes. Hierbij is het vooral de opsplitsing in statische en dynamische toedelingsmodellen die uitgebreid zal besproken worden.

In *hoofdstuk 4* wordt beschreven op welke manier sommige toedelingmethodes rekening houden met het feit dat de reistijd op een link afhankelijk is van de verkeersstroom.

Hoofdstuk 5 staat volledig in het teken van het toedelen van meerdere modi en klassen. De zogenaamde MMA (Multimodal, Multi-class Assignment) zal hier uitgelegd worden.

Omdat het praktijkgedeelte behandeld zal worden door middel van het softwarepakket TransCAD, staat *hoofdstuk 6* volledig in het teken van de mogelijkheden en beperkingen van dit softwarepakket. Al de mogelijke toedelingmethodes, zowel de gewone als de meer geavanceerde, zullen kort besproken worden.

Al de bekomen informatie uit voorgaande hoofdstukken zal in *hoofdstuk 7* gebruikt worden om het praktijkprobleem op te lossen. Hier zullen de verschillende methodes met elkaar vergeleken worden op basis van tellingen van de Vlaamse overheid (Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer, Wegen en Verkeer Limburg).

Tot slot wordt er in *hoofdstuk 8* een conclusie gemaakt van zowel de literatuur- als de praktijkstudie.

2 DE VERKEERSTOEDELING

Zoals de titel al weergeeft draait deze thesis rond de toedeling op het netwerk. Na het lezen van dit hoofdstuk zal de lezer een beeld kunnen vormen van wat een verkeerstoedeling nu juist is en waarvoor het in de praktijk gebruikt kan worden.

De toedeling op het netwerk is een belangrijke component van het traditionele sequentiële geaggregeerde vierstaps verkeersmodel.⁹ Het traditionele verkeersmodel bestaat uit de volgende submodellen:

- Een productiemodel beschrijft het aantal verplaatsingen dat gegenereerd wordt in een zone als functie van een aantal persoonlijke kenmerken en kenmerken van de omgeving.
- Een distributiemodel dat de verplaatsingen met een herkomst in een bepaalde zone i , berekend in het productiemodel, verdeelt over de mogelijke bestemmingen j . Resulteert in HB-tabellen.
- Vervoerswijzekeuzemodel waarin berekend wordt welke vervoerswijze de reizigers gebruiken als functie van persoonskenmerken en van de in aanmerking komende vervoerswijzen. Deze berekende verdeling over de verschillende vervoerswijzen wordt "modal split" genoemd. Resulteert in een verdere verdeling van de HB-tabellen naar vervoerswijzen.
- Een toedelingsmodel waarmee de gegevens uit de herkomst-bestemmingstabellen worden vertaald naar stromen op de schakels van de netwerken voor de verschillende vervoerswijzen.

Het transportaanbod, gerealiseerd door het wegennetwerk, wordt voorgesteld door een verkeerssimulatiemodel, dat de mogelijkheid heeft om de staat van het verkeer op verschillende links in het netwerk te simuleren. Het evenwicht tussen het transportaanbod en de transportvraag wordt bekomen door het toewijzen van de verkeersvraag aan het transportnetwerk. Hiervoor wordt een verkeerstoedelingsalgoritme gebruikt (Wardrop 1952; Van Vliet, 1987; Wang et al 2003).

Het proces van het toekennen van de gegeven reeks van verplaatsingen op het transportsysteem wordt meestal gerefereerd als "Verkeerstoedeling".

2.1 Gebruik van de toedeling¹⁰

Vooraleer verder te kijken naar de verschillende aspecten van de verkeerstoedeling is het de moeite waard om te kijken naar de doelen en gebruiken van de verkeerstoedeling.

⁹ Thomas, R. (1991), Immers, L.H. & Stada, J.E. (2004)

¹⁰ Thomas, R. (1991), Ortuzar en Willumsen (1995), Sheffi, Y. (1985)

Het hoofddoel van het verkeerstoedelingsproces is om op het transportnetwerk het patroon van de voertuigbewegingen te reproduceren, die geobserveerd zouden worden wanneer er aan de verkeersvraag, voorgesteld door de verplaatsingsmatrix of -matrices, voldaan wordt. In de vierde fase van het schattingsproces van het traditionele vierstapsmodel zijn de tweehoofddoelen van de verkeerstoedelingsprocedures de volgende:

- het schatten van het verkeersvolume op de netwerklinten en waar mogelijk de draaibewegingen op kruispunten
- het leveren van schattingen van de reiskosten tussen de herkomst en bestemmingsparen voor het gebruik in de trip distributie en de keuze van de vervoersmodus.

De procedures kunnen gebruikt worden om het patroon van de verkeersstromen te analyseren door:

- de routes tussen alle HB-paren te bepalen
- de bronnen van de verkeersstromen op alle wegsegmenten te bepalen eg. Het voorzien van een lijst van de HB bewegingen en/of de tripdoelen die bijdragen aan de stroom op de verschillende secties
- het isoleren van een klein deel van het studiegebied
- het afbakenen van extern en doorgaand verkeer zodat de stromen op het subnetwerk binnen het de grenzen in detail bestudeerd kunnen worden (cordon/area isolation)
- het voorspellen en analyseren van linkstromen en de draaibewegingen op kruispunten
- het voorzien van gegevens voor een visuele weergave van de karakteristieken van de netwerkstromen

Bovenstaande output van verkeerstoedelingsprocedures vergemakkelijken:

- de beoordeling van de tekortkomingen van de bestaande transportsystemen door de tripmatrices van het huidige moment toe te delen op het bestaande systeem
- de evaluatie van het effect van beperkte verbeteringen aan het netwerk eg. verkeersmanagementsystemen, of door het toedelen van huidige en of geschatte toekomstige HB-matrices op het gewijzigde netwerk
- de ontwikkeling van bouweenheden door het toedelen van tripveronderstellingen op een reeks van punten in de tijd
- het testen van voorstellen van alternatieve transportsystemen
- het voorzien van volumes en draaibewegingen op het "ontwerpbaar"
- de beoordeling van verschillende reiskarakteristieken op het netwerk eg. het aantal gemaakte stops, tijd gespendeerd in een wachtrij, brandstofverbruik,...

- alle aspecten van de evaluatie van het transportsysteem, eg. operationele evaluatie in termen van totale afgelegde afstand of reistijd per dag, omgevingsevaluatie door het leveren van verkeersstroom gegevens voor de geluidsschatting en economische evaluatie door het leveren van gegevens van de reiskost.

Tot slot moet opgemerkt worden dat de verkeerstoedeling de enige stap is in het traditionele verkeersmodel dat onmiddellijk rekening houdt met de capaciteit van het transportnetwerk. Het is ook de enige stap waarvan de output van het vraagmodel onmiddellijk gecontroleerd kan worden, eg. door het vergelijken van geschatte en geobserveerde stromen op elk deel van het transportsysteem.

2.2 Input van de toedeling¹¹

2.2.1 Zones en netwerken

Een verkeersmodel heeft betrekking op een bepaald studiegebied. Verplaatsingen in dit studiegebied kunnen in principe op elk adres beginnen en eindigen, en de reizigers kunnen daarbij gebruik maken van alle wegen, straten en andere transportmogelijkheden. Het is echter onmogelijk gegevens op basis van individuele gegevens te verzamelen en te analyseren. Een schematisering van de werkelijkheid is noodzakelijk. Deze schematisering omvat de volgende onderdelen:

- Gebiedsindeling

Het studiegebied wordt ingedeeld in een aantal zones, waarbij de verplaatsingen van en naar deze zones bestudeerd worden. Alle verplaatsingen worden geacht te beginnen en eindigen in een denkbeeldig punt binnen deze zone, zwaartepunt of centroïde geheten.

- Netwerken

Het transportsysteem bestaat uit een aantal netwerken, die de beschikbare vervoersmodaliteiten voorstellen. Het netwerk is een abstractie van de werkelijkheid, het detailniveau van de voorstelling is afhankelijk van het op te lossen probleem.

Omdat de schematisering van het studiegebied in zones en netwerken sterk afhankelijk is van het op te lossen probleem is het niet mogelijk daarvoor strikte regels aan te geven.

2.2.1.1 Gebiedsindeling

Er is een onderscheid tussen het studiegebied en het invloedsgebied. Zowel het studiegebied als het invloedsgebied worden verdeeld in zones, respectievelijk interne en externe zones geheten.

¹¹ Thomas, R. (1991) , Ortuzar en Willumsen (1995), Sheffi, Y. (1985) , Immers, L.H. & Stada, J.E. (2004)

Voor het studiegebied worden de verkeersstromen onderzocht van en naar elke zone. Voor het invloedsgebied zijn alleen de stromen van belang die hun herkomst of bestemming binnen het studiegebied hebben. Van de stromen tussen twee externe zones worden slechts de stromen bekeken die het studiegebied doorkruisen.



Figuur 1: Gebiedsindeling op niveau van deelgemeenten¹²

Belangrijke parameters voor de gebiedsindeling zijn het aantal toe te passen zones en de omvang ervan. Elke zone heeft een fictief punt, meestal in het zwaartepunt van de zone gelegen. Dit punt wordt gebruikt als vertrek- en aankomstplaats van alle verplaatsingen in een toedelingsmodel. Dit punt, centroïde geheten, is via connectoren met het netwerk verbonden. De verplaatsingen tussen twee zones, het interzonale verkeer, wikkelen zich af op het netwerk. Het verkeer dat binnen de zone blijft, het intrazonale verkeer, heeft zijn vertrek- en aankomstpunt in dezelfde zwaartepunt en wordt niet geanalyseerd.

Hoe groter een zone is, hoe meer interzonaal verkeer er is, en hoe minder verkeer er op het netwerk komt. Om zoveel mogelijk verkeer te analyseren is het dus nodig om te opteren voor niet te grote zones. Anderzijds kunnen de zones ook niet te klein worden gekozen. Kleine zones vereisen immers veel invoergegevens. Dit verhoogt niet alleen de kosten van de studie, maar bemoeilijkt de interpretatie van de resultaten en verhoogt de kans op het maken van fouten.

¹² Eigen bron

De zones dienen ongeveer gelijkwaardig in omvang te zijn voor wat betreft de verkeersproductie. Bovendien dient er gestreefd te worden naar homogeniteit ten aanzien van de determinanten van de verkeersproductie en attractie. Omdat het grondgebruik in grote mate de verkeersproductie en attractie bepalen, betekent dit dat men moet trachten de zones zodanig in te delen dat er zoveel mogelijk sprake is van een homogeen grondgebruik binnen de zone.

De zonegrenzen dienen zoveel mogelijk samen te vallen met de grenzen van administratieve eenheden, waarbij gedacht kan worden aan districten zoals gebruikt door het NIS, kiesdistricten, gemeenten, deelgemeenten, arrondissementen of provincies. Een dergelijke gebiedsindeling vergemakkelijkt het verkrijgen van sociaaleconomische gegevens. Men zal zonegrenzen ook proberen te laten samenvallen met natuurlijke barrières in het gebied zoals rivieren, kanalen, spoorwegen enz. Omdat deze natuurlijke barrières slechts op een beperkt aantal punten kunnen worden gepasseerd, vergemakkelijkt dit het vergelijken van de modelresultaten met tellingen in het veld. De vorm van de zones zal bij voorkeur zo compact mogelijk zijn om de fouten bij het berekenen van afstanden zoveel mogelijk te beperken.

Voor de zone-indeling van het invloedsgebied geldt dat de omvang van de zones toeneemt als functie van de afstand tot het studiegebied. Omdat de meeste verplaatsingen zich over een relatief kleine afstand afspelen, zullen de relevante verplaatsingen tussen het invloedsgebied en het studiegebied snel in omvang afnemen naarmate de afstand groter wordt.

Meestal volstaat één zone-indeling voor alle stappen in het traditionele verkeersmodel. In sommige gevallen wordt hiervan af geweken als beschikbare tijd en fondsen dit mogelijk maken. Het blijkt bijvoorbeeld dat een adequate modellering van het openbaar vervoer baat kan hebben bij een grotere detaillering van het studiegebied.

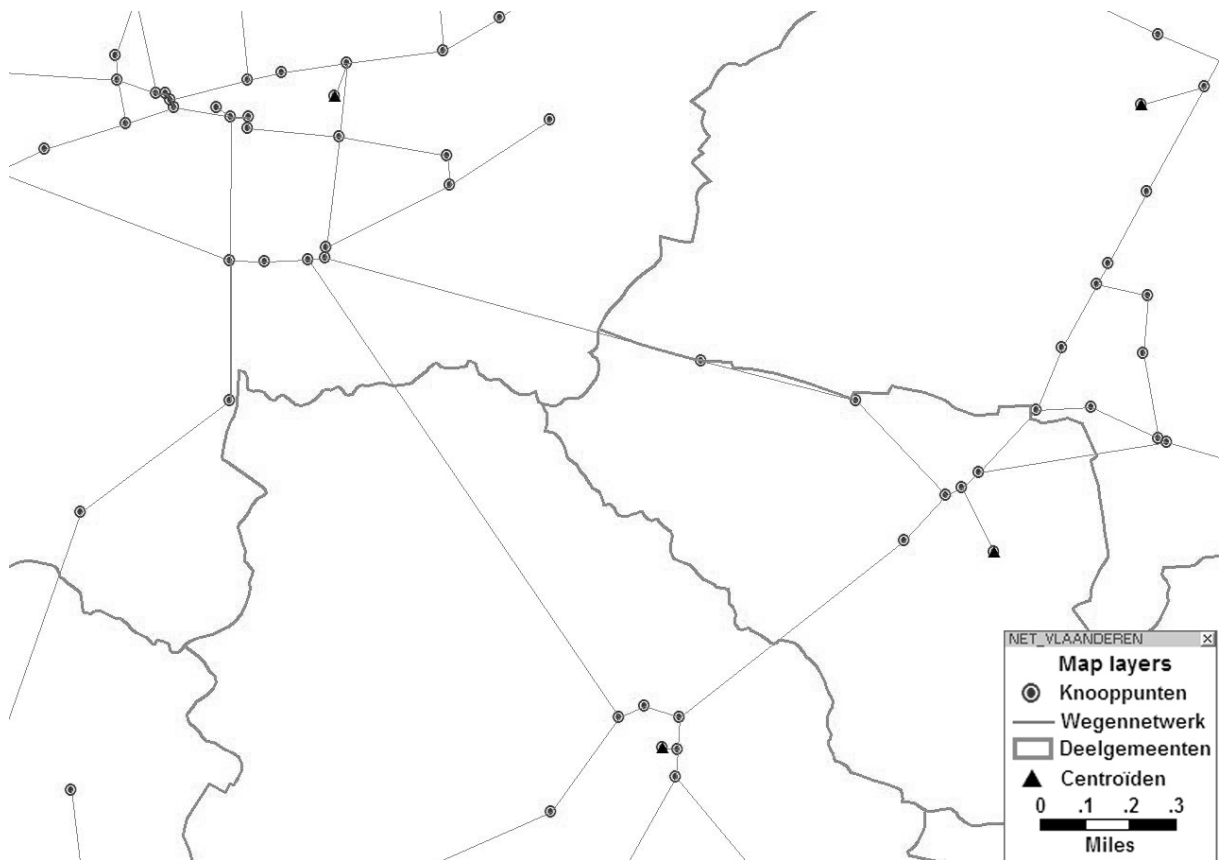
2.2.1.2 Netwerken

Het transportsysteem wordt voorgesteld door een netwerk, bestaande uit knooppunten en schakels die de knooppunten met elkaar verbinden. Het netwerkmodel is een vereenvoudigde weergave van het werkelijke netwerk. Men gebruikt het netwerkmodel voor het berekenen van de reistijden tussen herkomsten en bestemmingen. Daarnaast kunnen de berekende resultaten van het verkeersmodel op het netwerk grafisch worden weergegeven.

Bij modaliteiten als auto, fietsen en lopen zijn de modelnetwerken directe afgeleiden van het fysieke netwerk, de schakels van het netwerk stellen de verbindingswegen voor, de knooppunten van het netwerk zijn de kruispunten. Ook worden knooppunten in het modelnetwerk gebruikt om wijzigingen in wegtype en de plaats van bijv. bruggen en andere specifieke infrastructurele voorzieningen te markeren.

Eigenschappen (of attributen) die het netwerk karakteriseren worden toegekend aan de schakels. Voorbeelden van schakeleigenschappen zijn lengte, snelheid, reistijd, capaciteit enz. Aan de knooppunten van het modelnetwerk worden geen eigenschappen toegekend. Speciale

eigenschappen van kruispunten, zoals lange wachttijden voor sommige afslagen of het verboden zijn van bepaalde afslagen, kunnen door toevoeging van extra (dummy)schakels worden gemodelleerd.



Figuur 2: Zone-indeling met wegennetwerk, knooppunten en centroiden¹³

Vroeger was het gebruikelijk om te werken met verschillende netwerken voor de verschillende vervoersmodaliteiten. Dit betekent dat men impliciet veronderstelde dat een verplaatsing zich slechts via één vervoerswijze afwikkelt. Er bestaat echter een tendens om over te gaan op de toepassing van zogenaamde multimodale netwerkmodellen. Hierbij zijn de netwerken voor de verschillende vervoerswijzen onderling met elkaar verbonden via overstapschakels.

Dit betekent bijvoorbeeld dat een verplaatsing die bestaat uit een autorit naar het station gevolgd door een reis per trein, goed kan worden gemodelleerd.

Zoals bij de bespreking van de gebiedsindeling reeds werd opgemerkt, heeft elke zone een centroïde. De centroïdes zijn knooppunten waar het verkeer van de betreffende zone het netwerk opkomt of verlaat. Elke zwaartepunt is met de rest van het netwerk verbonden door één of meer connectoren. De connectoren zijn een schematisering van het lokale stratenpatroon binnen een zone. Slechts het verkeer afkomstig uit de betreffende zone kan er gebruik van maken. Doorgaand

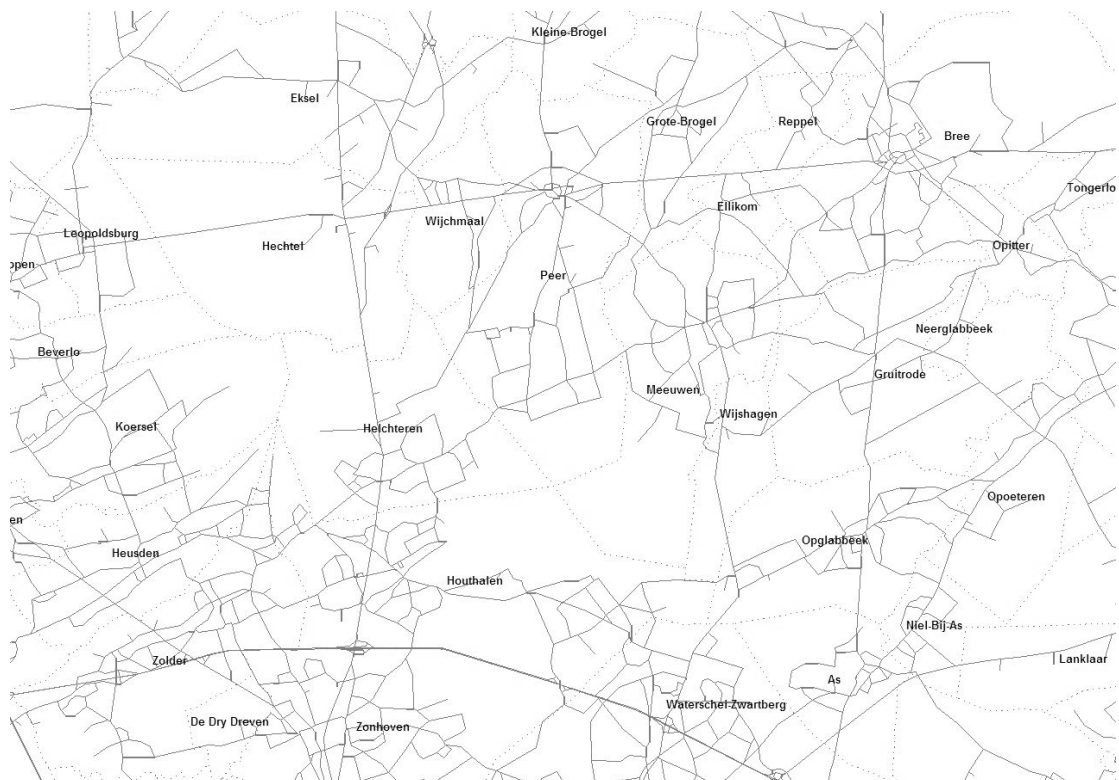
¹³ Eigen bron

verkeer tussen twee andere zones wordt niet geacht gebruik te maken van de connectoren van een tussengelegen zone. Er moet voor gezorgd worden dat de connectoren zodanig op het netwerk worden aangesloten dat de werkelijke situatie zo goed mogelijk wordt nagebootst.

Een modelnetwerk is een gericht netwerk, dat wil zeggen dat er aan elke schakel een richting is toegekend. Een weg waarop in beide richtingen verkeer mogelijk is wordt dus weergegeven door twee schakels. Ook als men in sommige computermodellen in dergelijke gevallen slechts één schakel op het beeldscherm ziet, is de weg intern door twee netwerkschakels voorgesteld.

Normaal is het niet noodzakelijk om in het model het fysieke netwerk tot in het fijnste detail weer te geven. Grote netwerken vragen veel invoergegevens en zijn daarom duur. Bovendien neemt de kans op het maken van fouten toe. Het berekenen van optimale routes vergt bij grote netwerken veel rekentijd. De rekentijd neemt toe met een macht tussen twee en drie van het aantal knooppunten.

Het wegennetwerk kent een functionele classificatie. Men onderscheidt bijv. autosnelwegen, hoofdwegen, secundaire of verbindingswegen, lokale wegen en woonstraten. Het wordt aangeraden in het model die schakels weer te geven die één niveau lager liggen dan het niveau waarin men is geïnteresseerd. Wenst men bijvoorbeeld een studie te maken van het autosnelwegennet, dan neemt men de hoofdwegen ook in het netwerkmodel op.



Figuur 3: Wegennetwerk¹⁴

¹⁴ Eigen bron

3 VERSCHILLENDE SOORTEN TOEDELINGEN

In dit hoofdstuk wordt er getracht om voor de lezer een beeld te vormen over welke verschillende soorten toedelingmethodes er bestaan. Hierbij zal vooral de nadruk gelegd worden op de opsplitsing in statische en dynamische toedelingsmethodes.

Zoals eerder al aangehaald bestaat het traditionele verkeersmodel¹⁵ uit de volgende submodellen:

- Een productiemodel
- Een distributiemodel
- Een vervoerswijzekeuzemodel
- Een toedelingsmodel

Bij toedelingsmodellen gaat het vooral om de routekeuze. Het ligt voor de hand om te veronderstellen dat een reiziger in principe de kortste route naar zijn bestemming zal kiezen. Daarom spelen bij toedelingsmodellen algoritmes voor het vinden van de kortste route in een netwerk een belangrijke rol.

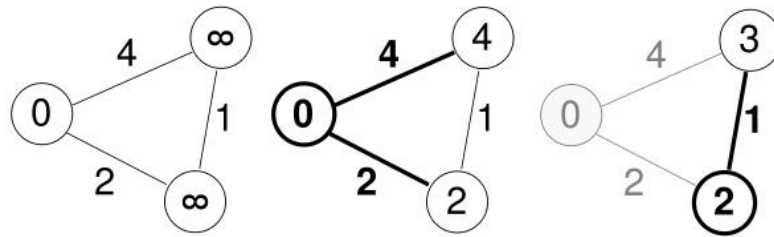
Bij de meeste toedelingsmodellen moet veelvuldig de kortste route (ook wel het kortste pad) in het netwerk bepaald worden tussen een herkomst en een bestemming. Er bestaan veel kortste pad algoritmen. (Dijkstra, Bellman-Ford, Floyd-Warshall, Johnson,...) De meest bekendste en toegepaste is het algoritme van Dijkstra. Het algoritme van Dijkstra is een graafalgoritme¹⁶ beschreven door Edger Dijkstra in 1959¹⁷. Gegeven een gerichte graaf G waarin de afstand tussen ieder tweetal verbonden punten van G ten minste 0 bedraagt, rekent het algoritme voor een bepaalde beginknoop $g_b \in G$ de kortste afstand uit tot alle punten van G . Buiten zijn toepassingen bij de verkeersmodellering, wordt het algoritme van Dijkstra ook gebruikt bij routenavigatiesystemen en telecommunicatie.

¹⁵ Thomas, R. (1991), Immers, L.H. & Stada, J.E. (2004)

¹⁶ De grafentheorie is een tak van wiskunde die de eigenschappen van grafen bestudeert.

Een graaf bestaat uit een verzameling punten, knopen genoemd, waarvan sommige verbonden zijn door lijnen, de zijden, kanten of takken. Afhankelijk van de toepassing kunnen de lijnen gericht zijn, dan worden ze ook wel pijlen genoemd, men spreekt dan van een gerichte graaf (of digraaf). Ook worden wel gewichten aan de lijnen toegekend door middel van getallen, deze stellen dan bijvoorbeeld de afstand tussen twee punten voor. Een graaf met gewichten noemt men een gewogen graaf.

¹⁷ E. W. Dijkstra, (1959)



Figuur 4: Algoritme van Dijkstra

3.1 Classificatie van toedelingsmodellen¹⁸

De vraag naar vervoer, gegeven als verplaatsingen in een HB-tabel, varieert in de tijd. Ook de netwerkeigenschappen kunnen, al dan niet als een functie van de vervoersvraag, in de tijd variëren. Toedelingsmodellen kunnen allereerst worden ingedeeld worden naar de behandeling van dit tijdsaspect:

- Statische toedelingsmodellen nemen aan dat de vervoersvraag en -aanbod tijdsafhankelijk zijn. De vervoersstromen in het netwerk die men uitrekenet met deze statische modellen variëren dus ook niet in de tijd en zijn in feite de stromen die zouden ontstaan indien de verkeersvraag lang genoeg constant zou blijven. Men drukt dit wel uit door te zeggen dat het verkeer aan de gehele route tussen herkomst en bestemming wordt toegedeeld. Er wordt dus voornamelijk gekeken naar wat de kortste en/of snelste route is, afhankelijk van de reistijd. Er wordt geen gebruik gemaakt van de invloeden van congestie op het verkeersnetwerk ook wordt er bij filevorming geen rekening gehouden met sluiptwegen die eventueel aantrekkelijker worden dan de hoofdroute.

Andere namen die voor statische modellen worden gebruikt zijn steady-state of 2-dimensionale (2D) modellen. Een steady-state of eenparige stroom is een stroom die in de tijd niet verandert. De term 2D duidt erop dat een toedeling plaatsvindt in het ruimtelijke 2-dimensionale vlak van het netwerk, en dat de dimensie tijd niet in de beschouwingen wordt betrokken.

- Dynamische toedelingsmodellen houden wel rekening met een variatie in de vervoersvraag en de eventueel variërende eigenschappen van het netwerk. Het dynamisch proces houdt dus rekening met het feit dat het verkeer kan variëren gedurende de tijd, die de reiziger nodig heeft om te reizen langs zijn of haar route. Dit resulteert in een meer realistisch model, waarvan het taakalgoritme wel intensiever is. Dynamische modellen worden ook wel 3D of 3-dimensionale modellen genoemd.

¹⁸ Sheffi, Y. (1985) , Immers, L.H. & Stada, J.E. (2004), Van Grol, H.J.M, (1992)

3.2 Statische toedelingsmodellen ¹⁹

De eenvoudigste toedelingsmethode is het Alles-of-Niets(AON) toedelingsmodel. Bij deze methode worden alle verplaatsingen aan één route toegedeeld, namelijk de kortste route. Er wordt geen rekening gehouden met veranderingen in de weerstand onder invloed van de belasting van het netwerk. Er wordt bij dit model verondersteld dat elke verkeersdeelnemer volledige kennis heeft van de weerstanden van alle mogelijke routes en ze op dezelfde wijze beoordeelt.

In werkelijkheid ziet men dat meerdere routes tussen een herkomst en bestemming worden gebruikt, ook als het netwerk niet zwaar belast is. De reden is dat niet elke verkeersdeelnemer volledig op de hoogte is van alle weerstanden in het netwerk. Bovendien worden de weerstanden van de schakels door verschillende verkeersdeelnemers verschillend beoordeeld.

Men kan dit effect in rekening brengen door aan te nemen dat er sprake is van een kansverdeling in de perceptie van weerstanden in de populatie van verkeersdeelnemers. Dit leidt tot de groep van stochastische toedelingsmodellen. Er wordt rekening gehouden met onvolledige en variërende kennis van de verkeersdeelnemers van de weerstanden in het netwerk. Men kan dit op twee manieren doen. De eerste methode maakt gebruik van theoretische kanscurves om het verkeer over alternatieve routes te leiden; de tweede maakt gebruik van simulatie.

Evenals bij de AON methode wordt bij de bovengenoemde stochastische modellen geen rekening gehouden met veranderingen in de weerstanden onder invloed van overbelasting van het netwerk (congestie).

Modellen die wel rekening houden met de verandering in de weerstand van een schakel als gevolg van de verkeersbelasting heten evenwichtsmodellen. Een evenwichtsmodel wordt gebruikt voor het maken van toedelingen in wegennetwerken met congestie. Het belangrijkste kenmerk is dat de weerstand (meer in het bijzonder de tijdcomponent in de weerstand) van een schakel een functie is van de verkeersbelasting. Als de belasting op de schakels die oorspronkelijk de kortste route vormden toeneemt, zal het verkeer alternatieve routes zoeken. Uiteindelijk zal een evenwicht ontstaan waarbij geen enkele verkeersdeelnemer door individuele actie zijn reistijd kan verbeteren door een andere route te kiezen. Met individuele actie wordt bedoeld: zonder overleg, samenwerking of afspraken met anderen. Het is dit evenwicht, geformuleerd door Wardrop in 1952 (1^{ste} principe van Wardrop²⁰), dat evenwichtsmodellen trachten te berekenen.

Tenslotte is er een combinatie mogelijk van het stochastische toedelingsmodel en het evenwichtsmodel. Stochastische evenwichtsmodellen verdisconteren zowel het effect van congestie als de verschillen in weerstandsperceptie van de verkeersdeelnemers.

¹⁹ Thomas, R. (1991), Ortuzar en Willumsen (1995), Sheffi, Y. (1985), Immers, L.H. & Stada, J.E. (2004), Van Grol, H.J.M, (1992)

²⁰ Wardrop, J. G., (1952)

Tabel 1: Classificatie statische toedelingsmodellen

		Stochastische effecten beschouwen?	
		nee	ja
capaciteits- effecten beschouwen?	nee	Alles-of-Niets toedeling	stochastische toedeling
	ja	evenwichtstoedeling	stochastische evenwichtstoedeling

3.2.1 Alles-of-Niets toedeling²¹

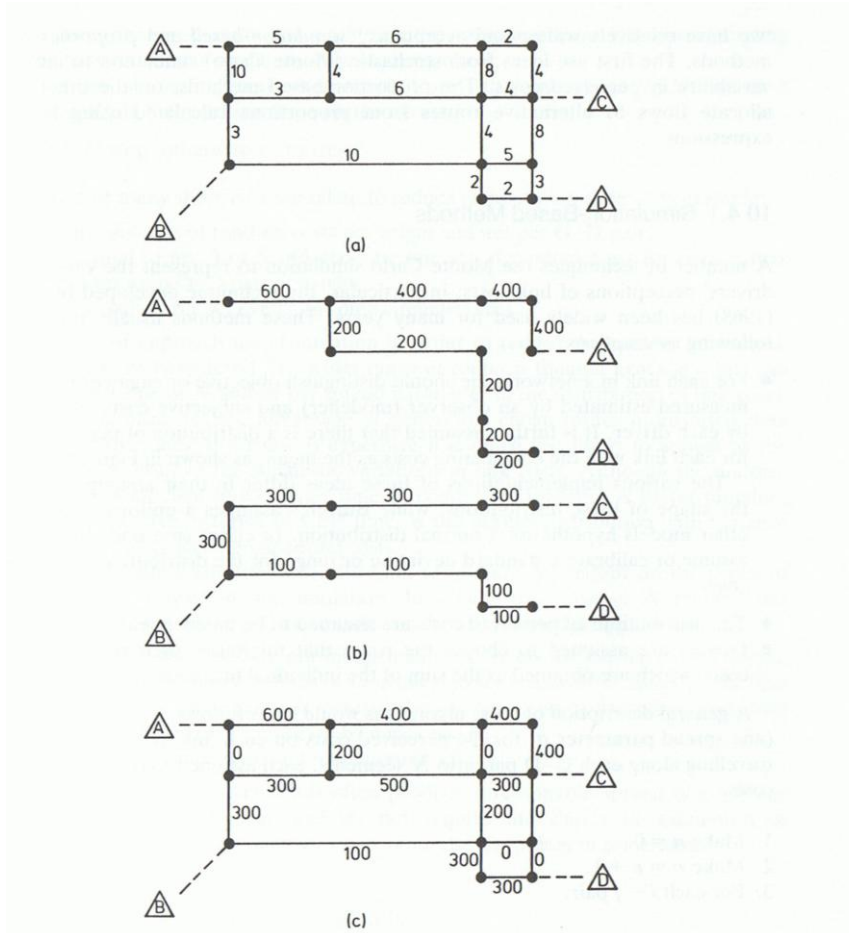
Bij de AON toedeling gaat de bestuurder altijd voor de kortste route die mogelijk is met de schakels die in het verkeersnetwerk aanwezig zijn. Hierbij is het mogelijk dat bepaalde schakels korter zijn, maar dat het toch langer duurt om deze te doorkruisen. Dit kan bijvoorbeeld komen door een beperkte snelheid ten opzichte van een andere schakel. Het is een vrij simpele toedeling waardoor het netwerk niet optimaal kan functioneren. Deze toedelingsmethode is vooral toepasbaar wanneer er weinig routealternatieven zijn. De AON toedeling werkt met het kortste pad algoritme van Dijkstra. Onderstaande figuur geeft een voorbeeld.

Het eerste deel van de figuur toont het netwerk met de weerstanden langs de schakels. De HB-tabel die aan dit netwerk moet worden toegedeeld is de volgende:

	C	D
A	400	200
B	300	100

De verplaatsingen in de HB-tabel worden per relatie achtereenvolgens toegedeeld aan de kortste route voor die relatie. Ritten die op dezelfde schakel van het netwerk terechtkomen worden bij elkaar opgeteld. In het tweede deel van de figuur staan de kortste routebomen uit de knooppunten A en B aangegeven, met de toegedeelde verplaatsingen. Het derde deel van de figuur toont het eindresultaat van de toedeling

²¹ Thomas, R. (1991), Ortuzar en Willumsen (1995), Sheffi, Y. (1985)



Figuur 5: Voorbeeld AON toedeling²²

De AON toedeling kan redelijk goede resultaten geven in een netwerk zonder congestie, met weinig alternatieve routes tussen een herkomst en een bestemming en waarbij dit laag aantal alternatieve routes bovendien onderling sterk verschillen in weerstand. De belangrijkste functie van een AON toedeling is dat het een bouwsteen is in de meer geavanceerde toedelingsmethodes.

3.2.2 Stochastische toedeling²³

Stel dat er een groep reizigers zich wil verplaatsen van een gegeven herkomst naar een gegeven bestemming. Om deze verplaatsing te maken is er een groot aantal verschillende routes mogelijk, waaruit zij kunnen kiezen. Elke route wordt gekenmerkt door een bepaalde totale weerstand die objectief te meten is. Bij een AON toedeling wordt verondersteld dat iedereen de objectief kortste route zal nemen. Maar door verschillen in waarneming, kennis en andere factoren zal er binnen de groep een spreiding zijn in de beoordeling van de verschillende weerstanden. Het gevolg is dat er eveneens een spreiding zal optreden in de gevolgde routes. Het is dit effect dat een stochastische

²² J. de D. Ortuzar & L.G. Willumsen (1995)

²³ Thomas, R. (1991), Ortuzar en Willumsen (1995), Sheffi, Y. (1985), Immers, L.H., Sada, J.E. (2004)

toedeling in rekening probeert te brengen. Er zijn in principe twee groepen methodes waarmee dit gedaan kan worden.

3.2.2.1 Stochastische toedelingsmodellen met theoretische verdelingsfuncties.

Deze methodes gebruiken een theoretisch kansmodel, zoals bijvoorbeeld een logitmodel, om de reizigers over de alternatieve routes te verdelen. Er zijn een aantal problemen aan deze methodes verbonden.

Een eerste probleem betreft de definitie van de alternatieve routes. Bij realistische netwerken is het aantal verschillende routes tussen een herkomst en een bestemming over het algemeen zeer groot. Het is praktisch niet mogelijk al deze alternatieven bij een theoretisch kansmodel in beschouwing te nemen. Bij sommige van de onderhevige methodes tracht men dan ook de zogenaamde "redelijke" routes te bepalen. Hiervoor zijn er opnieuw een aantal methodes waarop dit gedaan kan worden. Zo is het mogelijk om niet alleen de kortste route bepalen, maar ook de op één na kortste, de op twee na kortste enz. Ook kan men een redelijke route bepalen door hem te definiëren als een opeenvolging van knooppunten, waarbij elk volgend knooppunt verder weg ligt van de herkomst en dichterbij de bestemming. Buiten het feit dat deze methodes nogal willekeurig zijn, zijn de benodigde algoritmes ook nog eens vrij complex.

Een tweede probleem is dat de methodes die steunen op theoretische kansmodellen gevoelig zijn voor de wijze waarop het netwerk is gedefinieerd. Bij de afleiding van het logitmodel werden identieke stoortermen, met dezelfde variantie en onafhankelijkheid van de stoortermen onderling, verondersteld. Maar wanneer hieraan niet voldaan kan worden leidt de toepassing van het logitmodel tot onjuiste resultaten.

Vanwege de eerder vermelde problemen wordt de stochastische toedeling op basis van theoretische kanscurves niet veel meer toegepast.

3.2.2.2 Stochastische toedelingsmodellen gebaseerd op simulatie

Deze modellen hebben als belangrijkste kenmerk dat de weerstand van een schakel door loting (Monte Carlo simulatie) wordt bepaald. De beperkte kennis van de verkeersdeelnemers van het verkeerssysteem kan gemodelleerd worden door de schakelweerstand als stochastische grootheden te definiëren.

$$C_a = c_a + \varepsilon_a$$

De subjectieve weerstand C_a van een schakel is een stochastische variabele en is gelijk aan de objectief meetbare weerstand vermeerderd met een stochastische stoorterm.

De gemiddelde waarde van de stoorterm is 0, zodat de objectief meetbare weerstand, de gemiddelde waarde is van de subjectieve weerstand.

De objectieve weerstand kan geïnterpreteerd worden als de weerstand die eerder gebruikt werd in de AON toedelingmethode. Voor de vorm van de kansverdelingen van de stoortermen wordt vaak een normale verdeling genomen. Belangrijker dan de vorm van de kansverdeling is echter de specificatie van de variantie van de stoorterm. Om ervoor te zorgen dat de variantie op routeniveau onafhankelijk is van de netwerkcodering is het noodzakelijk dat de variantie evenredig is met de schakelweerstand, ofwel de spreiding evenredig met de wortel uit de schakelweerstand.

3.2.2.3 Algoritme voor de stochastische toedeling

Het algoritme voor de stochastische toedeling, op basis van simulatie komt nu op het volgende neer. Aan de hand van bovenstaande gegevens wordt er, met behulp van een toevalsgenerator, een subjectieve schakelweerstand geloot voor elke schakel van het netwerk. Op het ontstane netwerk met subjectieve schakelweerstand wordt een AON toedeling uitgevoerd. Dit proces wordt een aantal keren herhaald. Vanwege het kanselement zullen de kortste routes door het netwerk bij elke trekking variëren, waardoor er een spreiding van de verkeersstromen over een aantal routes ontstaat. De gewenste stochastische toedeling wordt verkregen door het gemiddelde te nemen van een aantal uitgevoerde AON toedelingen.

Men kan het aantal iteraties op een, op voorhand gekozen, getal N vastleggen. Dit door na elke loting van de subjectieve schakelweerstand, $1/N$ van het totale verkeersvolume uit de HB-tabel, via een AON toedeling aan het netwerk toe te delen en vervolgens de verkregen toedelingen bij elkaar op te tellen.

Men kan dit echter beter oplossen door een algoritme²⁴ uit te voeren, waarbij na elke loting van de subjectieve schakelweerstand het gemiddelde genomen wordt van de tot dan toe verkregen AON toedelingen van de gehele HB-tabel. Dit proces wordt herhaald totdat aan een stopcriterium is voldaan. Het stopcriterium kan bijvoorbeeld zijn dat de na een iteratie verkregen stromen niet noemenswaardig meer afwijken van de in de vorige iteratie berekende stromen. Men zegt dan dat convergentie bereikt is.

3.2.3 Evenwichtstoedeling²⁵

Eerder werden de verschillen tussen individuele weggebruikers in rekening gebracht door een stochastische toedeling. Hiermee kan verklaard worden waarom weggebruikers verschillende routes kiezen in overigens gelijke omstandigheden. Dat komt omdat niet iedereen dezelfde opvatting heeft over wat de kortste route is.

Er is echter nog een andere reden waarom het verkeer tussen een bepaald HB-paar zich over meerdere routes verdeelt, nl. de reistijd. De weerstand van een aanvankelijk kortste route wordt namelijk groter zodra er meer verkeer op komt. De weerstand van deze aanvankelijk kortste route

²⁴ Y. Sheffi, (1985)

²⁵ Thomas, R. (1991), Ortuzar en Willumsen (1995), Sheffi, Y. (1985), Immers, L.H., Sada, J.E. (2004)

kan zodanig toenemen dat ook andere routes voor de rit in aanmerking komen. Wel moet opgemerkt worden dat er hierbij van wordt uitgegaan dat er geen verschillen zijn tussen de weggebruikers. Er is dus geen sprake van stochastiek. Daarom wordt het een deterministische evenwichtstoedeling genoemd.

3.2.3.1 Gebruikersoptimale en systeemoptimale evenwichtstoedeling

Als de belasting op een schakel van het netwerk toeneemt, wordt ook de weerstand van die schakel groter. Hoe dat tot de notie van evenwicht in transportnetwerken leidt kan aan de hand van een voorbeeld verduidelijkt worden. Veronderstel dat het aantal verkeersdeelnemers dat zich van een gegeven herkomst naar een gegeven bestemming wil verplaatsen bekend is. Neem ook aan dat de herkomst en bestemming door meerdere routes met elkaar verbonden zijn. Hoe zullen de verkeersdeelnemers zich over deze routes verdelen?

Als zij allemaal de kortste route zouden nemen (berekend over het nog onbelaste netwerk) dan zou zich op deze route congestie kunnen ontwikkelen. Daardoor zou de reisweerstand langs die route toenemen tot het punt waar die route niet meer de kortste route zou zijn. Sommige verkeersdeelnemers zouden dan een alternatieve route kiezen. Op die alternatieve route kan zich eventueel ook weer congestie ontwikkelen enz. Uiteindelijk ontstaat er een evenwicht. Dit evenwicht werd voor het eerst in 1952 geformuleerd door Wardrop (1^{ste} principe van Wardrop):

"Het verkeer verdeelt zich zodanig over de schakels van een netwerk zodat er een evenwicht ontstaat waarin geen individuele verkeersdeelnemer zijn reisweerstand kan verminderen door het kiezen van een andere route."

Als alle verkeersdeelnemers een volledige kennis hebben van de weerstanden op alle schakels (ook die zij niet zelf gebruiken), en zij bovendien die weerstanden op dezelfde wijze beoordelen impliceert het bovengenoemde 1^{ste} principe van Wardrop het volgende:

"In de evenwichtssituatie hebben alle gebruikte routes tussen een gegeven herkomst en bestemming dezelfde weerstand, en hebben niet gebruikte routes een hogere weerstand."

Het eerste principe van Wardrop beschrijft de verkeersstromen die ontstaan als elke gebruiker op individuele basis streeft naar minimalisering van zijn reisweerstand. Het is een beschrijvend principe. De verdeling van verkeersstromen die ontstaat, heet een deterministisch gebruikersevenwicht of deterministische gebruikersoptimale evenwichtstoedeling. De term deterministisch duidt erop dat er geen gebruik gemaakt wordt van stochastische schakelweerstand.

Wanneer de weerstand op een schakel vermenigvuldigd wordt met de intensiteit op die schakel, wordt de systeemweerstand op die schakel bekomen. Dit is de weerstand die door alle voertuigen gezamenlijk op de schakel ondervonden wordt.

De sommatie van de systeemweerstand over alle schakels van het netwerk leidt tot de totale systeemweerstand van het netwerk. Omdat de reistijd en/of reisafstand meestal de belangrijkste componenten van de weerstand zijn, is de totale systeemweerstand een goede maat voor bijvoorbeeld het totale brandstofverbruik (en de daardoor veroorzaakte milieuvuiling) van alle voertuigen gezamenlijk op het hele netwerk.

Bij elke toedeling hoort een totale systeemweerstand. Zo is het dus mogelijk om bijvoorbeeld de totale systeemweerstand te berekenen die hoort bij een deterministische gebruikersoptimale evenwichtstoedeling. Wanneer een HB-tabel zodanig aan het netwerk toegedeeld wordt, dat de totale systeemweerstand wordt geminimaliseerd, spreekt men over een systeemoptimale evenwichtstoedeling. Ook hier is er sprake van een evenwicht, zij het dat nu niet alle gebruikte routes tussen eenzelfde herkomst en bestemming dezelfde weerstand hebben, maar dezelfde marginale systeemweerstand.

Ook deze verkeersstroomverdeling in overeenstemming met de systeemoptimale evenwichtstoedeling werd al beschreven door Wardrop en wordt wel aangeduid als het 2^{de} principe van Wardrop. Het 2^{de} principe van Wardrop is geen beschrijvend maar een normatief principe. Een verdeling volgens het tweede principe voldoet aan een bepaalde opgelegde norm, namelijk minimalisering van de totale systeemweerstand.

Er wordt gesproken van congestievrije netwerken wanneer er geen invloed is van de verkeersbelasting op de reistijd en er dus ook geen invloed is van de verkeersbelasting op de reisweerstand. Dit is over het algemeen bij benadering het geval bij lage verkeersbelastingen of bij zeer hoge capaciteiten van de netwerkschakels. In congestievrije netwerken komen de gebruikersoptimale toedeling en de systeemoptimale toedeling met elkaar overeen. Beide zijn dan gelijk aan de verdeling die men berekent via een AON toedeling.

Als er wel sprake is van congestie zijn beide verkeersstroomverdelingen verschillend. De totale systeemweerstand zal bij een gebruikersoptimale toedeling hoger zijn dan bij de systeemoptimale toedeling. In netwerken met congestie zal van nature een evenwicht volgens het eerste principe van Wardrop tot stand komen, omdat dit principe het gebruikelijke menselijke gedrag beschrijft. Een verdeling van de verkeersstromen volgens de systeemoptimale toedeling (vanuit maatschappelijk oogpunt gewenst, in verband met beperking van brandstofgebruik en milieuvuiling) representeert geen stabiel evenwicht. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat bij een dergelijke stroomverdeling individuele verkeersdeelnemers hun reisweerstand kunnen verkleinen door eenzijdig (onafhankelijk van anderen) een andere route te nemen. Een systeemoptimale verdeling van de verkeersstromen zal dan ook door speciale verkeersmaatregelen (bijvoorbeeld tolheffing) moeten worden afgedwongen. Om het contrast tussen beide toedelingen te benadrukken noemt men soms de gebruikersoptimale toedeling een zelfzuchtig optimum, en de systeemoptimale toedeling een sociaal optimum.

3.2.3.2 Tijdverliesfuncties

Een toename van de verkeersbelasting op een schakel leidt tot een toename van de reistijd en dus tot een toename van de weerstand op een schakel. Bij stedelijke netwerken gaat het hierbij niet zozeer om de congestie-effecten op de schakel zelf, maar vooral om het oponthoud bij kruispunten. Het verband tussen belasting en reistijd wordt weergegeven door een tijdverliesfunctie. Een van de meest gebruikte functies is de BPR-functie (Bureau of Public Roads):

$$t_a = t_a^{freeflow} \left(1 + \alpha \left(\frac{q_a}{cap} \right)^\beta \right)$$

Hierin is:

t_a = reistijd op schakel a (inclusief kruispuntvertraging)

$t_a^{freeflow}$ = reistijd op schakel a bij onbelast netwerk ("free flow")

cap = "praktische" capaciteit van schakel a

α, β = empirisch bepaalde coëfficiënten

Een tijdverliesfunctie vertoont gewoonlijk bij lage belastingen een licht stijgend verloop, om daarna bij overschrijding van de praktische capaciteit zeer sterk toe te nemen. Omdat er meestal gerekend wordt met de weerstand en niet met de reistijd, dient er nog een omrekening plaats te vinden naar gegeneraliseerde reistijd. Om zo het verlies in gegeneraliseerde reistijd weer te geven.

3.2.3.3 Algoritme voor de gebruikersoptimale evenwichtstoedeling

Algoritmes om evenwichtstoedelingen te berekenen worden ook capacity restraint algoritmes genoemd, hierbij wordt er een iteratieve procedure gebruikt. In feite wordt een reeks van AON toedelingen toegepast, waarbij in elke nieuwe iteratie de weerstanden worden gebruikt die bij de toedeling in de vorige iteratie zijn verkregen. Vroeger werd de incremental assignment methode toegepast, waarbij steeds een fractie van de HB-tabel op het netwerk werd "geladen", totdat de complete tabel was toegedeeld.

Een betere oplossing is een algoritme waarbij per iteratie de complete HB-tabel aan het netwerk wordt toegedeeld. Om ervoor te zorgen dat het algoritme convergeert (d.w.z. dat de uitkomsten van een iteratie steeds minder gaan verschillen van de uitkomsten uit de vorige iteratie) is het nodig een wegingsfactor te gebruiken, waarbij de uitkomsten van de vorige iteratie(s) met een bepaald gewicht worden meegeteld in de volgende iteratie.

Wegingsfactor

De wegingsfactor ϕ wordt in dit algoritme gebruikt om de nieuwe schakelbelastingen te bepalen als combinatie van de stromen die berekend zijn in de vorige iteratie en de AON belastingen van de huidige iteratie.

Er zijn verschillende mogelijkheden voor de wegingsfactor:

- Vaste wegingsfactor

Bijvoorbeeld: $\phi = 0.5$ Dit is de eenvoudigste methode. Convergentie is echter niet gegarandeerd, en als het algoritme al convergeert dan neemt dit zeer veel iteraties in beslag.

- Afnemende wegingsfactor

Bijvoorbeeld: $\phi = 1 / i$

Bij gebruik van $\phi = 1 / i$ spreekt men van de Method of Successive Averages (MSA). Het effect van een dergelijke wegingsfactor is dat de nieuwe stromen het gemiddelde zijn van de AON toedelingen van alle tot dusverre gebeurde iteraties. Deze methode geeft ongeveer dezelfde resultaten als de methode met de optimale wegingsfactor, maar vergt in het algemeen meer rekentijd dan de optimale wegingsfactor.

- Optimale wegingsfactor

Aan bovenstaande mogelijkheden van de wegingsfactor zijn er ook nadelen verbonden. Zo is er bij een vaste wegingsfactor geen garantie op convergentie en is het algoritme niet efficiënt. Bij een afnemende wegingsfactor convergeert het algoritme dan weer wel, maar is de methode nog steeds niet efficiënt. Een optimale wegingsfactor waarbij convergentie gegarandeerd is en die bovendien zeer efficiënt is, is gebaseerd op het Frank-Wolfe algoritme²⁶. Het Frank-Wolfe algoritme heeft te maken met het oplossen van een minimaliseringprobleem.

3.2.4 Stochastische evenwichtstoedeling²⁷

De meest geavanceerde (en realistische) statische todelingsmethode, namelijk de stochastische evenwichtstoedeling, is een variatie op het 1^{ste} principe van Wardrop van toepassing (geformuleerd door Daganzo in 1977):

²⁶ Het Frank-Wolfe algoritme, ook bekend als convex combinatie algoritme, is een klassiek algoritme in operations research (OR). Het werd in 1956 gepresenteerd door Marguerite Frank and Phil Wolfe als een procedure voor het oplossen van kwadratische programmeer problemen met lineaire randvoorwaarden. Bij elke stap (iteratie) wordt de doelfunctie gelineariseerd en wordt een richting gekozen waarbij de doelfunctie wordt gereduceerd. Het algoritme kan worden gezien als een generalisatie van de simplexmethode voor lineair programmeren.

²⁷ Daganzo, C.F (1977), Sheffi, Y. (1985), Immers, L.H., Sada, J.E. (2004)

"Het verkeer verdeelt zich zodanig over de schakels van een netwerk dat een evenwicht ontstaat waarin geen individuele verkeersdeelnemer meent dat hij zijn reisweerstand kan verlagen door eenzijdig (onafhankelijk van de overige verkeersdeelnemers) een andere route te kiezen."

Hierbij moet rekening gehouden worden met het woord "meent". Het gaat om de persoonlijke perceptie van de verkeersdeelnemer. De systeemweerstand bij een stochastische evenwichtstoedeling is hoger dan de systeemweerstand voor een deterministische evenwichtstoedeling, maar zal er toe naderen naarmate de onzekerheid van de verkeersdeelnemers over de weerstanden in het netwerk afneemt.

Het algoritme voor de stochastische evenwichtstoedeling is identiek aan het algoritme van de evenwichtstoedeling, alleen is de stap "doe een AON toedeling" vervangen door "doe een stochastische toedeling".

3.3 Dynamische verkeerstoedeling²⁸

De ontwikkeling van de dynamische verkeersmodellen startte begin jaren 70. Deze ontwikkeling liep eerder langzaam, maar versnelde recent, met de focus op het dynamische verkeersmanagement. In het begin waren de modellen hoofdzakelijk bedoeld om sommige onregelmatigheden, die de statische verkeersmodellen met zich mee brengen, specifiek tijdens de piekmomenten, op te lossen. Desondanks waren de toepassingen vooral lange of middellange termijn studies. Tegenwoordig hebben de toepassingen zoals routebegeleiding, opritmetingen, verkeersinformatiesystemen, etc., real time verkeersmodellering nodig.

In wat volgt zal de evolutie van dynamische verkeerstoedelingsmodellen besproken worden.

3.3.1 Evolutie van de dynamische toedelingsmodellen

Eerder werden de belangrijkste statische verkeerstoedelingsmodellen besproken. Ondanks hun brede gebruikstoepassingen, vertonen zij toch nog een aantal onregelmatigheden. Deze onregelmatigheden werden reeds lange tijd geleden herkend, maar toch werden de gebruikte modellen beschouwd als een goede benadering.

3.3.1.1 Onregelmatigheden van statische verkeersmodellen

De onregelmatigheden ontstaan uit de aannames die gemaakt worden aangaande de toedeling, nl. de vraagratio en de reistijd.

De toedeling

Bij een statisch verkeerstoedelingsmodel wordt de stroomdistributie voor een bepaalde tijdsperiode, zoals een dag of een piek uur, bepaald. De reisvraag, gegeven door een HB-matrix, wordt aangenomen constant te zijn over deze periode. Daarom worden de reizigers, die geassocieerd worden met een HB-paar, toegedeeld aan de volledige lengte van hun route. Bij netwerken met (hevige) congestie kan dit leiden tot onrealistische verdelingen van de verkeersstroom²⁹. In statische toedelingsmodellen kunnen reizigers aan twee verschillende congesties bijdragen, daar ze in de realiteit zouden worden tegengehouden door de eerste bottleneck, en ze dus niet kunnen bijdragen aan de tweede. Hungerink³⁰ herkende dit probleem ook en zegt een oplossing te kunnen bieden aan dit probleem door de bestaande (statische) toedelingsmodellen aan te passen.

Een ander probleem betreffende de toedeling is de manier waarop congestie (niet) wordt weergegeven. Statische toedelingsmodellen tonen de locatie van de congestie en op één of andere manier de uitbreiding ervan. Maar verkeersopstoppingen kunnen niet gemodelleerd worden net

²⁸ Van Grol, H.J.M, (1992)

²⁹ Hamerslag, R., (1988)

³⁰ Hungerink, G., (1989)

zoals de manier waarop ze stroomopwaarts bewegen. Ook wordt het effect van de lengte van verkeersopstoppingen, in het limiteren van de uitgangscapaciteit bij kruispunten stroomopwaarts, wordt genegeerd. Dit wordt ook wel het "blocking back" mechanisme genoemd.

De vraag ratio

De verkeersvraag gedurende de toedelingsperiode wordt niet gezien als een tijdsvariërende hoeveelheid bij statische toedelingsmodellen. Een constante (uniforme) vraagratio is altijd beschouwd als een voldoende benadering en adequaat genoeg voor lange termijn studies. Toch kan deze aanname leiden tot ernstige onregelmatigheden³¹, omdat gedurende bijvoorbeeld de piekperiode, de verkeersvraag alles behalve uniform is. Voor specifieke piekurstudies zijn de statische verkeers-toedelingsmodellen dan ook niet effectief genoeg.

De reistijd

De reistijd op een link wordt over het algemeen bepaald als een functie van enkel de stroom. Andere vertragingen, zoals afdraaivertragingen, verkeerslichten, rijvorming, etc., worden niet mee opgenomen. Deze vertragingen zijn hoofdzakelijk belangrijk bij stedelijke netwerken, maar spelen slechts een beperkte rol in de ontwikkeling van de dynamische toedelingsmodellen.

3.3.2 Classificatie van dynamische toedelingsmodellen

Er is een brede waaier van dynamische toedelingsmodellen ontworpen om sommige of alle eerder vernoemde problemen, aangaande de statische toedelingsmodellen, op te lossen. De diversiteit van de problemen samen met de variëteit van de toepassingen, heeft geleid tot een groot aantal benaderingen. Al deze benaderingen proberen op één of andere manier het dynamische gedrag van het verkeer te modelleren.

Om het dynamische gedrag van het verkeer te vatten zijn er twee aanpakken mogelijk, nl. een simulatie en een dynamische toedeling.

Simulatie

Bij simulatiemodellen wordt het verkeer gesimuleerd door middel van tijdpropagatie. De verkeerssituatie op tijdstip $t + \delta t$ is een extrapolatie van de situatie op tijdstip t . De stap van t naar $t + \delta t$ wordt dan ook wel de propagatiestap genoemd. Omdat deze modellen in het algemeen zeer gedetailleerd zijn, en daarom ook zeer intensief bij computerberekening, wordt hun gebruik beperkt tot snelwegsecties en kleine netwerken.

³¹ Alfa, A.S., (1986)

Verkeerssimulatiemodellen

Er zijn twee verschillende basisconcepten in de verkeersstroomsimulatiemodellen: het microscopische concept, gebaseerd op het gedrag van de bestuurden en de interactie van individuele voertuigen; en het macroscopische concept, gebaseerd op hydrodynamische theorie.

Het microscopische simulatiemodel beschrijft de interactie tussen de individuele voertuigen, die op hun beurt afhankelijk zijn van de bestuurders.

Het voordeel van een microscopische simulatiemodel is het feit dat de volledige informatie over de staat van elk voertuig binnen het systeem beschikbaar is. Desondanks maken zowel het grote aantal parameters als de kleine tijdstap deze microscopische modellen ongeschikt voor toepassingen over het hele netwerk.

Het macroscopische simulatiemodel is gebaseerd op de hydrodynamische theorie van de verkeersstroom.³² Deze modellen zijn gebaseerd op de theorie van continuïteit. Het probleem is wel dat, voor een goede uitvoering, de lengte van de links niet te veel mogen verschillen. Om de oplossingen van deze modellen binnen redelijke grenzen te houden, moet de verhouding van de toenames in ruimte over de toenames in tijd ($\Delta x/\Delta t$) gelijk zijn aan de snelheid bij een onbelast netwerk.

Macroscopische modellen worden hoofdzakelijk gebruikt voor korte snelwegsegmenten met verschillende op- en afritten. De tijdstap en de lengte van het segment zijn meestal vrij kort (10 seconden en 30 meter). Voor voorspellingen op korte termijn (30-60 minuten) op een netwerkschaal, brengen zulke tijdstappen en segmentgrootte een detail met zich mee, dat niet gerechtvaardigd kan worden, en dat waarschijnlijk problemen geven in de computerberekeningen.

Dynamische toedeling

De dynamische toedelingsmodellen zijn hoofdzakelijk het resultaat van verbeteringen van statische toedelingsmodellen om de eerder vernoemde problemen op te lossen. Van sommige modellen kan gezegd worden dat het geen afgeleiden zijn van statische toedelingsmodellen, maar eerder nieuwe aanpakken. Vele van deze verbeteringen zijn nauw verwant met de aspecten van de simulatiemodellen. De classificatie van de dynamische toedelingsmodellen kan gespecificeerd worden door twee grote groepen van modellen.

De eerste kunnen geclassificeerd worden als het nemen van een "pragmatische" aanpak om het probleem op te lossen en de tweede als een meer "theoretische" aanpak. Sommige modellen horen bij beide groepen thuis, omdat zij zowel een praktische oplossingen hebben als een mathematische beschrijving.

Pragmatische aanpak

³² Lighthill, M.J. and G.B. Witham, (1955)

Hammerslag³³ presenteerde in 1988 een model, "Dynamic assignment in the three-dimensional timespace" genaamd. Dit model kwam tot stand door gebruik te maken van de eerder gebruikte technieken van de statische toedelingsmodellen en daar een tijdsdimensie aan toe te voegen. Het initiële model voerde een incremental toedeling uit, maar in 1990 werd het model verbeterd om zo een (bijna) evenwichtstoedeling met elastische vertrekuren uit te voeren. Dit toedelingsmodel produceert een stroomdistributie tijdens een piekperiode met intervallen van ongeveer 10 minuten. Volgens Ben-Akiva³⁴ et al. werden er "tijd-van-de-dag afhankelijke" netwerkevenwichtsmodellen gebruikt als alternatief voor de "steady state" netwerkevenwichtsmodellen.

Deze "tijd-van-de-dag afhankelijke" netwerkevenwichtsmodellen zijn ontworpen om zowel de ruimtelijke als de tijd-van-de-dag variabiliteit van de netwerkcongesties expliciet te kunnen vastleggen en om een dynamisch systeemkader uit te voeren om zo de aanpassingen binnen het gebruikersgedrag en de staat van het netwerk van dag tot dag te beschrijven.

Modellen die deze aanpak volgen zijn onder andere het "Stochastic Doubly Dynamic Assignment" model van Cascetta et al.³⁵ en het "Dynamisch Stochastic Assignment" model van Vythoukas³⁶.

Een laatste model in deze groep, dat vermeldenswaardig is, is er eentje met zowel een praktisch oplossingsalgoritme als een mathematische beschrijving. Het is het model dat 1990 werd voorgesteld door Janson³⁷ en dat recent werd uitgebreid met de het invoegen van vertragingen.

Theoretische aanpak

Volgens Boyce et al.³⁸ is het modelleren van de dynamische verkeerstoedeling begonnen met de formulering van het Dynamische Systeem-Optimale (DSO) probleem. Merchant en Nemhauser³⁹ stelden dit model voor op een "meerdere naar één" netwerk. Meer recent heeft Carey⁴⁰ een herformulering gedaan van het Merchant-Nemhauser probleem als een convex, niet lineair probleem, met niet lineaire beperkingen voor elke link. Hij stelde ook uitbreidingen van zijn formulering voor om te kunnen omgaan met meerdere bestemmingen. Het DSO probleem bij de verkeerstoedeling met verschillende herkomsten en bestemmingen werd in 1987 opnieuw onderzocht door Matsui, door gebruik te maken van de optimale controle theorie. Hij introduceerde ook een optimale controle theorie om op die manier na te denken over dynamische gebruikersoptimale (DUO) problemen voor een simpel transportnetwerk. In 1989 stelde Friesz et al.⁴¹, naast een formulering van een DSO model, ook een DUO verkeersmodel voor door het evenwicht van onmiddellijke routekosten in rekening te brengen. Verder werd er nog een

³³ Hammerslag, R., (1988)

³⁴ Ben-Akiva, M. And A. De Palma, (1987)

³⁵ Cascetta, E., G.E. Cantarella and M. Di Gangi, (1991)

³⁶ Vythoukas, P.C., (1989)

³⁷ Janson, B.N., (1991)

³⁸ Boyce, D.E., Ran, B. and LeBlanc, L.J. (1991)

³⁹ Merchant and Nemhauser (1978)

⁴⁰ Carey, M., (1987)

⁴¹ Friesz, T.L., Luque, J. Tobin, R.L., Wie, B., (1989)

gegeneraliseerd DUO model op een netwerk met meerdere herkomsten en bestemmingen voorgesteld door Wie⁴². Ook Boyce et al.⁴³ hebben een nieuwe formulering van het DUO model voorgesteld.

De meeste modellen in deze categorie zijn enkel getest op kleine netwerken (in tegenstelling tot de modellen met een pragmatische aanpak).

3.3.3 Overzicht van de dynamische toedelingsmodellen

Om een kleine impressie te geven van wat de mogelijkheden zijn van dynamische toedelingsmodellen worden enkele van de reeds aangehaalde modellen hieronder voorgesteld. Een goede interpretatie van de waarde en toepasbaarheid van een model is moeilijk om te geven, vooral omdat het gebaseerd is op inleidende artikels. De gegeven intentie is enkel aanwezig om de lezer te informeren van het brede bereik van de mogelijke benaderingen van het dynamische toedelingsprobleem, en dus niet om een oordeel te vellen over deze modellen.

3.3.3.1 SATURN – Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks

Het model⁴⁴ is gebaseerd op een iteratieve loop tussen de toedelings- en de simulatiefase. De simulatie geeft de zogenaamde stroomvertragingcurves weer, en de toedeling maakt op zijn beurt gebruik van deze curves om de routekeuze te bepalen en dus een nieuwe groep van linkstromen aanmaakt. De periode is verdeeld in een aantal tijdsdelen. Elk tijdsdeel wordt afhankelijk gemodelleerd, met als uitzondering dat de wachtrijen van voertuigen aan kruispunten worden meegenomen naar het volgende tijdsdeel.

3.3.3.2 CONTRAM – CONTinuous TRaffic Assignment Model

CONTRAM is een computergebaseerde toedeling en wachtrijmodel, dat ontworpen is door het Transport and Road Research Laboratory, voor het gebruik in het ontwerp van verkeersmanagementschema's in stedelijk gebieden. CONTRAM is ontwikkeld in de late jaren 70 en wordt zeer breed gebruikt. In 1989 werd CONTRAM uitgebreid zodat het ook snelwegen kan modelleren⁴⁵.

Zoals al gezien kon worden in de titel van deze paragraaf, staat CONTRAM voor CONTinuous TRaffic Assignment Model (een continu verkeerstoedelingsmodel). CONTRAM heeft nood aan data van tijdvariërende stroomvragen en voorspelt stromen, vertragingen, wachtrijen over een netwerk van wegen en kruispunten. De beweging van het verkeer wordt gemodelleerd door het groeperen van voertuigen tot "pakketjes". Elk pakketje wordt toegedeeld aan zijn route met minimale reistijd op het netwerk, rekening houdend met vertragingen en wachtrijen op kruispunten.

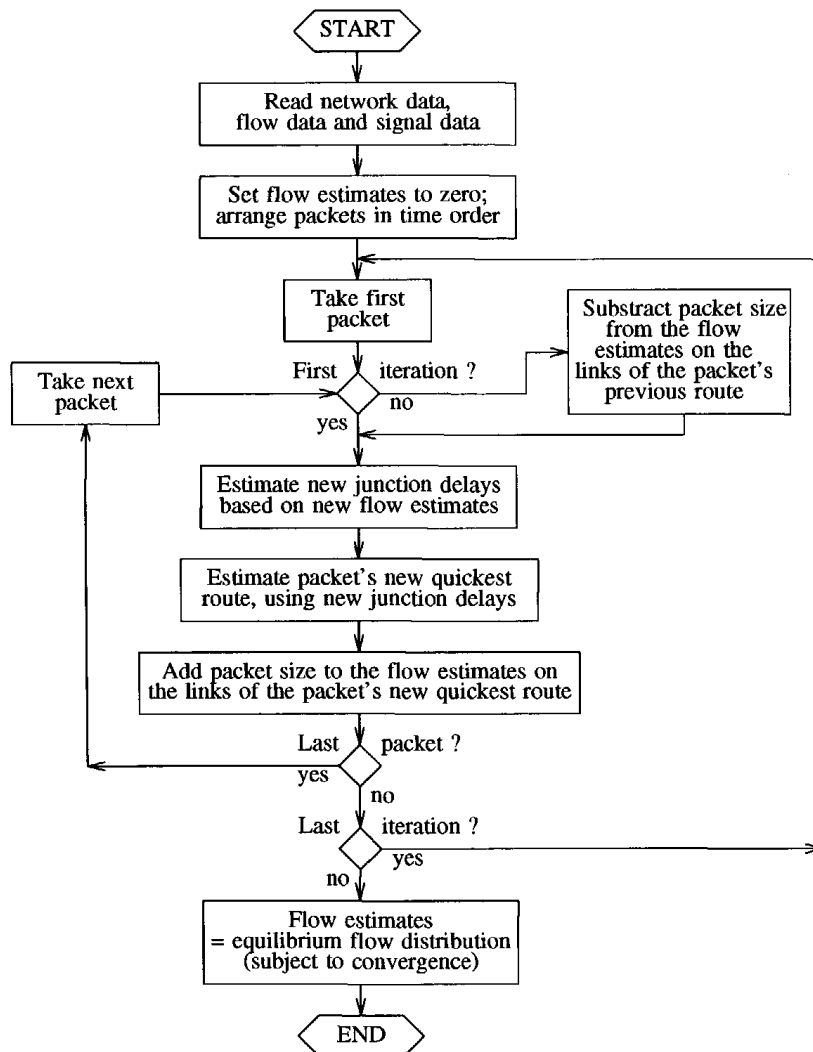
⁴² Wie, Byung-Wook, (1991)

⁴³ Boyce, D.E., Ran, B. and LeBlanc, L.J. (1991)

⁴⁴ Van Vliet, D., (1982)

⁴⁵ Leonard, D.R., P. Gower and N.B. Taylor, (1989)

De simulatieperiode is verdeeld over een aantal (max. 15), niet noodzakelijk gelijke intervallen (5-15 minuten). Voor elk interval is de reistijd gegeven (HB-matrix). Volgens Leonard⁴⁶, word elk HB-paar idealiter voorgesteld door op zijn minst 5 pakketjes per interval. Na het toedelen van een pakketje, worden de stromen, wachtrijen en vertragingen herberekend. In een iteratief proces worden de pakketjes verwijderd en opnieuw toegedeeld, totdat de pakketjes opnieuw toegedeeld worden aan dezelfde route in opeenvolgende iteraties.



Figuur 6: Stroomdiagram dat de werking van het CONTRAM model toont

Het aantal genomen parallelle routes is afhankelijk van het aantal pakketjes voor elk HB-paar. Voor netwerken met meerdere parallelle routes (typische Amerikaans) kan dit een probleem geven. Omdat pakketjes verwijderd moeten worden, moet de route van de vorige iteratie bewaard

⁴⁶ Leonard, D.R., P. Gower and N.B. Taylor, (1989)

worden. Voor grote netwerken en/of voor meerdere pakketjes per HB-paar zal het aantal te onthouden routes enorm worden. Ook zal de rekentijd zeer snel toenemen.

Zowel SATURN en CONTRAM zijn oorspronkelijk ontworpen voor transportstudies in stedelijke gebieden.

3.3.3.3 Dynamische toedeling in een driedimensionale tijdsruimte

Dit model werd in de tweede helft van de jaren 80 ontwikkeld door Hamerslag⁴⁷. Dit model is een uitbreiding van de statische toedelingstechnieken met een derde dimensie (tijdsruimte). Het gebruikt dezelfde iteratieve technieken die gebruikt worden in de statische toedelingsmodellen.

De simulatieperiode wordt verdeeld in intervallen en de HB-matrix wordt verondersteld gegeven te zijn voor alle intervallen. De toedeling is gebaseerd op de kortste pad routekeuze. De routes worden berekend in de ruimte en tijd. De toedeling wordt gedaan volgens de aanwezigheid van reizigers op de wegsegmenten.

De initiële dichte relatie met de statische toedelingsmethodes zorgt ervoor dat het model gebruikt kan worden met slechts een kleine aanpassing aan de input. Het oorspronkelijke model dat in 1988 gepresenteerd werd, voerde een incremental assignment uit. Maar het model werd in de loop van tijd verbeterd tot het een (bijna) evenwichtstoedeling uitvoerde met elastische vertrektijden.

3.3.3.4 Stochastic Doubly Dynamic Assignment Model

Cascetta, Cantarella en Di Gangi⁴⁸ stelden een dynamisch toedelingsmodel voor van dag tot dag. Het wordt ook wel een stochastisch dubbel dynamisch toedelingsmodel genoemd en het volgt geen evenwichtsaanpak. Het is bedoeld als een instrument om de effectiviteit van maatregelen op vlak van verkeerstechniek en/of informatie systemen te schatten.

De belading van het netwerk gebeurt door een vast aantal pakketjes, die toegedeeld worden aan hun gekozen pad, gebaseerd via een iteratief proces die periode na periode toedeelt. Het tijdelijke discontinuïteitprobleem wordt opgelost door dit iteratief proces. De genomen paden zijn vast voor de toedeling binnen een dag.

3.3.3.5 DTA – Dynamic Traffic Assignment

Bij de ontwikkeling van het Dynamische VerkeersToedelings procedure (DTA) maakte Janson⁴⁹ gebruik van een heuristische⁵⁰ aanpak.

⁴⁷ Hamerslag, R., (1988)

⁴⁸ Cascetta, E., G.E. Cantarella and M. Di Gangi, (1991)

⁴⁹ Janson, B.N., (1991)

⁵⁰ De term heuristisch is afgeleid van Heuristiek, wat een methode is om te zoeken naar de oplossing van een bepaald probleem volgens een vaste methode. Voor sommige problemen kan je een algoritme ontwikkelen om te zoeken naar een oplossing, voor anderen is dit niet mogelijk.

De simulatieperiode is verdeeld in gelijk intervallen en de HB-matrix is verondersteld gegeven te zijn voor alle intervallen. De reizen die toegedeeld zijn vanuit elke herkomst naar alle bestemmingen zijn verdeeld in NTREES. Voor elk tijdsinterval, in chronologische volgorde, wordt er willekeurig een herkomstzone gekozen waarvan de bijhorende boom wordt berekend. De boom wordt berekend a.d.h.v. reistijden op wegsegmenten, gebaseerd op de geprojecteerde verkeersvolumes. Deze reistijden worden opnieuw berekend wanneer het nodig is. De techniek die gebruikt wordt in DTA om de huidige verkeersvolumes te projecteren op toekomstige tijdsintervallen, maakt gebruik van een afgewogen combinatie van de huidige verkeersvolumes die dusver zijn toegedeeld en de finale verkeersvolumes van het vorige interval.

3.3.3.6 CDA- Convergent Dynamic Algorithm

Het convergente dynamische algoritme gebruikt lineaire combinaties (o.a. Frank-Wolfe) om het dynamische toedelingsproces op te lossen. Een Dynamisch GebruikersEvenwicht (DUE) wordt geformuleerd in termen van linkstromen en splits zich in een binnen en buiten subprobleem.

De simulatieperiode wordt verdeeld in een aantal intervallen van dezelfde lengte. De HB-matrix wordt verondersteld gegeven te zijn. De routekeuze is gebaseerd op het kortste pad in de tijd, maar linkgebruik wordt enkel in boolean variabelen geregistreerd (voor elke periode is een wegsegment bezet of niet).

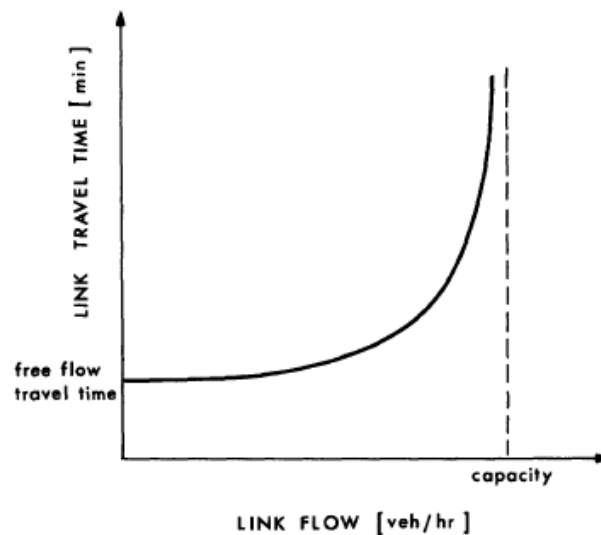
4 LINK PERFORMANCE FUNCTIE⁵¹

De reisweerstand, of level of service, die gepaard gaan met de links die een stedelijk netwerk voorstellen, kunnen vele componenten bevatten; zoals de reistijd, veiligheid, reiskost, stroomstabiliteit en dergelijke. De hoofdcomponent van deze weerstand is de reistijd, dat soms zelfs als enige maatbeker van de linkweerstand gebruikt wordt. Er zijn drie redenen voor het gebruik van de reistijd in deze context.

Ten eerste blijken empirische studies aan te tonen dat de reistijd sterk samenhangt met de stroomdichtheid. Ten tweede correleren bijna alle andere mogelijke maateenheden van de reisweerstand sterk met de reistijd, en vertonen zij dus dezelfde trends. Ten derde is het makkelijker om de reistijd te meten t.o.v. de andere meeteenheden van de reisweerstand.

De level of service (of weerstand) dat aangeboden wordt door de transportsystemen is een functie van het gebruik van deze systemen. Door de congestie heeft de reistijd op straten en kruispunten een positieve relatie met de verkeersstroom. Ten gevolge hiervan zou er eerder een prestatiefunctie geassocieerd moeten worden met elke link die het stedelijke gebied voorstelt, i.p.v. een meeteenheid met constante reistijd. Deze prestatiefunctie relateert de reistijd op elke link met de stroom die deze link oversteekt.

Een voorbeeld wordt gegeven aan de hand van een link performance functie van een lichtengeregeld kruispunt.



Figuur 7: Typische Link Performance Functie van een lichtengeregeld kruispunt⁵²

⁵¹ Sheffi, Y. (1985), Ortuzar, J.D. and Willumsen, L.G. (1990)

⁵² Sheffi, Y., (1985)

De vorm van deze curve in deze figuur is typisch voor een prestatiefunctie voor de linken die een stedelijk netwerk voorstellen.

De reistijd bij een stroom, die gelijk is aan 0, is beter gekend als de free flow reistijd. Op dit punt wordt een reizende wagen niet vertraagd door de interactie met enig ander voertuig op de link. De enkele bron van vertraging op dit punt is de tijd, die gepaard gaat met het afleggen van de lengte van de link en de eventuele vertraging door het moeten wachten voor een verkeerslicht. Als de stroom groter wordt, stijgt de reistijd monotoon omdat zowel de reistijd tot aan het kruispunt groter wordt (door de voertuiginteracties bij een grotere verkeersstroom) en de vertraging op het kruispunt zelf groter wordt (door het wachtrij fenomeen) bij een groter wordende stroom.

Zoals de vorm laat zien is de prestatiefunctie asymptotisch aan een bepaald stroomniveau, beter bekend als de capaciteit, van de transportvoorziening. De capaciteit is de maximale stroom die haalbaar is op een bepaalde transportvoorziening. De functie geeft oneindige waardes weer voor een stroom die hoger is als de capaciteit en dit omdat deze stromen niet geobserveerd kunnen worden. Wanneer de stroom de capaciteit benadert, zullen de wachtrijen aan het kruispunt groeien, zullen kruispunten stroomopwaarts dichtslibben en uiteindelijk zal het leiden tot een volledige stilstand van het verkeer.

De algemene vorm van een prestatiefunctie is gelijkaardig voor alle linktypes binnen het stedelijk netwerk. De fysische karakteristieken van elke straat (o.a. lengte, breedte, groentijden, ..) bepalen de exacte parameters van de functie van elke straat.

5 MULTIMODAL, MULTICLASS ASSIGNMENT (MMA)

In de tot nu toe vernoemde toedelingsmodellen werd er van uit gegaan dat de gebruikers een gelijke tijdswaarde (VoT) hebben. Alle pendelaars worden samengevoegd tot één enkele gebruikersklasse. Maar zoals geweten is, zijn reizigers heterogeen⁵³ in vele aspecten, dankzij hun verschillende socio-economische karakteristieken. Reizigers hebben verschillende tijdswaardes en vertonen verschillend keuzegedrag in de reiskeuzes. Over het algemeen hebben zelfstandigen en bedrijfsleiders een hogere tijdswaarde dan fabriekswerkers en ambtenaren. Daarom is het noodzakelijk om los te komen van de aanname dat er slechts één tijdswaarde is, en Multi-class modellen te ontwikkelen die rekening houden met de heterogeniteit van de pendelaars.

Multi-class modellen hebben meer dan één klasse van gebruikers. Een klasse kan bepaald worden gebaseerd op de voertuigtypes, kostenfuncties, delen van het netwerk die toegankelijk zijn, of andere factoren. Van elke gebruikersklasse wordt verondersteld dat zij een minimale kostenroute kiezen, die overeenkomt met hun eigen definitie van kosten. Multi-class modellen krijgen meer aandacht van het verkeersmanagement, omdat zij de effecten van elke gebruikers klasse in groter detail kunnen bepalen.

In een Nederlandse studie⁵⁴ werden onderstaande tijdswaardes teruggevonden (uitgedrukt in €/uur waarbij 2006 het basisjaar vormt):

Tabel 2: VoT voor verschillende motieven in Regionale omgeving

Jaar	VoT woon-werk	VoT zakelijk	VoT overige personen	VoT alle motieven
2006	8,57	29,67	5,92	9,57
2007	8,64	29,91	5,96	9,65
2010	8,84	30,63	6,11	9,88
2020	9,58	33,17	6,61	10,1
2040	11,7	40,51	8,08	13,07

Tabel 3: VoT voor verschillende motieven in Europa

Jaar	VoT woon-werk	VoT zakelijk	VoT overige personen	VoT alle motieven
2006	8,6	29,77	5,94	9,6
2007	8,69	30,1	6	9,71
2010	8,98	31,11	6,2	10,03
2020	10,03	34,72	6,92	11,2
2040	12,64	43,77	8,73	14,12

⁵³ Aashtiani, H.Z., (1973), Nagurney, N., Dong, J. , (2000)

⁵⁴ <http://www.rijkswaterstaat.nl/dvs/themas/leefbaarheid/economie/see/Kengetallen/Kengetallen.jsp>

Tabel 4: VoT voor verschillende motieven voor de Trans-Atlantische markt

Jaar	VoT woon-werk	VoT zakelijk	VoT overige personen	VoT alle motieven
2006	8,6	29,77	5,94	9,6
2007	8,69	30,1	6	9,71
2010	8,98	31,09	6,2	10,03
2020	10,01	34,65	6,91	11,18
2040	12,73	44,07	8,79	14,21

Tabel 5: VoT voor verschillende motieven op wereldvlak

Jaar	VoT woon-werk	VoT zakelijk	VoT overige personen	VoT alle motieven
2006	8,6	29,77	5,94	9,6
2007	8,72	30,19	6,02	9,74
2010	9,09	31,47	6,28	10,15
2020	10,44	36,17	7,21	11,67
2040	14,11	48,86	9,74	15,76

6 TOEDELING IN TRANSCAD⁵⁵

In dit hoofdstuk wordt er een beeld gevormd over wat allemaal mogelijk is op het vlak van verkeerstoedeling in het programma TransCAD.

Verkeerstoedelingsmodellen worden gebruikt om de verkeersstroom op een netwerk te schatten. Deze modellen hebben als input een matrix met verkeersstromen die het verkeersvolume weergeven tussen de HB-paren. De stromen voor elk HB-paar worden op het netwerk geladen, gebaseerd op de reistijd of de weerstand van de verschillende wegen waarlangs de verplaatsing kan plaatsvinden. TransCAD voorziet een volledige aanvulling van verkeerstoedelingsprocedures die gebruikt worden in het modelleren van het stedelijke verkeer. Deze procedures bevatten verschillende varianten die gebruikt kunnen worden voor transport te modelleren, zowel voor personenvervoer als vrachtvervoer.

Verkeerstoedeling is een sleutelement in het voorspelproces van de stedelijke verkeersvraag. Het verkeerstoedelingsmodel voorspelt de netwerkstromen die gepaard gaan met toekomstige planningsscenario's en het genereert schattingen van de reistijden per link en gerelateerde attributen, die de basis zijn voor de batenschatting en de impact op de luchtkwaliteit. Ook wordt het verkeerstoedelingsmodel gebruikt om schattingen te genereren van netwerkprestaties, die gebruikt worden in de voertuigkeuze en tripdistributie stappen van vele modellen.

In de loop der tijd zijn er veel verschillende verkeerstoedelingsmodellen ontwikkeld en toegepast. Vele van de oudere, ad hoc methodes hebben ongewenste eigenschappen en zouden naar de toekomst toe vervangen moeten worden. Desondanks zijn er toch verschillende van deze oudere methodes opgenomen in TransCAD, zodat de oudere modellen zonder wijziging kunnen worden overgebracht naar de TransCAD omgeving.

6.1 Verkeerstoedelingsmethodes

De volgende verkeerstoedelingsmethodes kunnen gebruikt worden in TransCAD.

6.1.1 Alles-of-Niets (AON) toedeling

Bij de AON toedeling worden alle verkeersstromen tussen HB-paren toegedeeld aan het kortste pad dat de herkomsten en bestemmingen verbind. Dit model is onrealistisch omdat er slechts een pad tussen elk HB-paar gebruikt wordt, zelfs wanneer er een ander pad is met dezelfde of bijna dezelfde reistijd of -kost. Ook wordt het verkeer aan de links toegedeeld zonder rekening te houden met het feit dat er wel voldoende capaciteit is of hevige congestie. M.a.w. de reistijd is een vaste input die niet varieert aan de hand van de aanwezige congestie op een link.

⁵⁵ "Travel Demand Modelling with TransCAD", Caliper Corporation

6.1.2 STOCH Toedeling

Deze STOCH toedeling is een stochastische toedeling zoals in hoofdstuk 2 reeds uitgebreid besproken is.

De STOCH toedeling⁵⁶ verdeelt de trips tussen de verschillende HB paren onder verschillende alternatieve paden die de HB-paren verbinden. De hoeveelheid trips dat toegedeeld wordt aan een pad is gelijk aan de keuzewaarschijnlijkheid voor dat pad, dat berekend wordt door een logit routekeuze model. Veralgemeend, hoe kleiner de reistijd van een pad, vergeleken met de reistijd van de andere paden, des te groter de keuzewaarschijnlijkheid wordt. Desondanks deelt de STOCH toedeling de trips niet toe aan alle alternatieve paden, maar enkel aan de paden die links bevatten die als "redelijk" beschouwd worden. Een "redelijke" link is een link die de reiziger verder weg brengt van zijn herkomst, en dichter bij zijn bestemming brengt. De reistijd op een link bij de STOCH toedeling is een vaste input, die niet afhankelijk is van het volume op de link. Met als gevolg dat deze methode geen evenwichtsmethode is.

6.1.3 Incremental Toedeling

De Incremental toedeling werd eerder al aangehaald bij het algoritme voor de gebruikersoptimale evenwichtstoedeling waarbij aangehaald werd dat ook deze methode rekening houdt met het feit dat reizigers een zo laag mogelijke reistijd willen handhaven.

Incremental toedeling is een proces waarbij fracties van verkeersvolumes toegedeeld worden in stappen. In elke stap wordt een vaste proportie van de totale vraag toegedeeld, gebaseerd op de AON toedeling. Na elke stap worden de reistijden van de links herberekend gebaseerd op de verkeersvolumes op de link. Wanneer er veel stappen toegepast worden, kan de stroom lijken op de stroom na een evenwichtstoedeling; hoewel er na deze toedeling geen evenwichtoplossing is. Bijgevolg kunnen er onregelmatigheden optreden tussen linkvolumes en reistijden, die kunnen leiden tot fouten tijdens de evaluatie. Ook wordt de Incremental toedeling beïnvloed door de volgorde waarin de verkeersvolumes van de HB-paren worden toegedeeld, wat de kans op extra vertekeningen doet stijgen.

6.1.4 Capaciteits beperkingen (Capacity restraint)

De CRT methode probeert om een evenwichtoplossing te benaderen door te iteraties te maken tussen de AON verkeersbelastingen en het herberekenen van de reistijden van de links, gebaseerd op een congestiefunctie die de linkcapaciteit weergeeft.

Jammer genoeg convergeert deze functie niet en kunnen de ladingen van sommige links verspringen (Sheffi, 1985, pg 113) De CRT methode, zoals deze geïmplementeerd is in sommige software pakketten probeert dit probleem te verminderen door reistijden af te ronden (smoothing) en door het gemiddelde van de verkeersstromen te nemen van de laatste 4 iteraties.

⁵⁶ Dial, R.B., (1972)

Deze methode convergeert niet naar een evenwichtoplossing en heeft als bijkomend probleem dat de resultaten erg afhankelijk zijn van het specifieke aantal iteraties. Het uitvoeren van één iteratie meer of minder kan het resultaat beïnvloeden.

6.1.5 Gebruikersevenwicht (UE)

Het gebruikersevenwicht gebruikt een iteratief proces om een convergente oplossing te bereiken, waarin geen enkele reiziger zijn reistijd kan verbeteren door van route te veranderen. In elke iteratie worden de verkeersstromen op de netwerklinks berekend, rekening houdend met de capaciteitsbeperking van de links en de stroomafhankelijke reistijden.

6.1.6 Stochastische gebruikersevenwicht (SUE)

Het stochastische evenwicht is een veralgemening van het gebruikersevenwicht, dat aanneemt dat gebruikers geen perfecte informatie hebben over de netwerkattributen en/of dat de gebruikers de reiskosten op verschillende manieren gewaar worden. De SUE toedeling geeft meer realistisch resultaten dan het deterministische gebruikersevenwicht model, omdat het SUE model zowel het gebruik van minder aantrekkelijke als van de meest aantrekkelijke routes aanbiedt. Minder aantrekkelijke routes zullen minder gebruikt worden, maar zij zullen wel geen verkeersstroom hebben die gelijk is aan nul, zoals dit wel het geval is bij het UE model. Het stochastische gebruikersevenwicht wordt in TransCAD berekend door middel van de Method of Successive Averages (MSA), de enige gekende convergentie methode. Door de nature van deze methode, is er nood aan een groot aantal iteraties.

6.1.7 Systeemoptimale toedeling (SO)

De systeemoptimale toedeling werd eerder besproken bij de evenwichtstoedelingen, hierin werd aangehaald dat de SO handelt vanuit een maatschappelijk oogpunt. De SO toedeling wordt ook wel een sociaal optimum genoemd.

De systeemoptimale toedeling berekent een toedeling die de totale reistijd op het netwerk minimaliseert. Na een systeemoptimale toedeling kan geen enkele gebruiker van route wisselen zonder dat de totale reistijd op het netwerk stijgt, hoewel het mogelijk is om de persoonlijke reistijd te verlagen. Het SO model kan gezien worden als een model waarin de congestie zo minimaal mogelijk is, wanneer reizigers verteld wordt welke route zij moeten volgen. Het is duidelijk geen gedragsrealistisch model, maar het zou wel gebruikt kunnen worden bij de analyse van scenario's van Intelligente Transport Systemen (ITS).

6.2 Linkprestatie functies

Alle verkeerstoedelingsprocedures in TransCAD, behalve de AON en de STOCH toedeling, passen hun reistijden iteratief aan, aan de hand van een linkprestatie functie. Dit zijn mathematische beschrijvingen van de relatie tussen de reistijden en het linkvolume. De BPR (Bureau of Public

Roads) formule is één van de meest gebruikte linkprestatie functies. De BPR functie relateert de reistijden van de links als een functie van de volume/capaciteitsratio.

$$t_a = t_a^{freeflow} \left(1 + \alpha \left(\frac{q_a}{cap} \right)^\beta \right)$$

Hierin is:

t_a = reistijd op schakel a (inclusief kruispuntvertraging)

$t_a^{freeflow}$ = reistijd op schakel a bij onbelast netwerk ("free flow")

cap = "praktische" capaciteit van schakel a

α, β = empirisch bepaalde coëfficiënten

Over de jaren heen zijn er verschillende andere functies gesuggereerd (Branston, 1976; Davidson, 1966), toch is de BPR functie de best beschikbare formule voor gebruik bij de verkeerstoedelingsmodellen. Met een juiste keuze van de parameters kan deze functie een groot aantal relaties weergeven waardoor er stroomvertragingen ontstaan, en wordt daarom gebruikt bij de verkeerstoedelingsmodellen in TransCAD.

De standaardwaarden voor α en β zijn respectievelijk vastgelegd op 0,15 en 4,0. Het is echter wel mogelijk om andere waarden te gebruiken bij verschillende omstandigheden. In TransCAD is het mogelijk om de parameters van de BPR functie, globaal, per link type of voor elke link specifiek vast te leggen.

6.3 Vereiste data voor een verkeerstoedeling

De data die nodig zijn om een verkeerstoedeling uit te voeren in TransCAD zijn een HB-matrix, een netwerk met de nodige attributvelden, en een lijnenlaag waarvan het netwerk is afgeleid. Verder is het ook mogelijk om optionele informatie mee op te nemen.

6.3.1 **HB-matrix**

De HB-matrix bevat de voertuigvolumes die toegedeeld moeten worden voor elk HB-paar. De ID's van de rijen en kolommen moeten overeenkomen met ID's die in het netwerk zijn opgenomen. Cellen waarvan de ID's niet voorkomen in het netwerk worden niet toegedeeld. De ID's van de rijen en kolommen die niet gevonden werden in het netwerk worden vermeld in het rapportbestandje.

6.3.2 Netwerk

Alle verkeerstoedelingmethodes hebben nood aan een TransCADnetwerk. Dit is een speciale datastructuur in TransCAD, dat belangrijke karakteristieken van een transportsysteem en zijn faciliteiten opslaat. TransCADnetwerken worden gedefinieerd, afgeleid en gebruikt samen met een lijnenlaag en een de daar bijhorende eindpunten laag. Het netwerkbestand wordt gemaakt en gebruikt voor de analyse in TransCAD door zijn extreme efficiëntie en compacte formaat.

Een netwerk bevat informatie over alle knooppunten, links en attributen die men zelf gekozen heeft uit de lijnenlaag. Het netwerk moet alle herkomst en bestemmingpunten bevatten die in de HB-matrix voorkomen, net zoals al de linken die gebruikt kunnen worden bij de verplaatsingen tussen de herkomsten en bestemmingen.



Figuur 8: Netwerk

6.4 Vereiste netwerkattributen en modelinstellingen

De vereiste netwerkattributen en modelinstellingen variëren naargelang de gebruikte toedelingmethode.

Tabel 6: Vereiste netwerkattributen en modelinstellingen

Attributen	Benodigde attributen	Benodigde instellingen
AON	Tijd	geen
Capacity Restraint	Tijd Capaciteit	Iteraties Convergentie Alpha Beta
Incremental	Tijd Capaciteit	Iteraties Convergentie Alpha Beta
Gebruikersevenwicht	Tijd Capaciteit	Iteraties Convergentie Alpha Beta
Stochastisch Gebruikersevenwicht	Tijd Capaciteit	Iteraties Convergentie Alpha Beta Functie Error
System Optimum	Tijd Capaciteit	Iteraties Convergentie Alpha Beta

6.4.1 Vereiste attributen

De vereiste linkattributen moeten in het inputnetwerk opgenomen worden als velden. De attributen worden als volgt gedefinieerd:

Tabel 7: Vereiste attributen

Attributen	Type	Inhoud
Tijd*	Numeriek	Reistijd bij onbelast netwerk
Capaciteit*	Integer	Maximale stroom die link aankan

De waardes voor zowel de tijd als de capaciteit kunnen verschillend zijn voor de 2 richtingen van een link. Daarom worden deze velden genoteerd met een asterisk(*) en zouden zij vervangen moeten worden door een paar van velden die overeenkomen met de relevante gegevens in elke richting. Bijvoorbeeld, het veld Tijd* moet gelezen worden als een paar van velden [Tijd AB] en [Tijd BA]. Wanneer het netwerk geen tweerichtingsvelden bevat, wordt de waarde binnen het veld genomen voor beide richtingen.

Het is mogelijk om elk veld aan te duiden als het tijdsveld. Zo is het mogelijk om een gegeneraliseerde kostenfunctie te berekenen aan de hand van een toepasselijke formule.

6.4.2 Vereiste instellingen

Als toevoeging op de vereiste netwerkbestanden, hebben sommige toedelingsmodellen verschillende andere parameterinstellingen nodig. Deze parameters worden niet opgenomen als een veld in het netwerk, maar ze worden gespecificeerd in de Traffic Assignment dialog box.

Tabel 8: Vereiste modelinstellingen

Instellingen	Inhoud
Iteraties	Maximum aantal iteraties die uitgevoerd mogen worden
Convergentie	Convergentiecriterium waarde; als het maximum van de absolute verandering in alle linkstromen tussen alle uitgevoerde iteraties kleiner is dan deze waarde, is de convergentie bereikt, en stopt de toedeling
Alpha	De globale standaardwaarde van de α parameter in de BPR functie
Beta	De globale standaardwaarde van de β parameter in de BPR functie
Functie	De foutenterm distributiefunctie voor het stochastisch gebruikersevenwicht
Error	Foutenpercentage voor de foutenterm

6.5 Optionele gegevens voor een verkeerstoedeling

TransCAD biedt een grote verscheidenheid aan opties voor de verkeerstoedelingsprocedures. Men heeft controle over de parameters van de linkprestatie functie, het voorladen van de netwerklinks, de berekening van extra output

6.5.1 Optionele netwerkattributen

Als toevoeging op de vereiste linkattributen (tijd en capaciteit) kunnen er nog verschillende andere link attributen ingevoerd worden.

Tabel 9: Optionele netwerkattributen

Attributen	Inhoud
Link type	Code die het linktype voorstelt
Alpha*	Links specifieke α parameter in de BPR Functie
Beta*	Links specifieke β parameter in de BPR Functie
Preload*	Vaste achtergrond linkstroom

6.5.1.1 Link type

Transportnetwerken bevatten normaal verschillende linkclassificaties, zoals snelwegen, primaire wegen, secundaire wegen, centroïdeconnectoren. Het is mogelijk om aan elke link een classificatie toe te kennen in een geografisch bestand, en zo de informatie mee op te nemen in de netwerken.

Om links per type te classificeren kan er gebruik gemaakt worden van een veld in het geografisch bestand om een numerieke code op te slaan die elk linktype identificeert. Wanneer dit veld is opgenomen in het netwerk moet het herkend worden via de Network Settings dialog box.

Van de centroïdeconnectoren moet onthouden worden dat het geen fysieke links zijn, zij mogen slechts gekruist worden bij het binnenkomen en het verlaten van het netwerk, m.a.w. aan het begin en einde van elke trip. Er mag nooit gebruik van gemaakt worden in het midden van een trip.

6.5.1.2 Alpha en Beta voor de BPR functie

De parameters alpha (α) en beta (β) van de BPR functie kan op verschillende manieren bepaald worden:

- globale standaardwaarden voor alle linken in het netwerk
- gebruikmakend van de Link Lookup Tabel
- verschillende waardes voor α en β kunnen voorzien worden voor elke aparte link in het netwerk, hierbij wordt gebruik gemaakt van velden in het netwerk die de waardes van α en β bevatten voor elke link

Wanneer de waardes voor elke link apart ontbreken wordt er automatisch gebruik gemaakt van de standaardwaarden.

6.5.1.3 Preloads

Een andere optie waarvan gebruik kan gemaakt worden bij een verkeerstoedeling is om het netwerk op voorhand te laden met een verkeersstroom (Preload). Deze preloads zijn vaste achtergrond volumes op de linken. Deze volumes worden geassocieerd met de voertuigtrips die op het netwerk zitten maar die niet mee opgenomen zijn in de toe te delen HB-matrix. Het gebruik van preloads maakt het mogelijk om andere verkeersstromen, zoals vrachtverkeer en busverkeer, mee op te nemen in de toedeling.

Het is ook mogelijk om deze verkeersstromen te halen uit op voorhand uitgevoerde toedelingsprocessen. Het in rekening brengen van het aanwezige verkeer op de netwerklinken vergroot de nauwkeurigheid van de berekende linkbelasting en de belaste reistijden. Ook is het handig bij het gebruik van de analyse van de effecten van een stapsgewijze toename van verkeer.

6.6 Standaardresultaten van een verkeerstoedeling

Na een succesvolle voltooiing geeft de verkeerstoedeling de volgende output:

- Een tabelbestand dat de geschatte linkvolumes en linkkosten bevat.
- Een tekstbestand dat een samenvatting bevat van de gebruikersinput en modeloutput.

Het doel van de verkeerstoedeling is om de verkeerscondities voor een gegeven netwerk en de gevraagde verkeersvolumes te voorspellen. De toegedeelde linkvolumes zijn de primaire output van het toedelingsmodel en worden weergegeven in een oplossingsbestand, dat verder ook nog

belaste reistijden en de volume/capaciteitsratio van elke link bevat. Deze V/C ratio geeft de graad van congestie weer op elke link.

Verder maakt TransCAD ook nog een rapport dat de algemene informatie van de toedeling (datum, tijd, opties, input en output) bevat. Hierin staan ook twee globale variabelen die gelden voor het hele netwerk, de totale voertuiguren van verplaatsing, en de totale afgelegde afstand.

6.7 Meer geavanceerdere toedelingmethodes

Verschillende modelproblemen vragen om een meer gevarieerd of meer gespecialiseerde toedelingsprocedures. Deze toedelingsmethodes kunnen het gebruik vereisen van alternatieve volumevertragende relaties, behandeling van meerdere modi en/of gebruikersklassen, het in rekening brengen van complexe tolheffing of een simultane behandeling van de tripdistributie.

6.7.1 Toedeling met alternatieve of door gebruikers bepaalde volume delay functies.

Het is mogelijk om in TransCAD gebruik te maken van verschillende voorgeprogrammeerde Volume Delay Functies (VDF) in plaats van de op voorhand bepaalde BPR functie. Het is zelfs mogelijk om zelf een code te programmeren met een eigen VDF. De voorgeprogrammeerde VDF's zijn de volgende:

- De BPR functie
- Een conische vertragingfunctie die gebruikt wordt in EMME/2⁵⁷
- Een logit vertragingfunctie
- Een generaliseerde kostenfunctie, gebaseerd op de BPR curve

Voor meer informatie betreffende deze functies wordt verwezen naar de TransCAD, Travel Demand Modelling handleiding.

6.7.2 HOV (High Occupancy Vehicle) toedeling

Vele stedelijke gebieden, waarin het verkeer de capaciteiten van de bestaande wegssystemen volgroeid zijn, proberen de congestie te verlichten door de invoer van aparte rijstroken voor HOV's. Voor deze toedeling moeten er ook aanpassingen gebeuren aan de inputbestanden. Zo is er een HB-matrix nodig voor zowel het niet HOV-verkeer als het HOV-verkeer, ook moeten de juiste attributen mee opgenomen worden in de netwerkvelden. Ook zijn er verschillende selectiereeksen nodig die de links definiëren die enkel gebruikt mogen worden door hoog bezette voertuigen, en dus niet voor het overige verkeer.

⁵⁷ ArcInfo-Based Highway Project Modeling

6.7.3 Multimodale Multiklasse toedeling (MMA)

De MMA toedeling is een flexibele toedelingsroutine die ontworpen is voor grote metropolen en die toepasbaar is in grote interregionale modellen. Het MMA model is een gegeneraliseerde kostentoedeling die het mogelijk maakt om simultaan trips toe te delen aan het netwerk van verschillende vervoersmodi en verschillende gebruikersklassen. Elke modus of klasse kan verschillende impacten hebben op de congestie, verschillende parameters hebben voor de VDF of verschillende waarden hebben voor de tijd.

6.7.3.1 Gegevens voor de MMA toedeling

Voor elke modus of klasse is het mogelijk om de volgende kenmerken te bepalen:

- PersonenAuto Equivalent (PAE), die de congestie-effecten van elk voertuig bepaald.
- Uitsluitingen, die de specifieke selectiereeksen bepalen van de linken, die niet gebruikt mogen worden door specifieke klassen of modi.
- Vaste tol, die afhankelijk is van links en toegevoegd wordt aan de kostberekening per modus.
- In- en uitrij tol, die toegepast wordt per modus.
- Een unieke waarde van tijd (Value of Time) voor de modi en/of de klassen.
- Een HB-matrix voor de trips van de modi en/of de klassen.

PersonenAuto Equivalent (PAE)

PAE wordt gebruikt om het verschil in verkeersimpact van grotere voertuigen in rekening te brengen, door hen te behandelen alsof ze dezelfde volume-impact hadden als een aantal toegevoegde wagens. Zo hebben grotere, zwaardere voertuigen meer fysieke ruimte nodig dan personenauto's. Zo is het dus mogelijk om de PAE-factor van elke modus te specificeren.

Uitsluitingen

Het is mogelijk om verschillende linken uit te sluiten voor bepaalde modi. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om die bruggen uit te sluiten, waar het vrachtverkeer niet voldoet aan de veilige doorgangsvereisten.

Tijdswaarde

Elke modus of gebruikersklasse kan zijn eigen tijdswaarde (VoT) hebben. In een toedelingsmodel, gebaseerd op verschillende inkomensklassen, is het mogelijk om elke inkomensklasse apart toe te delen met een aparte VoT. Een ander voorbeeld is de toedeling van bedrijfsvoertuigen en persoonlijke voertuigen. In dit geval wordt er een hogere VOT toegekend aan de bedrijfsvoertuigen.

HB-Matrix

Het is nodig om voor elke modus of gebruikersklasse een aparte HB-matrix te voorzien. Deze aparte matrices moeten allemaal opgenomen worden in één matrix bestand.

6.7.4 Resultaten van de MMA

De standaardresultaten van de MMA zijn gelijkaardig aan die van een gewone toedeling:

- een rapport dat de algemene details van de inputbestanden en -velden en de gegenereerde statistieken zoals de totale voertuigafstand en totale voertuig reistijd
- een tabel met de volumestroom, V/C ratio, belaste reistijden en belaste snelheden per link

Toegevoegd aan vorige resultaten, kan de MMA toedeling nog enkele extra resultaten bekomen:

- Een belaste tijdsmatrix
- Een tabel met de voertuigstroom en V/C ratio per link
- Een aan de schaal aangepaste thema van de volumestromen en een kleurenthema van de V/C ratio
- PAE's volumestromen per modus en/of klassen voor elke link

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de mogelijkheden voor de verkeerstoedeling binnen TransCAD, wordt er verwezen naar de hangleiding: "Travel Demand Modelling with TransCAD, Caliper Corporation"

7 PRAKTIJK

De toedelingen worden gerealiseerd d.m.v. TransCAD (www.caliper.com), een Geografisch Informatie Systeem, specifiek voor transporttoepassingen.

7.1 Vorbereiding

Zoals al aangehaald in de literatuurstudie, zijn er vooraleer aan de toedelingen te kunnen beginnen, enkele parameters nodig:

- Alpha
- Beta
- Lengte van de link
- Snelheid
- Capaciteit

Snelheid

De snelheden op de verschillende linktypes wordt bepaald door de gemiddelde maximumsnelheid te nemen van alle wegen die binnen deze linktypes zijn bepaald. Omdat er ook een toedeling van vrachtwagens gebeurt wordt hiervoor natuurlijk de snelheid aangepast. Vrachtwagens hebben een maximale snelheid van 90 km/u, deze waarde zal dan ook worden ingevoerd op de wegen waar de gemiddelde basissnelheid eerst de 90 km/u overschrijdt. Waar dit niet het geval is blijft de basissnelheid behouden.

Lengte van de Link

De lengte van de link wordt bepaald door TransCAD, gebruik makend van de lijnenlaag.

Capaciteit van de link

Voor de capaciteiten van de link wordt er gebruik gemaakt van onderstaande tabel.

Tabel 10: Gebruikte linkcapaciteiten

Linktype	Omschrijving	Capaciteit
1	Autosnelweg	2100
2	Verkeerswisselaar of op- of afrit	1900
3	NX- of NXX-weg	1800
4	kleinere NX- of NXX-weg	1800
5	NXXX-weg	1800
6	kleinere NXXX-weg	1800
7	lokale weg	1400
8	Kleine weg (stadsweg of landweg)	1200

Alpha en Beta

De Alpha en Beta waarden worden gehaald uit de link performance functie (BPR) die gebruikt wordt in TransCAD.

$$t_a = t_a^{freeflow} \left(1 + \alpha \left(\frac{q_a}{cap} \right)^\beta \right)$$

$$\alpha = \frac{\text{basissnelheid/snelheid } 100\% - 1}{V}$$

$$\text{Stel } \frac{V}{C} = 1 \text{ (100\% verzadigingsgraad)}$$

$$t = t_f(1 + \alpha)$$

$$\alpha = \frac{t}{t_f} - 1$$

$$\beta = \frac{\log((\text{basissnelheid/snelheid } 80\% - 1)/\alpha)}{\log 0,8}$$

$$\text{Stel } \frac{V}{C} = 0,8 \text{ (80\% verzadigingsgraad)}$$

$$\frac{t}{t_f} = 1 + \alpha * 0,8^\beta$$

$$0,8^\beta = \frac{\left(\frac{t}{t_f} - 1 \right)}{\alpha}$$

$$\beta = \left(\frac{t}{t_f} - \frac{1}{\alpha} \right) \log 0,8$$

Wanneer we alle bovenstaande parameters samenvoegen bekomen we onderstaande tabel, die gebruik zal worden in al de uitgevoerde toedelingen. Waarbij er een opsplitsing is gemaakt in α en β waardes voor zowel personenauto's als vrachtwagens.

Tabel 11: Worksheet TypeCap auto's

Omschrijving	Basissnelheid	α	β 0,8
Autosnelweg	113,33	2,49079	9,7832511
Verkeerswisselaar of op- of afrit	85,00	0,97433	5,4556983
NX- of NXX-weg	90,67	1,58209	6,5789806
kleinere NX- of NXX-weg	83,00	2,15301	6,8012755
NXXX-weg	71,56	2,44915	6,1959688
kleinere NXXX-weg	63,80	2,644	5,9789915
lokale weg	46,18	2,71794	5,3980258
Kleine weg (stadsweg of landweg)	25,50	5,6357	4,7437058

Tabel 12: Worksheet TypeCap vrachtwagens

Omschrijving	Snelheid vrachtwagens	α	β 0,8
Autosnelweg	90,00	1,63414	5,3448087
Verkeerswisselaar of op- of afrit	85,00	0,97433	5,4556983
NX- of NXX-weg	90,00	1,56311	6,6499667
kleinere NX- of NXX-weg	83,00	2,15301	6,8012755
NXXX-weg	71,56	2,44915	6,1959688
kleinere NXXX-weg	63,80	2,644	5,9789915
lokale weg	46,18	2,71794	5,3980258
Kleine weg (stadsweg of landweg)	25,50	5,6357	4,7437058

7.2 TransCAD

7.2.1 Netwerk Vlaanderen

Er wordt gebruik gemaakt van een lijnenlaag: "Netwerk_Vlaanderen.dbd", dat het hele Belgisch wegennetwerk voorstelt. Samenhangend met deze lijnenlaag is er de knooppunten laag "endpoints" die alle knooppunten van het netwerk bevat.

Omdat er in deze thesis enkel gebruik gemaakt zal worden van de linktypes van 1 t.e.m. 8, wordt het netwerk gefilterd. Vervolgens worden de parameters uit vorige paragraaf gekoppeld aan het netwerk, dit door per linktype 9 kolommen toe te voegen (Capaciteit, Basissnelheid, Snelheid vrachtwagen, Alpha, Alpha VW, Beta, Beta VW, Tijd en Tijd vrachtwagen).

De kolom [Capaciteit] wordt ingevuld door de kolom [AB rijstroken], dat het aantal rijstroken van deze lijn weergeeft, te vermenigvuldigen met de kolom [AB Rijstrookcap], dat de maximumcapaciteit per wegstrook weergeeft.

De kolom [Tijd] wordt ingevuld door de kolom [Length] te delen door de kolom [basissnelheid]. Ook de kolom [Tijd vrachtwagen] wordt op deze manier ingevuld, maar hiervoor wordt er uiteraard gebruik gemaakt van de kolom [Snelheid vrachtwagen].

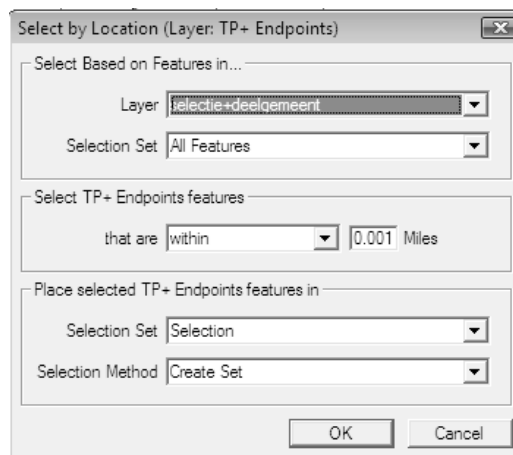
7.2.2 Centroïden

In deze thesis is er gewerkt met 2 verschillende soorten gebiedsindeling:

- Belgische Deelgemeenten (BASMAT)
- Vlaamse Postcodes + 5 buitenzones (Vrachtwagens)

Om deze gebiedsindelingen te kunnen koppelen met het netwerk is het noodzakelijk om de puntenlaag met de centroïdes van beide indelingen in te voeren in het netwerk bestand. Deze centroïdes worden vervolgens verbonden met het netwerk, op deze manier ontstaan er zoneconnectoren, die zelf ook een linktype vormen. Aan deze zoneconnectoren moeten ook de parameters uit vorige paragraaf worden toegevoegd. Om geen capaciteitsproblemen te krijgen worden er 5 rijstroken, met een rijstrookcapaciteit van 2100, toegekend aan deze connectoren. Voor de andere parameters worden dezelfde parameters genomen als de parameters van linktype 1. Dit omdat de zoneconnectoren al het verkeer moeten verwerken dat vanuit een zone vertrekt en dat in een zone aankomt.

Nu dat de zoneconnectoren zijn opgenomen in het netwerk is het ook nog nodig om de centroïdes te vervangen door de dichtstbijzijnde eindknoten, om deze achteraf te kunnen opnemen in de toedeling.



Figuur 9: Vervangen van centroïdes door dichtstbijzijnde eindknoten

Nadat zowel de zoneconnectoren als de centroïdes zijn opgenomen in het netwerk, kan het netwerk aangemaakt worden. Bij het aanmaken van het netwerk moet er opgelet worden dat alle nodige parameters worden meegenomen in de velden van het netwerk. Wanneer dit niet het geval is, kan men voor problemen komen te staan bij de toedeling.

Het netwerk in deze thesis bevat 106328 links.

7.2.3 Matrix

Na de opmaak van het netwerk kunnen de verschillende matrices worden aangemaakt.

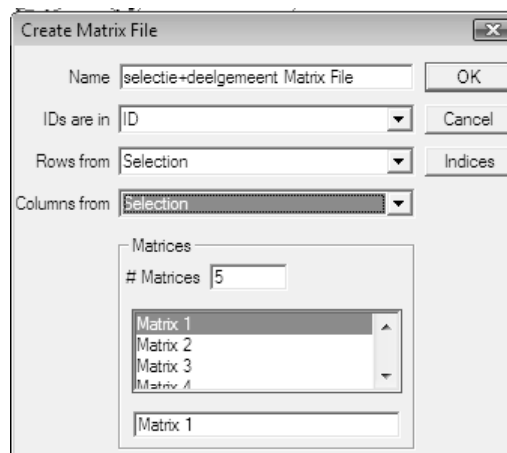
Zoals eerder al opgemerkt, wordt er gewerkt met 2 gebiedsindelingen. Dit leidt tot de aanmaak van matrices die in grootte verschillen:

- matrices van 2616 op 2616, met de HB-paren van de BASMAT-indeling
- matrices van 560 op 560, met de HB-paren van de postcode-indeling
- matrices van 3176 op 3176, met de HB-paren van zowel de BASMAT-indeling als de postcode-indeling

Voor de toedelingen in deze thesis worden er 4 matrixbestanden opgemaakt

- Een matrixbestand met 1 matrix van 2616 op 2616, met het totaal aantal verplaatsingen in BASMAT
- Een matrixbestand met 1 matrix van 560 op 560, met de vrachtwagen verplaatsingen
- Een matrixbestand met 5 deelmatrices van 2616 op 2616, met de verplaatsingen per motief uit BASMAT in de verschillende deelmatrices (Werken, School, Winkel, Recreatief, Overig)
- Een matrixbestand met 6 deelmatrices van 3176 op 3176, met zowel de verplaatsingen per motief uit BASMAT en de vrachtwagenverplaatsingen per postcode in de verschillende deelmatrices

Deze matrices worden aangemaakt door de functie: File – New – Matrix. Waarbij de gebruikte rijen en kolommen gebaseerd zijn op de selectie functie die uitgevoerd is om de centroïdes van beide zoneringen te vervangen door de dichtstbijzijnde eindknopen.



Figuur 10: Creatie matrixbestand

7.2.3.1 BASMAT⁵⁸

De BASMAT database bestaat uit de verplaatsingen van en naar elk van de 2616 zones op niveau van de deelgemeentes. De BASMAT database is opgedeeld in 5 verschillende motieven: Werkverkeer, Schoolverkeer, Winkelverkeer, Recreatief/sociaal verkeer en overig verkeer.

⁵⁸ Departement mobiliteit en openbare werken Coördinatie verkeersmodellen – Vlaams Verkeerscentrum, Antwerpen, (2008)

Vooraleer de matrices aangemaakt kunnen worden zijn er drie problemen die opgelost moeten worden:

- De BASMAT database bevat alle personenverplaatsingen (alle modi)
- De BASMAT database bevat date uit de hele ochtendspits
- De BASMAT ID's komen niet overeen met de ID's van de eindknopen in het netwerk

De BASMAT database bevat alle personenverplaatsingen. Hieruit moeten dus de verplaatsingen met de auto gefilterd worden. Dit wordt gedaan aan de hand van onderstaande tabel.

Tabel 13: Verdeling van het gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag volgens motief en verplaatsingsmiddel⁵⁹

Motief	Totaal				
	Totaal auto	fiets en te voet	Totaal OV	Motor	Andere
Werken	67,8%	15,6%	7,0%	2,1%	7,5%
Zakelijk verkeer	79,8%	10,4%	2,9%	0,2%	6,9%
Onderwijs	28,4%	47,0%	11,9%	3,1%	9,6%
Winkelen	61,4%	29,5%	1,8%	0,9%	6,4%
Diensten	62,0%	26,3%	2,1%	1,0%	8,6%
Ontspanning,Cultuur, Sport	62,9%	26,0%	2,4%	1,4%	7,4%
Bezoek brengen	68,4%	22,1%	1,7%	1,7%	6,1%
Wandelen/rondrijden	23,1%	67,3%	0,9%	1,3%	7,5%
Iem./iets brengen en halen	78,6%	14,6%	0,3%	1,0%	5,6%
Ander	62,0%	22,4%	3,6%	0,6%	11,3%

Om de gegevens uit bovenstaande tabel om te vormen naar de BASMAT indeling worden de volgende aannames gedaan:

- Werkverkeer= werken en zakelijk verkeer
- Winkelverkeer = Winkelen en Diensten
- Schoolverkeer = Onderwijs volgen
- Recreatief/Sociaal verkeer = Ontspanning, Cultuur, Sport, Bezoek brengen en Wandelen
- Overige = alles wat overblijft

Om vervolgens het percentage autobestuurders te bepalen per BASMATmotief wordt er gebruik gemaakt van het gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag per motief.

⁵⁹ <http://www.mobielvlaanderen.be/pdf/ovg2/brochure.pdf>

Tabel 14: Gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag volgens motief⁶⁰

Motief	Gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag	
Werken	0,51	18,5%
Zakelijk bezoek	0,06	2,2%
Onderwijs volgen	0,22	8,0%
Winkelen	0,56	20,4%
Diensten	0,12	4,4%
Ontspanning, sport, cultuur	0,4	14,5%
Bezoek brengen	0,33	12,0%
Wandelen, rondrijden	0,1	3,6%
Iemand/iets brengen of halen	0,27	9,8%
Andere	0,18	6,5%

Nu het gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag per motief als de modal split per motief gekend is, wordt aan de hand van enkele rekensommen onderstaande tabel bekomen.

Tabel 15: Percentage autobestuurders per motief in BASMAT

Basmatmotieven Autobestuurders	
Werken	62,28%
School	6,10%
Winkelen	45,26%
Recreatie	42,35%
Overige	39,30%

Nu geweten is hoeveel procent van de gekregen BASMATverplaatsingen autoverplaatsingen zijn, moet er enkel nog rekening gehouden worden met het feit dat de BASMATgegevens gelden voor een totale ochtendspits (3 uren: van 7u00 tot 10u00). Deze hoeveelheden moeten dus herleid worden naar 1 uur, dit omdat de input van de verkeerstoeiding in TransCAD een matrix met de verplaatsingen voor 1 gegeven uur vraagt. Om tot een juiste uitkomst te komen wordt er een gemiddelde genomen van alle verplaatsingen gedurende deze drie uren.

Om een oplossing te bieden aan het laatste probleem wordt er gebruik gemaakt van de geografische kenmerken van zowel de eindknopen als de BASMATID's. Van beiden worden zowel de longitude als de latitude met elkaar vergeleken. De uitkomst van deze vergelijking biedt een omzettafel waarin de overeenkomstige ID's van de BASMATdatabase en van de eindknopen naast elkaar staan.

- | | |
|---|-------|
| 1 | 65147 |
| 2 | 65153 |
| 3 | 65146 |

⁶⁰ <http://www.mobielvlaanderen.be/pdf/ovg2/brochure.pdf>

4 65157
 5 65154
 6 65151

...

Deze omzettabel ("van naar tabel.txt") kan gebruikt worden om de oorspronkelijk gegevens uit de BASMATdatabase ("omzettabel.txt") om te vormen naar een bestand ("BasMATmatrix.txt") met het juiste aantal verplaatsingen en de juiste ID's.

Het omzetten van deze bestanden gebeurde in het programma R aan de hand van onderstaande code:

```
a<-read.table("omzettabel.txt", header=T, sep=",")
omzetlijst<-read.table("van naar tabel.txt", header=F, sep="")
a$Herkomst<-omzetlijst[a$Herkomst,2]
a$Bestemming<-omzetlijst[a$Bestemming,2]
a$Werken<-a$Werken/3*0.6228
a$School<-a$School/3*0.061
a$Winkelen<-a$Winkelen/3*0.4526
a$Recreatief<-a$Recreatief/3*0.4235
a$overig<-a$overig/3*0.393
a$totaal<-a$Werken+a$School+a$Winkelen+a$Recreatief+a$overig
write.table(a, file = "BasMATmatrix.txt", sep = ",", col.names=F, row.names=F)
```

Tabel 16: voorbeeld BASMATmatrix.txt

Herkomst	Bestemming	Werken	School	Winkelen	Recreatief	Overig	Totaal
65147	65147	46,09	9,94	12,75	4,66	20,96	94,40
65147	65153	22,84	0,32	0,15	0,14	0,92	24,36
65147	65146	1,66	0,06	0,08	0,28	1,05	3,13
65147	65157	9,34	0,10	0,08	0,14	0,72	10,38
65147	65154	7,37	0,15	0,08	0,14	0,92	8,66
65147	65151	8,93	0,11	0,15	0,35	1,51	11,05
...	...						

7.2.3.2 Vrachtwagens⁶¹

De zonering van deze database is gebaseerd op het postcodeniveau van de Vlaamse gemeentes. Dit geeft een totaal van 556 zones in Vlaanderen.

Naast de 556 zones in Vlaanderen, worden er ook enkele import- en exportzones gedefinieerd. Hiervoor is er beroep gedaan op gegeven van de Federale Overheidsdienst Economie, afdeling statistiek. Van alle productie in Vlaanderen wordt 13.8% geëxporteerd en van alle attractie wordt 12.7% geïmporteerd. Er werd gekozen om slecht de 5 belangrijkste import- en exportlanden mee

⁶¹ Hendriks Dave, Vangeirt Frank, Ramaekers Katrien en Geert Wets (2008)

op te nemen, nl. Duitsland, Nederland, Frankrijk, Groot-Brittannië en de Verenigde Staten (die mee opgenomen wordt in de totalen voor het gebied "de haven van Antwerpen")

Vooraleer de matrix aangemaakt kan worden zijn er drie problemen die opgelost moeten worden:

- De kengetallen waarop de matrix gebaseerd is geeft de voertuigen per dag weer
- De kengetallen houden geen rekening met een de vrachtwagens zonder lading
- De ID's uit de verkregen matrix komen niet overeen met de ID's van de eindknoten in het netwerk

De Nederlandse⁶² kengetallen waarop de matrix gebaseerd is geeft de voertuigen per dag weer. Omdat er bij de BASMATgegevens gebruik gemaakt wordt van 1 uur in de ochtendspits, moet dit voor de vrachtwagens uiteraard hetzelfde zijn. Uit deze Nederlandse⁶³ studie blijkt dat 40% van het vrachtvervoer tijdens de ochtendspits (7u00 tot 10u00) rijden.

De transporten in de verkregen matrix⁶⁴ veronderstellen een geladen vrachtwagen die aankomt of vertrekt. Daar het de bedoeling is om het volledige vrachtverkeer toe te delen op het netwerk, is het noodzakelijk om de getallen te vermenigvuldigen met een factor voor het leegrijden. Hiervoor wordt de veronderstelling gedaan dat 1 op de 4 vrachtwagens leeg rijden.

Om tenslotte een oplossing te bieden aan het laatste probleem wordt er opnieuw gebruik gemaakt van de geografische kenmerken van zowel de eindknoten als de postcode ID's. Van beiden worden zowel de longitude als de latitude met elkaar vergeleken. De uitkomst van deze vergelijking biedt een omzettabel waarin de overeenkomstige ID's van de postcodes en van de eindknoten naast elkaar staan.

63501	66152
63504	66167
63505	66168
63508	66166
63509	66170
...	...

Deze omzettabel ("omzettabel.txt") kan gebruikt worden om de oorspronkelijk gegevens uit de gekregen matrix ("van naar.txt") om te vormen naar een bestand ("matrixvrachtwagen.txt") met het juiste aantal verplaatsingen en de juiste ID's.

⁶² Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2002

⁶³ Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2002

⁶⁴ Join_final_vlexp3.xls

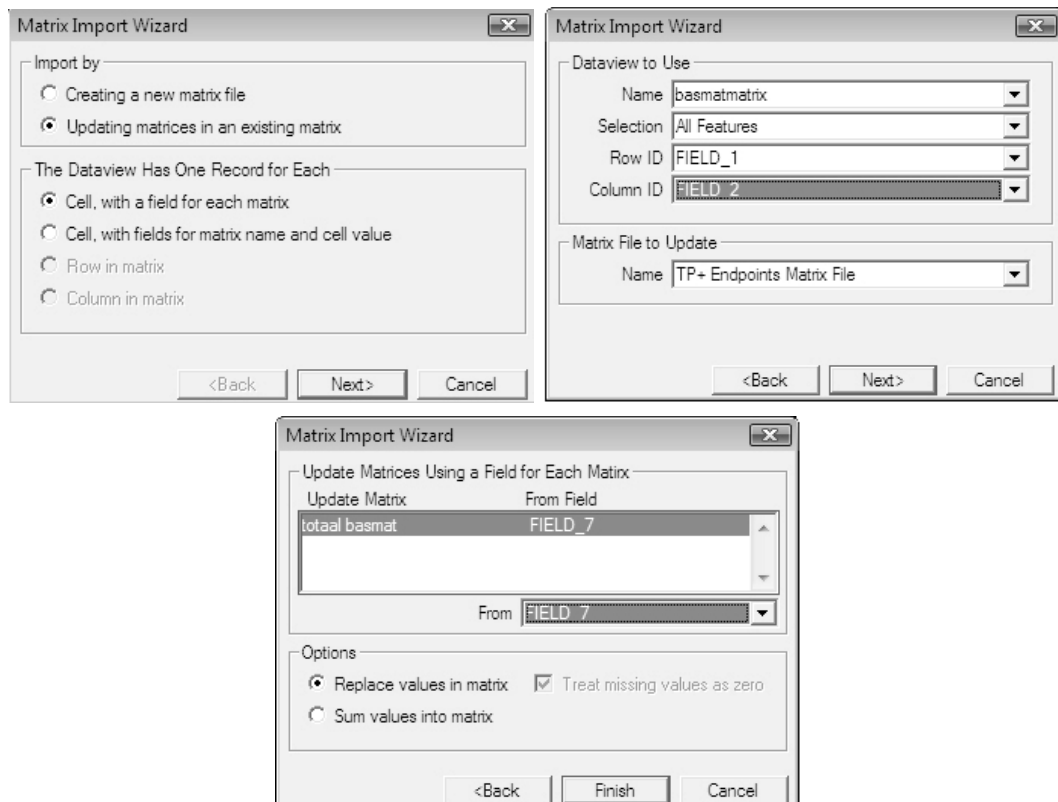
Het omzetten van deze bestanden gebeurde in het programma R aan de hand van onderstaande code:

```
a<-read.table("van naar.txt", header=T, sep=",")
a[,1]<-as.vector(a[,1],mode="character")
a[,2]<-as.vector(a[,2],mode="character")
omzetlijst<-read.table("omzettelijst.txt", header=F, sep="")
row.names(omzetlijst)<-omzetlijst[,1]
a$Herkomst<-omzetlijst[a$Herkomst,2]
a$Bestemming<-omzetlijst[a$Bestemming,2]
a$Aantal<-a$Aantal*0.4/3*1.33
write.table(a, file = "matrixvrachtwagen.txt", sep = ",", col.names=F,row.names=F)
```

7.2.3.3 Data import

De bekomen tekstbestanden (matrixvrachtwagen.txt en BasMATmatrix.txt) kunnen vervolgens geopend worden in TransCAD en in de lege matrices ingevoerd worden.

Dit gebeurt aan de hand van de functie: matrix – import



Figuur 11: Matrix import Wizard

Het uiteindelijke resultaat is een matrix, zoals in onderstaande figuur wordt weergegeven.

Matrix1 - TP+ Endpoints Matrix File (totaal basmat)															
	63497	63498	63499	63500	63501	63502	63503	63504	63505	63506	63507	63508	63509	63510	63511
63497	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63498	0.00	1.26	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.07	0.13	0.27	0.00	0.00
63499	0.00	0.28	20.22	0.00	0.00	0.13	0.00	0.17	0.21	0.07	0.66	0.21	0.23	0.00	0.00
63500	0.00	0.00	0.00	7.26	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63501	0.00	0.00	0.00	0.96	7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
63502	0.00	0.07	0.07	0.00	0.00	26.88	0.00	1.26	0.22	0.00	0.20	0.07	0.73	2.60	0.00
63503	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63504	0.00	0.00	0.07	0.07	0.00	0.56	0.00	17.21	0.34	0.10	0.00	0.07	0.27	0.00	0.00
63505	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.20	0.71	0.44	48.48	0.07	0.07	0.00	0.21	0.00	0.00
63506	0.00	0.54	0.07	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.07	9.19	0.07	0.07	3.82	0.00	0.00
63507	0.00	0.00	1.41	0.00	0.07	0.14	0.07	0.07	0.07	0.23	5.18	0.90	0.15	0.00	0.00
63508	0.00	0.07	1.04	0.00	0.00	0.07	0.00	0.02	0.07	0.00	0.95	5.80	0.27	0.00	0.00
63509	0.00	0.27	0.13	0.07	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	2.88	0.00	0.20	28.48	0.00	0.00
63510	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	4.44	0.00
63511	0.00	0.00	0.07	0.00	0.10	0.08	0.00	0.07	0.00	0.83	0.00	0.00	2.39	0.01	0.00
63512	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.08	0.00	0.00	0.09	0.00
63513	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.10	0.08	0.00	0.21	0.00	0.10	0.00	0.00
63514	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.07	0.00	0.08	0.00
63515	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.21	0.00	0.00	0.13	0.31	0.15	0.00
63516	0.00	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00
63517	0.00	0.14	0.53	0.00	0.00	0.42	0.00	0.07	0.00	0.31	0.20	0.27	1.29	0.00	0.00
63518	0.00	0.07	0.23	0.00	0.00	0.07	0.07	0.45	0.30	0.17	0.13	0.27	0.17	0.11	0.00
63519	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.07	0.07	0.00	0.10	0.00
63520	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63521	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63522	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63523	0.00	0.00	0.00	1.06	0.69	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63524	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.45	0.00
63525	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63526	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	2.10	0.23	4.06	0.49	0.14	0.07	0.07	0.34	0.07	0.00
63527	0.00	0.00	0.07	0.00	0.07	5.72	0.00	0.27	0.00	0.21	0.07	0.20	0.55	0.00	0.00
63528	0.00	0.00	0.00	0.75	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00
63529	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.20	0.20	0.79	3.12	0.07	0.13	0.20	0.49	0.00	0.00
63530	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.61	0.13	0.74	1.22	0.07	0.13	0.34	0.17	0.00	0.00
63531	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.80	0.69	1.50	4.13	0.00	0.20	0.23	0.55	0.15	0.00
63532	0.00	0.07	0.27	0.00	0.07	1.04	0.07	1.15	2.51	0.20	0.27	0.33	0.44	0.00	0.00

Figuur 12: Matrixbestand

7.3 Toedelingen

Om een beeld te geven welke todelingsmethode nu het beste resultaat geeft, na het toedelen van de in punt 7.2 aangereikte gegevens op het Vlaamse netwerk, zijn er twee werkwijzen mogelijk:

- Een sequentiële aanpak, waarbij eerst de vrachtwagens worden toegedeeld en daarna pas de personenauto's.
- Een simultane aanpak, waarbij zowel de vrachtwagens als de personenauto's gelijktijdig worden toegedeeld het netwerk

Na beide aanpakken te hebben uitgevoerd wordt er aan de hand van verkregen telgegevens⁶⁵ van de Vlaamse Overheid een vergelijking gemaakt tussen beiden.

7.3.1 Sequentiële aanpak

Bij deze aanpak worden dus eerst de vrachtwagens toegedeeld op het Vlaamse netwerk. De vrachtwagens zullen op de 10 verschillende manieren⁶⁶, die TransCAD aanbiedt, toegedeeld worden. Na deze toedelingen worden de aantallen vergeleken met geobserveerde vrachtwagenstromen, uit tellingen van de Vlaamse overheid. Na deze toedeling wordt er aan de hand van de resultaten een keuze gemaakt van de vrachtwagenstroom die gebruikt zal worden als "preload" voor de toedeling van de gegevens uit de Basmat-matrix.

7.3.1.1 Vrachtwagens

Voor de toedelingen van de vrachtwagens wordt er gebruik gemaakt van de matrix die beschreven wordt onder punt 5.2.3.2. Bij de toedeling van de vrachtwagens wordt er zoals eerder al gemeld rekening gehouden met een maximumsnelheid van 90km/u. Door rekening te houden met de maximumsnelheid, verandert ook de reistijd die de vrachtwagen nodig heeft om de afstand van de link af te leggen.

Per toedeling worden de volgende kenmerken weergegeven:

- De gebruikte inputgegevens
- Het rapport van de toedeling
- Statistieken van de output

Deze gegevens kunnen teruggevonden worden in bijlage.

⁶⁵ De oorspronkelijke telgegevens zijn in bijlage toegevoegd

⁶⁶ Opmerking: bij de 7 todelingsmethodes zonder MMA-toedeling kon er geen rekening gehouden worden met de PAE van de vrachtwagens. Bij de 3 todelingsmethodes binnen de MMA-toedeling werd er wel rekening gehouden met een PAE van 2 voor de vrachtwagens.

7.3.1.1.1 Telgegevens Vlaamse overheid

Om nu te kijken welke toedeling de beste resultaten heeft worden de resultaten van alle toedelingsmethodes vergeleken met telgegevens van de Vlaamse overheid⁶⁷. Deze vergelijking gebeurt op 3 verschillende plaatsen in de provincie Limburg:

- N716, kmpunt 2.1 (in beide richtingen)
- N2, kmpunt 73.2 (in beide richtingen)
- N75, kmpunt 14.8 (in beide richtingen)

Tabel 17: Vergelijkingspunten op het Vlaamse wegennet

Weg	Wegnr	Kmpt	Gemeente	Richting	ID lijn
N	2	73,2	Hasselt	Hasselt	46449
N	2	73,2	Hasselt	Diepenbeek	46449
N	75	14,8	Genk	Hasselt	45907
N	75	14,8	Genk	Dilsen	45907
N	716	21,4	Sint-Truiden	Sint-Truiden	44384
N	716	12,1	Sint-Truiden	Heist-op-den-berg	44384

Er wordt slechts op 3 verschillende plaatsen een vergelijking gemaakt omdat het niet mogelijk was om via AWV aan meer telgegevens te komen. Wanneer er meer telgegevens voor handen waren zou de vergelijking uiteraard een veel beter resultaat hebben kunnen opleveren.

7.3.1.1.2 Vergelijking verschillende toedelingsmethodes

Tabel 18: Vergelijking toedelingen op vrachtwagens en telgegevens AWV⁶⁸

Telpunt	richting	AWV- meting	AON	MMA AON	UE	MMA UE	SUE
N2	1	23	356	356	317	293	173
N2	2	16	337	338	317	285	190
N716	1	14	20	20	25	26	23
N716	2	8	24	24	24	32	28
N75	1	139	92	93	92	114	87
N75	2	90	98	98	98	129	95

Telpunt	richting	AWV- meting	MMA SUE	SO	STOCH	CRT	INC
N2	1	23	163	318	281	300	339
N2	2	16	146	323	305	288	324
N716	1	14	35	25	10	28	22
N716	2	8	30	24	20	25	24
N75	1	139	94	92	94	92	93
N75	2	90	121	98	73	98	98

⁶⁷ Lustellingen, Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer, Wegen en Verkeer Limburg.

⁶⁸ Bron: telgegevens AWV en eigen berekeningen

Zoals blijkt uit bovenstaande tabel kan er op deze manier niet echt uitgemaakt worden welke toedelingsmethode de beste resultaten bekomt. De verschillen tussen de geobserveerde en gemodelleerde waarden zijn voor elke toedelingsmethode zeer groot. Dit zou kunnen komen door een overschatting van de HB-matrix uit het PWO project, of door een tekort aan meetpunten waarmee vergeleken zou kunnen worden. Wel kan opgemerkt worden dat zowel de SUE en de MMA SUE methode het dichtst in de buurt komen van de geobserveerde verkeersstromen.

Om toch nog op een andere manier een vergelijking te maken tussen de verschillende toedelingsmethodes wordt er vervolgens gekeken naar de gebruikte instellingen en parameters. Hierbij zien we, zoals eerder ook in de literatuurstudie werd aangehaald, dat de Alles-of-Niets toedeling en de STOCH geen rekening houden met de wegvakcapaciteit, waardoor er minder nauwkeurige resultaten uit zullen voortkomen.

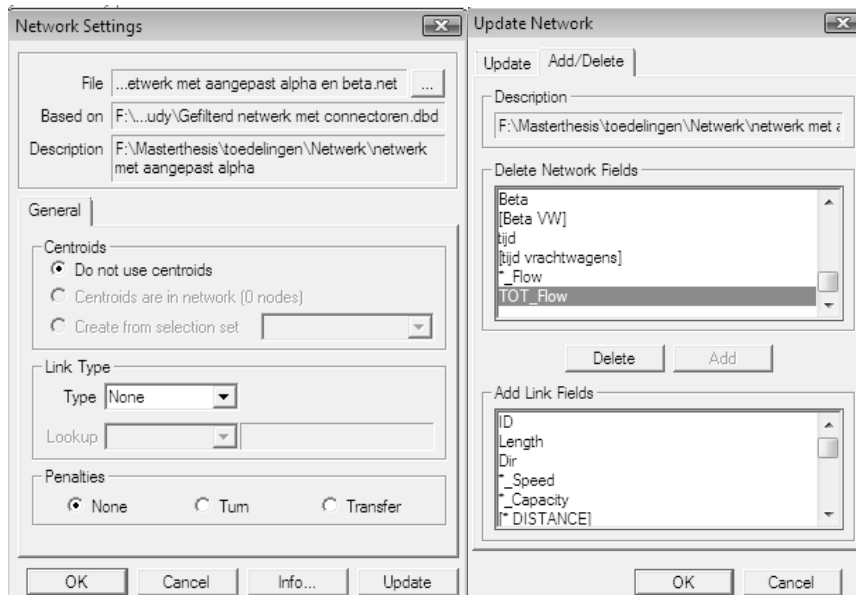
Om nu verder nog een vergelijking te maken zal er gekeken worden naar de outputgegevens. Hierbij zijn de V/C ratio, de totale voertuiguren van verplaatsing (vht) en de totale afgelegde afstand (vmt).

Tabel 19: Vergelijking toedelingsmethodes a.d.h.v. outputgegevens

Output	UE	MMA UE	SUE	MMA SUE	SO	CR
mean V/C	0,0348491	0,070234	0,0340932	0,069095	0,03507803	0,03423835
st dev	0,0954	0,160500	0,0918	0,157100	0,0968	0,0928
max V/C	1,043889	1,512973	0,884057	1,512973	0,985997	0,85554
tot vmt	5180323,13	10485934,46	5183083,03	10498192,45	51811102,14	5179794,50
Tot Vht	60921,6	153473,3	60947,54	153155,93	60977,03	61144,37

Na de vergelijking op basis van de telgegevens van de Vlaamse overheid en de vergelijking op basis van de outputgegevens kan gesteld worden dat het onmogelijk is om een adequate beslissing te nemen. Wanneer er dan ook nog gekeken wordt naar de literatuurstudie waarin vermeld wordt dat de toedelingsmethode, die met de meeste parameters rekening houdt, de SUE, veruit de beste resultaten bekomt. Daarom worden de resultaten van de die bekomen zijn via de SUE toedelingsmethode gebruikt als "preload" voor de toedeling van de BASMATmatrix.

De vrachtwagenstroom wordt in het netwerk ingevoegd via de functie: Network/Paths / Settings... / Update / Add/Delete.



Figuur 13: Update netwerkbestand

7.3.1.2 Toedeling BASMATmatrix met vrachtwagenstroom als preload⁶⁹

Omdat de BASMATmatrix bestaat uit 5 klassen is het noodzakelijk dit matrixbestand toe te delen via een Multimodaal Multiklassen toedelingsmethode (MMA). Hierbij zijn er 3 mogelijkheden:

- Alles-of-Nietstoedeling
- Gebruikersevenwicht toedeling
- Stochastisch gebruikersevenwicht toedeling

Per toedeling worden de volgende kenmerken weergegeven:

- De gebruikte inputgegevens
- Het rapport van de toedeling
- Statistieken van de output

Deze gegevens kunnen teruggevonden worden in bijlage.

7.3.2 Simultane aanpak

Bij deze werkwijze worden zowel de vrachtwagenmatrix als de BASMATmatrix gelijktijdig toegedeeld over het netwerk. Dit is enkel mogelijk in TransCAD bij het toedelen via een MMA-methode. Op deze manier moet er geen gebruik gemaakt worden van de preloadfunctie en worden

⁶⁹ De voorgeladen verkeersstromen worden enkel in rekening gebracht bij de berekening van de linkprestatie functie. Zij worden noch gerapporteerd in de resulterende AB/BA stroom velden in de outputtabel van de toedeling noch in de V/C berekeningen.

de stroomgegevens van de vrachtwagens wel mee opgenomen in de ouputtabel van de toedeling. Ook kan er op deze manier beter rekening gehouden worden met de PAE voor de vrachtwagens.

Een nadeel aan deze methode is wel dat er geen rekening gehouden kan worden met de snelheidsbeperking van 90 km/u voor vrachtwagens.

Zoals eerder al vermeld zijn er slechts 3 toedelingsmethodes toepasbaar bij een MMA:

- Alles-of-Niets toedeling
- Gebruikersevenwicht toedeling
- Stochastisch gebruikersevenwicht toedeling

Per toedeling worden de volgende kenmerken weergegeven:

- De gebruikte inputgegevens
- Het rapport van de toedeling
- Statistieken van de output

Deze gegevens kunnen teruggevonden worden in bijlage.

7.4 Vergelijking van de resultaten van de verschillende werkwijzen met geobserveerde intensiteiten⁷⁰ op het netwerk

Om een vergelijking te maken tussen de gemodelleerde verkeersstromen en de waargenomen verkeersstromen op het Vlaamse wegennet, wordt er gebruik gemaakt van de telgegevens van AWW van het jaar 2007, die on-line beschikbaar zijn.

Deze vergelijking gebeurt op 15 verschillende telpunten in Vlaanderen:

- 6 telpunten op A-wegen
- 4 punten op R-wegen
- 5 punten op N-wegen

Onderstaande kolom laat deze telpunten zien met de ID van de bijhorende lijn in het netwerkbestand.

⁷⁰ <http://www.wegen.vlaanderen.be/documenten/tellingen/2007/>

Tabel 20: Gebruikte telpunten van de Vlaamse overheid

A-wegen					
Weg	Wegnr	Kmpt	Sektie	Gemeente	Richting
A	1	8,6	Vilvoorde-Luchthavenlaan - Zemst	Elewijt	Nederland
A	1	8,6	Vilvoorde-Luchthavenlaan - Zemst	Weerde	Brussel
A	2	55,9	Halen - Bekkevoort	Assent	Brussel
A	2	55,9	Halen - Bekkevoort	Assent	Nederland
A	10	63,6	Nevele - Aalter	Aalter	Oostende
A	10	63,6	Nevele - Aalter	Aalter	Brussel
A	18	23	Nieuwpoort - Middelkerke	Ramskapelle	Jabbeke
A	18	23	Nieuwpoort - Middelkerke	Ramskapelle	Calais
A	14	28,5	Waregem - Kruishoutem	Kruishoutem	Antwerpen
A	14	28,5	Waregem - Kruishoutem	Kruishoutem	Frankrijk
A	13	42,2	Geel-West - Geel-Oost	Eindhout	Luik
A	13	42,2	Geel-West - Geel-Oost	Eindhout	Antwerpen

R-wegen					
Weg	Wegnr	Kmpt	Sektie	Gemeente	Richting
R	0	27,1	Tervuren - Wezembeek-Oppem	Wezembeek-Oppem	Buitenring
R	0	27,1	Tervuren - Wezembeek-Oppem	Wezembeek-Oppem	Binnenring
R	0	64,4	Beersel - Huizingen	Huizingen	Buitenring
R	0	64,4	Beersel - Huizingen	Huizingen	Binnenring
R	1	14	Kennedytunnel	Schelde	Gent
R	1	14	Kennedytunnel	Schelde	Nederland
R	4	22,5	Destelbergen E17 - Laarne (5)	Heusden	Binnenring
R	4	22,5	Destelbergen E17 - Laarne (5)	Heusden	Buitenring

N-wegen					
Weg	Wegnr	Kmpt	Sektie	Gemeente	Richting
N	3	35		Boutersem	Tienen
N	3	35		Boutersem	Leuven
N	19	21,4		Geel	Diest
N	19	21,4		Geel	Geel
N	32	12,1		Veldegem	Torhout
N	32	12,1		Veldegem	Brugge
N	116	14,8		Broechem	Nijlen
N	116	14,8		Broechem	Ranst
N	730	36		Gruitrode	Bree
N	730	36		Gruitrode	As

Na de telpunten te hebben gelokaliseerd in het lijnenbestand, a.d.h.v. een verkregen shape-file van AWV, werd er voor elk van de 3 toedelingmethoden van de 2 verschillende werkwijzen de totale verkeersstroom per link opgezocht. Dit resulteert in onderstaande tabel.

Tabel 21: Stroomgegevens per toedelingsmethode

ID lijn	Telgegevens AWV	Sequentiële aanpak			Simultane aanpak		
		AON	UE	SUE	AON	UE	SUE
31403	2914	1959	2100	2112	2591	1911	1909
31405	4276	1771	1884	1912	2629	1884	1891
61809	1959	9791	5514	5486	11547	4581	4522
66644	1519	3059	2968	2979	4163	2896	2874
69460	2836	8190	5265	5251	9932	4239	4170
79134	3212	3585	3382	3474	4163	3686	3685
81002	894	2141	2217	2234	2303	1897	1932
86799	965	3287	3157	3193	3747	3514	3475
86929	2741	1886	1985	1997	2516	1943	1957
109992	2873	3651	3421	3424	4736	2948	2962
110129	1722	2187	2058	2052	2263	1826	1821
110944	1768	2099	1832	1877	2172	1668	1718
22327	4051	5966	6262	6230	6550	4190	4136
25057	3245	7576	6909	6917	7761	4746	4670
60276	3142	726	462	462	910	426	477
62360	4430	681	512	558	781	469	546
77977	3719	2659	3618	3587	3064	3279	3275
80623	4568	3822	3630	3657	3934	3769	3540
86770	1333	2799	2788	2903	2905	2762	2867
86796	1532	6037	4577	4581	6537	4297	4322
16997	253	1807	1808	1815	1618	1520	1488
16997	404	1936	1889	1878	1600	1520	1486
23289	951	1086	1044	1059	514	820	840
23289	779	1174	1105	1112	894	991	1012
39595	305	39	39	41	35	37	41
39595	398	40	40	43	32	36	41
81270	175	645	637	667	505	713	726
81270	440	642	968	971	518	881	903
111160	192	321	316	290	261	301	280
111160	201	382	368	339	320	291	305

Om een beter overzicht te krijgen tussen de verschillen tussen de waargenomen verkeersstromen en de verkeersstromen bekomen door de verschillende toedelingsmethodes worden de berekende verkeersstromen afgetrokken van de waargenomen verkeersstromen.

ID lijn	Telgegevens AWV	Sequentiële aanpak			Simultane aanpak		
		AON	UE	SUE	AON	UE	SUE
31403	2914	955	814	802	323	1003	1005
31405	4276	2505	2392	2364	1647	2392	2385
61809	1959	-7832	-3555	-3527	-9588	-2622	-2563
66644	1519	-1540	-1449	-1460	-2644	-1377	-1355
69460	2836	-5354	-2429	-2415	-7096	-1403	-1334
79134	3212	-373	-170	-262	-951	-474	-473
81002	894	-1247	-1323	-1340	-1409	-1003	-1038
86799	965	-2322	-2192	-2228	-2782	-2549	-2510
86929	2741	855	756	744	225	798	784
109992	2873	-778	-548	-551	-1863	-75	-89
110129	1722	-465	-336	-330	-541	-104	-99
110944	1768	-331	-64	-109	-404	100	50
22327	4051	-1915	-2211	-2179	-2499	-139	-85
25057	3245	-4331	-3664	-3672	-4516	-1501	-1425
60276	3142	2416	2680	2680	2232	2716	2665
62360	4430	3749	3918	3872	3649	3961	3884
77977	3719	1060	101	132	655	440	444
80623	4568	746	938	911	634	799	1028
86770	1333	-1466	-1455	-1570	-1572	-1429	-1534
86796	1532	-4505	-3045	-3049	-5005	-2765	-2790
16997	253	-1554	-1555	-1562	-1365	-1267	-1235
16997	404	-1532	-1485	-1474	-1196	-1116	-1082
23289	951	-135	-93	-108	437	131	111
23289	779	-395	-326	-333	-115	-212	-233
39595	305	266	266	264	270	268	264
39595	398	358	358	355	366	362	357
81270	175	-470	-462	-492	-330	-538	-551
81270	440	-202	-528	-531	-78	-441	-463
111160	192	-129	-124	-98	-69	-109	-88
111160	201	-181	-167	-138	-119	-90	-104

7.5 Resultaatbespreking

Zoals blijkt uit bovenstaande tabellen, komen de verkeersstromen, die bekomen zijn na de verschillende toedelingmethodes, niet overeen met de waargenomen verkeersstromen. Hoe het komt dat de verschillen zo groot zijn kan, als we aannemen dat het probleem niet bij de toedelingmethodes in TransCAD ligt, op twee manieren verklaard worden.

Een eerste oorzaak zou kunnen liggen bij onnauwkeurige inputdata. M.a.w. zou er gesteld kunnen worden dat zowel de gegevens voor de BASMATmatrix als de gegevens voor de matrix voor de vrachtwagens niet nauwkeurig genoeg zijn.

Een andere reden zou kunnen zijn dat er niet voldoende parameters voorhanden zijn. Het zou kunnen dat wanneer er meer bekend is over de tijds waarde per motief, of eventueel tolheffing, of uitsluitingen van verkeer, de resultaten van de verschillende toedelingen toch beter overeen zouden komen met de waargenomen verkeersintensiteiten.

7.5.1 Keuze van meest geschikte todelingsmethode

Zoals eerder al gebleken is, is het onmogelijk om uit de verkregen resultaten te bepalen wat nu de beste methode is om het verkeer op de Vlaamse wegen toe te delen.

Zo heeft elke werkwijze zijn voor- en nadelen:

Tabel 22: Voor- en nadelen werkwijzen.

Werkwijze	Voordelen	Nadelen
Sequentiële aanpak	<ul style="list-style-type: none"> • Snelheidsbeperking vrachtwagens • Verschillende α en β waardes voor vrachtwagens t.o.v. auto's • Keuze uit verschillende todelingsmethodes om beste flow te bepalen • Mogelijkheid om een verschillende PAE-waarde toe te kennen aan vrachtwagens 	<ul style="list-style-type: none"> • Afwezigheid van verkeersstroom vrachtwagens in output • Toedeling vrachtwagens is niet afhankelijk van aanwezige auto's
Simultane aanpak	<ul style="list-style-type: none"> • Aanwezigheid van verkeersstroom vrachtwagens in output • Toedeling vrachtwagens is afhankelijk van aanwezige auto's • Keuze uit verschillende todelingsmethodes om beste flow te bepalen • Mogelijkheid om een verschillende PAE-waarde toe te kennen aan vrachtwagens 	<ul style="list-style-type: none"> • Geen snelheidsbeperking voor vrachtwagens • Geen verschillende α en β waardes voor vrachtwagens t.o.v. auto's

Zoals bovenstaande tabel weergeeft is het dus niet echt mogelijk om een keuze te maken tussen de verschillende werkwijzen. Een ideale werkwijze zou een combinatie van beiden zijn, waarbij er een simultane toedeling gebeurt op het netwerk van zowel de auto's en de vrachtwagens, waarbij er per klasse de verschillende inputgegevens aangepast kunnen worden, zodat er wel rekening gehouden kan worden met de maximumsnelheid van vrachtwagens.

Als er een keuze gemaakt moet worden op vlak van individuele todelingsmethode is het ook onmogelijk om dit te bepalen aan de hand van de praktijkstudie. Daarom wordt er teruggevallen op de literatuurstudie waaruit blijkt dat de todelingsmethode die gebruik maakt van de meeste inputparameters ook de beste resultaten zal bekomen. Dus kan gesteld worden dat de SUE methode de beste resultaten bekomt.

7.6 Het gebruik van meer klassen

Zoals eerder al aangehaald is er door de verschillende ontwikkelingen op vlak van transport nood aan een meer gedetailleerde toedeling. Dit zou bijvoorbeeld kunnen door een opsplitsing te maken in meer klassen. Om te kijken wat er mogelijk is in TransCAD werden er 4 extra todelingen gedaan bovenop de toedeling van de BASMATmatrix, met 5 verschillende klassen. Zo werd er een toedeling gedaan met 25, 50, 75 en 100 verschillende klassen. Deze gegevens voor de verschillende klassen zijn gebaseerd op de verplaatsingsgegevens uit de oorspronkelijke BASMATmatrix, waardoor de verkeersvraag voor alle todelingen gelijk blijft.

De berekeningen voor de verplaatsingsgegevens voor de 4 extra toedeling gebeurde opnieuw in het programma R, waarbij de volgende codes gebruikt werden:

```
a<-read.table("basmatmatrix.txt", header=F, sep=",")
a[,3]<-a[,3]/5
a[,4]<-a[,4]/5
a[,5]<-a[,5]/5
a[,6]<-a[,6]/5
a[,7]<-a[,7]/5
write.table(a,file= "25klassen.txt", sep=",", col.names=F, row.names=F)
```

```
a<-read.table("basmatmatrix.txt", header=F, sep=",")
a[,3]<-a[,3]/10
a[,4]<-a[,4]/10
a[,5]<-a[,5]/10
a[,6]<-a[,6]/10
a[,7]<-a[,7]/10
write.table(a,file= "50klassen.txt", sep=",", col.names=F, row.names=F)
```

```
a<-read.table("basmatmatrix.txt", header=F, sep=",")
a[,3]<-a[,3]/15
a[,4]<-a[,4]/15
a[,5]<-a[,5]/15
a[,6]<-a[,6]/15
```

```
a[,7]<-a[,7]/15  
write.table(a,file= "75klassen.txt", sep="," , col.names=F, row.names=F)
```

```
a<-read.table("basmatmatrix.txt", header=F, sep="," )  
a[,3]<-a[,3]/20  
a[,4]<-a[,4]/20  
a[,5]<-a[,5]/20  
a[,6]<-a[,6]/20  
a[,7]<-a[,7]/20  
write.table(a,file= "100klassen.txt", sep="," , col.names=F, row.names=F)
```

De verplaatsinggegevens die uit bovenstaande berekeningen voortkomen worden vervolgens geïmporteerd in de verschillende matrixbestanden.

Doordat de verkeersvraag gelijk blijft en er voor de 4 verschillende toedelingen dezelfde todelingsmethode wordt gebruikt⁷¹ kan er gemakkelijker een vergelijking gemaakt worden tussen de verschillende outputparameters.

Tabel 23: Vergelijking tussen toedelingen met verschillende klassen

aantal klassen	# iteraties	looptijd	vht	vmt	tot flow
5	32	01:08:52.375	102706,45	8365833,51	16950447,94
25	30	04:05:06.180	102714,11	8367960,57	16963009,11
50	30	09:15:17.343	102714,11	8367960,57	16963009,11
75	30	12:49:02.027	102714,11	8367960,57	16963009,11
100	--	--	--	--	--

Uit bovenstaande tabel kan afgeleid worden dat het gebruik van steeds meer klassen mogelijk is in TransCAD. Wel is er een limiet van 100 verschillende klassen ingebouwd wanneer men werkt met de normale interface van TransCAD, wanneer men gebruik maakt van een DK script batchcode is het wel mogelijk om verder uit te breiden naar meer klassen. Wat duidelijk blijkt uit bovenstaande tabel is dat TransCAD langer nodig heeft om meer klassen toe te delen op het netwerk, dit komt omdat het programma voor elke gebruikersklasse een nieuwe berekening moet maken voor de verschillende paden. Daarom is het aan te raden dat wanneer een aantal gebruikersklassen dezelfde kenmerken hebben (PAE, VoT, tol, etc.) deze samen te integreren binnen 1 klasse.

⁷¹ Alle toedelingen gebeurde via dezelfde methode: MMA/UE

8 CONCLUSIE

De verschillende ontwikkelingen, die er de laatste jaren geweest zijn, op vlak van de modellering van transport, hebben er voor gezorgd dat er een nood ontstaat naar meer geavanceerdere toedelingsmethodes. Dit zou bijvoorbeeld kunnen op basis van een evolutie naar tijdsafhankelijke inputgegevens of een verdere uitbreiding naar verschillende klassen.

Het doel van dit onderzoek was tweedelig. Allereerst werd er op zoek gegaan naar de verschillende toedelingsmethodes die momenteel gebruikt worden, vervolgens werd er gekeken naar welke van deze, in de literatuur besproken, toedelingsmodellen nu het beste van toepassing is op het Vlaamse wegennet.

Via een literatuurstudie werd er een blik geworpen op de verschillende toedelingsmethode, waarna een praktijkstudie uitgevoerd werd om een beeld te schetsen over wat de toepassingsmogelijkheden van deze toedelingsmethodes zijn op het Vlaamse wegennetwerk, gebruikmakend van het softwarepakket: TransCAD. Op basis van zowel het literatuuronderzoek als het praktijkonderzoek zijn er conclusies getrokken.

Deze conclusies worden eerst besproken aan de hand van de onderzoeksvragen, waarna er tot slot ook nog enkele aanbevelingen gedaan worden die zouden kunnen leiden tot betere onderzoeksresultaten.

“ Wat zijn momenteel de gebruikte toedelingsmethodes in de literatuur?”

Uit de literatuurstudie is gebleken dat vooral een duidelijke opsplitsing gemaakt wordt tussen de statische en de dynamische toedelingsmodellen. Het verschil tussen beiden is het al dan niet rekening houden met de tijdsdimensie. Zo hebben de statische toedelingsmodellen inputgegevens die niet afhankelijk zijn van de tijdsdimensie, m.a.w. zijn de gegevens vast in de loop der tijd. De inputgegevens van de dynamische toedelingsmethodes zijn op hun beurt dan wel afhankelijk van een tijdsdimensie en kunnen dus verschillen in de loop der tijd. Op deze manier wordt er een antwoord gegeven aan de nood aan tijdsafhankelijke inputgegevens.

“Wat is het belang van de verkeerstoedeling?”

De toedeling is een belangrijke component van het traditionele sequentiële geaggregeerde vierstaps verkeersmodel. Het transportaanbod, gerealiseerd door het wegennetwerk, wordt voorgesteld door een verkeerssimulatiemodel, dat de mogelijkheid heeft om de staat van het verkeer op verschillende links in het netwerk te simuleren. Het evenwicht tussen het transportaanbod en de transportvraag wordt bekomen door het toewijzen van de verkeersvraag aan het transportnetwerk. Hiervoor wordt er een verkeerstoedelingsalgoritme gebruikt.

Het proces van het toekennen van de gegeven reeks van verplaatsingen op het transportsysteem wordt meestal gerefereerd als “Verkeerstoedeling”.

Het hoofddoel van het verkeerstoedelingsproces is om op het transportnetwerk het patroon van de voertuigbewegingen te reproduceren, die geobserveerd zouden worden wanneer er aan de verkeersvraag, voorgesteld door de verplaatsingsmatrix of -matrices, voldaan wordt. In de vierde fase van het schattingsproces van het traditionele vierstapsmodel zijn de tweehoofddoelen van de verkeerstoedelingsprocedures de volgende:

- het schatten van het verkeersvolume op de netwerklinten en waar mogelijk de draaibewegingen op kruispunten
- het leveren van schattingen van de reiskosten tussen de herkomst en bestemmingsparen voor het gebruik in de trip distributie en de keuze van de vervoersmodus.

“Wat zijn de verschillende soorten van verkeerstoedeling?”

Er zijn verschillende soorten verkeerstoedelingsmethodes. Om een duidelijk overzicht te geven worden zij opgesplitst in de statische en dynamische toedelingmethodes. Waarbij de dynamische toedelingmethodes een antwoord bieden aan de verschillende tekortkomingen van de statische toedelingmethodes (tijdsdimensie, reistijd, constante uniforme vraagratio). Bij beide groepen van toedelingmethodes wordt er rekening gehouden met de veronderstelling dat een reiziger de voor hem kortste route naar zijn bestemming zal kiezen. Om deze kortste paden te bepalen wordt er gebruik gemaakt van een kortste pad algoritme, waarvan het algoritme van Dijkstra het bekendste en meest gebruikte is.

Enkele statische toedelingmethodes: AON toedeling, Stochastische toedeling, Gebruikersevenwicht, CRT toedeling,..

Enkele dynamische toedelingmodellen: CONTRAM, SATURN, DTA, CDA,...

Hierbij moet wel de opmerking gemaakt worden dat de werking van de dynamische toedelingmethodes gebaseerd is op de statische toedelingmethodes.

“Wat zijn de trends in verkeerstoedeling?”

Om een antwoord te bieden aan de vraag naar meer geavanceerdere toedelingmodellen worden er verschillende aanpassingen gedaan aan de reeds bestaande toedelingmodellen. Zo zijn er de dynamische toedelingmodellen, die een antwoord bieden aan de nood naar tijdsafhankelijke inputgegevens. Zij zorgen ervoor dat het mogelijk is om toedelingen te doen op het netwerk die tijdsafhankelijk zijn.

Een andere trend binnen de verkeerstoedeling is het gelijktijdig toedelen van verschillende klassen of modi. Waarbij de verschillende klassen/modi verschillende kenmerken kunnen hebben. Hierdoor wordt het mogelijk om per motief/voertuigmodi outputgegevens te vergaren.

Ook werd er gekeken of het mogelijk is om een oneindig aantal klassen toe te delen in TransCAD, m.a.w. is het mogelijk dat je voor elke persoon apart een toedeling kan uitvoeren? Hierbij werd er geconcludeerd dat het mogelijk is om meerdere klassen toe te delen, wel moet er rekening

gehouden worden met enige programmagrenzen. Wel is er een duidelijke relatie tussen het aantal klassen en de tijd van toedeling. Naarmate het aantal klassen stijgt, stijgt ook de tijd van toedeling. Zo verdubbelt de tijd van toedelen bij een verdubbeling van het aantal klassen, dit komt omdat het programma voor elke gebruikersklasse een nieuwe berekening moet maken voor de verschillende paden. Daarom is het aan te raden dat wanneer een aantal gebruikersklassen dezelfde kenmerken hebben (PAE, VoT, tol, etc.) deze samen te integreren binnen 1 klasse.

“Wat zijn de toepasmogelijkheden op het Vlaamse wegennet van de, uit de literatuur verzamelde, toedelingsmethodes in TransCAD?”

Om een beeld te geven welke toedelingsmethode nu het beste resultaat geeft na het toedelen van bovenstaande gegevens op het Vlaamse netwerk zijn er twee werkwijzen toegepast:

- Een sequentiële aanpak, waarbij eerst de vrachtwagens worden toegedeeld en daarna pas de personenauto's.
- Een simultane aanpak, waarbij zowel de vrachtwagens als de personenauto's gelijktijdig worden toegedeeld het netwerk

Na afloop van deze verschillende werkwijzen werden de verkregen resultaten vergeleken met telgegevens van bestaande verkeersstromen.

Helaas was het onmogelijk om op deze manier te beslissen welke werkwijze de beste was, omdat de resultaten van elke toedelingsmethode zo hard verschilde met de bestaande verkeersstromen. De reden van deze grote verschillen kan ofwel liggen bij foute inputgegevens (HB-matrix van zowel de vrachtwagens als de auto's) ofwel bij het gebrek aan extra inputparameters (VoT, tol, uitsluitingen,...).

Wanneer er dan toch een aanzet gegeven moet worden naar de beste werkwijze, zou er geopteerd moeten worden naar een combinatie van beiden. Hierbij zou er een simultane toedeling gebeuren op het netwerk van zowel de auto's en de vrachtwagens, waarbij er per klasse de verschillende inputgegevens aangepast kunnen worden, zodat er rekening gehouden kan worden met de maximumsnelheid van vrachtwagens.

“Suggesties naar bijkomend onderzoek”

Zoals uit het praktijkonderzoek blijkt zijn er momenteel niet voldoende gegevens voorhanden om een correcte toedeling te doen van het verkeer op het Vlaamse wegennet. Om dit toch te kunnen doen zouden er ten eerste correcte verplaatsingsgegevens beschikbaar moeten zijn voor zowel de vrachtwagens als de auto's. Om vervolgens nog betere resultaten te bekomen zouden er ook onderzoeken gedaan moeten worden naar de verschillende inputparameters waarvan het netwerk afhankelijk is, bv. juiste tijdwaardes die gelden voor de verschillende gebruikersmotieven.

Wanneer al deze gegevens beschikbaar zijn en het programma TransCAD biedt de mogelijkheid om een simultane aanpak te hanteren, waarbij het mogelijk is om voor elke klasse apart de

inputparameters te bepalen, zou het mogelijk zijn om een correcte toedeling te maken over het verkeer op het Vlaamse wegennet.

9 LIJST VAN DE GERAADPLEEGDE WERKEN

1. "P768 Modelondersteuning Ontwikkeling 2007 Nota 24.4: Modelopbouw MM v3.4", in opdracht van Departement mobiliteit en openbare werken Coördinatie verkeersmodellen – Vlaams Verkeerscentrum, Antwerpen, 2008.
2. "Travel Demand Modelling with TransCAD", Caliper Corporation
3. Aashtiani, H.Z., (1973), "The multi-modal traffic assignment problem", S.B. University of Technology, Massachusetts
4. Alfa, A.S., (1986), "A Review of Models for the Temporal Distribution of Peak Traffic Demand", Transportation Research B, Vol. 20B, No. 6, PP. 491-499
5. Ben-Akiva, M. And A. De Palma, (1987), " Dynamic Models of Transportation Networks", presented at te PTRC Transport and Planning Summer Annual Meeting at the University of Bath, England, September 7-11
6. Boyce, D.E., Ran, B., and LeBlanc, L.J., (1991), "Dynamic User-Optimal Traffic Assignment: A New Model and Solution Technique", Submitted to Transportation Science
7. Carey, M., (1987), "Optimal time-varying flows on congested networks", Operations research 35 (1), 99. 58-69.
8. Cascetta, E., G.E. Cantarella and M. Di Gangi, (1991), "Evaluation of control strategies through a doubly dynamic assignment model", 70th Annual Meeting Transportation Research Board.
9. D. Janssens, T. Bellemans, G. Wets, T; Arentze, H. Timmermans. Implementation framework and development trajectory of the feathers activity-based simulation platform. Diepenbeek: Transportation Research Institute (IMOB)
10. D. Janssens. Activity based models: course introduction. Diepenbeek: Transportation Research Institute (IMOB)
11. Daganzo, C.F. , Sheffi, Y, "On stochastic Models of Traffic Assignment" (1977), University of California, Berkeley, California
12. Dial, R.B., (1972), A Probabilistic multipath assignment model which obviates path enumeration", Transportation Research 5 (2), pp. 83-111.
13. Dijkstra, E. W. (1959): *A note on two problems in connexion with graphs*. In *Numerische Mathematik*, 1 , S. 269–271.
14. Friesz, T.L., Luque, J. Tobin, R.L., Wie, B., (1989), "Dynamic Network Traffic Assignment Considered as a Continuous Time Optimal Control Problem", Operations Research 37 (6), pp. 893-901.

15. Goederenvervoer en Bedrijventerreinen: Kengetallen voor het inschatten van de omvang en aard van het goederenvervoer van en naar bedrijventerreinen”, Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2002
16. Hall, M.D., D. Van Vliet and L.G. Willumsen, (1980), “SATURN – a simulation-assignment model for the evaluation of traffic management schemes”, Traffic Engineering & Control 21 (4), April 1980, pp 168-176.
17. Hamerslag, R., (1988), “Dynamic assignment in the three-dimensional timespace”, UTSG annual meeting, London
18. Hamerslag, R., (1988), “Dynamic assignment in the three-dimensional timespace”, UTSG annual meeting, London
19. Hendriks Dave, Vangeirt Frank, Ramaekers Katrien en Geert Wets (2008), PWO-project: Het in kaart brengen van logistieke stromen binnen Limburg, LOG-IC (PHL) en IMOB (UHasselt).
20. Hungerink, G., (1989), “Q-net: Assignment on Over-congested Networks by link Inflow Constraints”, Hague Consulting Group
21. Immers, L.H., Stada, J.E. (2004) Verkeersmodellen. Leuven: Katholieke Universiteit Leuven.
22. Janson, B.N., (1991), “ A convergent Algorithm for Dynamic Traffic Assignment”, 70th Annual Meeting Transportation Research Board
23. Janssens, D., (2007) “Activity based models: course introduction”, UHasselt
24. Krygsman, S., (2004), “Activity and Travel Choice(s) in Multimodal Public Transport Systems”, Proefschrift Universiteit Utrecht
25. Leonard, D.R., J.B. Tough and P.C. Baguley, (1978), “CONTRAM: A Traffic Assignment Model for Predicting Flows and Queues during Peak Periods”, TRRL Lab. Report 841.
26. Leonard, D.R., P. Gower and N.B. Taylor, (1989), “CONTRAM: Structure of the Model”, TRRL Lab. Research Report 178.
27. Lighthill, M.J. and G.B. Witham, (1955), “On Kinematic Waves II. A Theory of Traffic Flow on Long Crowded Roads”, Proc. Roy. Soc., Series A, No. 1178, Vol. 229 pp. 317-345, London.
28. McNally, M. G. (1995). An activity-based Microsimulation Model for Travel Demand Forecasting. Irvine, Institute of Transportation Studies and Department of Civil & Environmental Engineering University of California.

29. Merchant, D.K., and Nemhauser, G.L., (1978), " A Model and an Algorithm for the Dynamic Traffic Assignment Problem", *Transportation Science* 12, pp. 183-199.
30. Nagurney, N., Dong, J. , 2000. A multiclass, multicriteria traffic network equilibrium model with elastic demand. *Transportation Research B* 38B (2002),445-469.
31. Ortuzar J. de D., Willumsen, L.G., "Modelling transport 2nd edition", 1995, John Wiley & Sons
32. Ramaekers K., Kochan B., Bellemans T., Janssens D., Wets G., "Linking activity-based travel demand models and traffic assignment: A Flemish case study." Diepenbeek: Transportation Research Institute (IMOB)
33. Ruiter, E.R., Ben-Akiva M.E., (1978), "Disaggregate Travel Demand Models for the San Francisco Bay Area", *Transportation Research Record* 673
34. Sheffi, Y. ,"Urban transportation networks: Equilibrium analysis with mathematical programming methods" 1985, Prentice Hall
35. Telematics in Traffic and Transport, (1990), SDU, The Hague, ISSN 0921 7371
36. Thomas, R., "Traffic Assignment techniques", (1991), Avebury
37. Van Grol, H.J.M, "Traffic assignment problems solved by special purpose hardware with emphasis on real time application", '1992), Delft University of Technology
38. Van Vliet, D., (1982), "SATURN – A modern assignment model", *Traffic Engineering & Control* 23, pp. 578-581
39. Vythoukcas, P.C., (1989), " A Dynamic Stochastic Assignment Model for the Analysis of General Networks", *Urban Traffic Networks: Dynamic Control and Flow Equilibrium*, Napoli & Capri.
40. Wardrop, J. G., 1952. Some theoretical aspects of road traffic research, *Proceedings, Institute of Civil Engineers, PART II, Vol.1*, pp. 325-378
41. Wie, Byung-Wook, (1991), "Dynamic Analysis of User Optimizezed Network Flows with Elastic Travel Demand", 70th Annual Meeting Transportation Research Board
42. Yang, H., Huang, H.-J., 2004. The multiclass, multicriteria traffic network equilibrium and system optimum problem. *Transportation Research B* 38B (1), 1-16.

BIJLAGEN

Toedeling van vrachtwagens

Gebruikersevenwicht

De gebruikte inputgegevens

Traffic Assignment dialog box showing configuration for User Equilibrium method. Key parameters include: Line Layer (NET_VLAANDEREN), Network File (...ET AANGEPAST ALPHA EN BETA.NET), Matrix (Vrachtwagen), and convergence criteria (Iterations: 20, Convergence: 0.0100).

Het rapport van de toedeling

Iteration	Step	Relative Gap	Max. Flow Change	RMSE	% RMSE
1	0,3944	0,4826	1.602,2818	101,57	122,72
2	0,3638	0,0396	1.302,0740	55,33	66,33
3	0,2252	0,0028	725,7806	26,03	31,58

Parameters

Method : User Equilibrium
Maximum Iterations : 20
Iterations : 4
Conv. Criteria : 0.01

Running Results

Relative Gap : 0.00
RMSE : 26.03
% RMSE : 31.58
Max Flow Change : 725.78
Equilibrium reached : Yes

Total V-Time-T : 60921,60
Total V-Dist-T : 5180323,13

Total Running Time : 00:01:04.656.

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow	5361435,04	0,00	4512,40	100,85	328,03
BA_Flow	2611857,36	0,00	2681,02	58,28	186,30
TOT_Flow	7973292,41	0,00	5276,24	149,98	435,07
AB_Time	386,07	0,00	3,32	0,01	0,02
BA_Time	355,62	0,00	3,29	0,01	0,02
MAX_Time	386,10	0,00	3,32	0,01	0,02
AB_voc	1838,65	0,00	0,98	0,03	0,10
BA_voc	1192,91	0,00	0,98	0,03	0,08
MAX_voc	1955,18	0,00	0,98	0,04	0,10
AB_vmt	3330050,77	0,00	317650,67	62,64	2220,62
BA_vmt	1848292,30	0,00	277123,08	41,24	2008,87
TOT_vmt	5178343,07	0,00	594773,75	97,40	4056,44
AB_vht	38886,14	0,00	3984,92	0,73	27,18
BA_vht	21817,76	0,00	3211,47	0,49	23,83
TOT_vht	60703,91	0,00	7117,59	1,14	48,97

Alles-of-Niets toedeling

De gebruikte inputgegevens

Traffic Assignment dialog box showing configuration for traffic assignment. Key parameters include: Line Layer: NET_VLAANDEREN; Network File: F:\...INGEN\NETWERK\NETWERK1.NET; Method: All or Nothing; Matrix File: TP+ Endpoints Matrix File; Matrix: Vrachtwagen; Time: tijd vrachtwagens; Alpha: 0.15; Beta: 4.00; Error: 5.0000.

Het rapport van de toedeling

Parameters

Method : All or Nothing

Running Results

Total V-Time-T : 58552,84

Total V-Dist-T : 5163420,87

Total Running Time : 0:02:029.024

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow	5284545,56	0,00	4292,94	99,40	343,71
BA_Flow	2825094,25	0,00	3837,07	63,03	229,05
TOT_Flow	8109639,81	0,00	7510,10	152,54	494,12
AB_Time	385,35	0,00	3,26	0,01	0,02
BA_Time	355,13	0,00	3,26	0,01	0,02
MAX_Time	385,35	0,00	3,26	0,01	0,02
AB_voc	-	-	-	-	-
BA_voc	-	-	-	-	-

MAX_voc	-	-	-	-	-
AB_vmt	3251969,05	0,00	317650,67	61,17	2219,88
BA_vmt	1911451,82	0,00	277123,08	42,65	2009,68
TOT_vmt	5163420,88	0,00	594773,75	97,12	4057,11
AB_vht	36755,69	0,00	3529,45	0,69	24,67
BA_vht	21797,15	0,00	3079,15	0,49	22,33
TOT_vht	58552,84	0,00	6608,60	1,10	45,08

Systemoptimale toedeling

De gebruikte inputgegevens

Het rapport van de toedeling

Iteration	Relative Gap	Max. Flow Change
1	0,4826	1.602,2818
2	0,0396	1.302,0740
3	0,0028	725,7806

Parameters

Method : System Optimum
 Maximum Iterations : 20
 Iterations : 4
 Conv. Criteria : 0.01

Running Results

Relative Gap : 0.00
RMSE : 11,52
% RMSE : 14,12
Max Flow Change : 274,87
Equilibrium reached : Yes
Total V-Time-T : 60993,04
Total V-Dist-T : 5179427

Total Running Time : 00:03:55.739.

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow	5379518,45	0,00	4596,48	101,19	321,72
BA_Flow	2686163,44	0,00	2631,37	59,93	192,41
TOT_Flow	8065681,89	0,00	5106,39	151,71	437,20
AB_Time	386,18	0,00	3,32	0,01	0,02
BA_Time	355,62	0,00	3,29	0,01	0,02
MAX_Time	386,21	0,00	3,32	0,01	0,02
AB_voc	1864,89	0,00	0,99	0,04	0,10
BA_voc	1225,98	0,00	0,88	0,03	0,09
MAX_voc	1984,48	0,00	0,99	0,04	0,10
AB_vmt	3312680,58	0,00	317650,67	62,31	2219,64
BA_vmt	1868421,57	0,00	277123,08	41,69	2008,93
TOT_vmt	5181102,14	0,00	594773,75	97,46	4055,98
AB_vht	38942,35	0,00	3984,92	0,73	27,18
BA_vht	22034,67	0,00	3211,47	0,49	23,83
TOT_vht	60977,03	0,00	7117,59	1,15	48,97

STOCH toedeling

De gebruikte inputgegevens

Het rapport van de toedeling

Parameters

Method : STOCH

Running Results

Total V-Time-T : 59495,95

Total V-Dist-T : 5225435,94

Total Running Time : 0:03:01.911

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow	5554839,03	0,00	4591,97	104,48	342,21
BA_Flow	2688857,23	0,00	4072,48	59,99	216,95
TOT_Flow	8243696,26	0,00	7571,41	155,06	476,17
AB_Time	385,35	0,00	3,26	0,01	0,02
BA_Time	355,13	0,00	3,26	0,01	0,02
MAX_Time	385,35	0,00	3,26	0,01	0,02
AB_voc	-	-	-	-	-
BA_voc	-	-	-	-	-

MAX_voc	-	-	-	-	-
AB_vmt	3348022,42	0,00	317650,67	62,98	2217,47
BA_vmt	1877413,53	0,00	277123,08	41,89	2003,83
TOT_vmt	5225435,96	0,00	594773,75	98,29	4046,97
AB_vht	37967,12	0,00	3529,45	0,71	24,64
BA_vht	21528,83	0,00	3079,15	0,48	22,27
TOT_vht	59495,95	0,00	6608,60	1,12	44,97

Stochastisch gebruikersevenwicht

De gebruikte inputgegevens

Het rapport van de toedeling

Iteration	Relative Gap	Max. Flow Change	RMSE	% RMSE
1	n/a	4.099,9272	239,65	298,19
2	0,6282	2.571,4477	135,31	164,84
3	0,019541	1347,242416	47	58,43
4	0,0035	874,5990	27,35	34,18

Parameters

Method : Stochastic User Equilibrium
 Maximum Iterations : 20
 Iterations : 5
 Conv. Criteria : 0.01

Running Results

Relative Gap : 0.00
 RMSE : 27,35
 % RMSE : 34,18
 Max Flow Change : 874,60
 Equilibrium reached : Yes
 Total V-Time-T : 60947,54
 Total V-Dist-T : 5183083,02

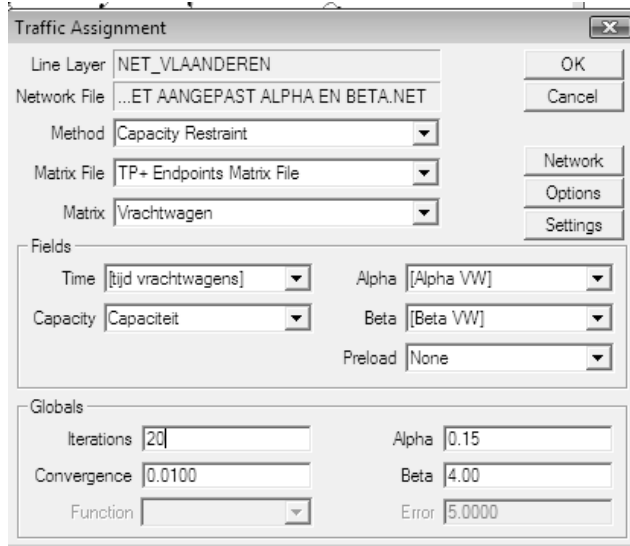
Total Running Time : 00:01:13.796.

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow	5319409,13	0,00	4571,14	100,06	318,45
BA_Flow	2522856,34	0,00	2201,31	56,29	176,78
TOT_Flow	7842265,47	0,00	4571,14	147,51	417,32
AB_Time	386,13	0,00	3,32	0,01	0,02
BA_Time	355,60	0,00	3,29	0,01	0,02
MAX_Time	386,16	0,00	3,32	0,01	0,02
AB_voc	1812,53	0,00	0,88	0,03	0,09
BA_voc	1157,86	0,00	0,88	0,03	0,08
MAX_voc	1944,81	0,00	0,88	0,04	0,10
AB_vmt	3345358,92	0,00	317650,67	62,93	2220,01
BA_vmt	1837724,11	0,00	277123,08	41,00	2008,91
TOT_vmt	5183083,03	0,00	594773,75	97,49	4056,15
AB_vht	39247,93	0,00	3984,92	0,74	27,18
BA_vht	21699,62	0,00	3211,47	0,48	23,83
TOT_vht	60947,54	0,00	7117,59	1,15	48,97

Capacity Restraint toedeling

De gebruikte inputgegevens



Het rapport van de toedeling

Parameters

Method : Capacity restraint
 Maximum Iterations : 100
 Iterations : 100
 Conv. Criteria : 0.01

Running Results

Relative Gap : 0.00
 RMSE : 0.00
 % RMSE : 0.00
 Max Flow Change : 0.00
 Equilibrium reached : No
 Total V-Time-T : 61144,38
 Total V-Dist-T : 5179794,49

Total Running Time : 00:15:53.319.

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow	5358799,85	0,00	4807,12	100,80	325,13

BA_Flow	2561671,41	0,00	2368,75	57,16	180,12
TOT_Flow	7920471,26	0,00	4807,12	148,98	425,93
AB_Time	386,34	0,00	3,32	0,01	0,02
BA_Time	355,76	0,00	3,29	0,01	0,02
MAX_Time	386,43	0,00	3,32	0,01	0,02
AB_voc	1820,25	0,00	0,82	0,03	0,09
BA_voc	1168,02	0,00	0,86	0,03	0,08
MAX_voc	1940,31	0,00	0,86	0,04	0,10
AB_vmt	3346025,38	0,00	317650,67	62,94	2220,48
BA_vmt	1833769,12	0,00	277123,08	40,91	2008,76
TOT_vmt	5179794,50	0,00	594773,75	97,43	4056,20
AB_vht	39419,87	0,00	3982,01	0,74	27,17
BA_vht	21724,51	0,00	3210,91	0,48	23,82
TOT_vht	61144,38	0,00	7113,11	1,15	48,96

Incremental toedeling

De gebruikte inputgegevens

Het rapport van de toedeling

Parameters

Method : Incremental Assignment
 Increments : 4

Running Results

Total V-Time-T : 61733,15
Total V-Dist-T : 5172555,78

Total Running Time : 0:01:26.557

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow	5318397,77	0,00	4034,01	100,04	328,21
BA_Flow	2692767,78	0,00	2760,75	60,08	198,25
TOT_Flow	8011165,55	0,00	5418,72	150,69	448,29
AB_Time	386,39	0,00	3,32	0,01	0,02
BA_Time	355,84	0,00	3,29	0,01	0,02
MAX_Time	386,47	0,00	3,32	0,01	0,02
AB_voc	1854,09	0,00	1,30	0,03	0,10
BA_voc	1231,57	0,00	1,30	0,03	0,09
MAX_voc	1970,50	0,00	1,30	0,04	0,10
AB_vmt	3302530,33	0,00	317650,67	62,12	2220,18
BA_vmt	1870025,47	0,00	277123,08	41,72	2009,05
TOT_vmt	5172555,79	0,00	594773,75	97,29	4056,45
AB_vht	39260,20	0,00	3984,92	0,74	27,20
BA_vht	22472,95	0,00	3211,47	0,50	23,87
TOT_vht	61733,15	0,00	7117,59	1,16	49,02

MMA AON

De gebruikte inputgegevens

Multi-Modal Multi-Class Assignment

Line Layer: NET_VLAANDEREN [Settings] [Options] [OK]

Network File: ...ET AANGEPAST ALPHA EN BETA.NET [Network] [Cancel]

Method: All or Nothing [v] Delay Function: [v]

O-D Matrix: TP+ Endpoints Matrix File:1 [v] Toll Matrix: [v]

Class Information

Matrices	PCE	VOT	Fixed Toll	Road Toll	Exclusion Set
Vrachtwagen	2.0	1.0	-	-	None

Use Class [2.0] [1.0] [v] [v] [None] [v]

Settings

Name	Field	Default Value
Time	[tijd vrachtwagens]	N/A
Preload	None	N/A

Field: [None] [v] Default Value: [v]

Globals

Iterations: [20] [v] Function: [v]

Convergence: [0.0100] [v] Error: [5.0000] [v]

Het rapport van de toedeling

Parameters

Method : All or Nothing - MMA Assignment

Running Results

Total V-Time-T : 975,88
Total V-Dist-T : 5163420,88

Number of Modes : 1

Mode Name : Vrachtwagen
Demand : 52894.87
Intranodal Demand : 207.94
VHT : 58552.84
VMT : 5163420.88
Total Running Time : 0:00:31.609

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow_PCE	10569091,12	0,00	8585,88	198,80	687,43
BA_Flow_PCE	5650188,49	0,00	7674,14	126,07	458,10
TOT_Flow_PCE	16219279,61	0,00	15020,21	305,08	988,23
AB_Time	385,35	0,00	3,26	0,01	0,02
BA_Time	355,13	0,00	3,26	0,01	0,02
MAX_Time	385,35	0,00	3,26	0,01	0,02
AB_voc	-	-	-	-	-
BA_voc	-	-	-	-	-
MAX_voc	-	-	-	-	-
AB_vmt	6503938,11	0,00	635301,35	122,34	4439,76
BA_vmt	3822903,65	0,00	554246,15	85,30	4019,37
TOT_vmt	10326841,75	0,00	1189547,50	194,25	8114,21
AB_vht	73511,38	0,00	7058,90	1,38	49,33
BA_vht	43594,30	0,00	6158,29	0,97	44,66
TOT_vht	117105,68	0,00	13217,19	2,20	90,16
AB_VDF	5284545,56	0,00	4292,94	99,40	343,71
BA_VDF	2825094,25	0,00	3837,07	63,03	229,05
MAX_VDF	5284545,56	0,00	4292,94	99,40	343,71
AB_Flow_Vrachtwagen	2825094,25	0,00	3837,07	63,03	229,05
BA_Flow_Vrachtwagen	8109639,81	0,00	7510,10	152,54	494,12

MMA UE

De gebruikte inputgegevens

The screenshot shows the 'Multi-Modal Multi-Class Assignment' dialog box. Key settings include:

- Line Layer:** NET_VLAANDEREN
- Network File:** ...ET AANGEPAST ALPHA EN BETA.NET
- Method:** User Equilibrium
- Delay Function:** Bureau of Public Roads (Bpr)
- O-D Matrix:** TP+ Endpoints Matrix File:1
- Class Information Table:**

Matrices	PCE	VOT	Fixed Toll	Road Toll	Exclusion Set
Vrachtwagen	2.0	1.0	-	-	None
- Delay Function Parameters Table:**

Name	Field	Default Value
Time	[tijd vrachtwagens]	N/A
Capacity	Capaciteit	N/A
Alpha	[Alpha VW]	0.15
Beta	[Beta VW]	4
Link Length	Length	N/A
- Globals:**
 - Iterations: 20
 - Convergence: 0.0100
 - Function: (dropdown)
 - Error: 5.0000

Het rapport van de toedeling

Iteration	Step	Relative Gap	Max. Flow Change	RMSE	% RMSE
1	0,39942	0,986609	4471,859378	304,39	183,89
2	0,3345	0,754264	2331,43557	168,65	100,24
3	0,161103	0,243426	1952,920347	80,09	47,57
4	0,104408	0,110137	1058,823476	49,13	29,27
5	0,2605	0,052476	1987,713986	74,13	44,28
6	0,070627	0,024414	523,006247	31,21	18,99
7	0,132145	0,011919	759,445841	33,78	20,5
8	0,071486	0,011439	372,055241	21,67	13,21
9	0,138622	0,009181	672,226749	28,28	17,22

Parameters

Method : User Equilibrium Using Generalized Cost - MMA Assignment
 Maximum Iterations : 20
 Iterations : 10
 Conv. Criteria : 0.01

Running Results

Relative Gap : 0,01
 RMSE : 28,28
 % RMSE : 17,22
 Max Flow Change : 672,23
 Equilibrium reached : Yes
 Total V-Time-T : 1278,94
 Total V-Dist-T : 5242967,23

Number of Modes : 1

Mode Name : Vrachtwagen
 Demand : 52894.87
 Intranodal Demand : 207.94
 VHT : 58552.84
 VMT : 5163420.88
 Total Running Time : 0:02:00.641

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow_PCE	10691565,77	0,00	6865,05	201,11	550,94

BA_Flow_PCE	5268307,89	0,00	4235,87	117,55	315,68
TOT_Flow_PCE	15959873,66	0,00	8238,59	300,20	731,13
AB_Time	392,81	0,00	3,62	0,01	0,03
BA_Time	359,50	0,00	3,44	0,01	0,03
MAX_Time	393,31	0,00	3,62	0,01	0,03
AB_voc	3733,92	0,00	1,51	0,07	0,16
BA_voc	2427,31	0,00	1,51	0,05	0,14
MAX_voc	3970,65	0,00	1,51	0,07	0,17
AB_vmt	6691501,20	0,00	635301,35	125,87	4431,33
BA_vmt	3794433,26	0,00	554246,15	84,66	4012,53
TOT_vmt	10485934,46	0,00	1189547,50	197,24	8100,88
AB_vht	98904,88	0,00	14334,70	1,86	82,94
BA_vht	54568,44	0,00	9696,30	1,22	63,37
TOT_vht	153473,32	0,00	24031,00	2,89	140,59
AB_VDF	392,81	0,00	3,62	0,01	0,03
BA_VDF	359,50	0,00	3,44	0,01	0,03
MAX_VDF	393,31	0,00	3,62	0,01	0,03
AB_Flow_Vrachtwagen	5345782,88	0,00	3432,53	100,55	275,47
BA_Flow_Vrachtwagen	2634153,95	0,00	2117,93	58,77	157,84

MMA SUE

De gebruikte inputgegevens

Multi-Modal Multi-Class Assignment

Line Layer: NET_VLAANDEREN

Network File: ...ET AANGEPAST ALPHA EN BETA.NET

Method: Stochastic User Equilibrium

Delay Function: Bureau of Public Roads (Bpr)

O-D Matrix: TP+ Endpoints Matrix File:1

Toll Matrix:

Class Information

Matrices	PCE	VOT	Fixed Toll	Road Toll	Exclusion Set
Vrachtwagen	2.0	1.0	--	--	None

Use Class: Class: 2.0 | 1.0 | None

Delay Function Parameters

Name	Field	Default Value
Time	[tijd vrachtwagens]	N/A
Capacity	Capaciteit	N/A
Alpha	[Alpha VW]	0.15
Beta	[Beta VW]	4
Link Length	Length	N/A

Field: Default Value:

Globals

Iterations: Function:

Convergence: Error:

Het rapport van de toedeling

Iteration	Relative Gap	Max. Flow Change	RMSE	% RMSE
1	n/a	9.671,9692	750,9	467,16
2	0,9978	5.839,0618	461,28	262,79
3	0,8780	3.940,7344	174,4	101,52
4	0,2978	1.931,4532	109,66	65,8
5	0,1623	1.678,8359	76,14	46
6	0,0461	1.351,8852	65,52	40,03
7	0,0380	972,5909	44,46	27,21
8	0,0214	960,7769	39,86	24,49
9	0,0184	744,5215	32,65	20,12
10	0,0131	478,8563	28,57	17,67
11	0,0135	606,2826	22,3	13,83
12	0,0100	460,6466	20,15	12,53
13	0,0092	414,1035	17,93	11,18

Parameters

: Stochastic User Equilibrium Using Generalized Cost - MMA
 Method Assignment
 Maximum Iterations : 20
 Iterations : 14
 Conv. Criteria : 0.01

Running Results

Relative Gap : 0,01
 RMSE : 17,93
 % RMSE : 11,18
 Max Flow Change : 414,1
 Equilibrium reached : Yes
 Total V-Time-T : 1276,3
 Total V-Dist-T : 5249096

Number of Modes : 1

Mode Name : Vrachtwagen
 Demand : 52894.87
 VHT : 76577,97
 VMT : 5249096
 Total Running Time : 0:03:31.525

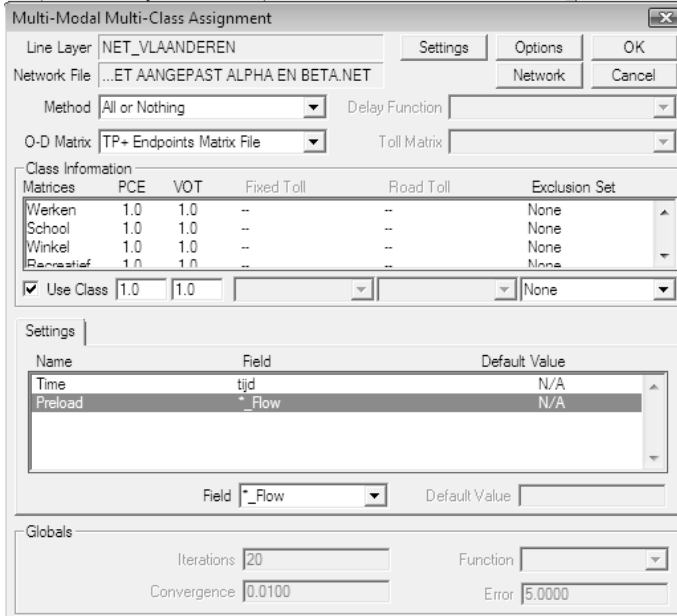
Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow_PCE	10553045,14	0,00	6618,20	198,50	543,64
BA_Flow_PCE	5144236,80	0,00	3791,96	114,78	305,66
TOT_Flow_PCE	15697281,94	0,00	8238,59	295,26	715,75
AB_Time	392,79	0,00	3,62	0,01	0,03
BA_Time	359,48	0,00	3,44	0,01	0,03
MAX_Time	393,16	0,00	3,62	0,01	0,03
AB_voc	3673,37	0,00	1,51	0,07	0,16
BA_voc	2380,96	0,00	1,51	0,05	0,14
MAX_voc	3910,99	0,00	1,51	0,07	0,16
AB_vmt	6704579,25	0,00	635301,35	126,11	4429,50
BA_vmt	3793613,21	0,00	554246,15	84,64	4009,78
TOT_vmt	10498192,45	0,00	1189547,50	197,47	8097,12
AB_vht	98652,65	0,00	14334,70	1,86	82,91
BA_vht	54503,28	0,00	9696,30	1,22	63,34
TOT_vht	153155,93	0,00	24031,00	2,88	140,55
AB_VDF	392,79	0,00	3,62	0,01	0,03
BA_VDF	359,48	0,00	3,44	0,01	0,03
MAX_VDF	393,16	0,00	3,62	0,01	0,03
AB_Flow_Vrachtwagen	5276522,57	0,00	3309,10	99,25	271,82
BA_Flow_Vrachtwagen	2572118,40	0,00	1895,98	57,39	152,83

Toedeling van personenwagen met vrachtwagen preload

MMA AON

De gebruikte inputgegevens



Multi-Modal Multi-Class Assignment

Line Layer: NET_VLAANDEREN

Network File: ...ET AANGEPAST ALPHA EN BETA.NET

Method: All or Nothing

O-D Matrix: TP+ Endpoints Matrix File

Class Information					
Matrices	PCE	VOT	Fixed Toll	Road Toll	Exclusion Set
Werken	1.0	1.0	--	--	None
School	1.0	1.0	--	--	None
Winkel	1.0	1.0	--	--	None
Recreatief	1.0	1.0	--	--	None

Use Class: 1.0, 1.0, None

Name	Field	Default Value
Time	tijd	N/A
Preload	_Flow	N/A

Field: _Flow

Globals

Iterations: 20

Convergence: 0.0100

Error: 5.0000

Het rapport van de toedeling

Parameters

Method : All or Nothing - MMA Assignment

Running Results

Total V-Time-T : 1450,68
 Total V-Dist-T : 8282584,3

Number of Modes : 5

Mode Name : Werken
 Demand : 171606,52
 Intranodal Demand : 42852,07
 VHT : 59555,61
 VMT : 5697166,63

Mode Name : Winkelen
 Demand : 11465,26
 Intranodal Demand : 11751,46

VHT : 3526,21
 VMT : 332488,12

Mode Name : School
 Demand : 11064,63
 Intranodal Demand : 9056,75
 VHT : 3227,9
 VMT : 302421,28

Mode Name : Recreatief
 Demand : 12330,34
 Intranodal Demand : 5273,85
 VHT : 4192,11
 VMT : 397251,24

Mode Name : Overige
 Demand : 52432,62
 Intranodal Demand : 23143,38
 VHT : 16538,85
 VMT : 1553257,03

Total Running Time : 0:02:30.921

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow_PCE	11173627,99	0,00	12044,68	210,17	684,99
BA_Flow_PCE	5292474,50	0,00	12044,68	118,09	409,12
TOT_Flow_PCE	16466102,49	0,00	19519,85	309,72	911,85
AB_Time	368,30	0,00	2,59	0,01	0,02
BA_Time	341,99	0,00	2,59	0,01	0,02
MAX_Time	368,30	0,00	2,59	0,01	0,02
AB_voc	-	-	-	-	-
BA_voc	-	-	-	-	-
MAX_voc	-	-	-	-	-
AB_vmt	5669998,90	0,00	52435,22	106,65	752,38
BA_vmt	2612585,39	0,00	32458,59	58,29	448,75
TOT_vmt	8282584,30	0,00	55996,75	155,79	1025,02
AB_vht	57353,40	0,00	462,68	1,08	6,77
BA_vht	29687,28	0,00	286,41	0,66	4,21
TOT_vht	87040,68	0,00	494,10	1,64	9,40

AB_speed	-	-	-	-	-
BA_speed	-	-	-	-	-
AB_Flow_Werken	7697229,06	0,00	9909,47	144,78	489,54
BA_Flow_Werken	3592242,39	0,00	9266,75	80,15	298,45
AB_Flow_Winkelen	436356,95	0,00	456,67	8,21	26,87
BA_Flow_Winkelen	213502,21	0,00	377,54	4,76	15,03
AB_Flow_School	392172,59	0,00	437,89	7,38	23,78
BA_Flow_School	200402,47	0,00	437,89	4,47	15,18
AB_Flow_Recreatie	544222,22	0,00	504,39	10,24	32,74
BA_Flow_Recreatie	254577,93	0,00	421,03	5,68	17,59
AB_Flow_Overige	2103647,16	0,00	2026,96	39,57	123,47
BA_Flow_Overige	1031749,50	0,00	1567,87	23,02	69,49
AB_Flow	11173627,99	0,00	12044,68	210,17	684,99
BA_Flow	5292474,50	0,00	12044,68	118,09	409,12
Tot_Flow	16466102,49	0,00	19519,85	309,72	911,85

MMA UE

De gebruikte inputgegevens

Het rapport van de toedeling

Iteration	Step	Relative Gap	Max. Flow Change	RMSE	% RMSE
1	0,370397	0,996685	4461,307723	260,97	155,29

2	0,237911	0,851435	2973,634141	121,02	68,39
3	0,144425	0,500003	2872,464667	65,99	36,92
4	0,167545	0,306406	1647,889208	60,89	33,95
5	0,074315	0,179245	1103,096092	28,16	15,71
6	0,078547	0,109287	1085,577751	23,48	13,13
7	0,103698	0,07484	900,678731	27,32	15,28
8	0,071442	0,069394	779,850467	20,37	11,42
9	0,060926	0,057767	572,477098	14,4	8,07
10	0,097983	0,041643	646,256086	17,84	10,02
11	0,071417	0,047004	363,70837	17,33	9,75
12	0,045328	0,040881	359,966106	13,35	7,52
13	0,065068	0,031892	408,164193	13,27	7,47
14	0,071193	0,03147	640,960362	15,53	8,76
15	0,0507	0,034189	318,948666	12,6	7,11
...					
31	0,035831	0,015573	255,178659	6,45	3,68
32	0,042218	0,011901	257,697635	6,74	3,85
33	0,046026	0,013354	286,007539	8,12	4,63
34	0,032148	0,013764	195,178375	6,87	3,93
35	0,033906	0,012585	193,667073	6,42	3,66
36	0,045178	0,01074	239,593854	7,34	4,19
37	0,036222	0,013452	223,607326	6,89	3,94
38	0,03442	0,01042	181,989531	6,74	3,85
39	0,032692	0,010651	163,684654	6,08	3,48
40	0,043995	0,009536	231,807065	6,69	3,83

Parameters

Method : User Equilibrium Using Generalized Cost - MMA Assignment
 Maximum Iterations : 100
 Iterations : 41
 Conv. Criteria : 0.01

Running Results

Relative Gap : 0,01
 RMSE : 6,69
 % RMSE : 3,83
 Max Flow Change : 231,81
 Equilibrium reached : Yes
 Total V-Time-T : 1829,83
 Total V-Dist-T : 8410008,78

Number of Modes : 5

Mode Name : Werken
 Demand : 171606,52
 Intranodal Demand : 42852,07
 VHT : 76525,71
 VMT : 5784794,96

Mode Name : Winkelen
 Demand : 11465,26
 Intranodal Demand : 11751,46
 VHT : 4292,96
 VMT : 337290,99

Mode Name : School
 Demand : 11064,63
 Intranodal Demand : 9056,75
 VHT : 4013,68
 VMT : 306698,8

Mode Name : Recreatief
 Demand : 12330,34
 Intranodal Demand : 5273,85
 VHT : 5060,28
 VMT : 403346,77

Mode Name : Overige
 Demand : 52432,62
 Intranodal Demand : 23143,38
 VHT : 19897,15
 VMT : 1577877,26

Total Running Time : 01:45:50.306

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow_PCE	11415735,72	0,00	7945,84	214,73	531,46
BA_Flow_PCE	5716013,44	0,00	5834,43	127,54	314,13
TOT_Flow_PCE	17131749,15	0,00	10459,67	322,24	703,25
AB_Time	374,94	0,00	2,64	0,01	0,02
BA_Time	345,78	0,00	2,61	0,01	0,02

MAX_Time	376,89	0,00	2,64	0,01	0,02
AB_voc	5773,70	0,00	2,03	0,11	0,20
BA_voc	3731,65	0,00	1,41	0,08	0,17
MAX_voc	6415,80	0,00	2,03	0,12	0,21
AB_vmt	5602878,60	0,00	32679,52	105,39	575,22
BA_vmt	2807130,18	0,00	25920,76	62,63	362,83
TOT_vmt	8410008,78	0,00	46881,15	158,19	796,03
AB_vht	70924,20	0,00	1458,36	1,33	9,79
BA_vht	38865,59	0,00	374,77	0,87	5,73
TOT_vht	109789,79	0,00	1458,36	2,07	12,42
AB_speed	139,27	21,90	117,37	69,63	67,51
BA_speed	247,99	247,99	247,99	247,99	
AB_VDF	374,94	0,00	2,64	0,01	0,02
BA_VDF	345,78	0,00	2,61	0,01	0,02
MAX_VDF	376,89	0,00	2,64	0,01	0,02
AB_Flow_Werken	7835011,69	0,00	7355,99	147,37	375,45
BA_Flow_Werken	3893624,76	0,00	4592,72	86,87	228,26
AB_Flow_Winkelen	443633,94	0,00	231,92	8,34	20,81
BA_Flow_Winkelen	231888,99	0,00	211,25	5,17	12,51
AB_Flow_School	402924,46	0,00	274,26	7,58	19,14
BA_Flow_School	212137,08	0,00	197,87	4,73	11,77
AB_Flow_Recreatie	561080,15	0,00	320,13	10,55	26,43
BA_Flow_Recreatie	274611,00	0,00	224,15	6,13	13,96
AB_Flow_Overige	2173085,47	0,00	1208,27	40,88	99,72
BA_Flow_Overige	1103751,61	0,00	898,35	24,63	55,15
AB_Flow	11415735,7	0,00	7945,8358	214,73	531,456
BA_Flow	5716013,44	0,00	5834,4271	127,54	314,134
Tot_Flow	17131749,2	0	10459,666	322,2434	703,2542

MMA SUE

De gebruikte inputgegevens

Multi-Modal Multi-Class Assignment

Line Layer: NET_VLAANDEREN [Settings] [Options] [OK]

Network File: ...ET AANGEPAST ALPHA EN BETA.NET [Network] [Cancel]

Method: Stochastic User Equilibrium [v] Delay Function: Bureau of Public Roads (Bpr) [v]

O-D Matrix: TP+ Endpoints Matrix File [v] Toll Matrix: [v]

Class Information

Matrices	PCE	VOT	Fixed Toll	Road Toll	Exclusion Set
Werken	1.0	1.0	--	--	None
School	1.0	1.0	--	--	None
Winkel	1.0	1.0	--	--	None
Parkeerpl...	1.0	1.0	--	--	None

Use Class: 1.0 | 1.0 | [v] | [v] | None [v]

Delay Function Parameters

Name	Field	Default Value
Time	tijd	N/A
Capacity	Capaciteit	N/A
Alpha	Alpha	0.15
Beta	Beta	4
Link Length	Length	N/A

Field: _Speed [v] Default Value: []

Globals

Iterations: 20 [] Function: Normal [v]

Convergence: 0.0100 [] Error: 5.0000 []

Het rapport van de toedeling

Iteration	Relative Gap	Max. Flow Change	RMSE	% RMSE
1	n/a	12.313,7567	706,73	428,34
2	0,9988	10.363,5346	416,62	219,19
3	0,9755	5.130,2507	181,06	100,48
4	0,7084	3.459,8154	118,55	65,64
5	0,4371	3.258,5192	86,63	48,23
6	0,3602	3.264,4592	72,08	40,13
7	0,3523	1.477,3411	53,16	29,76
8	0,1889	1.541,7134	40,11	22,44
9	0,1135	1.061,5449	33,08	18,6
10	0,0975	984,3955	32,96	18,58
11	0,0830	909,8791	29,36	16,56
12	0,0671	681,0764	22,19	12,54
13	0,0597	620,0446	18,78	10,64
14	0,0458	540,9009	17,59	9,99
15	0,0404	498,0531	13,76	7,81
16	0,0372	426,8841	14,53	8,27
17	0,0383	318,5252	12,11	6,9
18	0,0319	442,6555	11,6	6,63
19	0,0306	381,4120	9,39	5,36
20	0,0281	235,8440	9,35	5,35
21	0,0274	274,5040	8,83	5,06
22	0,0287	244,1750	9,63	5,52

23	0,0241	270,1495	9,93	5,69
24	0,0265	241,3045	9,05	5,19
25	0,0238	226,6208	7,42	4,26
26	0,0213	215,7322	6,68	3,84
27	0,0196	143,4319	5,55	3,19
...				
58	0,0105	104,7673	2,55	1,48
59	0,0103	104,7055	3,26	1,89
60	0,0108	68,4944	2,96	1,72
61	0,0100	84,0170	2,47	1,43
62	0,0098	104,8755	2,26	1,31

Parameters

Method : Stochastic User Equilibrium Using Generalized Cost - MMA
 Assignment
 Maximum Iterations : 100
 Iterations : 63
 Conv. Criteria : 0.01

Running Results

Relative Gap : 0,01
 RMSE : 2,26
 % RMSE : 1,31
 Max Flow Change : 104,88
 Equilibrium reached : Yes
 Total V-Time-T : 1827,81
 Total V-Dist-T : 8417450

Number of Modes : 5

Mode Name : Werken
 Demand : 171606,52
 Intranodal Demand : 42852,07
 VHT : 76411,1
 VMT : 5790112

Mode Name : Winkelen
 Demand : 11465,26
 Intranodal Demand : 11751,46
 VHT : 4290,76
 VMT : 337605,3

Mode Name : School

Demand : 11064,63
 Intranodal Demand : 9056,75
 VHT : 4009,99
 VMT : 307088,3

Mode Name : Recreatief
 Demand : 12330,34
 Intranodal Demand : 5273,85
 VHT : 5060,3
 VMT : 703624,7

Mode Name : Overige
 Demand : 52432,62
 Intranodal Demand : 23143,38
 VHT : 19896,17
 VMT : 1579020

Total Running Time : 02:09:58.902

Statistieken van de output

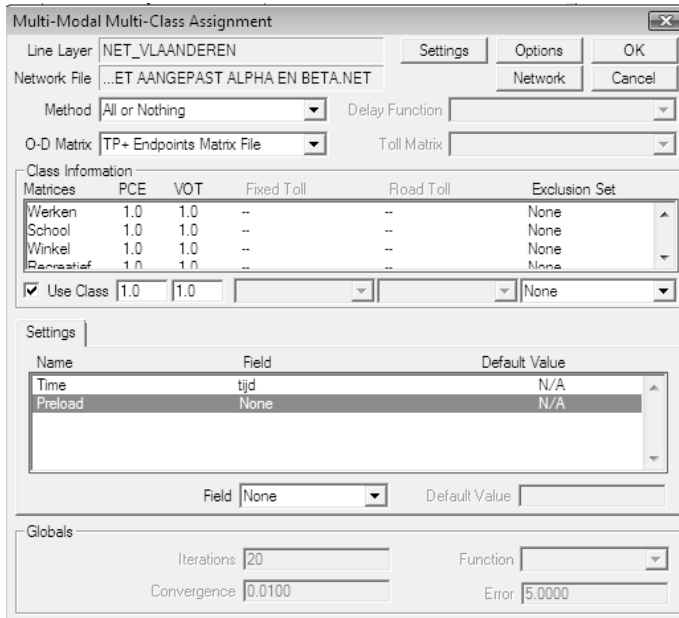
Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow_PCE	11244558,95	0,00	7945,84	211,51	528,49
BA_Flow_PCE	5648522,78	0,00	5787,31	126,03	309,79
TOT_Flow_PCE	16893081,73	0,00	10427,02	317,75	697,42
AB_Time	374,86	0,00	2,64	0,01	0,02
BA_Time	345,70	0,00	2,61	0,01	0,02
MAX_Time	376,77	0,00	2,64	0,01	0,02
AB_voc	5716,44	0,00	2,03	0,11	0,20
BA_voc	3708,79	0,00	1,41	0,08	0,17
MAX_voc	6353,75	0,00	2,03	0,12	0,21
AB_vmt	5609574,73	0,00	32550,00	105,51	575,91
BA_vmt	2807875,51	0,00	26376,21	62,65	361,34
TOT_vmt	8417450,24	0,00	47587,89	158,33	795,21
AB_vht	70939,41	0,00	1458,36	1,33	9,74
BA_vht	38728,91	0,00	311,32	0,86	5,57
TOT_vht	109668,33	0,00	1458,36	2,06	12,30
AB_speed	139,97	21,90	118,08	69,99	68,01
BA_speed	272,99	272,99	272,99	272,99	
AB_VDF	374,86	0,00	2,64	0,01	0,02
BA_VDF	345,70	0,00	2,61	0,01	0,02

MAX_VDF	376,77	0,00	2,64	0,01	0,02
AB_Flow_Werken	7718719,17	0,00	7355,99	145,19	373,56
BA_Flow_Werken	3847997,21	0,00	4564,96	85,86	225,28
AB_Flow_Winkelen	437074,65	0,00	231,15	8,22	20,62
BA_Flow_Winkelen	229446,70	0,00	206,97	5,12	12,35
AB_Flow_School	396928,67	0,00	274,26	7,47	19,02
BA_Flow_School	209668,52	0,00	198,17	4,68	11,60
AB_Flow_Recreatie	552517,49	0,00	323,34	10,39	26,29
BA_Flow_Recreatie	271185,83	0,00	225,78	6,05	13,75
AB_Flow_Overige	2139318,97	0,00	1226,75	40,24	99,01
BA_Flow_Overige	1090224,53	0,00	905,10	24,33	54,31
AB_Flow	11244558,9	0,00	7945,8358	211,51	528,4883
BA_Flow	5648522,78	0,00	5787,3099	126,03	309,7913
Tot_Flow	16893081,7	0	10427,015	317,7542	697,415

Toedeling personenwagen en vrachtwagens

MMA AON

De gebruikte inputgegevens



Multi-Modal Multi-Class Assignment

Line Layer: NET_VLAANDEREN [Settings] [Options] [OK]

Network File: ...ET AANGEPAST ALPHA EN BETA.NET [Network] [Cancel]

Method: All or Nothing [v] Delay Function: [v]

O-D Matrix: TP+ Endpoints Matrix File [v] Toll Matrix: [v]

Class Information

Matrices	PCE	VOT	Fixed Toll	Road Toll	Exclusion Set
Werken	1.0	1.0	--	--	None
School	1.0	1.0	--	--	None
Winkel	1.0	1.0	--	--	None
Recreatief	1.0	1.0	--	--	None

Use Class [1.0] [1.0] [v] [v] [None] [v]

Settings

Name	Field	Default Value
Time	tijd	N/A
Preload	None	N/A

Field: [None] [v] Default Value: []

Globals

Iterations: [20] [] Function: [v]

Convergence: [0.0100] [] Error: [5.0000] []

Het rapport van de toedeling

Parameters

Method : All or Nothing - MMA Assignment

Running Results

Total V-Time-T : 2267,49
Total V-Dist-T : 13445232,16

Number of Modes : 6

Mode Name : Werken
Demand : 171606,52
Intranodal Demand : 42852,07
VHT : 59555,61
VMT : 5697166,63

Mode Name : Winkelen
Demand : 11465,26
Intranodal Demand : 11751,46

VHT : 3526,21
 VMT : 332488,12

Mode Name : School
 Demand : 11064,63
 Intranodal Demand : 9056,75
 VHT : 3227,9
 VMT : 302421,28

Mode Name : Recreatief
 Demand : 12330,34
 Intranodal Demand : 5273,85
 VHT : 4192,11
 VMT : 397251,24

Mode Name : Overige
 Demand : 52432,62
 Intranodal Demand : 23143,38
 VHT : 16538,85
 VMT : 1553257,03

Mode Name : Vrachtwagen
 Demand : 51687,64
 Intranodal Demand : 207,94
 VHT : 49008,94
 VMT : 5162647,86

Total Running Time : 0:03:59.162

Statistieken van de output

Field	Count	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow_PCE	53164,00	22038346,63	0,00	17470,29	414,54	1359,71
BA_Flow_PCE	44819,00	8333279,90	0,00	12044,72	185,93	546,69
TOT_Flow_PCE	53164,00	30371626,53	0,00	19519,92	571,28	1574,24
AB_Time	53164,00	368,30	0,00	2,59	0,01	0,02
BA_Time	44819,00	341,99	0,00	2,59	0,01	0,02
MAX_Time	53164,00	368,30	0,00	2,59	0,01	0,02
AB_voc	0,00	-	-	-	-	-
BA_voc	0,00	-	-	-	-	-
MAX_voc	0,00	-	-	-	-	-

AB_vmt	53164,00	13019330,69	0,00	629904,45	244,89	4574,55
BA_vmt	44819,00	5588549,32	0,00	548883,18	124,69	4010,52
TOT_vmt	53164,00	18607880,02	0,00	1178787,63	350,01	8172,48
AB_vht	53164,00	125950,40	0,00	5558,14	2,37	40,45
BA_vht	44819,00	59108,17	0,00	4843,23	1,32	35,48
TOT_vht	53164,00	185058,57	0,00	10401,37	3,48	72,28
AB_speed	0,00	-	-	-	-	-
BA_speed	0,00	-	-	-	-	-
AB_Flow_Werken	53164,00	7697229,06	0,00	9909,47	144,78	489,54
BA_Flow_Werken	44819,00	3592242,39	0,00	9266,75	80,15	298,45
AB_Flow_School	53164,00	392172,59	0,00	437,89	7,38	23,78
BA_Flow_School	44819,00	200402,47	0,00	437,89	4,47	15,18
AB_Flow_Winkel	53164,00	436356,95	0,00	456,67	8,21	26,87
BA_Flow_Winkel	44819,00	213502,21	0,00	377,54	4,76	15,03
AB_Flow_Recreatief	53164,00	544222,22	0,00	504,39	10,24	32,74
BA_Flow_Recreatief	44819,00	254577,93	0,00	421,03	5,68	17,59
AB_Flow_Overig	53164,00	2103647,16	0,00	2026,96	39,57	123,47
BA_Flow_Overig	44819,00	1031749,50	0,00	1567,87	23,02	69,49
AB_Flow_Vrachtwagen	53164,00	5432359,32	0,00	6311,27	102,18	434,69
BA_Flow_Vrachtwagen	44819,00	1520402,70	0,00	2763,80	33,92	127,13
AB_Flow	53164,00	16605987,31	0,00	13869,08	312,35	984,92
BA_Flow	44819,00	6812877,2	0,00	12044,702	152,01	465,792
Tot_Flow	53164,00	23418864,5	0,00	19519,883	440,50	1196,256

MMA UE

De gebruikte inputgegevens

Het rapport van de toedeling

Iteration	Step	Relative Gap	Max. Flow Change	RMSE	% RMSE
1	0,390968	0,999222	6830,33077	563,49	181,79
2	0,220074	0,942404	3168,187617	248,12	72,85
3	0,15103	0,729721	3001,271466	160,09	46,6
4	0,148513	0,483685	2445,510228	132,24	38,21
5	0,077325	0,290794	1320,810945	69,77	20,15
6	0,106971	0,182252	1307,28145	78,06	22,58
7	0,07123	0,123575	857,464288	51,99	15,05
8	0,055182	0,085305	775,871837	40,44	11,75
9	0,069543	0,060224	689,113055	37,63	10,92
10	0,046082	0,056945	709,699096	28,25	8,23
11	0,046706	0,045791	435,906461	23,09	6,74
12	0,054837	0,040455	529,520927	26,43	7,73
13	0,044397	0,043456	494,063167	25,11	7,36
14	0,047283	0,037305	441,53064	24,48	7,19
15	0,047369	0,033995	532,945284	22,27	6,55
16	0,039235	0,036903	383,20288	19,04	5,61
17	0,060224	0,031887	448,025701	26,72	7,89
18	0,03708	0,035132	412,449083	19,71	5,83

19	0,054892	0,027656	412,145474	22,62	6,7
20	0,034839	0,029989	351,487817	17,48	5,19
21	0,039882	0,02691	323,703044	18,52	5,51
22	0,042936	0,026496	351,205479	19,23	5,72
23	0,035357	0,0272	304,177495	17,69	5,27
...					
39	0,027798	0,013612	267,884329	11,57	3,5
40	0,04273	0,012986	275,638176	14,32	4,33
41	0,030079	0,016068	232,991462	12,98	3,93
42	0,020494	0,014319	154,81494	9,6	2,91
43	0,053416	0,011983	375,817615	16,99	5,15
44	0,020479	0,017105	131,006537	10,11	3,07
45	0,052414	0,011405	386,138484	16,17	4,91
46	0,017145	0,017361	133,914541	9,63	2,93
47	0,034545	0,0107	255,484045	11,87	3,61
48	0,022384	0,011598	140,542332	9,24	2,81
49	0,0438	0,011051	238,862107	12,65	3,85
50	0,017073	0,014128	163,778965	8,64	2,63
51	0,045746	0,009647	327,567464	13,56	4,13

Parameters

Method	: User Equilibrium Using Generalized Cost - MMA Assignment
Maximum Iterations	: 1000
Iterations	: 52
Conv. Criteria	: 0.01

Running Results

Relative Gap	: 0,01
RMSE	: 13,56
% RMSE	: 4,13
Max Flow Change	: 327,57
Equilibrium reached	: Yes
Total V-Time-T	: 327,46
Total V-Dist-T	: 13619045
Number of Modes	: 6
Mode Name	: Werken
Demand	: 171606,52
Intranodal Demand	: 42852,07
VHT	: 82069,22
	:
VMT	: 5757572,02

Mode Name : Winkelen
 Demand : 11465,26
 Intranodal Demand : 11751,46
 VHT : 4619,84
 VMT : 335950,74

Mode Name : School
 Demand : 11064,63
 Intranodal Demand : 9056,75
 VHT : 4274,53
 VMT : 305189,67

Mode Name : Recreatief
 Demand : 12330,34
 Intranodal Demand : 5273,85
 VHT : 5495,25
 VMT : 401476,58

Mode Name : Overige
 Demand : 52432,62
 Intranodal Demand : 23143,38
 VHT : 21561,52
 :
 VMT : 1570834,29

Mode Name : Vrachtwagen
 Demand : 51687,64
 Intranodal Demand : 207,94
 VHT : 71307,46
 :
 VMT : 5248021,64

Total Running Time : 03:11:52.469

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow_PCE	21514826,64	0,00	8673,30	404,69	869,74
BA_Flow_PCE	10615238,38	0,00	6181,76	236,85	474,00
TOT_Flow_PCE	32130065,02	0,00	11386,26	604,36	1114,00

AB_Time	383,27	0,00	2,87	0,01	0,02
BA_Time	350,27	0,00	2,73	0,01	0,02
MAX_Time	385,93	0,00	2,87	0,01	0,02
AB_voc	7484,64	0,00	2,03	0,14	0,23
BA_voc	4844,10	0,00	1,50	0,11	0,20
MAX_voc	8198,88	0,00	2,03	0,15	0,24
AB_vmt	12245983,60	0,00	629904,45	230,34	4456,83
BA_vmt	6621083,04	0,00	548883,18	147,73	3999,97
TOT_vmt	18867066,64	0,00	1178787,63	354,88	8094,11
AB_vht	169547,46	0,00	11126,43	3,19	66,99
BA_vht	91087,84	0,00	7524,55	2,03	50,19
TOT_vht	260635,30	0,00	18650,97	4,90	111,98
AB_speed	891,61	21,90	275,28	178,32	98,17
BA_speed	527,92	126,89	228,57	175,97	50,93
AB_VDF	383,27	0,00	2,87	0,01	0,02
BA_VDF	350,27	0,00	2,73	0,01	0,02
MAX_VDF	385,93	0,00	2,87	0,01	0,02
AB_Flow_Werken	7664888,29	0,00	7355,99	144,17	345,75
BA_Flow_Werken	4236631,26	0,00	4836,12	94,53	234,52
AB_Flow_School	394914,51	0,00	274,26	7,43	17,80
BA_Flow_School	228443,38	0,00	209,10	5,10	12,13
AB_Flow_Winkel	434889,08	0,00	241,00	8,18	19,10
BA_Flow_Winkel	249892,27	0,00	222,09	5,58	12,94
AB_Flow_Recreatief	547989,78	0,00	294,49	10,31	23,53
BA_Flow_Recreatief	302035,09	0,00	256,85	6,74	14,66
AB_Flow_Overig	2122245,22	0,00	1170,21	39,92	89,41
BA_Flow_Overig	1205560,79	0,00	1030,29	26,90	57,77
AB_Flow_Vrachtwagen	5174949,88	0,00	3157,1284	97,34	268,245
BA_Flow_Vrachtwagen	2196337,79	0,00	1990,4127	49,00	124,2587
AB_Flow	16339876,8	0	7945,8358	307,3485	651,2235
BA_Flow	8418900,59	0,00	6178,01	187,84	386,72
Tot_Flow	24758777,34	0,00	11338,69	465,71	865,36

MMA SUE

De gebruikte inputgegevens

Multi-Modal Multi-Class Assignment

Line Layer: NET_VLAANDEREN

Network File: ...ET AANGEPAST ALPHA EN BETA.NET

Method: Stochastic User Equilibrium

Delay Function: Bureau of Public Roads (Bpr)

O-D Matrix: TP+ Endpoints Matrix File

Toll Matrix: (empty)

Class Information

Matrices	PCE	VOT	Fixed Toll	Road Toll	Exclusion Set
Werken	1.0	1.0	--	--	None
School	1.0	1.0	--	--	None
Winkel	1.0	1.0	--	--	None
Recreatief	1.0	1.0	--	--	None

Use Class: 1.0 | 1.0 | (empty) | (empty) | None

Delay Function Parameters

Name	Field	Default Value
Time	tijd	N/A
Capacity	Capaciteit	N/A
Alpha	Alpha	0.15
Beta	Beta	4
Link Length	Length	N/A

Field: _Speed

Default Value: (empty)

Globals

Iterations: 20

Convergence: 0.0100

Function: Normal

Error: 5.0000

Het rapport van de toedeling

Iteration	Relative Gap	Max. Flow Change	RMSE	% RMSE
1	n/a	17.956,6610	1422,36	466,82
2	0,9998	10.481,1747	820,41	215,34
3	0,9669	5.069,1104	390,19	112,26
4	0,9105	5.792,1138	273,29	77,41
5	0,9327	5.103,7321	209,69	59,8
6	0,7382	2.277,2780	153,56	43,95
7	0,5196	2.072,6501	121,3	34,83
8	0,3236	1.720,7104	100,36	28,88
9	0,2297	1.794,7944	86,37	24,91
10	0,1578	1.163,4216	74,5	21,64
11	0,1154	1.223,8278	59,19	17,22
12	0,0937	1.315,7164	54,1	15,8
13	0,0769	980,2626	47,53	13,93
14	0,0664	872,7496	42,08	12,36
15	0,0618	590,2844	38,13	11,24
16	0,0534	714,2681	31,96	9,43
17	0,0492	435,4711	29,19	8,65
18	0,0395	420,6931	25,23	7,49

19	0,0343	442,0662	25,15	7,49
20	0,0352	427,7180	24,55	7,32
21	0,0348	393,5401	24,38	7,29
22	0,0353	464,0671	22,27	6,66
...				
60	0,0113	100,4176	5,36	1,65
61	0,0113	137,7155	5,08	1,56
62	0,0111	104,1819	4,61	1,42
63	0,0108	112,5730	4,39	1,35
64	0,0109	86,4059	5,11	1,57
65	0,0112	124,8956	5,93	1,82
66	0,0112	96,2363	4,92	1,51
67	0,0103	91,9225	4,19	1,29
68	0,0104	109,7856	4,61	1,42
69	0,0099	74,1740	3,95	1,22

Parameters

Method : Stochastic User Equilibrium Using Generalized Cost - MMA
Assignment
Maximum Iterations : 1000
Iterations : 70
Conv. Criteria : 0.01

Running Results

Relative Gap : 0,01
RMSE : 3,95
% RMSE : 1,22
Max Flow Change : 74,17
Equilibrium reached : Yes
Total V-Time-T : 3141,21
Total V-Dist-T : 13630550

Number of Modes : 6

Mode Name : Werken
Demand : 171606,52
Intranodal Demand : 42852,07
VHT : 81647,38
VMT : 5765347

Mode Name : Winkelen
Demand : 11465,26
Intranodal Demand : 11751,46

VHT : 4599,51
 VMT : 336264,6

Mode Name : School
 Demand : 11064,63
 Intranodal Demand : 9056,75
 VHT : 4260,2
 VMT : 305485,7

Mode Name : Recreatief
 Demand : 12330,34
 Intranodal Demand : 5273,85
 VHT : 5472,89
 VMT : 401790

Mode Name : Overige
 Demand : 52432,62
 Intranodal Demand : 23143,38
 VHT : 21475,85
 VMT : 1572012

Mode Name : Vrachtwagen
 Demand : 51687,64
 Intranodal Demand : 207,94
 VHT : 71016,96
 VMT : 5249650

Total Running Time : 04:00:27.610

Statistieken van de output

Field	Sum	Minimum	Maximum	Mean	St.Dev
AB_Flow_PCE	21259146,01	0,00	8678,50	399,88	861,57
BA_Flow_PCE	10553421,68	0,00	6108,63	235,47	468,54
TOT_Flow_PCE	31812567,69	0,00	11369,14	598,39	1102,62
AB_Time	383,12	0,00	2,87	0,01	0,02
BA_Time	350,22	0,00	2,73	0,01	0,02
MAX_Time	385,71	0,00	2,87	0,01	0,02
AB_voc	7410,98	0,00	2,03	0,14	0,23
BA_voc	4828,07	0,00	1,50	0,11	0,20
MAX_voc	8126,68	0,00	2,03	0,15	0,24

AB_vmt	12240991,89	0,00	629904,45	230,25	4455,64
BA_vmt	6639208,21	0,00	548883,18	148,13	3998,58
TOT_vmt	18880200,10	0,00	1178787,63	355,13	8091,99
AB_vht	168440,89	0,00	11126,43	3,17	66,91
BA_vht	91048,86	0,00	7524,55	2,03	50,13
TOT_vht	259489,75	0,00	18650,97	4,88	111,90
AB_speed	899,67	21,90	273,90	179,93	98,77
BA_speed	573,16	132,84	228,57	191,05	51,11
AB_VDF	383,12	0,00	2,87	0,01	0,02
BA_VDF	350,22	0,00	2,73	0,01	0,02
MAX_VDF	385,71	0,00	2,87	0,01	0,02
AB_Flow_Werken	7571208,02	0,00	7355,99	142,41	342,95
BA_Flow_Werken	4205225,60	0,00	4756,82	93,83	232,44
AB_Flow_School	389916,90	0,00	274,26	7,33	17,64
BA_Flow_School	226912,68	0,00	211,59	5,06	12,02
AB_Flow_Winkel	429663,84	0,00	242,54	8,08	18,93
BA_Flow_Winkel	248139,80	0,00	220,08	5,54	12,84
AB_Flow_Recreatief	540691,66	0,00	305,15	10,17	23,32
BA_Flow_Recreatief	299350,20	0,00	256,94	6,68	14,53
AB_Flow_Overig	2095006,14	0,00	1207,85	39,41	88,61
BA_Flow_Overig	1195310,48	0,00	1029,99	26,67	57,27
AB_Flow_Vrachtwagen	5116329,73	0,00	3187,8594	96,24	265,7581
BA_Flow_Vrachtwagen	2189241,46	0,00	1903,5268	48,85	122,9195
AB_Flow	16142816,3	0	7945,8358	303,6419	645,3036
BA_Flow	8364180,22	0,00	6104,43	186,62	382,63
Tot_Flow	24506996,50	0,00	11324,19	460,97	857,00

Telgegevens AWW

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
 Departement Leefmilieu en Infrastructuur
 Afdeling Verkeerskunde

Totalen per categorie

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
 Departement Leefmilieu en Infrastructuur
 Afdeling Verkeerskunde

Meeplaats: 71048 Weg: N 75 Kmpst: 14,8 (13,1 - 15,5) Gemeente: Genk
 Campagne: S / X Herkomst: Onbekend Sectie:
 Datum: donderdag 5/02/2009 Periode: 01/02/2009 - 28/02/2009

Aard	T16	T24	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22	U23	U24
> 90 L	1297	1443	3	4	3	3	7	69	62	159	140	106	61	61	52	138	69	81	85	70	66	53	30	64	42	15
90-70 L	4823	5219	48	23	14	5	24	312	280	773	780	377	331	242	174	301	215	183	244	219	190	128	70	138	97	73
70-50 L	4325	4495	10	7	2	8	74	72	359	445	207	129	109	109	291	511	362	323	312	393	345	195	127	144	47	14
50-30 L	1320	1396	6	4	0	4	7	29	22	88	227	99	64	51	65	65	69	128	105	110	100	63	39	27	17	9
< 30 L	136	148	0	0	0	0	1	5	3	3	32	7	8	7	12	6	12	11	10	9	12	1	2	1	3	3
> 90 M	109	118	0	1	0	1	1	3	10	10	4	8	10	5	7	12	11	7	6	4	2	1	5	7	1	2
90-70 M	312	344	1	1	3	0	4	17	39	39	24	32	45	37	10	11	5	13	26	12	8	7	3	1	4	2
70-50 M	400	408	0	0	0	0	1	6	19	29	24	31	19	21	36	37	49	35	36	24	18	8	5	9	1	0
50-30 M	97	106	0	1	0	0	1	7	6	3	26	7	9	6	11	2	10	6	2	4	2	1	0	2	0	0
< 30 M	20	21	0	0	0	0	1	0	2	1	4	5	0	1	0	1	0	2	1	0	2	0	1	0	0	0
> 90 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 Z	146	168	2	3	3	0	4	9	27	13	15	22	22	19	4	4	7	3	0	5	1	3	1	0	0	1
70-50 Z	397	418	2	2	3	0	1	11	22	27	28	25	22	27	43	40	34	52	22	16	19	10	7	3	2	0
50-30 Z	127	135	1	0	0	1	0	5	5	13	12	12	9	10	18	6	6	11	7	4	7	3	3	1	1	0
< 30 Z	14	15	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	2	2	0	1	0	3	0	2	0	0	0	0	0
Totaal	13323	14434	73	46	26	22	61	547	569	1517	1745	939	729	698	725	1134	850	893	899	870	774	473	293	395	215	119
% tov T16			0,5%	0,3%	0,2%	0,2%	0,4%	3,0%	4,3%	11,4%	13,1%	7,0%	5,5%	4,5%	5,4%	8,5%	6,4%	6,4%	6,5%	5,8%	5,4%	3,6%	2,2%	3,0%	1,6%	0,9%
% tov T24			0,5%	0,3%	0,2%	0,2%	0,4%	3,0%	3,9%	10,5%	12,1%	6,5%	5,1%	4,1%	5,0%	7,9%	5,9%	5,9%	6,0%	5,4%	5,4%	3,3%	2,8%	2,7%	1,5%	0,8%

Totalen per categorie

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Afdeling Verkeerskunde

Gemeente: Genk

Richting: Diksen

(13.1 - 15.5)

Kmpt: 14,8

Weg: N 75

Meerplaats: 71047

Sectie:

Herkomst: Onbekand

Periode: 01/02/2009 - 28/02/2009

Datum: donsdag 5/02/2009

Aard	T16	T24	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22	U23	U24
> 90 L	113	126	1	0	1	1	1	0	4	1	3	4	3	6	6	8	12	4	12	15	9	11	7	8	9	0
90-70 L	1555	1731	11	7	4	2	4	10	41	52	62	59	47	58	74	84	193	108	235	245	127	60	56	55	109	28
70-50 L	7845	8533	50	16	14	11	8	58	186	310	421	298	325	415	445	407	770	731	991	946	581	424	310	285	405	126
50-30 L	2022	2192	12	7	9	3	2	22	38	90	124	67	107	152	122	128	138	150	199	228	164	124	101	70	83	32
< 30 L	72	74	0	0	0	0	0	0	2	1	5	1	4	3	3	8	5	9	10	6	4	5	3	1	0	2
> 90 M	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0
90-70 M	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	2	7	2	3	0	1	0	0	0
70-50 M	224	237	0	0	0	0	3	6	12	10	10	14	15	16	15	22	24	25	23	22	7	5	1	3	4	0
50-30 M	255	270	1	0	1	2	3	6	21	17	26	19	27	19	20	26	24	24	9	7	7	5	3	1	2	0
< 30 M	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
> 90 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 90 Z	178	184	0	0	0	1	1	4	3	8	12	17	8	16	12	26	14	15	19	17	6	3	2	0	0	0
70-50 Z	557	587	1	0	3	3	7	11	28	42	50	40	43	53	43	42	33	45	37	39	24	20	11	7	3	2
< 30 Z	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	4	1	5	2	5	1	1	2	0	0	1	0	0

Totaal	12876	13988	76	30	32	23	29	117	335	531	714	542	500	743	742	758	1217	1118	1543	1535	935	667	495	431	615	190
% tov T16									2,6%	4,1%	5,5%	4,2%	4,5%	5,8%	5,8%	5,9%	9,5%	8,7%	12,0%	11,9%	7,3%	5,1%	3,8%	3,3%		
% tov T24									2,4%	3,8%	5,1%	3,9%	4,1%	5,3%	5,3%	5,4%	8,7%	8,0%	11,0%	11,0%	6,7%	4,7%	3,5%	3,1%	4,4%	1,4%

Totalen per categorie

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Afdeling Verkeerskunde

Meetplaats: 71027 Weg: N 2 Kmpst: 73.2 (72.6 - 76.5) Gemeente: Hasselt
Campagne: S / X Herkomst: Onbekend Sectie:
Datum: dinsdag 3/02/2009 Periode: 01/02/2009 - 28/02/2009

Aard	T16	T24	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22	U23	U24
> 110 L	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110-90 L	17	21	0	0	1	0	0	0	2	1	1	1	0	2	3	3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
90-70 L	899	975	15	4	2	2	1	4	16	26	48	65	57	73	84	67	67	75	86	94	42	33	35	31	32	16
70-50 L	3421	3640	15	5	2	7	7	11	14	112	279	134	157	207	203	193	231	284	480	468	280	164	123	94	112	60
< 50 L	21	21	0	0	0	0	0	0	0	5	2	1	2	2	0	2	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0
> 110 M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110-90 M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 M	16	17	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	2	3	0	1	2	2	1	0	0	0	1	1	0	0
70-50 M	130	138	1	0	2	1	0	2	5	13	11	10	13	10	9	6	8	18	14	9	1	1	1	1	0	2
< 50 M	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 110 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110-90 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 Z	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70-50 Z	22	22	0	0	0	0	0	0	1	4	1	3	0	3	4	2	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0
< 50 Z	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Totaal	4538	4846	31	9	7	10	8	18	38	163	344	216	233	300	305	276	313	380	588	571	325	199	160	127	147	78
% tov T16			0.6%	0.2%	0.1%	0.2%	0.2%	0.4%	0.8%	3.6%	7.6%	4.8%	5.1%	6.6%	5.7%	5.1%	6.9%	8.4%	13.0%	12.6%	7.2%	4.4%	3.5%	2.8%		
% tov T24			0.6%	0.2%	0.1%	0.2%	0.2%	0.4%	0.8%	3.4%	7.1%	4.5%	4.8%	6.2%	6.3%	5.7%	6.5%	7.8%	12.1%	11.8%	6.7%	4.1%	3.3%	2.6%	3.0%	1.6%

Totalen per categorie

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Afdeling Verkeerskunde

Meentplaats: 71028 Weg: N 2 Kmpt: 73,2 (72,5 - 76,5) Gemeente: Hasselt
Campagne: S / X Richting: Hasselt
Datum: dinsdag 3/02/2009 Herkomst: Onbekend Sectie:
Periode: 01/02/2009 - 28/02/2009

Aard	T16	T24	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22	U23	U24
>110 L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110-90 L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 L	231	261	2	2	0	1	0	14	12	14	24	16	8	23	32	19	19	15	24	12	4	2	3	4	8	3
70-50 L	4456	4692	18	8	6	7	6	44	100	425	625	310	241	227	246	309	274	257	307	333	301	228	153	120	101	46
<50 L	7	8	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
>110 M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110-90 M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 M	2	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70-50 M	184	197	1	0	0	0	2	4	12	26	22	10	14	11	9	12	15	15	14	12	6	3	3	0	4	2
<50 M	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>110 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110-90 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 Z	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
70-50 Z	24	24	0	0	0	0	0	0	1	2	3	2	2	2	2	4	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0
<50 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Totaal	4908	5189	22	10	6	6	6	63	125	475	674	339	265	263	289	344	310	289	347	358	313	233	159	124	113	51
% tov T16									2,5%	9,7%	13,7%	6,9%	5,4%	5,4%	5,9%	7,0%	6,3%	5,9%	7,1%	7,3%	6,4%	4,7%	3,2%	2,5%		
% tov T24									2,4%	9,2%	13,0%	6,5%	5,1%	5,1%	5,6%	6,5%	6,0%	5,6%	6,7%	6,9%	6,0%	4,5%	3,1%	2,4%	2,2%	1,0%

Totalen per categorie

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Afdeling Verkeerskunde

Meetsplaats: 60050 Weg: N 716 Kmpt: 2,1 (-) Gemeente: Sint-Truiden
Campagne: S / X Herkomst: Onbekend Sectie: N 716
Datum: dinsdag 3/03/2009 Periode: 01/03/2009 - 31/03/2009

Aard	T16	T24	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22	U23	U24
> 90 L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 L	15	21	1	0	0	0	2	3	5	0	1	1	0	0	0	2	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0
70-50 L	637	702	8	1	1	3	11	24	75	55	23	50	55	51	11	36	49	13	27	48	36	53	21	32	11	6
50-30 L	2214	2305	1	1	1	0	1	17	42	180	154	157	117	104	129	172	150	145	164	240	206	129	79	46	44	26
< 30 L	525	528	0	0	0	0	0	4	13	175	6	11	17	40	17	15	79	111	12	12	7	2	4	2	4	1
> 90 M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70-50 M	7	12	0	1	0	1	0	3	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
50-30 M	45	48	0	0	0	0	1	3	5	2	6	5	1	8	3	4	0	1	3	4	1	2	0	0	0	0
< 30 M	46	46	0	0	0	0	0	1	2	16	1	1	0	5	1	1	6	6	2	1	3	0	1	0	0	0
> 90 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70-50 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50-30 Z	12	12	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	1	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
< 30 Z	14	14	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	2	4	2	0	1	0	0	0	0
Totaal	3515	3688	10	3	2	4	15	50	135	254	381	222	185	182	191	234	218	248	316	309	260	195	102	83	57	33
% tov T16									3,8%	7,2%	10,8%	6,3%	5,3%	5,2%	5,4%	6,7%	6,2%	7,1%	9,0%	8,8%	7,4%	5,5%	2,9%	2,4%		
% tov T24			0,3%	0,1%	0,1%	0,1%	0,4%	1,4%	3,7%	6,9%	10,3%	6,0%	5,0%	4,9%	5,2%	6,3%	5,8%	6,7%	8,6%	8,4%	7,0%	5,3%	2,8%	2,2%	1,5%	0,9%

Totalen per categorie

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Afdeling Verkeerskunde

Meetplaats: 60049 Weg: N 716 Kmpt: 2.1 (-) Gemeente: Sint-Truiden
Campagne: S / X Herkomst: Onbekend Sectie: N 716
Datum: dinsdag 3/03/2009 Periode: 01/03/2009 - 31/03/2009

Aard	T16	T24	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22	U23	U24
>90 L	7	10	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	1	0	2	0	0
90-70 L	215	252	4	2	1	0	5	5	8	13	5	6	13	13	5	8	17	3	12	30	23	21	14	23	9	11
70-50 L	2197	2343	10	3	3	0	5	31	84	155	84	132	125	126	65	177	161	76	131	279	212	189	111	80	77	17
50-30 L	782	794	0	0	0	0	0	2	2	21	111	13	16	32	113	16	42	152	188	34	9	13	7	13	6	2
<30 L	165	166	0	0	0	0	0	0	0	1	46	0	0	10	17	1	0	29	60	1	0	0	0	0	1	0
>90 M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 M	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70-50 M	65	68	0	0	0	0	0	3	8	7	1	1	4	10	2	11	5	0	5	7	1	1	2	0	0	0
50-30 M	34	35	0	0	0	1	0	0	3	2	3	1	4	0	6	2	1	5	4	1	0	1	1	0	0	0
<30 M	14	14	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	1	1	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0
>90 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-70 Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70-50 Z	8	10	1	0	0	0	0	1	2	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
50-30 Z	8	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<30 Z	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Totaal	3502	3707	15	5	4	1	10	45	107	212	255	156	164	195	210	217	229	273	403	355	247	226	135	118	95	30
% tov T16									3,1%	6,1%	7,3%	4,5%	4,7%	5,6%	6,0%	6,2%	6,5%	7,8%	11,5%	10,1%	7,1%	6,5%	3,9%	3,4%		
% tov T24			0,4%	0,1%	0,1%	0,0%	0,3%	1,2%	2,9%	5,7%	6,9%	4,2%	4,4%	5,3%	5,7%	5,9%	6,2%	7,4%	10,9%	9,6%	6,7%	6,1%	3,6%	3,2%	2,6%	0,8%

DIGITALE BIJLAGE
