

Een traditioneel vierstapsmodel voor Vlaanderen

Joris Liebens

promotor :
dr. Katrien RAMAEKERS

co-promotor :
dr. Mario COOLS, Prof. dr. Davy

Woord vooraf

Deze thesis vormt de laatste stap naar een diploma van de 5 jaar durende opleiding Verkeerskunde. De kennis, methodes en technieken die mij de voorbije jaren zijn aangeleerd, gaven mij de mogelijkheid om deze thesis tot een goed einde te brengen.

Doorheen de opleiding Verkeerskunde ben ik mij meer en meer gaan interesseren in mobiliteitsmanagement. Met name het werken rond verkeersmodellen en GIS-toepassingen bevinden zich binnen mijn interesseveld. Het onderwerp van deze thesis ligt dan ook in de lijn van mijn interesses. Tijdens de opleiding kwam het traditioneel verkeersmodel al enkele keren aan bod. Hierbij werd er vaak gewerkt met fictieve data van een zeer beperkte omvang. De uitdagingen bij deze thesis bestaan enerzijds uit het omgaan met grotere hoeveelheden data. Anderzijds is het interessant om van nul af aan een traditioneel verkeersmodel te creëren met de bestaande data. Het conceptuele denkwerk, het toepassen van aangeleerde technieken en het creatief omspringen met opduikende problemen en valkuilen, dragen bij tot een boeiend thesisonderwerp.

Bij het maken van deze thesis werd ik echter niet aan mijn lot overgelaten. Hoewel ik getracht heb om deze thesis op een zo zelfstandig mogelijke basis aan te pakken, kon ik steeds rekenen op de steun van mijn promotor (dr. Katrien Ramaekers) en co-promotors (dr. Mario Cools en prof. dr. Davy Janssens). Hierbij gaat men dank dan in het bijzonder uit naar dr. Mario Cools, die optrad als rechtstreekse contactpersoon. Bij hem kon ik terecht met al mijn vragen.

Naast de hulp van deskundigen uit het verkeerskundig werkveld, kon ik ook rekenen op de hulp van anderen. Hierbij wil ik dan in de eerste plaats mijn ouders bedanken voor een totale ondersteuning tijdens mijn hele opleiding en voor het nalezen van onder andere deze thesis. Verder wil ik ook nog mijn zus, broer en vriendin bedanken voor hun advies en steun doorheen de opleiding. Het is mede dankzij hun dat ik mij zorgeloos kon bezighouden met mijn studies.

Samenvatting

Een traditioneel vierstapsmodel is een macroscopisch verplaatsingsgebaseerd prognosemodel waarin men de intensiteiten op het wegennet gaat voorspellen, binnen een bepaald onderzoeksgebied, voor een bepaald tijdstip. Om deze intensiteiten te bepalen, wordt er vanuit gegaan dat de personen binnen het onderzoeksgebied de volgende beslissingen nemen:

- De keuze van het al dan niet maken van een verplaatsing
- De keuze van het vertrektijdstip
- De keuze van de bestemming
- De keuze van de vervoerswijze
- De keuze van de route

Hierbij worden de eerste 2 beslissingen voorspeld in de 1^{ste} stap van het verkeersmodel: de ritgeneratie. Vervolgens wordt de keuze van de bestemming gedefinieerd in de 2^{de} stap: ritdistributie. De keuze van de vervoerswijze en de routekeuze worden respectievelijk voorspeld in de 3^{de} en 4^{de} stap van het model. Door de routekeuzes van alle personen binnen het onderzoeksgebied te beschouwen, kan men de intensiteiten op het wegennet bepalen.

Het doel van deze thesis is te komen tot een traditioneel verkeersmodel voor Vlaanderen (en Brussel). Hiervoor werd het onderzoeksgebied ingedeeld in zones, die overeenkomen met de gemeentes. De kwaliteit van het verkeersmodel hangt in sterke mate af van de beschikbare data en de gebruikte methodes, voor elk van de vier stappen uit het verkeersmodel. Het ritgeneratiemodel (eerste stap) werd opgebouwd vanuit een bepaald concept. Veelgebruikte methodes zoals lineaire regressie en groeifactor modellen waren hier niet toepasbaar vanwege een gebrek aan data. Voor het distributiemodel is er gebruik gemaakt van een zwaartekrachtmodel, waarvan de kostenfunctie is opgebouwd d.m.v. de inverse afstand in het kwadraat. Rond de tijd dat het vervoerswijzekeuzemodel is opgebouwd, is de data uit het OVG3 vrijgegeven. Hierdoor werd het mogelijk om een multinomial logitmodel te schatten. Ook is er aanvullend een methode bedacht waarin voetgangers- en fietsersverplaatsingen realistischer worden voorspeld. Tenslotte vormt het toedelingsmodel het laatste onderdeel van het traditioneel verkeersmodel. Zowel de zwakke weggebruikers, als het gemotoriseerd verkeer werd toegedeeld op het aanbodsnetwerk. Hiervoor werd er een alles-of-niets toedeling uitgevoerd. Om een meer realistischer beeld te krijgen, is er voor het gemotoriseerd verkeer ook een evenwichtstoedeling uitgevoerd.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	ii
Samenvatting	iii
Inhoudsopgave	iv
Lijst van figuren	vi
Lijst van tabellen	vii
Inleiding	- 1 -
Onderzoeksplan	- 1 -
Hoofdstuk I : Het traditioneel verkeersmodel	- 4 -
A. Classificatie van het traditioneel verkeersmodel	- 4 -
B. Het doel van een traditioneel verkeersmodel	- 7 -
C. De onderdelen en de opbouw van een traditioneel verkeersmodel	- 8 -
Stap 1: ritgeneratie	- 10 -
Stap 2: Distributie	- 10 -
Stap 3: Vervoerswijzekeuze	- 10 -
Stap 4: toedeling	- 11 -
D. Methodes bij de opbouw van een traditioneel vierstapsmodel	- 12 -
1. <i>Methodes ritgeneratiemodel</i>	- 12 -
2. <i>Methodes ritdistributie model</i>	- 14 -
3. <i>Methode vervoerswijzekeuzemodel</i>	- 17 -
4. <i>Methodes toedelingsmodel</i>	- 17 -
E. Selectie van methodes aan de hand van de beschikbaarheid van de data	- 19 -
Hoofdstuk II Opstellen van een traditioneel verkeersmodel Vlaanderen	- 22 -
A. Voobereidingen aanbodsnetwerk	- 23 -
B. Stap 1: ritgeneratie	- 25 -
1. <i>Modelstructuur</i>	- 25 -
2. <i>Data</i>	- 27 -

3. <i>veronderstellingen</i>	- 30 -
C. Stap 2: distributiemodel	- 31 -
1. <i>De kostenfunctie</i>	- 32 -
2. <i>De kostenmatrix</i>	- 33 -
3. <i>De basismatrix</i>	- 34 -
4. <i>De iteraties</i>	- 35 -
5. <i>Bedenkingen zwaartekrachtmodel</i>	- 39 -
D. Stap 3: vervoerswijzekeuzemodel	- 40 -
1. <i>Bepalen van de modal split voor de producties</i>	- 41 -
2. <i>Afstemmen van de modal split op de bestemmingen</i>	- 48 -
E. Stap 4: toedelingsmodel	- 55 -
1. <i>De evenwichtstoedeling</i>	- 56 -
2. <i>Alles of niets toedeling</i>	- 65 -
F. Bespreking van de resultaten	- 68 -
1. <i>De overschattingsfactor van de voorspellingen</i>	- 68 -
Hoofdstuk III Algemene conclusies	- 77 -
Referenties	- 78 -
Bijlagen.....	- 80 -
Bijlage 1: ontwerpen van een aanbodsnetwerk.....	- 80 -

Lijst van figuren

Figuur 1: classificatie volgens schaalniveau	- 6 -
Figuur 2: structuur traditioneel verkeersmodel	- 9 -
Figuur 3: voorbeeld ritgeneratie	- 10 -
Figuur 4: voorbeeld ritdistributie	- 10 -
Figuur 5: voorbeeld vervoerswijzekeuze	- 11 -
Figuur 6: formule regressieanalyse	- 13 -
Figuur 7: Uniforme groeifactormethode	- 15 -
Figuur 8: groeifactormethode met één randvoorwaarde.....	- 15 -
Figuur 9: formule resultaten logit model.....	- 17 -
Figuur 10: zones (gemeentes) Vlaanderen en Brussel	- 22 -
Figuur 11: aanbodsnetwerk	- 23 -
Figuur 12: genereren afstandsmatrix	- 34 -
Figuur 13: formules iteratief proces	- 36 -
Figuur 14: convergentieniveau iteraties distributiemodel	- 38 -
Figuur 15: afstand dichtsbijgelegen zones	- 39 -
Figuur 16: formules schatten multinomial cumulatief logit model.....	- 47 -
Figuur 17: aantal zones met een reikwijdte binnen een bepaalde afstandsklasse	- 52 -
Figuur 18: gebruik vervoerswijzes bij verschillende afstandsklassen	- 53 -
Figuur 19: ZW Antwerpen.....	- 54 -
Figuur 20: formule reistijd evenwichtstoedeling.....	- 56 -
Figuur 21: toevoegen kolommen data aanbodsnetwerk	- 59 -
Figuur 22: matrix import wizard	- 62 -
Figuur 23: evenwichtstoedeling	- 63 -
Figuur 24: flow_map gem. verkeer zonder aanp. ZW	- 64 -
Figuur 25: flow_map gem. verkeer met aanp. ZW	- 64 -
Figuur 26: legende	- 64 -
Figuur 27: alles of niets toedeling	- 65 -
Figuur 30: gemotoriseerd verkeer variant met aanpassing zwakke weggebruikers ...	- 66 -
Figuur 28: legende zwakke weggebruikers.....	- 66 -
Figuur 29: legende gemotoriseerd verkeer.....	- 66 -
Figuur 31: gemotoriseerd verkeer variant zonder aanpassing zwakke weggebruikers-	- 67 -
Figuur 32: zwakke weggebruikers variant met aanpassing zwakke weggebruikers ...	- 67 -
Figuur 33: zwakke weggebruikers variant zonder aanpassing zwakke weggebruikers-	- 67 -

Figuur 34: Afstandsmatrix	- 69 -
Figuur 35: kostenmatrix	- 70 -
Figuur 36: kostenmatrix in procent	- 70 -
Figuur 37: basismatrix 1	- 71 -
Figuur 38: basismatrix 2	- 72 -
Figuur 39: resulterende matrix 1	- 72 -
Figuur 40: resulterende matrix 2	- 73 -
Figuur 41: selecteren linktypes.....	- 80 -
Figuur 42: exporteren selectie netwerk	- 80 -
Figuur 43: layer gemeentes toevoegen.....	- 81 -
Figuur 44: centroides connecteren	- 81 -
Figuur 45: origin gemeentes	- 82 -
Figuur 46: create network	- 83 -

Lijst van tabellen

Tabel 1: soorten toedelingsmodellen	- 18 -
Tabel 2: overzichtstabel ritgeneratiemodel.....	- 19 -
Tabel 3: overzichtstabel ritdistributiemodel.....	- 20 -
Tabel 4: overzichtstabel toedelingsmodel.....	- 21 -
Tabel 5: linktypes aanbodsnetwerk	- 23 -
Tabel 6: verklarende socio-economische variabelen ritgeneratiemodel	- 25 -
Tabel 7: conversie motieven OVG - ritgeneratiemodel	- 28 -
Tabel 8: overzicht iteraties distributiemodel	- 37 -
Tabel 9: nummering hoofdvervoerswijze	- 42 -
Tabel 10: resultaten m.b.t. de kwaliteit van de modellen	- 47 -
Tabel 11: voorspellingen model vergeleken met de modal shift	- 48 -
Tabel 12: invoergegevens evenwichtstoedeling	- 58 -
Tabel 13: HB-matrices importeren in TransCAD.....	- 61 -
Tabel 14: voertuigprestaties	- 75 -
Tabel 15: overschattingsfactor	- 76 -

Inleiding

Het onderwerp van deze thesis is het opstellen van een traditioneel vierstapsmodel voor Vlaanderen. De nadruk zal vooral liggen bij het praktijkgerichte deel.

Allereerst zal het onderzoeksplan aan bod komen. In dit onderzoeksplan wordt de centrale onderzoeksvraag gesteld en wordt er onderzocht hoe men hierop een antwoord kan vinden.

Na het onderzoeksplan volgen drie hoofdstukken. In het eerste hoofdstuk zal het theoretische gedeelte aan bod komen. De inhoud van dit hoofdstuk zal blijken uit het onderzoeksplan. Het tweede hoofdstuk zal wellicht het grootste deel van de thesis omvatten. In dit hoofdstuk komt het praktijkgerichte deel aan bod, waarbij er een verkeersmodel voor Vlaanderen zal worden opgesteld. Tenslotte is er nog een derde hoofdstuk waarin de conclusies zijn vevat.

Onderzoeksplan

Het uiteindelijke doel van deze thesis bestaat uit het opstellen van een traditioneel (4-staps) verkeersmodel voor Vlaanderen. Via dit onderzoeksplan wordt bepaald hoe dit precies zal worden aangepakt.

Allereerst zal de centrale onderzoeksvraag worden geformuleerd.

Vervolgens zal de onderzoeksvraag worden ontleed waardoor er al een eerste beeld wordt gecreëerd over de vorm van de thesis.

Na het formuleren en het ontleden van de centrale onderzoeksvraag worden er deelvragen opgesteld. Bij deze deelvragen zal er worden vastgelegd welke methode er zal worden gebruikt om te komen tot een antwoord.

Centrale onderzoeksvraag

De algemene onderzoeksvraag voor deze thesis kan men formuleren als: "hoe stelt men een traditioneel verkeersmodel voor Vlaanderen op?"

Ontleding van de centrale onderzoeksvraag

Deze centrale onderzoeksvraag kan men opsplitsen in drie delen: "opstellen", "traditioneel verkeersmodel" en "Vlaanderen".

Het deel "traditioneel verkeersmodel" is hierbij het eerste dat zal worden beschouwd in de thesis. Het "traditioneel verkeersmodel" staat voor een type verkeersmodel; namelijk het "traditioneel" verkeersmodel.

In eerste instantie zal het begrip "verkeersmodel" worden onderzocht. Er zal dus beknopt worden onderzocht wanneer men spreekt van een verkeersmodel, welke type verkeersmodellen men kan onderscheiden en waarvoor een verkeersmodel kan worden gebruikt. Dit heeft tot doel om een ruimer kader te scheppen waarin het "traditioneel verkeersmodel" zich situeert.

Vervolgens zal er specifiek worden toegespitst op het "traditioneel verkeersmodel".

Hierbij zal er worden onderzocht waar het traditioneel verkeersmodel zich bevindt in de wereld der verkeersmodellen, uit welke (hoofd-) stappen een traditioneel verkeersmodel bestaat en wat de beperkingen zijn van een traditioneel verkeersmodel. Hieruit zal blijken wat men met een traditioneel verkeersmodel kan, met welke mate van voorzichtigheid men moet omspringen met de resultaten van het model (beperkingen) en uit welke (hoofd-) stappen het traditioneel verkeersmodel bestaat (dit is vereist vooraleer men kan beginnen met het opstellen van een traditioneel verkeersmodel).

Na dat men weet wat een traditioneel verkeersmodel is, kan men beginnen met het deel "opstellen". Hierbij is van belang dat men weet welke methodes er voor handen zijn om elke stap van het traditioneel vierstapsmodel op te bouwen. Hierbij zal er ook worden gekeken naar de voor- en nadelen van de verschillende methodes.

Het laatste deel van de algemene onderzoeksvraag bestaat uit "Vlaanderen".

"Vlaanderen" refereert naar het onderzoeksgebied waarvoor het traditioneel verkeersmodel zal worden opgesteld. Met "Vlaanderen" wordt het hele "Vlaamse gewest" bedoeld met daarbovenop het "Brussels hoofdstedelijk gewest". Het "Brussels hoofdstedelijk gewest" wordt mee opgenomen in het onderzoeksgebied omdat er een zeer sterke interactie is tussen Vlaanderen en Brussel op vlak van mobiliteit. Het vastleggen van het onderzoeksgebied heeft een directe impact op de data die vereist zijn voor het model. Welke data er over dit onderzoeksgebied nodig zal zijn hangt dan weer af van de wijze waarop het model zal worden opgesteld. Een belangrijke factor die een sterke invloed zal hebben op de gebruikte data is de "beschikbaarheid".

Het model zal namelijk enkel worden opgebouwd aan de hand van beschikbare data.

Overzicht van de onderzoeksvragen

Uit de ontleding van de centrale onderzoeksvraag (CO) kan men voor de centrale onderzoeksvraag de volgende deelonderzoeksvragen (DO) filteren:

CO: "Hoe stelt men een traditioneel verkeersmodel voor Vlaanderen op?"

- DO1- Wat is een verkeersmodel?
- DO2- Wat houdt een traditioneel verkeersmodel in?
- DO3- Hoe stelt men een traditioneel verkeersmodel op?
- DO4- Welke data zijn er vereist voor Vlaanderen?
- DO5- Welke data zijn er beschikbaar?

De deelonderzoeksvragen "DO1" en "DO2" zullen eerst worden aangepakt omdat deze het begrip "traditioneel verkeersmodel" situeren, verklaren en verduidelijken. Deze zullen worden beantwoord door middel van een literatuurstudie.

Hierna volgt er een wisselwerking tussen het aanpakken van de deelonderzoeksvragen "DO3", "DO4" en "DO5".

Uit "DO3" zal moeten blijken welk pakket aan technieken en methodes er bestaan om een traditioneel verkeersmodel op te stellen.

Elke techniek/methode zal bepaalde types aan data vereisen ("DO4").

Afhankelijk van welke data er beschikbaar zijn "DO5", zullen er technieken/methodes kunnen worden geselecteerd die van toepassing zullen zijn bij het opstellen van een traditioneel verkeersmodel. Voor "DO3" zal er een literatuurstudie volgen, voor "DO4" en "DO5" zal er beroep worden gedaan op statistische gegevens.

Hoofdstuk I: Het traditioneel verkeersmodel

In dit hoofdstuk zal worden uitgelegd waar het traditioneel verkeersmodel zich situeert binnen de wereld van de modellering (A), wat het traditioneel verkeersmodel kan (B) en uit welke onderdelen een traditioneel verkeersmodel bestaat (C). Vervolgens wordt uitgelegd welke methodiek er voor elke stap voor handen is (D). Tenslotte wordt er gekeken naar de beschikbaarheid aan data en wordt er op basis hiervan gekeken naar de meest geschikte methode voor het opstellen van een traditioneel verkeersmodel voor Vlaanderen (E).

A. Classificatie van het traditioneel verkeersmodel

Een model is een vereenvoudigde weergave van een deel van de werkelijkheid. Het model dat voor deze thesis zal worden opgebouwd is een (traditioneel) verkeersmodel. Een (traditioneel) verkeersmodel is een model dat inzicht geeft in de huidige en/of toekomstige verkeers- en vervoersstromen. Tegenwoordig bestaan er zeer veel modellen die men op verschillende wijzen kan classificeren. Hieronder wordt er aan de hand van zes classificaties verduidelijkt waar het traditioneel verkeersmodel zich bevindt. De categorieën waartoe het traditioneel verkeersmodel behoort, zullen telkens worden onderlijnd.

Zeer algemeen kan men uitgaan van drie typen modellen (Churchman, Arnoff, & Ackoff, 1957):

- *Iconische modellen* lijken op de werkelijkheid, maar maken gebruik van andere materialen of een andere schaal – ze worden bijvoorbeeld gebruikt om ontwerpideeën vast te leggen (bijvoorbeeld schetsen, prototypes, virtual reality en schaalmodellen).
- *Analoge modellen* beschrijven specifieke eigenschappen van een idee of systeem door details te verwijderen en zich te concentreren op de kernelementen (door middel van analogieën): bijvoorbeeld stroomdiagrammen en circuit-diagrammen. Deze modellen pretenderen niet precies op de werkelijkheid te lijken maar zijn bedoeld om bepaalde functies te onderzoeken.

- *Symbolische modellen* representeren ideeën met behulp van een code (bijvoorbeeld cijfers, wiskundige formules, woorden, muzieknoten). Symbolische modellen zijn een abstractie van de werkelijkheid.

Verder kan men ook classificeren naargelang de wijze van weergave. De weergave van een model kan concreet (vb. een schaalmodel) of abstract zijn.

Een derde manier van classificatie kan op basis van het doel van het model. Hierbij wordt er onderscheidt gemaakt tussen beschrijvende, voorspellende en normatieve modellen¹.

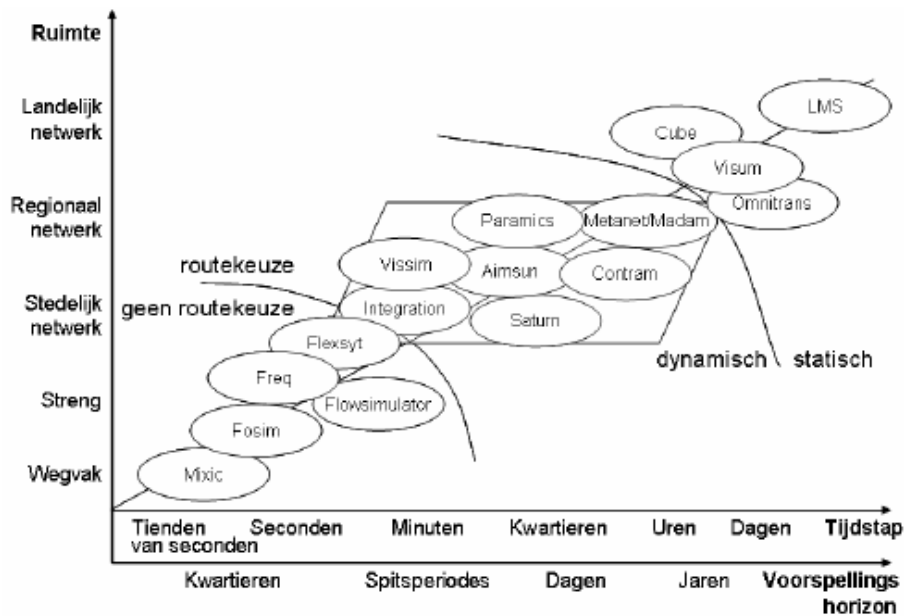
- *Beschrijvende modellen* beperken zich tot de schematische beschrijving van een verschijnsel en proberen dit verschijnsel niet te verklaren.
- *Bij een voorspellend model, of prognosemodel*, wordt er om op basis van de huidige toestand van een verschijning en kennis van te verwachten toekomstige invloedsfactoren tot een voorspelling van de toekomstige toestand te komen. Men kan daarbij een eenvoudige techniek volgen als het extrapoleren van trends of trachten tot een dieper begrip te komen van het betreffende verschijnsel door het ontwikkelen van een theorie. In het laatste geval spreekt men van een *causaal model*.
- *Ten slotte kent men nog de normatieve modellen*. Hier legt men een bepaalde norm of doelstelling op, in de vorm van een te optimaliseren doelfunctie, en tracht men te bepalen aan welke voorwaarden moet zijn voldaan om in die optimale toestand te geraken. Normatieve modellen heten ook wel voorschrijvende of optimalisatiemodellen. Veel verkeersmodellen bevatten als onderdeel één of meerdere optimalisatiemodellen.

Men kan ook gaan classificeren naargelang het tijdscomponent wordt gesimuleerd of niet. Indien de tijdsdimensie wordt meegesimuleerd, spreekt men van een dynamisch model. In het andere geval –zoals dat bij een traditioneel verkeersmodel- spreekt men van een statisch model.

Een andere manier van classificatie is het schaalniveau. Algemeen kan men dit indelen in drie categoriën: macroscopisch (landelijk, regionaal), mesoscopisch (stedelijk) en microscopisch (wegvak). Op de volgende pagina ziet men een figuur met een overzicht van bestaande Nederlandse modellen, gerangschikt volgens schaalniveau en tijdshorizon.

¹ (Bezembinder, 2009)

Doorgaans kan men stellen dat een model, opererend op een hoger schaalniveau, voorspellingen kan doen over een groter tijdshorizon. De verklaring hiervoor is dat de voorspellingen van een macroscopisch model stabielere zijn doorheen de tijd, dan de voorspellingen van een microscopisch model. Zo zijn verkeersstromen tussen regio's (macroscopisch) stabielere dan de wachttijden aan een kruispunt (microscopisch).



Figuur 1: classificatie volgens schaalniveau

In de bovenstaande figuur kan men een traditioneel verkeersmodel rechts bovenaanplaatsen bij de softwarepaketten Omnitrans, Visum, Cube en LMS.

Tenslotte kan men ook nog een classificatie doen naar gelang de voorspellingen die het model geeft. Zo heeft men een verplaatsingsgebaseerd verkeersmodel, een toergebaseerd verkeersmodel en een activiteitsgebaseerd verkeersmodel. Het verplaatsingsgebaseerd verkeersmodel geeft enkel informatie over afzonderlijke verplaatsingen. Men kan hieruit niet afleiden hoe die verplaatsingen onderling aan elkaar zijn gelinkt. Een toergebaseerd verkeersmodel geeft hierin wel informatie. Aan de hand van een toergebaseerd verkeersmodel kan men meer te weten komen over verplaatsingsketens. Tenslotte heeft men ook nog de activiteitsgebaseerde verkeersmodellen. Deze zijn het meest complex en simuleren een hele activiteitenagenda. Bij activiteitsgebaseerde modellen wordt er door middel van een simulatie van activiteitspatronen een verplaatsingspatroon gesimuleerd.

Dit is in theorie een meer realistische benadering van de werkelijkheid dan een verplaatsings- of toergebaseerd verkeersmodel aangezien mobiliteit in de werkelijkheid een afgeleide vraag is van de behoefte naar bepaalde activiteiten. Een traditioneel verkeersmodel is een typisch voorbeeld van een verplaatsingsgebaseerd verkeersmodel. (IMOB, 2010)

Het traditioneel verkeersmodel is dus een macroscopisch symbolisch abstract statisch verplaatsingsgebaseerd prognosemodel.

B. Het doel van een traditioneel verkeersmodel

Om het doel en de mogelijkheden van een traditioneel verkeersmodel te achterhalen, moet men eerst een inzicht krijgen in de output van het model.

Het traditioneel verkeersmodel simuleert voor elke vervoerswijze uit het model een HB-matrix (een matrix die informatie geeft over het aantal verplaatsingen tussen de verschillende zones) en de intensiteiten (volume) die hierdoor worden gegenereerd op de verschillende wegsegmenten van het aanbodnetwerk.

De HB-matrices geven informatie over het aantal verplaatsingen tussen de verschillende zones en de bijhorende modal splits. De intensiteiten op de verschillende wegsegmenten geven ons informatie over het aanwezige volume op alle wegsegmenten. Aan de hand van deze informatie kan men verschillende dingen afleiden. Zo kan men bijvoorbeeld het volume/capaciteit ratio van elk wegsegmentje berekenen, kan men hiervoor de reistijd (al dan niet afhankelijk van de volume/capaciteit ratio) berekenen, ...

Samengevat kan men dus veronderstellen dat een traditioneel verkeersmodel informatie geeft over de verkeersstromen en de effecten hiervan op het aanbodnetwerk (wegennetwerk).

Het traditioneel model kan op basis van deze informatie dienen voor verschillende toepassingen. Allereerst is een traditioneel verkeersmodel een handig beleidsinstrument om de toestand van een netwerk te simuleren.

Daarnaast kan men de effecten van belangrijke verkeerskundige ingrepen gaan simuleren.

Zo kan men bijvoorbeeld kijken welk effect het wegwerken van een missing link kan hebben op de structurele files, kan men de verkeersimpact van een nieuwe grote woonwijk simuleren, ...

Wel is het belangrijk dat de gebruiker van een traditioneel verkeersmodel zeer goed op de hoogte is van de wijze waarop het model is opgebouwd. Een traditioneel verkeersmodel is een relatief eenvoudig model en bijgevolg redelijk makkelijk in gebruik. De keerzijde hiervan is dat er vaak vele veronderstellingen hebben plaatsgevonden bij de bouw van het model. Het is dus belangrijk dat de gebruiker op de hoogte is van al deze veronderstellingen en de resultaten interpreteert met deze veronderstellingen in het achterhoofd. Een traditioneel verkeersmodel biedt een handige meerwaarde om tot een kwalitatief beleid te komen, zolang men ervoor zorgt dat de resultaten geen eigen leven gaan leiden.

C.De onderdelen en de opbouw van een traditioneel verkeersmodel²

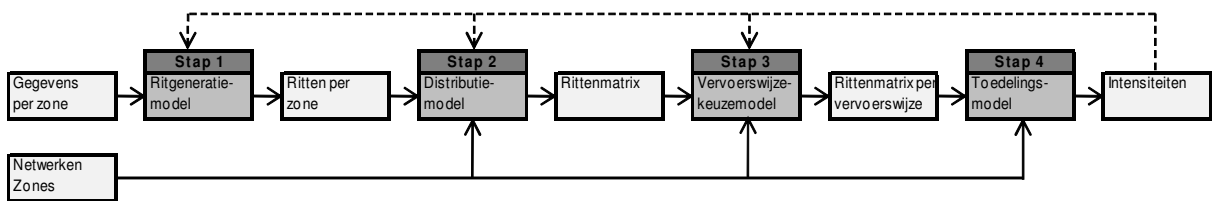
Een traditioneel verkeersmodel is in hoofdlijnen gebaseerd op de volgende keuzes die personen moeten maken bij het maken van een verplaatsing:

- De keuze van het al dan niet maken van een verplaatsing
- De keuze van het vertrektijdstip
- De keuze van de bestemming
- De keuze van de vervoerswijze
- De keuze van de route

Deze lijst suggereert wellicht dat het keuzeproces in een aantal afzonderlijk keuzes uiteenvalt en dat de keuzes in een vaste volgorde plaatsvinden. In werkelijkheid zal dat vaak niet het geval zijn. Een reiziger kan bijvoorbeeld een afweging maken tussen een fietsrit naar een nabij gelegen winkelcentrum of een autorit naar een verder weg gelegen winkelgebied. In dat geval wordt een gecombineerde keuze van bestemming en vervoerswijze gemaakt, waarbij impliciet de voorgenomen route (met bijbehorende reistijd) en het vertrektijdstip in de afweging meegenomen worden.

² (Bezembinder, Het klassieke verkeersmodel, 2009)

Het is onmogelijk om alle individuele afwegingen en keuzes in een model te stoppen. Om het probleem hanteerbaar te houden wordt verondersteld dat de keuzes grotendeels apart gemodelleerd kunnen worden in een viertal submodellen (stappen).



Figuur 2: structuur traditioneel verkeersmodel

In de bovenstaande figuur wordt een vereenvoudigde weergave van het klassieke verkeersmodel weergegeven.

Men kan zien dat er twee "input"-velden zijn waaruit men vertrekt. Dit zijn de "Gegevens per zone" (input vraag) en de "Netwerken Zones" (aanbod). Deze input wordt eerst berekend voor een "basisjaar". Het basisjaar is een jaar uit het verleden waarover men verschillende gegevens heeft.

Men stelt het model op met de socio-economische en demografische gegevens uit het basisjaar. Vervolgens stelt men het model fijn met behulp van (tel)gegevens uit het basisjaar. Het model is vanaf dan gekalibreerd en kan worden gebruikt om een situatie in de toekomst te simuleren. De "Gegevens per zone" bestaat uit socio-economische en demografische gegevens voor elke zone uit het onderzoeksgebied. De "Netwerken zones" bevat de netwerken binnen het onderzoeksgebied waarover verkeer kan plaatsvinden (autowegen, fietswegen, routes openbaar vervoer, spoorlijnen, ...). Over het algemeen kan men stellen dat naar mate het aantal zones binnen een onderzoeksgebied stijgt, de mate waarin men de werkelijkheid benadert toeneemt. Daartegenover staat dat de hoeveelheid data stijgt naar mate het aantal zones toeneemt. Bovendien vergt een stijging van het aantal zones extra rekenkracht. Tegenwoordig is het bij een traditioneel verkeersmodel vooral de beschikbare data, het budget om data te kopen of te creëren (via onderzoek) versus het gene wat men wil bereiken met het verkeersmodel dat bepaalt hoeveel zones een onderzoeksgebied telt.

Om een beter idee te geven over de verschillende onderdelen van het traditioneel verkeersmodel, wordt de output van elke stap kort toegelicht met behulp van een simplistisch voorbeeldje. In hoofdstuk D zal voor elke stap worden toegelicht welke methodes er voor handen zijn om tot de output te komen.

Stap 1: ritgeneratie

In stap 1 ("Ritgeneratiemodel") worden socio-economische en demografische gegevens gebruikt om te bepalen hoeveel ritten er in iedere zone vertrekken of aankomen. De output van stap 1 bestaat uit de ritten per zone (vraag).

Zone i	Herkomsten	Bestemmingen
1	100	200
2	100	150
3	200	50

Figuur 3: voorbeeld ritgeneratie

Stap 2: Distributie

Vervolgens wordt er in stap 2 bepaald hoeveel ritten er plaatsvinden tussen de verschillende zones. De typische output is hier een HB-matrix (Herkomsten-Bestemmingen-matrix), in de Engelstalige literatuur ook wel OD-matrix (Origin-Destination-matrix) genoemd.

		Bestemmingen			H
		Zone	1	2	
Herkomsten	1	78	21	1	100
	2	50	48	2	100
	3	72	81	47	200
B		200	150	50	400

Figuur 4: voorbeeld ritdistributie

Stap 3: Vervoerswijzekeuze

In stap 3 wordt vervolgens bepaald via welke vervoerswijze de trips worden uitgevoerd. Via een vervoerswijzekeuzemodel wordt er een modal split bepaald voor elke zone. De output van stap drie bestaat uit een ritmatrix per vervoerswijze.

		Bestemmingen					
	zone	modus	1	2	3	H/modus	H
Herkomsten	1	auto	46	12	1	58	100
		fiets	23	6	0	29	
		OV	9	4	0	13	
	2	auto	28	28	1	57	100
		fiets	14	14	0	28	
		OV	8	6	0	14	
	3	auto	36	45	28	109	200
		fiets	18	18	14	50	
		OV	18	18	6	41	
		B	200	150	50	400	400

Figuur 5: voorbeeld vervoerswijzekeuze

Stap 4: toedeling

De 4^{de} en laatste stap van een traditioneel verkeersmodel bestaat uit de toedeling. In deze stap wordt er berekend via welke route(s) de verschillende verplaatsingen zullen verlopen. De rechtstreeks output bestaat uit een datatabel (of kaartje) waar het volume voor elk wegsegmentje uit het aanbodsnetwerk is berekend.

D.Methodes bij de opbouw van een traditioneel vierstapsmodel³

In dit hoofdstuk zal voor elke stap uit het traditioneel vierstapsmodel worden nagegaan welke methodes er voor handen zijn. Hierbij zal er telkens worden besproken welke voor- en nadelen de verschillende methodes met zich meebrengen. Ook zal er worden gekeken welke vorm van data er voor elke methode is vereist.

1. Methodes ritgeneratiemodel

Voor het bouwen van een ritgeneratiemodel wordt er vaak gebruik gemaakt van één van de volgende vier methodes: groeifactormodel, regressieanalyse, categorieanalyse en het logitmodel.

a) Groeifactormodel

Een groeifactormodel is de eenvoudigste methode om een ritgeneratiemodel te bouwen. Bij een groeifactormodel voorspelt men het toekomstig aantal herkomsten en bestemmingen, door het aantal verplaatsingen vanuit een basisjaar te vermenigvuldigen met een groeifactor.

De moeilijkheid ligt hierbij in het vinden van een geschikte groeifactor. Deze wordt doorgaans samengesteld met behulp van socio-economische variabelen.

Het grote nadeel van een groeifactormodel is dat de schatting van het toekomstig aantal verplaatsingen vrij ruw is. En aangezien het hier gaat om de eerste stap van het vierstapsmodel, blijft de ruwheid van de schatting ook merkbaar in de overige stappen van het traditioneel verkeersmodel. Om een groeifactormodel te bouwen moet men beschikken over het aantal herkomsten uit het basisjaar, het aantal bestemmingen uit het basisjaar en de nodige data om een groeifactor te berekenen (indien de groeifactor nog niet is gekend).

b) Regressieanalyse

Bij (meervoudige) regressie heeft men een afhankelijke variabele (Y) die staat voor het aantal trips dat in een bepaalde zone aankomt of vertrekt. Daarnaast heeft men meerdere onafhankelijke variabelen ($X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ni}$) die de afhankelijke variabele (Y_i) verklaren. Deze variabelen bestaan doorgaans uit socio-economische gegevens. Het aandeel dat elke onafhankelijke variabele uitoefent op de te verklaren variabele (Y_i)

³ (Bezembinder, Het klassieke verkeersmodel, 2009), (Juan de Dios Ortuzar, 2006)

wordt bepaald door middel van parameters ($\theta_0, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$). De moeilijkheid van regressieanalyse ligt dan ook in het schatten van deze parameters.

$$Y_i = \theta_0 + \theta_1 X_{1i} + \theta_2 X_{2i} + \dots + \theta_n X_{ni} + E_i$$

(met E_i als stoorterm)

Figuur 6: formule regressieanalyse

Het schatten van deze parameters kan gebeuren aan de hand van gegevens die verkregen zijn door middel van een steekproef.

Voor het opstellen van een ritgeneratiemodel kan men onderscheid maken tussen zone-gebaseerde regressie en huishouden-gebaseerde regressie. Bij zone-gebaseerde regressie maakt men gebruik van gemiddelde waarden van socio-economische gegevens voor de verschillende zones. Een probleem met het gebruik van gemiddelde waarden voor verschillende zones, is dat men zit met een variabiliteit van de verschillende variaties. Dit probleem kan men op twee manieren trachten te verhelpen. Een eerste manier bestaat erin om het aantal zones te verhogen (dus de grootte van elke zone kleiner te maken). Hierdoor vermindert de variabiliteit tussen de varianties van de verschillende zones. Een tweede manier bestaat uit het zone-onafhankelijk maken van de verschillende variabelen. De variabelen kan men zone-onafhankelijk maken door een vermenigvuldigingsfactor in te voeren (vb. $1/(\text{aantal huishoudens voor zone } i)$).

Men kan zone-onafhankelijkheid ook bekomen door een huishoudens-gebaseerde regressie toe te passen.

Het voordeel van regressieanalyse is dat men de herkomsten en bestemmingen op een minder ruwe manier kan schatten dan dat dit bij het groeifactormodel het geval is. Ook heeft men geen nood aan het aantal herkomsten en bestemmingen uit een basisjaar.

c) Categorieanalyse

Bij categorieanalyse verdeelt men de bevolking uit het studiegebied, in een aantal homogene groepen of categorieën gebaseerd op bepaalde sociaal-economische karakteristieken. Men bepaalt voor elke categorie het verplaatsingsgedrag en veronderstelt dat dit in de tijd stabiel zal blijven. Kent men de toekomstige samenstelling van een zone in termen van categorieën bewoners, dan kan daarmee het toekomstige verplaatsingsgedrag worden berekend.

d) Logitmodel

Bij een logit model gaat men er vanuit dat elk individu een keuze maakt uit een aantal alternatieven. Het eenvoudigste logit model voor ritgeneratie is een binair logit model, waarbij de keuzeverzameling wordt beperkt tot het wel of niet maken van een verplaatsing. Met behulp van een logit model kan de kans op elke keuze bepaald worden. Het model kan uitgebreid worden naar een keuze uit een verschillende aantal verplaatsingen. Logit modellen, welke in principe voor elk sub-model binnen het klassieke verkeersmodel gebruikt kunnen worden, maken onderdeel uit van de discrete keuze theorie. Het standaardwerk over dit onderwerp is Ben-Akiva & Lerman (1985).

2. Methodes ritdistributie model

De meest bekende methodes voor het uitvoeren van een ritdistributie model, zijn de groeifactor methodes en het zwaartekrachtmodel.

a) Groeifactor methodes

Algemeen kan men drie groeifactor methodes onderscheiden. De uniforme groeifactormethode, de groeifactormethode met één randvoorwaarde en de groeifactormethode met dubbele randvoorwaarde. Al deze methodes vereisen een basismatrix. Deze basismatrix bevat het aantal verplaatsingen tussen alle zones voor een bepaald basisjaar. Doormiddel van het toepassen van (een) groeifactor(s), bekomt men uiteindelijk de nieuwe HB-matrix (matrix met de verplaatsingen tussen alle zones). Het grote nadeel van deze methodes is dan ook bij deze bekend. Men moet namelijk in het bezit zijn van een basismatrix. Het voordeel van deze methodes bestaat dan weer uit de eenvoud waarop men de resultaten kan bekomen.

(1) Uniforme groeifactormethode

De uniforme groeifactormethode is de meest eenvoudige van de drie. Bij deze methode wordt elke waarde uit de basismatrix vermenigvuldigd met de groeifactor. Het nadeel ten opzichte van de andere groeifactormethodes is dan weer dat de schatting van de nieuwe HB-matrix hier op een vrij ruwe wijze gebeurt. Op de volgende pagina kan men een voorbeeld zien van een situatie waarin de uniforme groeifactormethode is toegepast.

		Bestemmingen				Bestemmingen			
		1	2	3	H	1	2	3	H
Herkomsten	Zone								
	1	78	21	1	100	82	22	1	105
	2	50	48	2	100	53	50	2	105
	3	72	81	47	200	76	85	50	210
	B	200	150	50	400	210	158	53	420
Basismatrix					Toekomstige situatie				
Toegepaste groeifactor (Fg): 1,05									

Figuur 7: Uniforme groeifactormethode

(2) Groeifactormethode met één randvoorwaarde

Voor deze methode heeft men informatie nodig over de mate waarin de herkomsten of bestemmingen voor iedere zone toenemen. Let wel; deze methode kan enkel overweg met ofwel de informatie voor de herkomsten, ofwel de informatie over de bestemmingen. Wanneer men beide informatiebronnen gaat opnemen, spreekt men niet langer van een groeifactormethode met één randvoorwaarde, maar over een groeifactormethode met dubbele randvoorwaarde.

Bij de groeifactormethode met één randvoorwaarde gaat men (bijvoorbeeld) voor alle herkomsten een aparte groeifactor (Fg) toepassen.

		Bestemmingen				Fg	Bestemmingen			
		1	2	3	H		1	2	3	H
Herkomsten	Zone									
	1	78	21	1	100	1.05	82	22	1	105
	2	50	48	2	100	1.03	52	49	2	103
	3	72	81	47	200	1.07	77	87	51	214
	B	200	150	50	400		211	158	53	422
Basismatrix						Toekomstige situatie				

Figuur 8: groeifactormethode met één randvoorwaarde

Het voordeel van de groeifactormethode met één randvoorwaarde ten opzichte van de groeifactormethode met een uniforme factor, is dat de schatting van de voorspelling van de gegevens in de toekomstige situatie, zich op een minder ruwe wijze voordoet.

Het nadeel is dan weer dat men bij deze methode over meer gedetailleerde data moet beschikken.

(3) Groeifactormethode met dubbelde randvoorwaarde

Zoals daarnet al aangehaald, moet men bij de groeifactormethode beschikken over zowel de toename van de herkomsten als de toename van de bestemmingen. Dit zal echter in vele gevallen tot een conflict leiden, waardoor het totaal aantal herkomsten niet meer gelijk is aan het totaal aantal bestemmingen. Dit conflict kan men verhelpen door ofwel de herkomsten aan te passen aan de bestemmingen, ofwel de bestemmingen aan de herkomsten. Doorgaans wordt het aantal herkomsten stabiel geacht dan het aantal bestemmingen, waardoor men meestal opteert om de bestemmingen aan te passen aan de herkomsten. Wanneer de som van de rijtotalen en de som van de kolomtotalen (som van de herkomsten en som van de bestemmingen) met elkaar overeenkomen, moet men de matrixcellen hieraan aanpassen. Doordat de rijtotalen en de kolomtotalen elkaar beïnvloeden, is dit complexer dan bij de andere 2 groeifactormethodes. Via een iteratief proces kan men de cellen afstemmen op zowel de rij- als de kolomtotalen. Vaak wordt de methode van Furness hiervoor gebruikt, maar er bestaan ook nog andere methodes zoals de methode van Fratar.

b) Zwaartekrachtmodel

Het grote voordeel van een zwaartekrachtmodel is dat men niet over een HB-matrix uit het verleden moet beschikken. Bij een zwaartekrachtmodel zijn het de ritweerstand die instaan als basis voor een onderlinge verdeling van de verplaatsingen tussen de verschillende zones. Deze ritweerstand zijn doorgaans beschreven door een kostenfunctie. Deze kostenfunctie kan samengesteld zijn uit verschillende factoren. Deze factoren kunnen bestaan uit de reistijd, verplaatsingsafstand, verplaatsingscomfort, af te leggen hoogteverschil, ... Het zwaartekrachtmodel vertrekt dus vanuit een kostenmatrix, gevuld met waardes die zijn gegenereerd door de kostenfunctie. Deze waardes zijn zodanig bepaald dat een grotere waarde leidt tot een hoger aantal verplaatsingen. Eens de kostenmatrix gegenereerd, wordt deze omgezet in een basismatrix. Hierdoor worden de celwaardes met een factor vermenigvuldigd op zodanige wijze, dat de som van alle celwaardes overeenkomt met het totaal aantal verplaatsingen die zullen plaatsvinden in het onderzoeksgebied. Eens de basismatrix is gecreëerd, dienen de rij- en kolomtotalen nog overeen te komen met de herkomsten en bestemmingen die zijn voorspeld in het ritgeneratiemodel. Hiervoor kan men gebruik maken de iteratieve methode van Furness.

3. Methode vervoerswijzekeuzemodel

Een vervoerswijzekeuzemodel gaat voor alle zones van waaruit de verplaatsingen vertrekken, kijken welk aandeel de vooraf gedefinieerde vervoersmogelijkheden hebben op het totaal aantal verplaatsingen dat vanuit een bepaalde zone vertrekt.

Voor een vervoerswijzekeuzemodel wordt er vaak gebruik gemaakt van een logit model. Bij een logit model definieert men een aantal mogelijke uitkomsten (vb. auto, openbaar vervoer, fiets, ...). Wanneer het aantal mogelijke uitkomsten groter is dan 2, spreekt men van een multinomial logit model.

Aan de hand van de verklarende variabelen wordt voor elke mogelijke uitkomst een kans geschat. Met behulp van de juiste data en een statistisch programma, kan men een logit model schatten. Wanneer het model is geschat, kan men de resultaten bekomen aan de hand van onderstaande formule.

$$P(a) = \frac{e^{(\gamma c_a)}}{\sum_{k=1}^K e^{(\gamma c_k)}}$$

Figuur 9: formule resultaten logit model

Bovenstaande formule drukt de kans van uitkomst "a" uit. Hierbij staat P(a) voor de kans op de keuze van vervoerswijze a uit een totaal van K alternatieven. De waarde "c" drukt de aantrekkelijkheid of het nut van een bepaalde vervoerswijze uit. De modelparameter "γ" heeft een waarde tussen 0 en 1. Hoe dichter deze waarde bij 0 ligt, hoe groter de spreiding over de alternatieven doorgaans is.

4. Methodes toedelingsmodel

De laatste stap uit het traditioneel verkeersmodel bestaat uit het toedelingsmodel. In deze stap wordt voor elke verplaatsing een route uitgestippeld. Voor de wijze waarop de routes worden uitgestippeld, bestaan er verschillende methodes. Algemeen kan men de methodes onderverdelen aan de hand van 2 vragen:

- 1: Worden individuele verschillen mee gemodelleerd?
- 2: Wordt er rekening gehouden met de capaciteit van de wegen?

Afhankelijk van het antwoord op deze vragen, onderscheidt men volgende modellen.

Tabel 1: soorten toedelingsmodellen

		Wordt er rekening gehouden met de wegcapaciteit?	
		ja	nee
Worden individuele verschillen gemodelleerd?	ja	Stochastische evenwichtstoedeling	Stochastische alles of niets toedeling
	nee	evenwichtstoedeling	Alles of niets toedeling

Bij een stochastisch model worden individuele verschillen gemodelleerd. Meer specifiek gaat men het verschil in perceptie en volledigheid van de informatie die de weggebruikers hebben over het verkeer, modelleren. Het komt er dus op neer dat men er vanuit gaat dat elke weggebruiker beschikt over een bepaald niveau van volledigheid en accuraatheid voor wat verkeers – en route-informatie betreft, wanneer men geen rekening houdt met de individuele verschillen. Meestal wordt er in dit geval verondersteld dat verkeersdeelnemers beschikken over volledige en juiste informatie over het verkeer en de ideale route. Een model waarbij individuele verschillen worden gemodelleerd is dus in principe beter dan een model waarbij deze niet worden gemodelleerd. Wel moet men beschikken over een goed concept en de bijhorende data, om tot een goed model te komen.

Bij een alles of niets toedeling zoekt men telkens de meest optimale route. Deze optimalisatie kan verschillen naargelang de gehanteerde criteria. Mogelijke criteria kunnen zijn: kortste reistijd, kortste route, kostprijs van de route, Ook een combinatie van meerdere criteria zijn uiteraard mogelijk.

Eens de optimale route tussen twee zones is bepaald, worden alle verplaatsingen tussen die twee zones toegewezen aan de optimale route. In de praktijk blijkt dit een vrij goede benadering te zijn voor fiets- en voetgangersverkeer aangezien hier weinig of geen capaciteitsproblemen zijn. Voor het gemotoriseerde verkeer daarentegen is deze methode absoluut geen realistische afspiegeling van de werkelijkheid. Dit komt omdat het gemotoriseerd verkeer sterk capaciteitsgevoelig is. Een evenwichtstoedeling geeft in principe een beter inzicht in het verkeer dan een alles of niets toedeling. Het grote nadeel is dat men specifieke data moet hebben over het aanbodnetwerk om de evenwichtstoedeling te kunnen uitvoeren.

E. Selectie van methodes aan de hand van de beschikbaarheid van de data

In dit deel is het de bedoeling dat er wordt gekeken naar de haalbaarheid van de voorgestelde methodes uit deel D. Afhankelijk van de beschikbaarheid van de data, zal er worden gekeken welke methodes in aanmerking komen. Voor deze thesis zal er worden gewerkt met bestaande data. De data waarmee werd gekeken of de verschillende methodes uitvoerbaar zijn, zijn afkomstig van de volgende databronnen:

- Rapport OVG 3 Vlaanderen (Vlaamse overheid, 2008)
- Brussels instituut voor statistiek en analyse (Brussels instituut voor statistiek en analyse, 2007)
- Data van het OVG 3 (IMOB, 2010)
- Studiedienst Vlaamse regering (studiedienst Vlaamse regering, 2007)
- Lokale statistieken (studiedienst Vlaamse regering, VVSG, VVP, ABB, RESOC, VGC, 2007)
- Nationaal Instituut der Statistiek (NIS) (FOD Economie, afdeling statistiek, bevolkingsstatistieken, 2007)

Onderstaande afbeelding geeft een overzicht voor het ritgeneratiemodel.

Tabel 2: overzichtstabel ritgeneratiemodel

type data	Stap 1: ritgeneratiemodel			
	groefactormodel	lineaire regressie	categorie analyse	logit model
herkomsten (basisjaar)				
bestemmingen (basisjaar)				
groefactor (Fg)				
socio economische data				
data om model te schatten				

beschikbaar:		niet beschikbaar:	
---------------------	--	--------------------------	--

In de bovenstaande figuur zijn de in het grijs gearceerde velden niet van toepassing voor de overeenkomstige methodes. Bij het groefactormodel moet men beschikken over een groefactor (Fg) of over data om een model te schatten (met als resultaat een groefactor). Beide types data zijn dus niet gelijktijdig nodig. Wanneer men kiest voor de tweede optie en bijgevolg de groefactor gaat modelleren, dient men ook te beschikken over de nodige socio-economische data. Deze data zal men achteraf nodig hebben om de groefactor van een bepaald jaar te bepalen, met behulp van het zopas gecreëerde model.

Zoals men kan aflezen uit de tabel, zijn er voor geen enkele methode voldoende data beschikbaar. De data om een model te schatten zijn te verkrijgen via een steekproef. Het onderzoek verplaatsingsgedrag 3 voor Vlaanderen (OVG3) zou deze data bevatten. Deze data werden vrijgegeven in maart 2010. Aangezien de eerste twee stappen van dit traditioneel verkeersmodel toen al waren afgerond, is deze informatiebron niet in aanmerking gekomen voor de constructie van een ritgeneratiemodel. De enige mogelijkheid om alsnog een ritgeneratiemodel op te stellen, is aan de hand van een concept, dat met de nodige aannames het aantal herkomsten en bestemmingen zal bepalen voor de verschillende zones uit het onderzoeksgebied. Hoe dit concept er precies zal uitzien, zal pas duidelijk worden in het volgende hoofdstuk.

Voor het ritdistributiemodel geeft onderstaande tabel een overzicht.

Tabel 3: overzichtstabel ritdistributiemodel

type data	Stap 2: ritdistributiemodel			zwaartekrachtmodel
	groefactormodel			
	uniform	1 randvoorwaarde	dubbele randvoorwaarde	
matrix (basisjaar)				
groefactor (Fg)				
socio economische data				
data om model te schatten				
data kostenmatrix				

beschikbaar:		niet beschikbaar:	
---------------------	--	--------------------------	--

Net zoals in het ritgeneratiemodel heeft het groefactormodel geen nood aan zowel een groefactor, als aan de socio-economische data en de data om het model te schatten. Zoals men kan aflezen uit bovenstaande tabel, is er enkel data voorhanden om een zwaartekrachtmodel op te stellen.

Voor het vervoerswijzekeuzemodel werd een multinomial logit model als methode naar voren geschoven. Hiervoor is er nood aan data om een model te schatten en socio-economische data om voorspellingen uit te voeren. Aangezien de data achter het OVG3 in Maart 2010 werden vrijgegeven, is het mogelijk om een logit model te schatten. Aan de hand van de online databanken, zullen de socio-economische gegevens worden verkregen waarmee er voorspellingen kunnen worden uitgevoerd.

Voor het toedelingsmodel geeft onderstaande tabel een overzicht.

Tabel 4: overzichtstabel toedelingsmodel

type data	Stap 4: toedelingsmodel			
	alles of niets toedeling		evenwichtstoedeling	
	stochastisch?		stochastisch?	
	ja	nee	ja	nee
aanbodsnetwerk (+ nodige attributen)				
zwakke weggebruikers				
auto's en moto's				
openbaar vervoer				
modelleren stochastisch component				

beschikbaar:		niet beschikbaar:	
---------------------	--	--------------------------	--

Uit bovenstaande tabel kan men afleiden dat men voor zowel de zwakke weggebruikers, als voor het gemotoriseerd verkeer (auto's en moto's) een alles of niets toedeling kan uitvoeren. Een evenwichtstoedeling daarentegen zal enkel mogelijk zijn voor het gemotoriseerd verkeer omdat de parameters die men nodig heeft voor een evenwichtstoedeling, enkel beschikbaar zijn voor het gemotoriseerd verkeer. Een stochastische toedeling zal echter niet mogelijk zijn omdat het zeer moeilijk is om perceptie en de mate waarin mensen over kennis beschikken, te modelleren. Data hiervoor zijn er niet in de aangehaalde databronnen.

Hoofdstuk II Opstellen van een traditioneel verkeersmodel Vlaanderen

In dit hoofdstuk zal er een traditioneel verkeersmodel voor Vlaanderen worden opgesteld. Aangezien Vlaanderen op vlak van mobiliteit een sterke interactie⁴ met Brussel vertoont, zal Brussel mee worden opgenomen in het onderzoeksgebied. Het onderzoeksgebied is opgedeeld in verschillende zones die overeenkomen met de gemeentegrenzen. Zoals men in onderstaande afbeelding kan zien, zijn er in totaal 327 zones waarvan er 308 het Vlaamse grondgebied bestrijken (in het lichtgrijs gekleurd). De overige 19 zones bestrijken het Brusselse grondgebied (in het donkergrijs gekleurd).



Figuur 10: zones (gemeentes) Vlaanderen en Brussel

Het aanbodnetwerk waarvan gebruik zal worden gemaakt bestaat uit het wegennetwerk voor het gemotoriseerd verkeer⁵, aangevuld met belangrijke spoor- fiets- en voetgangersverbindingen. Vooraleer men begint aan het opstellen van het traditioneel verkeersmodel, moet men goed op de hoogte zijn van de structuur van het aanbodnetwerk en moeten de nodige voorbereidingen hierin worden getroffen. Een eerste hoofdstuk zal bijgevolg gaan over de voorbereidingen van het aanbodnetwerk. Vervolgens worden de 4 stappen van het traditionele verkeersmodel toegepast in de daarop volgende 4 hoofdstukken. Hierbij zullen er heel wat data worden gegenereerd.

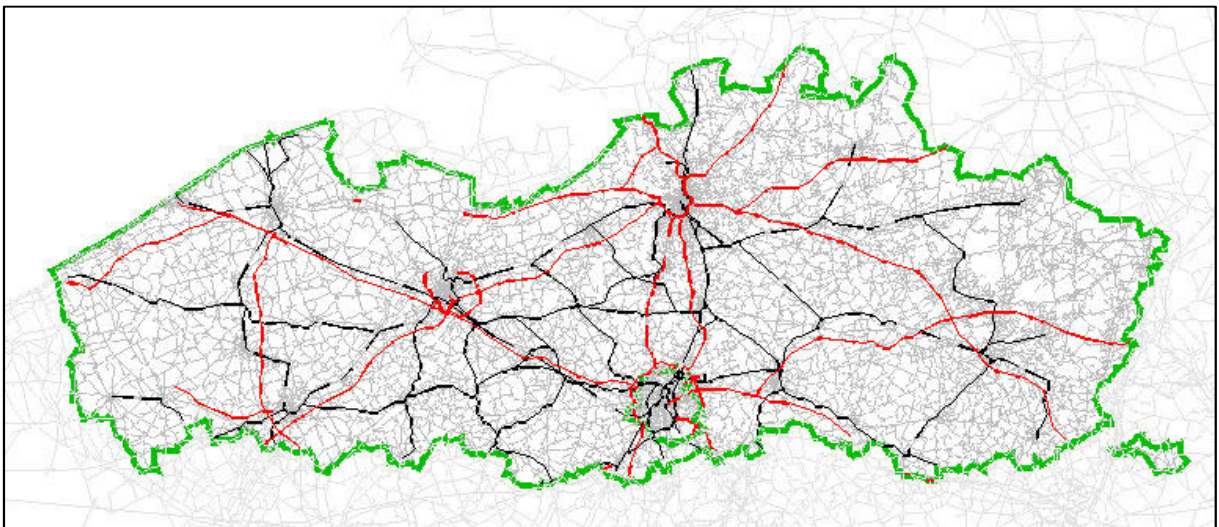
⁴ Vb. de ring rond Brussel bevindt zich op Vlaams grondgebied, Brussel als hoofdknooppunt voor het personenvervoer over het spoor, ...

⁵ In het wegennetwerk kan het voorkomen dat bepaalde straten met enkel een verblijfsfunctie zijn weggelaten. Dit zal de kwaliteit van toedelen (4^{de} stap) echter niet beïnvloeden aangezien het verkeersmodel werkt met geaggregeerde gegevens op gemeente niveau.

Aangezien de data in vele gevallen te omvangrijk zijn om in bijlage te steken, zullen de meeste data enkel te vinden zijn op de bijgevoegde CD-rom.

A. Voobereidingen aanbodsnetwerk

Zoals al eerder aangehaald, bestaat het aanbodsnetwerk uit het wegennetwerk voor gemotoriseerd verkeer, spoorwegen en enkele belangrijke fiets- en voetgangersverbindingen. In het onderstaande kaartje is het aanbodsnetwerk gegeven. Hierbij zijn de autosnelwegen en de spoorwegen binnen het onderzoeksgebied respectievelijk in het rood en in het zwart gemarkeerd.



Figuur 11: aanbodsnetwerk

Het aanbodsnetwerk maakt onderscheid tussen verschillende linktypes zoals aangegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5: linktypes aanbodsnetwerk

Linktype	omschrijving**	Linktype	omschrijving**
1	autosnelweg	8	kleine weg (stadsweg of landweg)
2	verkeerswisselaar of op- of afrit	9	winkelstraat, fietspad
3	NX- of NXX-weg	15	zoneconnector*
4	kleinere NW- of NXX-weg	17	voetgangerstunnels
5	NXXX-weg	18	spoorweg
6	kleinere NXXX-weg	20	station
7	lokale weg	23	veerboot

Het is nu de bedoeling dat de centroïdes (middelpunten) van de gemeentes (zones) worden aangesloten op het aanbodsnetwerk.

Dit is nodig aangezien er bij het traditioneel verkeersmodel zal worden verondersteld, dat alle verplaatsingen vertrekken (of aankomen) in de centroïde van de overeenstemmende gemeente (zone).

Bij het aansluiten van de centroïdes op het netwerk moet men zich steeds afvragen welke linktypes men hierin gaat betrekken.

Zo zullen onder andere voetgangerstunnels en winkelstraten worden weggelaten wanneer men een netwerk gaat samenstellen om het gemotoriseerd verkeer te bestuderen. Het is zeer belangrijk dat dit gebeurt voordat de aansluiting van de centroïdes op het aanbodnetwerk plaatsvindt. Anders is er een kans op fouten in het verdere verloop van het onderzoek. Zo zou het zich bijvoorbeeld kunnen voordoen dat er een centroïde wordt aangesloten op een spoorweg. Het spreekt voor zich dat dit tot foute resultaten leidt wanneer men een onderzoek uitvoert rond het autoverkeer.

Het komt er dus op neer van het geschikte netwerk te ontwerpen voor de te onderzoeken vervoersmodi. Bij het ontwerpen van een netwerk, doorloopt men best de volgende stappen:

- Stap 1: bepalen voor welke vervoersmodi het netwerk wordt ontworpen en hiervoor de juiste linktypes te selecteren.
- Stap 2: nieuwe netwerk – eindknoten maken op de exacte plaats van de centroïdes (het netwerk connecteren aan de centroïdes).
- Stap 3: de nieuwe eindknoten selecteren en apart opslaan.
- Stap 4: een netwerk genereren tussen de nieuwe eindknoten (= locatie centroïdes gemeentes) op basis van kortste afstand/reistijd/...

In de 2^{de}, 3^{de} en 4^{de} stap van het traditionele vierstapsmodel zullen er netwerken moeten worden gegenereerd. Dit zal altijd gebeuren aan de hand van deze 4 stappen. Voor een gedetailleerd stappenplan om dit te verwezenlijken met behulp van het programma TransCAD, raadpleegt men best bijlage 1.

B. Stap 1: ritgeneratie

Bij het ritgeneratiemodel is het de bedoeling dat men op basis van socio-economische gegevens voor elke zone de producties en attracties gaat voorspellen. Een eerste belangrijke keuze heeft te maken met het type model. Het type model dat men gebruikt hangt in de praktijk vaak sterk samen met de data waarover men kan beschikken. Voor deze thesis is er geen budget beschikbaar om data te kopen of te verkrijgen via onderzoek. Er zal dus bijgevolg enkel gebruik worden gemaakt met beschikbare data uit online databases. In wat hierop volgt, zal eerst de modelstructuur worden uitgelegd. Vervolgens wordt er meer uitleg gegeven over de data, waar de data vandaan zijn gehaald en hoe deze data zijn omgezet naar de data die nodig zijn voor het model.

1. *Modelstructuur*

Op basis van de beschikbare data kan er worden besloten dat geen van de in de literatuurstudie aangehaalde technieken bruikbaar zijn. Dit is te wijten aan een gebrek aan kalibratiegegevens die nodig zijn om het model te vervolledigen.

Daarom is er door middel van aannames en veronderstellingen een model opgesteld dat uitgaat van vijf verschillende motieven. Deze motieven worden geacht verklaarbaar te zijn door socio-economische variabelen. De variabelen zijn intuïtief gekozen met als basis de (type) socio-economische variabelen die ook werden gebruikt in het "verkeersmodel GGA-regio" (Goudappel Coffeng, 2008). Deze variabelen kan men per motief terugvinden in onderstaande tabel:

Tabel 6: verklarende socio-economische variabelen ritgeneratiemodel

motief	Verklarende sociaal-economische gegevens:	
	productie	attractie
Tm1: woon-werk	beroepsbevolking	arbeidsplaatsen
Tm2: zakelijk	beroepsbevolking	arbeidsplaatsen
Tm3: winkelen	inwoners	arbeidspl. gedeelte tert. sector
Tm4: school	schoolgaanden	schoolbevolking
Tm5: overige	inwoners	huishoudens

Het model ziet er uit als volgt:

$$\text{Producties zone } i = a * V_{\text{beroepsbevolking}_i} + b * V_{\text{beroepsbevolking}_i} + c * V_{\text{inwoners}_i} + d * V_{\text{schoolgaanden}_i} + e * V_{\text{inwoners}_i}$$

$$\text{Attractie zone } i = a * V_{\text{arbeidsplaatsen}_i} + b * V_{\text{arbeidsplaatsen}_i} + c * V_{\text{(arbeidsplaatsen gedeelte tertiaire sector}_i)} + d * V_{\text{schoolbevolking}_i} + e * V_{\text{huishoudens}_i}$$

$$\text{Waarbij } V_{\text{variabele}_i} = [\text{variabele}_i / \Sigma (\text{variabele}_i)] * [\text{Totaal aantal verplaatsingen}]$$

Een $V_{\text{variabele}_i}$ drukt uit hoeveel verplaatsingen er voor een bepaald motief worden geproduceerd of aangetrokken gegeven dat alle verplaatsingen aan dat bepaalde motief toe te wijzen zijn. Natuurlijk zijn alle verplaatsingen verdeeld over de 5 motieven.

De parameters a , b , c , d en e fungeren hier bijgevolg als een soort verdeelsleutel die bepaalt hoe groot het aandeel van elk motief is t.o.v. het totaal aantal verplaatsingen. Bijgevolg is de som van de parameters altijd gelijk aan 1.

Aangezien het traditioneel vierstaps model een statisch model is, moet er worden bepaald voor welk tijdstip (tijdsinterval, type dag) het model geldig is. Het tijdstip dat wordt geselecteerd in het ritgeneratiemodel, is bijgevolg ook van toepassing op de andere deelmodellen van het traditioneel vierstapsmodel. De keuze van het tijdstip waarvoor het model wordt gebouwd kan dus mee worden gemodelleerd in deze eerste stap. Het uitgebreide ritgeneratiemodel ziet er bijgevolg als volgt uit:

$$\text{Producties zone } i = F_{td} * [a_{td} * V_{\text{beroepsbevolking}_i} + b_{td} * V_{\text{beroepsbevolking}_i} + c_{td} * V_{\text{inwoners}_i} + d_{td} * V_{\text{schoolgaanden}_i} + e_{td} * V_{\text{inwoners}_i}]$$

$$\text{Attractie zone } i = F_{td} * [a_{td} * V_{\text{arbeidsplaatsen}_i} + b_{td} * V_{\text{arbeidsplaatsen}_i} + c_{td} * V_{\text{(arbeidsplaatsen gedeelte tertiaire sector}_i)} + d_{td} * V_{\text{schoolbevolking}_i} + e_{td} * V_{\text{huishoudens}_i}]$$

$$\text{Waarbij } V_{\text{variabele}_i} = [\text{variabele}_i / \Sigma (\text{variabele}_i)] * [\text{Totaal aantal verplaatsingen van gedurende de hele dag}]$$

t = tijdsintervalnummer d = dagtype (weekenddag, werkweekdag)

De parameter F_{td} bepaalt hier het aandeel van het totaal aantal verplaatsingen, die toe te wijzen zijn aan het tijdstip (tijdsinterval en dagtype) waarvoor het model wordt gebouwd.

2. Data

In totaal moeten er 3 soorten data worden gevonden:

- Het totaal aantal verplaatsingen per dag
- Data die een invulling geven aan de parameters
- Data voor de sociaal-economische variabelen

Totaal aantal verplaatsingen per dag

De data voor het totaal aantal verplaatsingen per dag is via volgende formule gegenereerd:

$\text{Tot. Aantal verplaatsingen per dag} = \text{GAVPPPD} * \text{totaal aantal personen}$
--

Hierbij staat GAVPPPD voor "gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag. Deze data is afkomstig uit het OVG 2007-2008 (IMOB, 2007-2008) en bedraagt 3,14 verplaatsingen per persoon per dag. Voor het totaal aantal personen is er gebruik gemaakt van de database van het FOD Economie (FOD Economie, afdeling statistiek, bevolkingsstatistieken, 2007).

Data voor de parameters

De data voor het bepalen van de parameters zijn afkomstig uit het OVG 2007-2008 (IMOB, 2007-2008). In het OVG is er sprake van het aandeel verplaatsingen per tijdsinterval (met tijdsintervallen van 1 uur), per type dag (werkweekdag of weekenddag) en per motief. Dit is uitgedrukt in percentages en werd dan ook mits enkele aanpassingen overgenomen voor het ritgeneratiemodel.

De aanpassingen die werden uitgevoerd zijn de volgende:

- De tabellen in het OVG bevatten een categorie "geen antwoord", deze categorie is geschrapt en de waardes hieruit zijn gelijkmatig verdeeld over de andere categorieën.
- De tabellen die een verdeling geven naargelang de categorieën, bevatten meer categorieën dan het aantal categorieën die van toepassing zijn voor het ritgeneratiemodel. De categorieën uit het OVG (na het schrappen van de categorie "geen antwoord") zijn: zakelijke, werken, winkelen, bezoek, onderwijs, wandelen, wegbrengen, ontspannen/sporten, diensten, iets anders.

Onderstaande tabel toont hoe dat de categorieën uit het OVG zijn omgezet naar de categorieën uit het ritgeneratiemodel.

Tabel 7: conversie motieven OVG - ritgeneratiemodel

Categorieën ritgeneratiemodel	Categorieën OVG
Werken	Werken
Zakelijk	Zakelijk
Winkelen	Winkelen + diensten
School	Onderwijs
overige	Bezoek + iemand wegbrengen + wandelen + ontspannen/sporten + iets anders

Data voor sociaaleconomische variabelen

In totaal maakt men gebruik van 7 verschillende sociaal-economische variabelen:

- De beroepsbevolking per gemeente
 - Actieve beroepsbevolking (dus werklozen worden niet meegerekend)
 - Brussel: enkel statistieken van de beroepsbevolking voor heel het Brussels hoofdstedelijk gewest (leeftijd: 15-64, stand op 31/12/2006). Dit getal is in de data gebruikt en evenwichtig verdeeld over de Brusselse gemeentes met het aantal inwoners per gemeente als gewicht.
 - Vlaanderen: data voor elke gemeente (leeftijd: 18-64, 2007)
- Het aantal arbeidsplaatsen per gemeente
 - Brussel: data per gemeente, stand op 31/12/2006
 - Vlaanderen: data per gemeente, jaar 2007
- Het aantal inwoners per gemeente
 - Het aantal personen die gedomicilieerd zijn in een bepaalde gemeente
 - Brussel en Vlaanderen: data per gemeente, jaar 2007
- Het aantal arbeidsplaatsen binnen een gedeelte v/d tertiaire sector, per gemeente
 - Brussel: data per gemeente, stand op 31/12/2006, NACE- categorieën:
 - G: Handel, reparatie
 - H: Hotels, restaurants
 - J: Financiële diensten
 - K: onroerende goederen, verhuur

- Vlaanderen, data per gemeente, jaar 2007, NACE-codes:
 - 50: groot- en detailhandel; reparatie van auto's, motorrijwielen en consumentenartikelen
 - 51: groothandel en handelsbemiddeling, met uitzondering van de handel in auto's en motorrijwielen
 - 52: detailhandel, exclusief auto's en motorrijwielen; reparatie van consumentenartikelen
 - 55: hotels en restaurants
 - 64: post en telecommunicatie
 - 65: financiële instellingen, exclusief het verzekeringswezen en pensioensfondsen
 - 66: verzekeringswezen en pensioensfondsen, exclusief verplichte sociale verzekeringen
 - 67: ondersteunende activiteiten i.v.m. financiële instellingen en het verzekeringswezen
 - 70: vervoer en handel in onroerende goederen
 - 71: verhuur van machines en werktuigen zonder bedieningspersoneel en van overige roerende goederen
 - 72: informatica en aanverwante activiteiten
- Het aantal schoolgaande personen per gemeente:
 - Is gelijk aan het aantal inwoners uit een bepaalde gemeente, dat ergens naar school gaat (daarom niet noodzakelijk in dezelfde gemeente)
 - Voor Vlaanderen en Brussel, jaar 2007
- De schoolbevolking per gemeente
 - Is gelijk aan het totaal aantal personen die onderwijs volgen in de scholen, gelegen op grondgebied van een bepaalde gemeente
 - Voor Vlaanderen en Brussel, jaar 2007
- Het aantal huishoudens per gemeente
 - Dit is bepaald op basis van de som van de particuliere en de gemeenschappelijke huishoudens binnen die gemeente. Onder een collectief huishouden verstaat men: kloostergemeenschappen, rusthuizen, weeshuizen, gevangenissen, ...
 - Voor Vlaanderen en Brussel, jaar 2007

Deze data kan men terugvinden op de bijgeleverde CD-rom (zie exceldocument data socio_economische variabelen.xlsx).

3. veronderstellingen

Aan het gebruik van bovenstaande data met de bovenstaande modelstructuur zijn enkele veronderstellingen verbonden:

- Het gemiddeld aantal verplaatsingen voor een inwoner uit Brussel is gelijk aan het gemiddeld aantal verplaatsingen voor een inwoner uit Vlaanderen. Dit kan voor een stuk leiden tot een vertekend beeld aangezien Brussel relatief gezien meer inwoners heeft binnen een verstedelijkt gebied, dan Vlaanderen. Uit onderzoek is namelijk gebleken dat mensen die in een stad wonen gemiddeld iets meer verplaatsingen afleggen (E. Zwerts, 2003).
- Ten tweede wordt er verondersteld dat er op een weekenddag evenveel verplaatsingen worden uitgevoerd als op een werkweekdag.
- Ten slotte zal er worden verondersteld dat het totaal aantal attracties gelijk is aan het totaal aantal producties (ook per tijdsinterval). Dit is gezien op zich een noodzakelijke veronderstelling indien men een traditioneel vierstapsmodel wil bouwen, aangezien dit een vereiste is voor het uitvoeren van het distributiemodel (stap 2). Naar de realiteit toe blijft dit een afwijking aangezien in de praktijk het aantal producties en attracties kan verschillen (vb. verplaatsingen naar een locatie buiten het onderzoeksgebied).

C. Stap 2: Distributiemodel

Het distributiemodel vormt de 2^{de} stap van het vierstapsmodel. Deze stap heeft tot doel om de herkomsten aan de bestemmingen te linken en omgekeerd. De output bestaat uit een HB-matrix waaruit men kan aflezen hoeveel verplaatsingen er zijn tussen de verschillende zones. Via een zwaartekrachtmodel zal er getracht worden dit te bereiken. Voor een zwaartekrachtmodel heeft men de volgende invoergegevens nodig:

- het aantal herkomsten (=producties) en bestemmingen (= attracties) per zone
- een kostenmatrix

Om het aantal herkomsten en bestemmingen per zone te bepalen, dient men het ritgeneratiemodel (stap 1) uit te voeren. Hiervoor moet men enkel nog het dagtype en tijdstip kiezen. Voor deze thesis is er gekozen om verder te gaan met de keuze "werkweekdag" en tijdstip "8". De producties worden dus bepaald voor een werkweekdag met als tijdsinterval 8h-9h.

Voor het bepalen van de kostenmatrix zijn er meer handelingen vereist. Eerst moet men een kostenfunctie samenstellen. Een kostenfunctie werkt als een soort verdeelsleutel die bepaalt welk aandeel van het totaal aantal verplaatsingen toebehoort aan het aantal verplaatsingen tussen twee zones. Wanneer men deze kostenfunctie heeft samengesteld, dient men deze kostenfunctie toe te passen. Het resultaat is dan de kostenmatrix.

Nadat de kostenmatrix is bepaald, worden de herkomst – en bestemmingsgegevens gelinkt aan de kostenmatrix. Dit resulteert in een basismatrix. Wat er dan volgt is een iteratief proces waarin men de matrix inhoud gaat afstemmen op de rij- en kolomtotalen. Deze rij- en kolomtotalen dienen overeen te komen met de herkomst- en bestemmingsgegevens. Wanneer dit iteratief proces voltooid is, kunnen we spreken van de resulterende matrix van het ritdistributiemodel: de HB-matrix.

In wat hierop volgt, zal het eerst gaan over de kostenfunctie. Hoe deze wordt opgesteld en welke hier achter zit. Vervolgens zal er worden uitgelegd welke stappen er nodig zijn om tot een kostenmatrix te komen. Vervolgens zal er worden uitgelegd hoe dat men een kostenmatrix kan omvormen naar een basismatrix. Vervolgens zal een vierde deel gaan over het iteratieve proces dat moet worden uitgevoerd op de basismatrix, zodanig dat men een HB-matrix bekommt. Tenslotte worden er in het 5^{de} deel enkele bedenkingen over het zwaartekrachtmodel geformuleerd.

Men kan de bewerkingen en de data achter het distributiemodel terugvinden op de bijgeleverde CD-rom (zie het exceldocument: distributiemodel).

1. De kostenfunctie

De kostenfunctie dient zo opgesteld te worden dat wanneer de waarde toeneemt, het aantal verplaatsingen stijgt. Een kostenfunctie kan worden samengesteld uit verplaatsingsafstand, verplaatsingstijd en socio-economische variabelen. Voor deze thesis zal er geen gebruik gemaakt worden van socio-economische variabelen in het distributiemodel. Wel is er de overweging gemaakt of dat de kostenfunctie zal worden gebaseerd op de verplaatsingsafstand, de verplaatsingstijd of een combinatie van beide. Zowel de verplaatsingstijd en de verplaatsingsafstand zijn met behulp van een GIS-applicatie eenvoudig te bepalen. De keuze verplaatsingstijd - verplaatsingsafstand is echter niet zo eenvoudig. Hier moet goed over worden nagedacht en geredeneerd. De redenering voor deze thesis gaat als volgt: De keuze tussen reistijd, verplaatsingsafstand of een combinatie van beide wordt bemoeilijkt door één van de tekortkomingen van een traditioneel vierstapsmodel: de terugkoppeling tussen de stappen. Eens men door een bestaande stap heen is ligt het resultaat van die stap vast en zal men er niet op terugkomen op basis van resultaten uit een volgende stap. Dit heeft zo zijn gevolgen in de keuze tussen reistijd en verplaatsingsafstand bij het samenstellen van de kostenfunctie. Er is namelijk een BREVER- wet die stelt dat het gemiddeld aantal verplaatsingen en de gemiddelde reistijd per verplaatsing constant is. Afstand is volgens de BREVER- wet afhankelijk van verbindingskwaliteit en bijgevolg niet constant. Bijgevolg zou het een goede keuze zijn om de reistijd te gebruiken bij het opstellen van de kostenfunctie. Maar aangezien terugkoppeling tussen stappen niet mogelijk is in een traditioneel vierstapsmodel, duiken hier problemen op. Zo gebeurt de routekeuze pas na de bestemmingskeuze zonder vorm van terugkoppeling. Dit heeft als gevolg dat men onmogelijk de volume/capaciteitsverhouding van de wegen kan mee opnemen in het bepalen van de reistijd die wordt gebruikt bij de kostenfunctie. En aangezien de reistijd zeer sterk beïnvloed wordt door de verkeersintensiteiten, vermindert de kwaliteit van de factor "reistijd" bij het opstellen van een kostenfunctie zeer sterk. Bijgevolg zal er dus een andere redenering moeten worden gevolgd. De redenering rond de keuze voor de verplaatsingsafstand draait rond de veronderstelling dat mensen meer verplaatsingen zullen uitvoeren naar dichterbij gelegen locaties.

Zo zal de kortste afstand worden opgesteld op basis van een samengesteld netwerk dat bestaat uit het voetgangers- fiets- en autonetwerk.

Het openbaar vervoersnetwerk wordt hierbij niet opgenomen.

Deze hebben doorgaans geen kortere verplaatsingsafstand dan de andere netwerken.

Er wordt verondersteld dat mensen de kortste afstand uit het samengestelde vervoersnetwerk gaan zien als de perceptie – afstand (hiermee wordt bedoeld: de schatting van de afstand tussen de zones door de mensen die zich verplaatsen).

Bijgevolg gaan mensen eerder naar een bepaalde zone omdat ze denken dat deze dichterbij is gelegen. De volgende stap (stap 3: routekeuze) zal vervolgens uitmaken via welk vervoersmiddel (dus via wel vervoersnetwerk) de verplaatsingen zullen verlopen. Keuzes hierin kunnen in de volgende stap dan eventueel wel reistijd- afhankelijk zijn.

De kostenfunctie is bijgevolg:

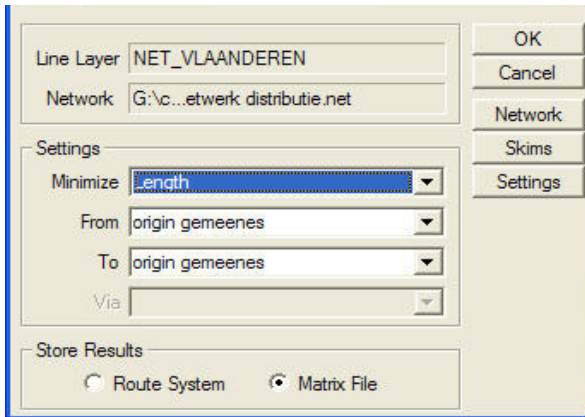
$K = D_{ij}^{-2}$ Met K = Kost, D = afstand, van zone i naar zone j

Voor het exponent is er gekozen voor de waarde "-2" aangezien dit een veelgebruikte waarde is voor een distributiemodel dat gebruik maakt van een zwaartekrachtmodel.

2. De kostenmatrix

Eens dat de kostenfunctie is samengesteld, kan men beginnen aan het distributiemodel. Een kostenmatrix is niets anders dan het berekenen van de kost tussen alle zones onderling. Gezien de kostenfunctie, zal men moeten vertrekken vanuit een afstandsmatrix (een matrix die de afstanden tussen de zones weergeeft). De afstandsmatrix kan men bepalen in TransCAD. Hiervoor moet er eerst een netwerk worden opgebouwd op basis van de kortste afstand, dat bestaat uit de linktypes 1 tot en met 9 en 17 (zie tabel 1: linktypes aanbodnetwerk). Om te weten hoe een netwerk moet worden opgebouwd, zie bijlage 1.

Eens het netwerk is aangemaakt, moet er enkel nog een matrix worden gegenereerd op basis van de kortste afstand. Dit kan men doen door het zonet gemaakte netwerk te openen en te gaan naar "network_multiple shortest path". Er opent zich dan een nieuw venster dat men best invult zoals op de volgende pagina staat aangegeven.



Figuur 12: genereren afstandsmatrix

Nadat dit is uitgevoerd, komt de afstandsmatrix automatisch te voorschijn. Aangezien de rest van het distributiemodel in het programma Excel is gemaakt. Moet de afstandsmatrix worden geëxporteerd naar Excel. Dit kan men doen via "matrix_export_row in matrix". Bij het exporteren van de afstandsmatrix wordt als type bestand een databasefile aangeraden (.dbf). Hierdoor krijgt men achteraf geen problemen met de verschillende notaties voor onder andere de decimaal – en duizendtaltekens.

Nadat de afstandsmatrix is aangemaakt, kan men deze invoegen in Excel. Het kan zijn dat Excel niet alle kolommen inlaadt. Indien dit zich voordoet, kan men het bestand openen in Access en vervolgens in meerdere keren naar Excel kopiëren.

Vervolgens kan men de kostenmatrix berekenen door een nieuwe matrix te vullen met de waardes K_{ij} die men bekomt via de formule: $K_{ij} = D_{ij}^{-2}$. (zie excelbestand).

3. De basismatrix

Nu dat de kostenmatrix is bepaald, kan men de basismatrix gaan bepalen.

De basismatrix is eigenlijk de kostenmatrix waarvan elke cel wordt vermenigvuldigd met een factor; dit op zodanige wijze dat de som van de kolom- en rijtotalen overeenkomen met het totaal aantal producties/attracties uit het onderzoeksgebied. In principe moet er hierbij worden gecontroleerd of dat de rij- en kolomtotalen gelijk zijn.

Dit is een voorwaarde om het zwaartekrachtmodel te kunnen uitvoeren. Mocht dit niet zo zijn, dan dient er te worden gebalanceerd (zorgen dat de totalen overeenkomen).

Aangezien het ritgeneratiemodel (van deze thesis) zodanig is opgesteld dat de totalen overeenkomen, dient men niet te balanceren.

4. De iteraties

Eens men de basismatrix heeft bepaald, kan men beginnen met een iteratief proces. Dankzij dit proces worden alle verplaatsingen zodanig aangepast, dat de kolom- en rijtotalen van de basismatrix (in de gewenste mate) overeenkomen met de kolom- en rijtotaal gegevens vanuit het ritgeneratiemodel. Het aantal iteraties dat men moet doen hangt af van de data en de nauwkeurigheid waarmee de rij en kolom totalen van de matrix moeten overeenkomen met de producties en attracties uit het ritgeneratiemodel. Eerst zal er worden uitgelegd hoe de iteraties kunnen worden toegepast, vervolgens zal er meer uitleg worden gegeven over het bepalen van de nauwkeurigheid.

Toepassen van de iteraties

De toepassing van het iteratieve proces kan men vinden in het exceldocument "distributiemodel.xlsx" (zie meegeleverde CD-rom). Elke iteratie bestaat uit twee delen. In elk deel wordt er een balansfactor berekend en worden de verplaatsingsgegevens geüpdatet aan de hand van de recentst bekende balansfactoren. Door dit proces te blijven herhalen bekomt men dus rij – en kolomtotalen die meer en meer overeenkomen met de producties en attracties uit het ritgeneratiemodel.

Iteratie 1

Deel A

- bepalen balansfactor A:

$$A(i) = \frac{1}{\sum(j) B(j)[\text{beginsituatie}] \cdot D(j) \cdot f(c(ij))}$$

met $B(j)[\text{beginsituatie}] = 1$

- updaten verplaatsingsgegevens:

$$t(ij) = A(i) \cdot O(i) \cdot B(j) \cdot D(j) \cdot f(c(ij))$$

Deel B

- bepalen balansfactor B:

$$B(j) = \frac{B(j)[\text{beginsituatie}] \cdot D(j)}{\sum(i) A(i) \cdot O(i) \cdot f(c(ij))}$$

- updaten verplaatsingsgegevens:

$$t(ij) = A(i) \cdot O(i) \cdot B(j) \cdot D(j) \cdot f(c(ij))$$

Iteratie 2 tot en met iteratie n

Deel A

- bepalen balansfactor A:

$$A(i) = \frac{A(i)[\text{iteratie } n-1] \cdot O(i)}{\sum(j) B(j) \cdot D(j) \cdot f(c(ij))}$$

met $B(j) = B(j)[\text{iteratie } n-1]$

- updaten verplaatsingsgegevens:

$$t(ij) = A(i) \cdot O(i) \cdot B(j)[\text{iteratie } n-1] \cdot D(j) \cdot f(c(ij))$$

Deel B

- bepalen balansfactor B:

$$B(j) = \frac{B(j)[\text{iteratie } n-1] \cdot D(j)}{\sum(i) A(i) \cdot O(i) \cdot f(c(ij))}$$

- updaten verplaatsingsgegevens:

$$t(ij) = A(i) \cdot O(i) \cdot B(j) \cdot D(j) \cdot f(c(ij))$$

Gegeven:

$O(i)$ = herkomsten zone i

$D(j)$ = bestemmingen zone j

$\sum(i)$ = kolomtotalen

$\sum(j)$ = rijtotalen

$f(c(ij))$ = kost tussen overeenkomstige zones

$A(i)$ = balansfactor A

$B(j)$ = balansfactor B

$t(ij)$ = aantal verplaatsingen vertrekkende van uit zone i met als bestemming zone j

Figuur 13: formules iteratief proces

Nauwkeurigheid van de resultaten

Het iteratieve proces is een intensief rekenproces. Dit vergt rekenkracht en bijgevolg tijd. Bij een distributiemodel met een beperkt aantal zones zal deze tijd minimaal zijn. Maar wanneer het aantal zones toeneemt, zal de rekestijd ook toenemen. Het is dan ook zeer belangrijk dat men geen overbodige berekeningen gaat maken. Het heeft op zich geen zin om het aantal verplaatsingen te laten overeenkomen tot op een aantal cijfers na de komma aangezien verplaatsingen in de praktijk enkel uitdrukbaar zijn als een natuurlijk getal. Men maakt ofwel een volledige verplaatsing, ofwel geen verplaatsing. Een halve verplaatsing is niet mogelijk.

Wanneer de afgeronde waardes (afgerond op 0 cijfers na de komma) van de kolom/rij totalen overeen komen met de afgeronde waardes (afgerond op 0 cijfers na de komma) van de producties/attracties, kan men in de praktijk stellen dat het aantal verplaatsingen volledig met elkaar overeenkomt.

Soms kan men er voor opteren dat het niet nodig is om zulke hoge nauwkeurigheid te bekomen. Men kan bepaalde voorwaarden gaan opleggen waaraan het model dient te voldoen. Bijvoorbeeld: de voorwaarde dat men mag stoppen met het iteratieve proces indien het aantal verplaatsingen dat afwijkt minder dan 0,001 procent bedraagt.

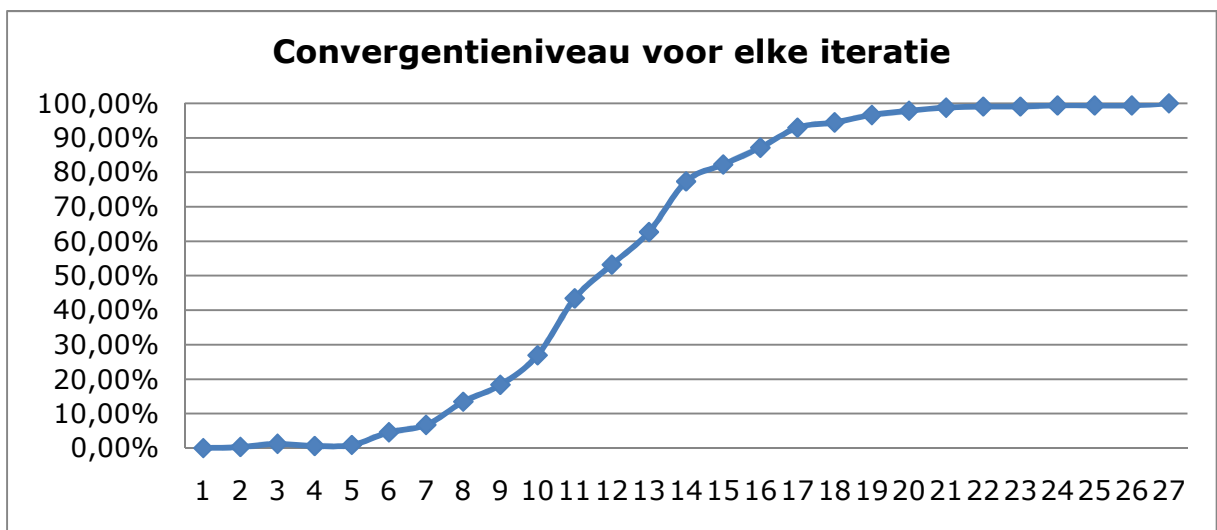
In de onderstaande tabel is er een overzicht van het aantal uitgevoerde iteraties van het distributiemodel.

Tabel 8: overzicht iteraties distributiemodel

Overzicht iteraties							
Iteratie nummer	aantal zones			aantal verplaatsingen			
	geconvergeerd	nog niet geconvergeerd	% geconvergeerd	% afwijking	gemiddelde afwijking per zone	marginale afwijking	
Basismatrix	0	327	0,00%	67,9194	4125,39		
1	0	327	0,00%	8,9335	542,62	1171568	
2	1	326	0,31%	3,8920	236,40	100134	
3	4	323	1,22%	2,0830	126,52	35930	
4	2	325	0,61%	1,1505	69,88	18521	
5	3	324	0,92%	0,6478	39,35	9985	
6	15	312	4,59%	0,3675	22,32	5567	
7	22	305	6,73%	0,2101	12,76	3127	
8	44	283	13,46%	0,1208	7,34	1772	
9	60	267	18,35%	0,0706	4,29	998	
10	88	239	26,91%	0,0415	2,52	577	
11	142	185	43,43%	0,0237	1,44	354	
12	174	153	53,21%	0,0146	0,88	182	
13	205	122	62,69%	0,0091	0,55	108	
14	253	74	77,37%	0,0050	0,30	82	
15	269	58	82,26%	0,0033	0,20	33	
16	285	42	87,16%	0,0022	0,13	23	
17	304	23	92,97%	0,0012	0,07	20	
18	309	18	94,50%	0,0009	0,06	5	
19	316	11	96,64%	0,0006	0,03	7	
20	320	7	97,86%	0,0004	0,02	4	
21	323	4	98,78%	0,0002	0,01	3	
22	324	3	99,08%	0,0002	0,01	1	
23	324	3	99,08%	0,0002	0,01	0	
24	325	2	99,39%	0,0001	0,01	1	
25	325	2	99,39%	0,0001	0,01	0	
26	325	2	99,39%	0,0001	0,01	0	
27	327	0	100,00%	0,0000	0,00	2	

Het convergentieniveau in deze tabel (zie vorige pagina) drukt uit hoeveel zones het convergentieniveau hebben bereikt, uitgedrukt in procenten. Hierbij wordt het convergentieniveau in een zone bereikt vanaf het moment dat het totaal aantal verplaatsingen in die zone gelijk is aan het aantal voorspelde producties (afgerond tot op nul cijfers na de komma).

Hieronder wordt er een grafiek getoond over het convergentieniveau per iteratie.



Figuur 14: convergentieniveau iteraties distributiemodel

Wanneer men bovenstaande grafiek en tabel 4 beschouwt, krijgt men een goed overzicht over de wijze waarop het convergentieniveau wordt bereikt. In het begin (de eerste 5 iteraties) lijkt er weinig te gebeuren. Dit is louter toe te wijzen aan de manier waarop het convergentieniveau wordt berekend. Hoewel er in de eerste vijf iteraties bijna geen enkele zone convergeert, vermindert de gemiddelde afwijking per zone (zie tabel 4) drastisch. Vervolgens kan men tot iteratie 16 spreken van een stijging van het aantal geconvergeerde zones. Vanaf iteratie 16 treedt er het verzadigingseffect op. Het aantal zones dat nog kan worden geconvergeerd is sterk verminderd. Vanaf hier is het effect per iteratie dan ook sterk verminderd. De iteraties hierna (voor deze data) dienen nog om de laatste zones te convergeren.

Een volledig overzicht van elke iteratie kan men terugvinden op de bijgeleverde CD-rom. (zie distributiemodel.xlsx)

5. Bedenkingen zwaartekrachtmodel

Het zwaartekrachtmodel heeft als voordeel dat men op een relatief eenvoudige manier de verplaatsingen kan verdelen tussen de zones, rekening houdende met een kost/weerstand. Toch moet men opletten met de gevolgen die er ontstaan door het gebruik van een zwaartekrachtmodel. Het grootste probleem van een zwaartekrachtmodel is dat verplaatsingen binnen de zones worden gelijk gesteld aan nul. Indien men deze interne verplaatsingen in het ritgeneratiemodel niet heeft verwijderd (wat hier niet is gebeurd), worden deze verplaatsingen meegerekend als verplaatsingen tussen zones onderling. Dit heeft tot gevolg dat deze verplaatsingen over het algemeen een grotere verplaatsingsafstand krijgen toegewezen (met als veronderstelling dat een gemiddelde verplaatsing tussen 2 zones groter is dan een gemiddelde verplaatsing binnen eenzelfde zone). Hierdoor zal het totaal aantal voertuigkilometers stijgen waardoor het aantal voertuigkilometers wordt overschat. Dit leidt tot een overschatting van het aantal voertuigkilometers en dus een zwaarder belast netwerk dan het netwerk in de werkelijke situatie.

Dit wordt immers bevestigd wanneer de gegevens vanuit het OVG3 (IMOB, 2008) erbij worden gehaald. Uit dit onderzoek blijkt dat 55% van de verplaatsingen zich voordoet over een afstand kleiner dan 5km. Meer dan 80% van de verplaatsingen speelt zich zelfs af binnen een afstand van 15km. Slechts 6% van de dagelijkse verplaatsingen zouden meer dan 40 km bedragen. Wanneer men de volgende grafiek beschouwt, kan men direct afleiden dat er een grote overschatting is van het aantal voertuigkilometers



Figuur 15: afstand dichtstbijgelegen zones

Zo kan men in de grafiek (zie vorige pagina) aflezen dat 274 van de 327 zones geen dichtst bijgelegen zone heeft binnen een straal van 5 km. Het percentage van de voorspelde verplaatsingen, kleiner dan 5km, bedraagt dan ook maar 5,49%. Dit in tegenstelling tot de 55% vanuit het OVG3.

D. Stap 3: vervoerswijzekeuzemodel

In deze stap zal er voor elke zone worden bepaald, hoe alle verplaatsingen zullen worden verdeeld over de verschillende vervoerswijzen.

Dit vervoerswijzekeuzemodel zal in eerste instantie voor elke zone, van waaruit verplaatsingen vertrekken, een modal split voorspellen. Hiervoor zal er in een eerste deel van dit hoofdstuk ("bepalen van de modal split voor de producties") een multinomial cumulatief logitmodel worden geschat. Aan de hand van dit model zal er voor elke zone (van waaruit verplaatsingen vertrekken) een modal shift worden voorspeld. Eens de modal split voor een bepaalde zone is voorspeld, zal deze dezelfde blijven voor alle bestemmingen. Dit laatste is echter niet realistisch. Een volgend voorbeeld kan dit illustreren. Zo zouden zwakke weggebruikers (voetgangers en fietsers) -volgens dit model- een even groot aandeel hebben in de modal shift voor verplaatsingen tussen Hasselt en Genk (14,8 km) als voor verplaatsingen tussen Hasselt en Oostende (186,1 km). De praktijk leert ons echter dat verplaatsingen te voet en met de fiets zich beperken tot de nabijgelegen zones. Het aandeel zwakke weggebruikers zwakt in de modal shift af naarmate de te verplaatsen afstand stijgt. Om hierin tegemoet te komen, zal dit hoofdstuk een tweede deel bevatten.

In dit tweede deel zal er verder worden ingegaan op het zonet geschetste probleem. Er zal dan ook een methodiek worden voorgesteld om verplaatsingen, uitgevoerd door de zwakke weggebruiker, afstandafhankelijk te maken. Of deze oplossing daadwerkelijk een bijdrage zal leveren aan het model, zal blijken uit de resultaten van het toedelingsmodel (vierde stap van het traditioneel verkeersmodel).

1. Bepalen van de modal split voor de producties

Om de modal split te bepalen voor zones van waaruit de verplaatsingen vertrekken zal er gebruik worden gemaakt van een multinomial cumulatief logitmodel. Dankzij dit model is het mogelijk om aan de hand van socio-economische en demografische gegevens te bepalen hoe de modal split er voor elke zone uit zal zien. Om dit te verwezenlijken moet men de volgende stappen doorlopen:

- Data over verplaatsingen (OVG3⁶) omvormen tot een invoerdataset om er een model mee te kunnen schatten.
- Nagaan voor welke variabelen uit de invoerdataset er cijfermateriaal terug te vinden is voor de verschillende gemeentes (zones) en de vorm van de invoerdataset hiermee overeenstemmen.
- Schatten van het model aan de hand van de data uit de invoerdataset.
- Het geschat model gebruiken om voorspellingen uit te voeren.

a) Data uit het OVG3 omvormen tot een invoerdataset voor het model.

De data uit het OVG3 bevat 8773 verplaatsingsgegevens. Elk verplaatsingsgegeven bevat informatie over de verplaatsingen die een bepaald persoon op een bepaalde dag heeft gemaakt, aangevuld met een reeks socio-economische en demografische kenmerken van de persoon in kwestie.

Wat er nog ontbreekt, is informatie over de hoofdvervoerswijze van een bepaald iemand voor een bepaalde dag. Hieromtrent zijn er drie verschillende informatiecategorieën beschikbaar in het OVG3. Voor elk verplaatsingsgegeven is er procentuele informatie beschikbaar over het aantal trips per vervoerswijze, de afgelegde afstand per vervoerswijze en de afgelegde reistijd per vervoerswijze.

Men kan zich hierbij afvragen welke van de drie manieren om de hoofdvervoerswijze te bepalen het beste is. Een mogelijkheid is om de manier te selecteren die voorspellingen genereert die het meest overeenkomen met de modal split uit het OVG3.

Hiervoor dient men 3 modellen te schatten en hiermee voorspellingen uit te voeren, met de data die er voor de gemeentes (zones) beschikbaar is. Daarnaast kan men ook kijken via welke manier men een model verkrijgt dewelke het beste fit met de data.

Het selecteren van de hoofdvervoerswijze is voor elke manier vrij eenvoudig uit te voeren in Office Excel.

Men maakt een nieuwe kolom aan in de data met als criterium: "de hoofdvervoerswijze als vervoerswijze met het grootste percentage⁷ in de OVG3 data".

⁶ Onderzoek verplaatsingsgedrag 3 (IMOB, 2007-2008)

Vervolgens is er een nieuwe kolom aangemaakt waarin er een nummer is toegewezen aan elk type hoofdvervoerswijze. Deze nummering gebeurde als volgt:

Tabel 9: nummering hoofdvervoerswijze

Type hoofdvervoerswijze	Omschrijving in de data	Toegewezen nummer
Voetgangers en fietsers	(NR/DIST/TIME)PCT_Slowm	1
Bus, tram en metro	(NR/DIST/TIME)PCT_BTM	2
Trein	(NR/DIST/TIME)PCT_TRAIN	3
Motor	(NR/DIST/TIME)PCT_MOTOR	4
Autobestuurder	(NR/DIST/TIME)PCT_CDRIV	5
Autopassagier	(NR/DIST/TIME)PCT_CPASS	6
Geen (indien er geen verplaatsing is uitgevoerd door die bepaalde persoon)	Error	0

In totaal zullen er dus 3 modellen worden berekend, 1 model voor elke wijze waarop de hoofdvervoerswijze is berekend. Bij gevolg zullen er dus ook 3 invoerdatasets worden aangemaakt.

b) Afstemming van de zonedata en de data uit de invoerdataset

Aangezien er bij thesis geen budget voor handen is om veldwerk te verrichten, moet er gebruik worden gemaakt van bestaande databronnen. Na analyse van de verschillende variabelen uit de invoerdata en de beschikbare gegevens afkomstig uit de "lokale statistieken" (studiedienst Vlaamse regering, VVSG, VVP, ABB, RESOC, VGC, 2007), "irisnet Brussel" (Brussels instituut voor statistiek en analyse, 2007) en de "studiedienst van de Vlaamse regering" (studiedienst Vlaamse regering, 2007); kwamen de volgende variabelen in aanmerking voor het schatten van een model:

- Leeftijd
- Weekdag
- Persoonsinkomen
- Huishoudinkomen
- Autobezit per inwoner
- provincie

⁷ Het hoogste percentage is terug te vinden in de kolommen waarvan de naam begint met NRPCT (voor het aantal trips per vervoerswijze), DISTPRCT (voor de vervoerswijze waarmee de grootste afstand mee is verwezenlijkt) of TIMEPRCT (voor de vervoerswijze die het langst is gebruikt)

Om de vorm van de data van de bovenstaande variabelen met elkaar in overeenstemming te brengen (zone data en data uit de invoerdataset), zijn de volgende aanpassingen in de data uitgevoerd⁸:

(1) Variabele leeftijd

De variabele is in de originele OVG3 dataset terug te vinden in absolute waardes. De zonedata daarentegen is ingedeeld in 20 verschillende leeftijdsklassen, met als klassengrootte 5. De zonedata is hierbij aangepast op de invoerdataset door de gemiddelde leeftijd per gemeente te berekenen. Dit werd gedaan door telkens het gewogen gemiddelde te nemen van de mediaan van de verschillende leeftijdsklassen.

(2) Variabele weekdag

In de invoerdataset komen de weekdays overeen met de nummers 1 tot en met 7 waarbij 1 toegewezen is aan maandag, 2 aan dinsdag, ...

Aangezien het ritgeneratiemodel enkel een onderscheid kan maken tussen een werkweekdag en een weekenddag, is er een nieuwe kolom toegevoegd aan de invoerdataset waarbij waarde 1 staat voor een werkweekdag en waarde 2 voor een weekenddag.

(3) Variabele persoonsinkomen

Het persoonsinkomen is in de invoerdataset onderverdeeld in 5 categorieën. Deze categorieën zijn als volgt ingedeeld:

- | | | | |
|----------------------|----------|--------|----------|
| ○ Netto maandinkomen | 0 | - 750 | Euro → 1 |
| ○ Netto maandinkomen | 751 | - 1500 | Euro → 2 |
| ○ Netto maandinkomen | 1501 | - 3000 | Euro → 3 |
| ○ Netto maandinkomen | > | 3000 | Euro → 4 |
| ○ Netto maandinkomen | onbekend | | → 5 |

In de zonedata is het gemiddelde netto persoonsinkomen per gemeente gegeven in absolute waardes. Deze wordt herrekend naar de categorieën zoals hierboven aangegeven.

⁸ Deze aanpassingen zijn doorgevoerd voor de 3 verschillende invoerdatasets en de zonedata

(4) Variabele huishoudinkomen

Het huishoudsinkomen is in de invoerdataset onderverdeeld in 6 categorieën. Deze categorieën zijn als volgt ingedeeld:

○ Netto maandinkomen	0	- 1000	Euro → 1
○ Netto maandinkomen	1001	- 2000	Euro → 2
○ Netto maandinkomen	2001	- 4000	Euro → 3
○ Netto maandinkomen	4001	- 5000	Euro → 4
○ Netto maandinkomen	>	5000	Euro → 5
○ Netto maandinkomen	onbekend		→ 6

(5) Variabele Autobezit per inwoner

In de invoerdataset ontbreekt de variabele autobezit per inwoner. Wel zijn er gegevens over het aantal auto's per huishouden en de huishoudgrootte. Bijgevolg is er een nieuwe kolom aangemaakt in de invoerdataset: "N_auto_per_inw". Deze kolom is opgebouwd uit de waardes die men bekomt door het aantal auto's per huishouden te delen door de huishoudgrootte. In de zonedata is er voor Vlaanderen het aantal auto's per 1000 inwoners per gemeente gekend. Hieruit is op eenvoudige wijze het aantal auto's per inwoner per gemeente te berekenen.

Voor Brussel is er enkel een totaalcijfer beschikbaar (het aantal auto's in het Brussels hoofdstedelijk gewest). Door dit te delen door het aantal inwoners in Brussel, is er een constante waarde voor elke gemeente in Brussel berekend.

(6) Variabele Provincie

De invoerdataset bevat 5 provincie categorieën. Voor elke Vlaamse provincie is er dus één categorie.

Aangezien er in de invoerdataset geen data voor Brussel beschikbaar zijn, zal er worden aangenomen dat de Brusselse gemeentes overeenkomen met de Vlaams Brabantse gemeentes.

Op basis van het eerste cijfer uit de NIS nummers van de gemeentes, is de indeling gebeurd als volgt:

- Provincie Antwerpen → gemeentes waarbij het NIS nr. begint met "1"
→ categorielabel: 10000
- Provincie Vlaams Brabant (en Brussel)
→ gemeentes waarbij het NIS nr. begint met "2"
→ categorielabel: 20001
- Provincie West-Vlaanderen
→ gemeentes waarbij het NIS nr. begint met "3"
→ categorielabel: 30000
- Provincie Oost-Vlaanderen
→ gemeentes waarbij het NIS nr. begint met "4"
→ categorielabel: 40000
- Provincie Limburg → gemeentes waarbij het NIS nr. begint met "7"
→ categorielabel: 70000

Hierbij zijn de categorielabels zodanig gekozen, dat deze overeenkomen met de categorielabels uit de invoerdatasets.

De 3 invoerdatasets alsook de zonedata kan men terugvinden op de bijgeleverde cd-rom (stap3_modelinput).

c) Schatten van een multinomial cumulatief logit model

Nu dat de benodigde data in overeenstemming zijn gebracht, kan men beginnen met het schatten van een model. Voor deze thesis gebeurde dit met behulp van het softwarepakket SAS (versie 9.1.3).

In totaal zullen er drie modellen worden geschat (voor elke wijze waarop de hoofdvervoerswijze is berekend een eigen model).

Allereerst zullen de verschillende invoerdatasets moeten worden geïmporteerd in SAS, alvorens het model kan worden geschat. Om een goed overzicht te behouden, is er eerst een nieuwe bibliotheek aangemaakt waarin deze data kunnen worden gestockeerd. De naam van deze bibliotheek is "thesis".

Vervolgens werden de invoerdatasets één voor één geïmporteerd onder de namen:

- N: voor de invoerdataset waarbij de hoofdvervoerswijze is gebaseerd op de vervoerswijze waarmee het grootst aantal verplaatsingen werd afgelegd
- Distance: voor de invoerdataset waarbij de hoofdvervoerswijze is gebaseerd op de vervoerswijze waarmee de grootste afstand werd afgelegd
- Time: voor de invoerdataset waarbij de hoofdvervoerswijze is gebaseerd op de vervoerswijze waarmee men het meeste tijd mee heeft doorgebracht

Vervolgens is er een multinomial cumulatief logit model geschat voor elke invoerdataset.

Het schatten gebeurde door te beginnen met één verklarende variabele in rekening te brengen. Wanneer deze significant bleek te zijn, werd er een tweede variabele mee in rekening gebracht. Dit proces werd voor elk model herhaald tot dat men van de 6 verklarende variabelen diegene eruit had geselecteerd die significant bleken te zijn. Om de variabelen op significantie te controleren werd er een type 3 test uitgevoerd. Indien de p waarde hier kleiner dan 0,05 is, kan men concluderen dat de overeenkomstige variabele significant is. Gelijktijdig werd ook de Log Likelihood waarde in het oog gehouden. Een grotere waarde staat hier voor een betere fit van het model.

Op de volgende pagina kan men de gebruikte formules terugvinden (de formule waarmee het proces mee is begonnen en de formule waarmee het proces is geëindigd).

De variabele persoonsinkomen is gaande doorheen het proces niet significant bevonden en werd bijgevolg verwijderd uit het model.

Formules waarmee het model-schattingsproces is begonnen:

```
proc genmod data=thesis.time;
class modus_nr;
model modus_nr = age /dist=MULT type3;
run;
proc genmod data=thesis.distance;
class modus_nr;
model modus_nr = age /dist=MULT type3;
run;
proc genmod data=thesis.N;
class modus_nr;
model modus_nr = age /dist=MULT type3;
run;
```

Formules waarmee het model-schattingsproces is geëindigd:

```
proc genmod data=thesis.time;
class weekday_class modus_nr province hhinc;
model modus_nr = province weekday_class age N_auto_per_inw hhinc /dist=MULT type3;
run;
proc genmod data=thesis.N;
class modus_nr province weekday_class hhinc;
model modus_nr = province weekday_class age N_auto_per_inw hhinc /dist=MULT type3;
run;
proc genmod data=thesis.distance;
class modus_nr province weekday_class hhinc;
model modus_nr = province weekday_class age N_auto_per_inw hhinc /dist=MULT type3;
run;
```

Figuur 16: formules schatten multinomial cumulatief logit model

Volgende resultaten geven een beter overzicht tussen de kwaliteit van de modellen doorheen het schattingsproces:

Tabel 10: resultaten m.b.t. de kwaliteit van de modellen

Model	Time		Distance		N	
	significat?	Log likelihood	significat?	Log likelihood	significat?	Log likelihood
1	ja	-9650,1378	ja	-9610,9411	ja	-9297,6697
1 en 2	ja	-9579,9750	ja	-9549,6042	ja	-9211,4892
1, 2 en 3	ja	-9559,2879	ja	-9501,2294	ja	-9175,3202
1, 2, 3 en 4	ja	-9541,5098	ja	-9484,0976	ja	-9147,5274
1, 2, 3, 4 en 5	neen	-9535,2985	neen	-9482,5000	neen	-9144,9784
1, 2, 3, 4 en 6	ja	-9532,1314	ja	-9471,8661	ja	-9132,6238
var. 1 =	leeftijd	var. 3 =	weekdag	var. 5 =	persoonsinkomen	
var. 2 =	# auto's per inw	var. 4 =	provincie	var. 6 =	huishoudinkomen	

Op basis van de loglikelihood waarde kunnen we stellen dat het model "N" de invoerdataset het beste fit met variabelen 1,2,3,4 en 6. Het model "distance" komt hierbij op de 2 de plaats.

Hoewel model "N" de data het beste fit, wil dit niet zeggen dat het model de beste voorspellingen zal geven. Om dit te controleren, zijn de drie modellen (met telkens variabele 1,2,3,4 en 6) uitgerekend en vergeleken met de modal shift uit het OVG3.

De onderstaande tabel geeft hierin een overzicht. De modal split uit het OVG3 (IMOB, 2008) kende oorspronkelijk meer categorieën. De categorie "autocar" uit het OVG3 is toegevoegd aan de categorie "BTM" en de categorie "bromfietsen" uit het OVG3 is toegevoegd aan de categorie "motor".

De modal split van de modellen is berekend door het gewogen gemiddelde te nemen van de modal split voorspellingen voor de gemeentes. Hierbij is er rekening gehouden met het aantal inwoners per gemeente.

Tabel 11: voorspellingen model vergeleken met de modal shift

	Modal split: OVG3 & modeluitvoer (distance, time, N)						
	OVG3	Distance		Time		N	
	waarde	waarde	afw. OVG3	waarde	afw. OVG3	waarde	afw. OVG3
voetgangers en fietsers	27.52%	27.86%	0.00	35.00%	0.07	40.55%	0.13
BTM	4.05%	7.09%	0.03	6.37%	0.02	5.18%	0.01
trein	1.68%	4.12%	0.02	3.81%	0.02	2.72%	0.01
motor	0.93%	1.34%	0.00	1.18%	0.00	1.28%	0.00
autobestuurder	47.00%	44.60%	0.02	40.33%	0.07	39.29%	0.08
autopassagier	17.82%	14.99%	0.03	13.30%	0.05	10.97%	0.07
andere	1.00%	0.00%	0.01	0.00%	0.01	0.00%	0.01
totaal	100.00%	100.00%	0.12	100.00%	0.24	100.00%	0.31

Wanneer men bovenstaande resultaten interpreteert, kan men enkel vaststellen dat het model "Distance" de beste (meest realistische) voorspellingen geeft voor de verschillende zones. De modellen "time" en "n" wijken respectievelijk twee en bijna drie keer meer af van de modal split uit het OVG3. Het is op basis van deze verschillen dat er besloten is om het model "distance" te selecteren als het eerste deel van het vervoerswijzekeuzemodel.

2. Afstemmen van de modal split op de bestemmingen

Met het eerste deel van het vervoerswijzekeuzemodel kan men spreken van een realistische voorspelling voor het aandeel dat elke vervoerswijze heeft voor de geproduceerde verplaatsingen. Zoals eerder aangehaald betekent dit echter niet dat de voorspelling voor de gehele verplaatsing daarom realistisch is. Op dit moment is de modal split voor verplaatsingen die vertrekken vanuit eenzelfde zone, hetzelfde voor alle bestemmingen. Zoals al eerder aangehaald is dit geen realistische situatie voor de zwakke weggebruikers. Om hierin tegemoet te komen, zal er dus moeten worden gezocht naar een methodiek die rekening houdt met de reikwijdtes van de verschillende vervoerswijzen. In dit model is er aangenomen dat enkel de verplaatsingen, uitgevoerd door de zwakke weggebruikers, beschikken over een beperkte reikwijdte.

De verplaatsingen via alle overige vervoerswijzen worden verondersteld te beschikken over een reikwijdte die zich over het hele onderzoeksgebied uitstrekt. Verwacht wordt dat de hieronder aangereikte methodiek een mogelijke incompatibiliteit met het reeds uitgevoerde zwaartekrachtmodel (zie distributiemodel) met zich meebrengt. Deze mogelijke incompatibiliteit wordt verder uitgelegd in punt b.

a) Methodiek om de zwakke weggebruiker afstandafhankelijk te maken

Bij deze methodiek komt het er op neer dat de verplaatsingen, uitgevoerd door de zwakke weggebruiker, afstandafhankelijk worden. Dit kan men verwezenlijken aan de hand van volgende stappen:

Allereerst gaat men op basis van de voorspelde modal splits na hoeveel verplaatsingen er in elke zone vertrekken voor de vervoerswijze "slow modes" (zwakke weggebruiker).

Deze verplaatsingen deelt men vervolgens toe aan de omliggende zones. Hierbij moet men rekening houden met het beperkt aantal aankomsten voor elke omliggende zone. Deze aankomsten zijn voorspeld in het ritgeneratiemodel.

Nadat de verplaatsingen van de zwakke weggebruikers zijn toegedeeld, kan men de resterende aankomsten onderverdelen aan de overige vervoerswijzen. Deze verdeling gebeurt volgens het aandeel dat elke vervoerswijze kreeg toegewezen in de voorspelde modal splits (zie eerste deel vervoerswijzekeuzemodel).

De moeilijkheid hierin bestaat uit het toedelen van de verplaatsingen -afgelegd door de zwakke weggebruiker- aan de omliggende zones. Dit kan gebeuren doormiddel van een iteratief proces. Dit iteratief proces gaat als volgt:

Allereerst berekent men de "nog te verdelen verplaatsingen". Dit is gelijk aan het totaal aantal verplaatsingen, uitgevoerd door de zwakke weggebruiker, die vertrekken in een bepaalde zone, verminderd met het aantal "reeds toegedeelde verplaatsingen".

Vervolgens zoekt men uit welke zone het dichtstbij is gelegen.

Daarna bepaalt men hoeveel verplaatsingen er maximaal kunnen aankomen in deze dichtstbij gelegen zone.

Vervolgens wijst men een aantal verplaatsingen toe aan deze zone. Dit aantal kan niet groter zijn dan het aantal aankomsten in die zone. Ook kan dit aantal het aantal "nog te verdelen verplaatsingen" (afgelegd door de zwakke weggebruiker) niet overschrijden.

Door het aantal "nog te verdelen verplaatsingen" te verminderen met het aantal "reeds toegewezen verplaatsingen", bekomt men een nieuwe waarde voor de "nog te verdelen verplaatsingen". Deze nieuwe waarde gebruikt men als startwaarde voor de volgende iteratie. De tweede iteratie maakt -in tegenstelling tot de eerste iteratie- geen gebruik van de dichtstbij gelegen zone, maar van de tweede dichtstbij gelegen zone. De iteratie daarop maakt gebruik van de derde dichtstbij gelegen zone, ...

Dit iteratief proces blijft zich herhalen tot dat de "nog te verdelen verplaatsingen" voor alle zones gelijk is aan nul. Wanneer de nodige iteraties zijn uitgevoerd, moet men nog één handeling uitvoeren tot het bekomen van een matrix waarin alle verplaatsingen – uitgevoerd door de zwakke weggebruiker- zijn toegedeeld. Deze handeling bestaat uit het sommeren van alle matrices die bekomen zijn na iedere iteratie. De matrix die daaruit resulteert is de HB-matrix met de verplaatsingen van de zwakke weggebruiker.

Het aantal verplaatsingen dat men aan een bepaalde zone toewijst kan men het best uitdrukken als een bepaald percentage van het totaal aantal aankomsten in die zone. Dit percentage wordt vanaf nu dan ook het toedelingspercentage genoemd.

Het toedelingspercentage kan men constant houden of variabel maken. Het eenvoudigste is om een constant toedelingspercentage te kiezen. Een variabel percentage maakt het mogelijk om een nog realistischere benadering te geven aan de verplaatsingen, uitgevoerd door de zwakke weggebruiker. Men zou op die manier de bestemmingszones kunnen in delen volgens afstandsklassen en vervolgens een groter percentage kunnen toewijzen aan een kleinere afstandsklasse.

Voor dit model is er gekozen voor een constant toedelingspercentage van 50 procent. Dit betekent concreet dat 50 procent van de verplaatsingsstromen tussen de betrokken gemeentes, bestaat uit zwakke weggebruikers. Zoals men hieronder zal zien, is dit voldoende om aan te kunnen tonen of deze methodiek een bijdrage zal leveren aan het model of niet.

Het toedelingspercentage drukt in feite de reikwijdte uit van de zwakke weggebruiker.

Hierbij hangt alles af van in hoeverre mate het gemiddelde toedelingspercentage afwijkt van het aandeel van de zwakke weggebruiker in de modal shift.

In theorie kan men een kleiner toedelingspercentage kiezen dan het aandeel van de zwakke weggebruiker in de modal split.

Dit heeft tot gevolg dat niet alle verplaatsingen (uitgevoerd door de zwakke weggebruiker) kunnen worden toegedeeld. Met als gevolg dat het aandeel van de andere vervoersmodi zal worden overschat.

De reden van deze overschatting heeft te maken met het gegeven dat de resterende verplaatsingen worden berekend na het toedelen van de verplaatsingen, uitgevoerd door de zwakke weggebruiker. Hierdoor zal het vervoerswijzekeuzemodel uiteindelijk niet meer kloppen.

Indien men kiest voor een toedelingspercentage dat gelijk is aan het aandeel van de zwakke weggebruiker in de modal split, kan men stellen dat de reikwijdte van de zwakke weggebruiker maximaal is.

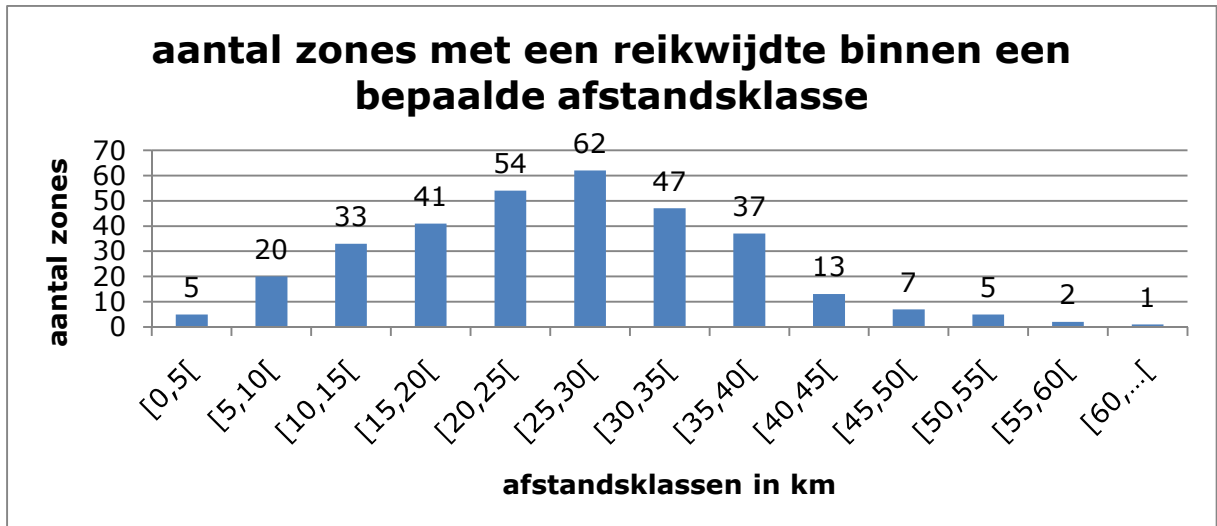
In deze situatie blijft de modal split constant voor alle bestemmingen (wanneer verplaatsingen vertrekken vanuit eenzelfde zone). Deze situatie leidt ertoe dat deze methodiek geen enkele toevoeging doet aan het model. De resultaten van het vervoerswijzekeuzemodel blijven dan immers hetzelfde wanneer men de methodiek wel of niet toepast.

Indien men kiest voor een toedelingspercentage dat groter is dan het aandeel van de zwakke weggebruiker in de modal split, dan krimpt de reikwijdte van de zwakke weggebruiker. Er worden dan meer verplaatsingen (uitgevoerd door de zwakke weggebruiker) toegewezen aan dichterbij gelegen zones, waardoor er geen verplaatsingen (uitgevoerd door de zwakke weggebruiker) zullen plaatsvinden in de verst gelegen zones. Men kan het percentage zodanig kiezen dat alle verplaatsingen, uitgevoerd door de zwakke weggebruiker, zich binnen een bepaalde maximumafstand bevinden. Uiteraard zal de minimale grootte van deze maximumafstand afhankelijk zijn van het aantal "toe te wijzen verplaatsingen" en het aantal aankomsten in de omliggende zones.

b) Verwachte incompatibiliteit met het zwaartekrachtmodel

Hoewel de methodiek om de verplaatsingen van de zwakke weggebruikers afstandsafhankelijk te maken op het eerste zicht succesvol lijkt te zijn, is dit niet altijd het geval. Dit heeft te maken met bepaalde aannames en veronderstellingen uit de vorige stappen van het traditioneel verkeersmodel.

Op de volgende pagina is er een grafiek gegeven die het aantal zones uitdrukt, met een reikwijdte binnen een bepaalde afstandsklasse.



Figuur 17: aantal zones met een reikwijdte binnen een bepaalde afstandsklasse

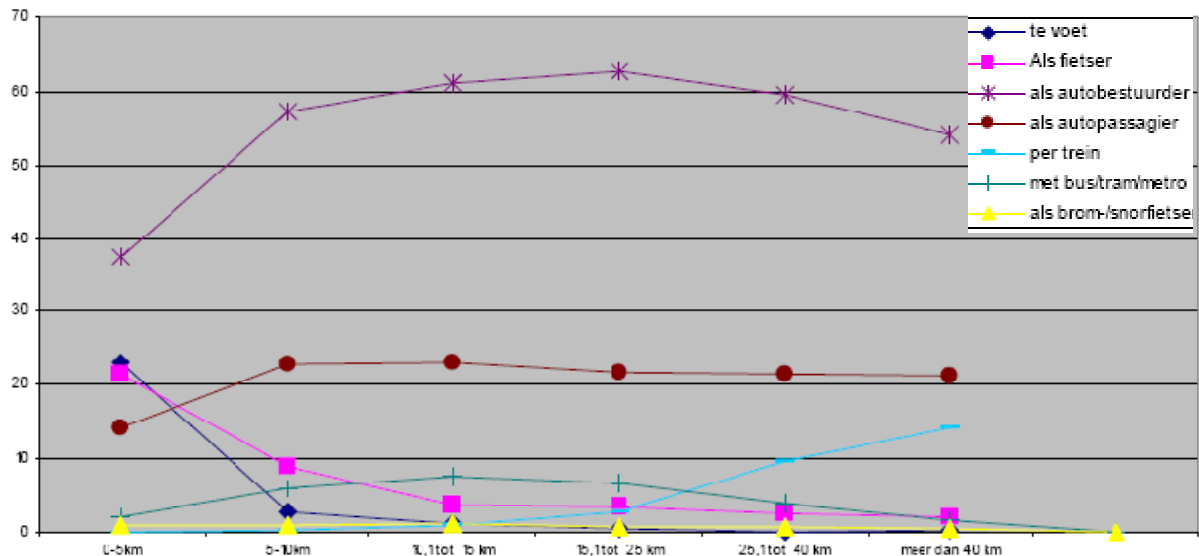
De gemiddelde reikwijdte bedraagt 26,45 km (met het aantal inwoners per gemeente in rekening gebracht). Wetende dat er binnen de reikwijdte een modal shift geldt waarin 50 procent van de verplaatsingsstromen tussen de betrokken gemeentes bestaat uit zwakke weggebruikers, kan men spreken van een zware overschatting van de werkelijkheid.

Door de toegepaste methodiek zijn de verplaatsingen voor de zwakke weggebruiker al iets realistischer gemodelleerd dan dat het geval was in de beginsituatie (waar de reikwijdte voor de zwakke weggebruiker maximaal was). Maar het neveneffect is wel dat er nu een serieuze (extra) overschatting is voor het aantal voertuigkilometers van de andere vervoersmodi. Doordat de zwakke weggebruikers de helft van de verplaatsingen opsorpen in de verplaatsingsstromen tussen de omliggende gemeentes, krijgen de overige vervoersmodi verplaatsingen toegedeeld naar verder gelegen zones. De grote vraag is dus waar de grote fout ligt.

Het antwoord situeert zich volledig bij het distributiemodel. Meerbepaald het toegepaste zwaartekrachtmodel is hier de oorzaak van het probleem.

Algemeen kan men stellen dat het zwaartekrachtmodel (in dit geval) twee problemen met zich mee brengt. Enerzijds is er een algemene overschatting die te wijten is doordat interne zoneverplaatsingen zijn verrekend als externe zoneverplaatsingen (zie bedenkingen zwaartekrachtmodel). Anderzijds is er een uitvergroting van de overschatting naarmate het verschil in inwoners (en voorzieningen) tussen de verschillende gemeentes groter wordt.

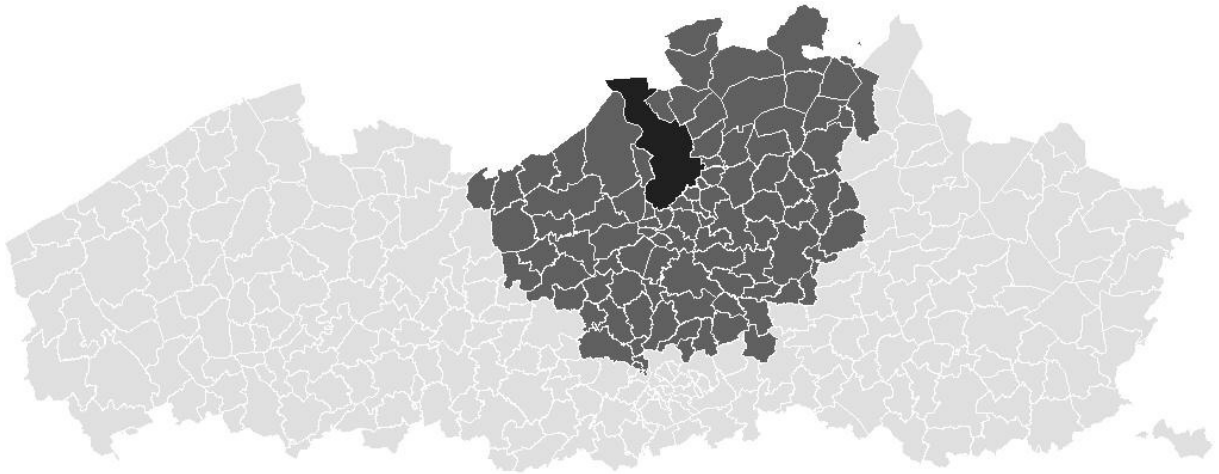
Deze problematiek kan als volgt worden verduidelijkt: De meeste gemeentes hebben tal van faciliteiten (winkels, arbeidsplaatsen, recreatiemogelijkheden, scholen, ...) op maat van het aantal inwoners dat in deze gemeentes wonen. Het is dan ook geen verrassing dat het OVG3 (IMOB, 2008) stelt dat de meeste verplaatsingen nog steeds lokaal gebeuren. Maar liefst 55 procent van de verplaatsingen gebeurt over een afstand van minder dan 5 km. In vele gevallen komt dit neer op een verplaatsing binnen de gemeentegrenzen. Typisch aan dit lokaal verkeer is dat deze bestaat uit een relatief hoog aantal voetgangers en fietsers (zwakke weggebruikers). De volgende grafiek illustreert dit.



Figuur 18: gebruik vervoerswijzes bij verschillende afstandsklassen

De zone van het lokaal verkeer strekt zich doorgaans uit van de gemeente waarin de verplaatsingen hun oorsprong vinden tot de omliggende gemeentes (of een deel hiervan). Met andere woorden kan men de lokale zone hier beschouwen als de zone waarin er zich duidelijk een verhoogd fietsers- en voetgangersverkeer afspeelt. Wanneer interne zone verplaatsingen worden verrekend als verplaatsingen tussen twee zones, dan barst de lokale zone in vele gevallen uit zijn voegen.

Indien de omliggende zones meer inwoners (en faciliteiten) bevatten dan de zone van waaruit de verplaatsingen vertrekken, dan valt dit best mee. De omliggende zones kunnen in dat geval doorgaans de nodige vertrekkers opvangen waardoor de lokale zone min of meer stabiel zal blijven en zeker niet gevoelig zal uitbreiden. Maar wanneer de zone van waaruit de verplaatsingen vertrekken veel meer inwoners (en faciliteiten) bevat dan de omliggende zones, ontstaat er een enorme uitvergroting (overschatting) van de lokale zone. Dit kan men goed zien op de volgende figuur.



Figuur 19: ZW Antwerpen

In bovenstaande figuur is Antwerpen in het zwart gekleurd. Bij alle gemeentes die in het donkergrijs zijn gekleurd bestaan de helft van de verplaatsingen tussen Antwerpen en deze gemeentes uit verplaatsingen uitgevoerd door de zwakke weggebruiker. Op die manier strekt de "lokale zone" zich uit tot 50km van de gemeente Antwerpen, terwijl dit in de praktijk maar enkele kilometers is. Dit komt doordat de omliggende zones vaak niet genoeg faciliteiten aanbieden (dus te weinig aankomsten). Hierdoor moeten de verder gelegen zones het resterend aantal vertrekken (van de zwakke weggebruikers) opvangen. Doordat de lokale zone gevoelig is uitgebreid, is de zone met een verhoogd voetgangers- en fietsersverkeer ook gevoelig uitgebreid. Pas nadat de verplaatsingen van de zwakke weggebruikers zijn toegedeeld aan de lokale zone, wordt er berekend hoeveel verplaatsingen (vertrekken en aankomsten) er tussen de verschillende zones resteren. De overige vervoersmodi vullen deze resterende verplaatsingen op. Deze spelen zich door de uitgebreide lokale zone af over een grotere afstand. Het is omwille hiervan dat er nogmaals een overschatting van het aantal voertuigkilometers optreedt.

Via enkele maatregelen kan men de verschillende overschattingen van de voertuigkilometers aanpakken. Men kan opteren voor een ander ritdistributiemodel waarin er aandacht wordt geschonken aan intern zoneverkeer. Ook kan men het zwaartekrachtmodel anders aanpakken. Door voor elke zone te onderzoeken/modelleren hoeveel procent van de verplaatsingen zich binnen de zones afspelen, hoeft men deze interne zone verplaatsingen niet meer gaan beschouwen als verplaatsingen tussen twee zones. In dat geval moet men dan enkel het zwaartekrachtmodel toepassen op de verplaatsingen die plaatsvinden tussen twee zones.

De interne verplaatsingen kan men achteraf gewoon invullen in de HB-matrix. Vervolgens kan men het vervoerswijzekeuzemodel inclusief de aangeboden methodiek om verplaatsingen van zwakke weggebruikers afstandsafhankelijk te maken toepassen op deze HB-matrix. Wel zal men in het toedelingsmodel de interne zoneverplaatsingen moeten weglaten. Het vierstapsmodel blijft nu immers een macroscopisch model en is bijgevolg niet ontworpen om interne zone verplaatsingen toe te delen aan het netwerk. Deze maatregelen zijn hier vermeld bij wijze van suggestie. Aangezien er geen data beschikbaar zijn betreffende het aandeel interne zone verplaatsingen t.o.v. het totaal aantal verplaatsingen, zijn deze suggesties niet toegepast in de thesis.

E. Stap 4: toedelingsmodel

Het toedelingsmodel vormt de vierde en laatste stap van een traditioneel verkeersmodel. De verplaatsingen per vervoerswijze zijn in deze fase berekend. Wat nog rest bestaat uit het uitzoeken via welke wegen van het netwerk de verplaatsingen verlopen. Voor deze thesis zijn er twee methodes toegepast: de alles-of-niets toedeling en de evenwichtstoedeling.

Bij de alles-of-niets toedeling wordt er gekeken naar de route met de kortste reistijd t_{free} t_{flow} /verplaatsingsafstand/kost. Vervolgens worden alle verplaatsingen aan deze route toegewezen. Deze methode geeft een goed inzicht in de verplaatsingsstromen tussen de verschillende zones. Voor vervoersmodi waar capaciteitsproblemen zo goed als onbestaande zijn (fietsers, voetgangers), is deze methode een vrij realistische benadering. Voor vervoersmodi met capaciteitsproblemen (gemotoriseerd verkeer) is deze benadering verre van realistisch. De evenwichtstoedeling is dan een realistischer alternatief.

Bij de evenwichtstoedeling worden de verplaatsingen zodanig verdeeld over de verschillende routes, dat geen enkele reiziger zijn reistijd nog kan verminderen door het kiezen van een alternatieve route. Hierbij wordt er rekening gehouden met de capaciteit van de wegen.

Het komt er bij een evenwichtstoedeling op neer dat men door middel van een iteratief proces, de reistijd krijgt geminimaliseerd. De reistijd wordt voor elk wegsegment uit het aanbodsnetwerk berekend aan de hand van de formule op de volgende pagina.

$$t = t_f (1 + \alpha (V/C)^\beta)$$
$$\text{Reistijd} = \text{reistijd}_{\text{free flow}} (1 + \alpha (\text{intensiteit/capaciteit})^\beta)$$

Figuur 20: formule reistijd evenwichtstoedeling

In totaal zullen er 6 toedelingen worden uitgevoerd. Voor het gemotoriseerd verkeer (auto's en moto's) zal er een evenwichtstoedeling en een alles-of-niets toedeling worden uitgevoerd. Dit voor zowel de variant die berekend is op basis van een aanpassing voor de zwakke weggebruikers (zie stap 3) als de variant waarin deze aanpassing niet plaats vond. Voor de zwakke weggebruikers zal er enkel een alles-of-niets toedeling worden uitgevoerd voor beide varianten (zie stap 3).

Een evenwichtstoedeling zal niet worden uitgevoerd voor de zwakke weggebruikers omdat er hiervoor niet genoeg gegevens beschikbaar zijn. Zo zijn de parameters α en β niet geschat voor deze vervoersmodus en is de capaciteit van de wegen moeilijk te schatten voor fietsers en voetgangers. Ook zal het schatten van de snelheid op de wegsegmenten zeer moeilijk zijn voor deze modus. De gemiddelde snelheid hangt hier onder andere af van het aandeel voetgangers t.o.v. het aandeel fietsers, de weersomstandigheden, hellingsgraad, ...

1. De evenwichtstoedeling

Om de evenwichtstoedeling te kunnen toepassen, moeten er nog enkele aanpassingen gebeuren. Deze aanpassingen zullen in het eerste deel van dit hoofdstuk worden uitgelegd. Het daadwerkelijk uitvoeren van de evenwichtstoedeling kan enkel gebeuren wanneer de voorbereidingen succesvol zijn uitgevoerd. Hoe dat men precies een evenwichtstoedeling kan uitvoeren in TransCAD, zal worden uitgelegd in het tweede deel van dit hoofdstuk. Tenslotte zal er nog een derde deel volgen waarin de voornaamste resultaten worden toegelicht.

a) Voorbereidingen van een evenwichtstoedeling

Allereerst moet men beschikken over een aanbodnetwerk dat is aangepast aan de vervoersmodi die men wil toedelen aan het netwerk. Vervolgens moet men er voor zorgen dat de bijhorende data van het aanbodnetwerk, compleet zijn voor het uitvoeren van een evenwichtstoedeling. Nadat dit gebeurd is, moet men een netwerk creëren op basis van de toegevoegde gegevens.

Ten slotte moet men ervoor zorgen dat de HB-matrix - van de toe te delen vervoersmodi - op correcte wijze in TransCAD kan worden geïmporteerd. Pas als al deze aanpassingen zijn uitgevoerd, kan men starten met de evenwichtstoedeling.

(1) Het aanbodsnetwerk

Voor deze thesis zal de evenwichtstoedeling gebeuren voor de vervoerswijze "gemotoriseerd verkeer" (auto's en moto's). Er zal dus een geschikt aanbodsnetwerk moeten worden samengesteld. Het samenstellen van het aanbodsnetwerk zal gebeuren aan de hand van de eerste 3 stappen uit bijlage 1.

Voor het gemotoriseerd verkeer zal er een netwerk worden samengesteld op basis van de linktypes⁹ 1 tot en met 8. De 4^{de} stap uit bijlage 1 (creëren van een netwerk) slaat men hier over. Men slaat het aanbodsnetwerk op als "aanbodsnetwerk_gem_verkeer.dbd".

(2) Vervolledigen van de data waaruit het aanbodsnetwerk bestaat

Wanneer het aanbodsnetwerk is aangemaakt, dient de nodige informatie voor de evenwichtstoedeling te worden aangevuld. Voor een evenwichtstoedeling zijn de volgende additionele data vereist, voor alle wegsegmenten (links) van het aanbodsnetwerk:

- De parameters α en β
- De capaciteit
- De reistijd_{free flow} (de reistijd wanneer de capaciteit oneindig groot is)

De parameters α en β moeten worden geschat, net zoals de reistijd_{free flow}. Op de volgende pagina kan men een tabel terugvinden waarin deze gegevens zijn geschat. Deze gegevens zijn afkomstig van het VITO, die ze verzamelden ten behoeve van hun MIMOSA model (VITO, 2004).

⁹ Zie tabel 1: linktypes aanbodsnetwerk

Tabel 12: invoergegevens evenwichtstoedeling

Linktype	omschrijving**	capaciteit	basissnelheid	α	β
1	autosnelweg	2100	113,33	2,490793	9,783251
2	verkeerswisselaar of op- of afrit	1900	85,00	0,974326	5,455698
3	NX- of NXX-weg	1800	90,67	1,582092	6,578981
4	kleinere NW- of NXX-weg	1800	83,00	2,153008	6,801275
5	NXXX-weg	1800	71,56	2,449146	6,195969
6	kleinere NXXX-weg	1800	63,80	2,643995	5,978991
7	lokale weg	1400	46,18	2,717940	5,398026
8	kleine weg (stadsweg of landweg)	1200	25,50	5,635700	4,743706
9	winkelstraat, fietspad	0	25,50	5,635700	4,743706
15	zoneconnector*	0	25,50	5,635700	4,743706
17	voetgangerstunnels	0	25,50	5,635700	4,743706
18	spoorweg	0	25,50	5,635700	4,743706
20	station	0	25,50	5,635700	4,743706
23	veerboot	0	25,50	5,635700	4,743706

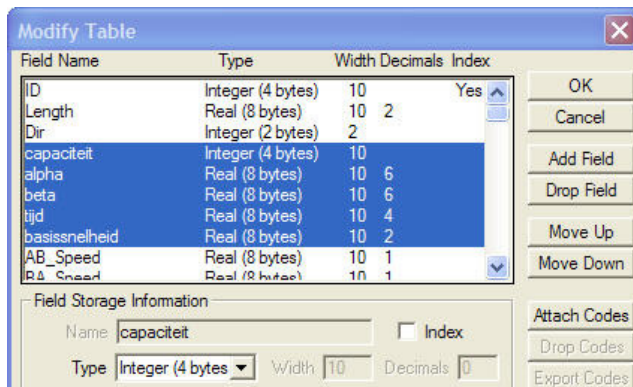
* linktype 15 is niet de zoneconnector die zal worden gebruikt voor de berekeningen, de "echte" zoneconnectoren worden nog aangemaakt en zullen linktype 77 krijgen.
 ** deze kolom is enkel ter verduidelijking van de linktypes en wordt niet mee opgenomen in de data van het netwerkbestand Vlaanderen.

Door deze gegevens toe te voegen aan het aanbodsnetwerk, kunnen de benodigde gegevens voor het uitvoeren van de evenwichtstoedeling worden verkregen (capaciteit, reistijd_{free flow}, α , β).

Het toevoegen van deze gegevens aan het aanbodsnetwerk kan men in TransCAD uitvoeren. Eerst en vooral begint men met het aanbodsnetwerk van het gemotoriseerde verkeer ("netwerk_Vlaanderen_gemot_verkeer.dbd") te openen in TransCAD. Wanneer men de dataview opent, zal men kunnen zien dat er geen ruimte voorzien is om de ontbrekende data in te vullen. Dit kan men veranderen door 5 nieuwe kolommen toe te voegen aan de data. Dit kan men doen via "dataview_modify table_add field". De 5 nieuwe kolommen geeft men dan best de namen en karakteristieken zoals hieronder beschreven:

- capaciteit (type "integer" (4 bytes))
- alpha (type "real" (8 bytes) met 6 decimalen)
- beta (type "real" (8 bytes) met 6 decimalen)
- tijd (type "real" (8 bytes) met 4 decimalen)
- basissnelheid (type "real" (8 bytes) met 2 decimalen)

Wanneer dit gebeurt is, zorgt men er het best voor dat deze kolommen zich vooraan in de dataview zullen bevinden. Dit vergemakkelijkt het werk uit de volgende stappen. De kolommen kan men op eenvoudige wijze van positie wisselen in de dataview door de 5 kolommen te selecteren en een aantal keer op de knop "move up" te duwen, zodanig dat deze meer naar voor in de dataview zullen verschijnen. Men zou dan ongeveer hetzelfde moeten zien als onderstaande figuur aangeeft.



Figuur 21: toevoegen kolommen data aanbodsnetwerk

Nu dat er nieuwe ruimte is toegevoegd aan de data, kan men beginnen met de resterende informatie toe te voegen aan de data. Dit zal gebeuren per linktype.

Hiervoor selecteert men eerst linktype 1 met behulp van het menuonderdeel "selection_select by condition". In de pop-up die dan verschijnt vult men de formule "linktype=1" in. Het gevolg is dat enkel de wegsegmenten van het linktype 1 zullen verschijnen in de dataview.

Vervolgens klikt men met de rechtermuisknop op één van de in te vullen kolommen en selecteert men de optie "fill". Voor de kolommen "alpha", "beta", "AB_capacity" en "basissnelheid" kiest men voor de optie "single value" en vult men hier de waarde in uit tabel 8 (invoergegevens evenwichtstoedeling), overeenkomstig met het geselecteerde linktype. Vervolgens zullen ook de overige kolommen ("tijd" en "capaciteit") worden ingevuld. Dit gebeurt ook via de optie "fill", maar dit keer kiest men voor de optie "fill by formula" in plaats van de optie "single value".

De formule die men moet invullen hangt af van de kolom waarvoor men de waardes wil invullen. In het geval van de kolom "tijd" vult men de formule "length/basissnelheid" in. In het geval van de kolom "capaciteit", is de formule gelijk aan "[AB_rijstroken]*AB_capacity".

Nu dat alle nodige waardes zijn aangevuld, mag men de dataview sluiten. TransCAD zal vragen of dat de gewijzigde gegevens mogen worden opgeslaan. Men kiest hierbij voor de optie "yes".

Deze procedure herhaalt men vervolgens op analoge wijze voor alle overige linktypes. Voor linktype 77 vult men de waardes in die men voor linktype 1 heeft ingevuld. Met het verschil dat men voor "capaciteit" een voldoende grote waarde verkiest (vb. 10500). De reden voor deze hoge waarde heeft te maken met de aard van linktype 77. Linktype 77 is namelijk een fictief linktype dat de centroïdes verbindt met het aanbodsnetwerk. Hiervoor is er dus een hogere capaciteit vereist.

(3) Creëren van een netwerk

Op basis van de 4^{de} stap uit bijlage 1, creëert men nu een netwerk. Hierbij moet men zeker de volgende "other link fields" selecteren in het kadertje dat verschijnt wanneer men op "network/paths_create" klikt: "capaciteit", "alpha", "beta" en "tijd".

(4) Importeren van de HB-matrix in TransCAD

Nadat het aanbodsnetwerk is voorbereid op een evenwichtstoedeling, moet er worden gezorgd dat men de verplaatsingsgegevens (de HB-matrix) in TransCAD krijgt geïmporteerd. De HB-matrix van het gemotoriseerde verkeer is samengesteld uit de gesommeerde HB-matrix van de vervoerswijze "autobestuurder" en de vervoerswijze "moto's". De vervoerswijze "autopassagier" wordt niet mee opgenomen omdat deze geen invloed heeft op de wegcapaciteit.

Elke autopassagier rijdt namelijk mee in het voertuig van een autobestuurder. Vanuit het realistische gegeven dat een auto meer plaats inneemt op de weg dan een moto, zal de moto een personenauto-equivalent (PAE) krijgen toegewezen van 0,8.

De HB-matrix van het gemotoriseerde verkeer is bijgevolg ingevuld aan de hand van de formule "autobestuurder_{ij} + 0,8 * moto_{ij}".

Nu dat de HB-matrix van het gemotoriseerde verkeer is samengesteld, moet deze in de juiste vorm worden geëxporteerd naar TransCAD. TransCAD kan geen matrices vanuit Excel inlezen (althans niet in de huidige vorm). Om hier een oplossing aan te bieden, zullen de matrices worden omgevormd tot een datatabel bestaande uit 2 kolommen met een kolom- en rijindex (bestemmings- en herkomstzone) en voor elke matrix één kolom met een matrixwaarde.

Aangezien er in totaal 4 matrices¹⁰ zijn, zal de datatabel 6 kolommen bevatten. Een deel van de databel kan men zien in onderstaande tabel:

Tabel 13: HB-matrices importeren in TransCAD

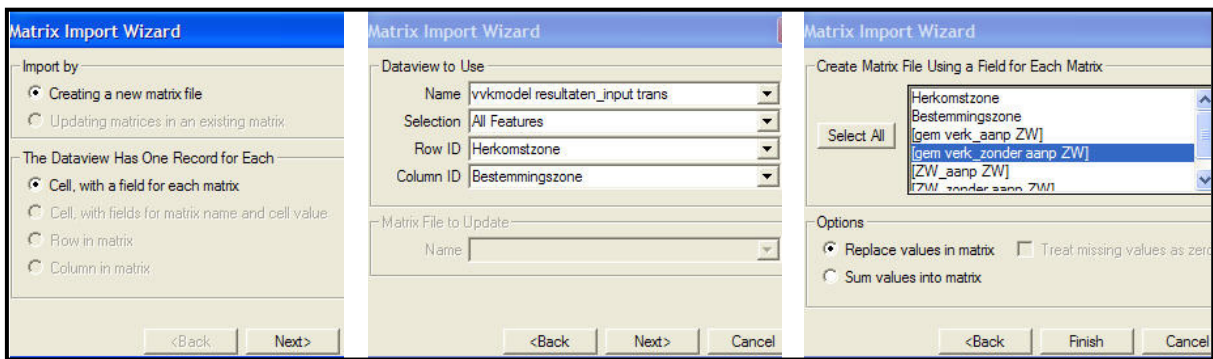
Herkomstzone	Bestemmingszone	gem verk_aanp ZW	gem verk_zonder aanp ZW	ZW_aanp ZW	ZW_zonder aanp ZW
63497	63497	0	0	0	0
63497	63498	656.7140179	1028.067198	1056.506229	462.6249088
63497	63499	106.7023744	83.51977282	0	37.58346472
63497	63500	187.9008989	147.0767682	0	66.1837831
63497	63501	280.6518615	287.2194944	138.8232918	129.2472832
63497	63502	81.91835095	64.12042935	0	28.85386074
63497	63503	89.42387666	69.99527332	0	31.49751007

Deze datatabel is vanuit Excel geëxporteerd als een tekstbestand (extensie: ".txt") met een tab als scheidingsteken. Deze keuze is gemaakt omdat men dit -vanwege te veel rijen- niet kan opslaan als een Excelbestand. Nadat dit is gebeurd, opent men het tekstbestand in de verkenner met het programma "kladblok".

Men plaatst nu de kolomnamen tussen twee aanhalingstekens (") en slaat het bestand terug op. Dit is nodig omdat Excel deze aanhalingstekens niet plaatst bij het exporteren naar een tekstbestand. TransCAD daarentegen, herkent de kolomnamen enkel indien ze tussen twee aanhalingstekens zijn geplaatst. Dit bestand kan men op de CD-rom terugvinden als "vkvmodel resultaten_input TransCAD.txt".

Ten slotte moeten de matrices nog worden geïmporteerd in TransCAD. Dit kan men doen door het tekstbestand te openen in TransCAD. Vervolgens gaat men naar "matrix_import". De "matrix import wizard" wordt nu geopend. En men krijgt het beeld dat zich hieronder aan de linkerzijde bevindt. Men klikt nu op "next" waarna het kadertje verschijnt dat hieronder centraal staat afgebeeld. Hierbij selecteert men de instellingen zoals hieronder aangegeven. Tenslotte verschijnt er een derde kadertje waar de waardes kunnen worden geselecteerd. Hierbij selecteert men de kolom met de waardes die men in de matrix wenst. In de figuur rechts onder zijn de waardes geselecteerd van de matrix van het gemotoriseerde verkeer (zonder aanpassing van de zwakke weggebruikers).

¹⁰ 2 matrices van het gemotoriseerd verkeer (voor elke variant 1 matrix) + 2 matrices van de zwakke weggebruikers (voor elke variant 1 matrix). De data van de zwakke weggebruiker is hier mee omgezet omdat deze matrices ook nodig zijn voor de alles-of-niets toedelingen.



Figuur 22: matrix import wizard

Nadat deze wizard is doorlopen, verschijnt de matrix. Men slaat deze matrix vervolgens op als een matrix bestand (".mtx").

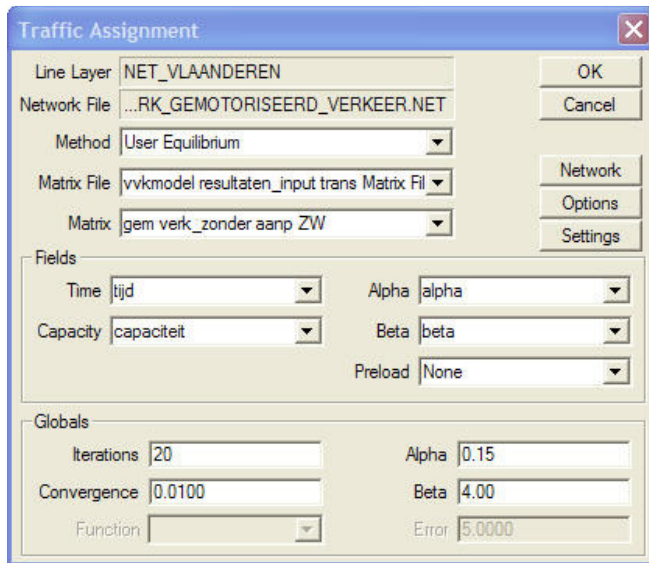
b) Het uitvoeren van de evenwichtstoedeling

Op dit moment zijn alle voorbereidingen van het toedelingsproces achter de rug en kan men in TransCAD een evenwichtstoedeling uitvoeren. Om de evenwichtstoedeling uit te voeren opent men het aanbodsnetwerk van het gemotoriseerde verkeer

"aanbodsnetwerk_gem_verkeer.dbd" en de HB-matrix van het gemotoriseerde verkeer.

In dit voorbeeld zal de HB-matrix van het gemotoriseerde verkeer (variant zonder aanpassing zwakke weggebruiker) worden geopend. De evenwichtstoedeling kan op volledig analoge wijze worden uitgevoerd voor de andere variant.

Vervolgens zorgt men ervoor dat het aanbodsnetwerk ("NET_VLAANDEREN") actief is in de drop down box en gaat men naar "planning_traffic assignment". Er opent zich nu een venster waarin wordt gevraagd welk netwerk er mag worden geopend. Men selecteert hier het bestand "netwerk_gemotoriseerd_verkeer.net". Vervolgens opent zich een venster met de "network settings". De instellingen staan hier standaard goed ingesteld waardoor men kan bevestigen door op "ok" te klikken. Hierna komt volgend scherm te voorschijn dat men invult zoals aangegeven op de volgende pagina.



Figuur 23: evenwichtstoedeling

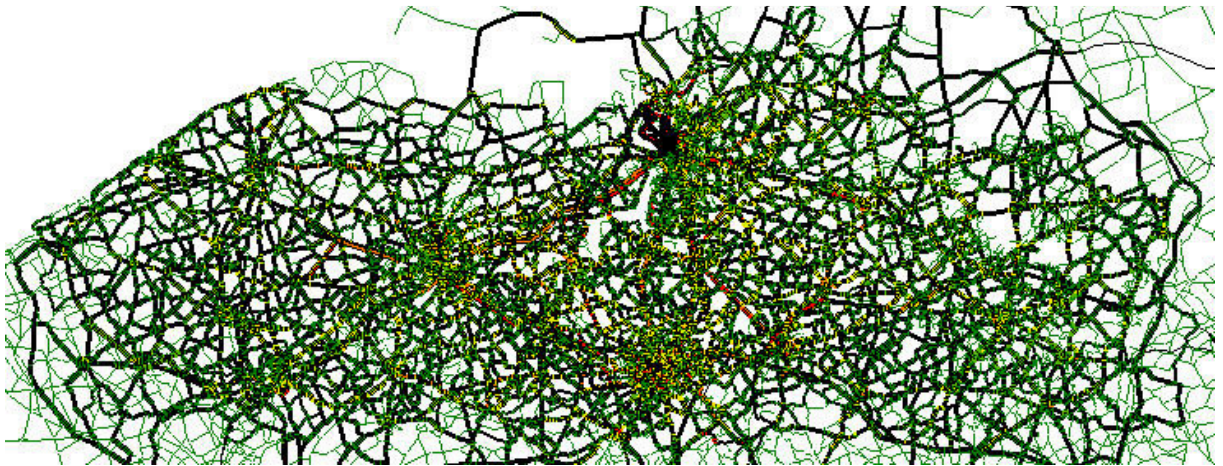
Wanneer men nu op "ok" klikt, kan men een locatie selecteren om het resultaat op te slaan. Vervolgens begint TransCAD met de toedeling.

Wanneer men een evenwichtstoedeling wil uitvoeren voor de andere variant van de matrix van het gemotoriseerde verkeer, volstaat het om vorige stappen te herhalen en in het laatste kadertje (figuur 13: evenwichtstoedeling) de variant matrix te selecteren als matrix. De voorwaarde hierbij is wel dat deze variant matrix al is geopend in TransCAD.

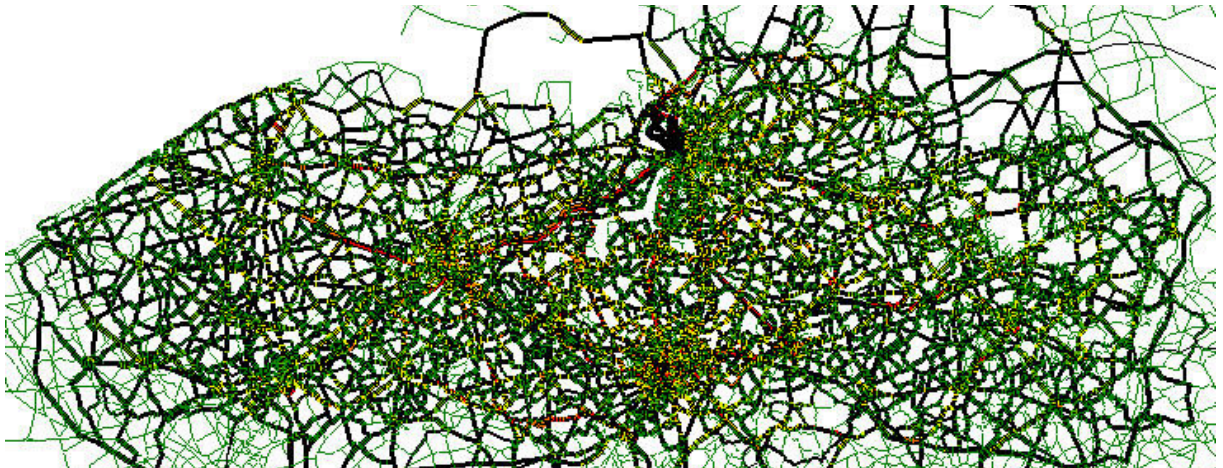
c) Resultaten van de evenwichtstoedeling

De resultaten van de toedeling kan men terugvinden in het bestand dat zonet door TransCAD werd aangemaakt. De resultaten uit dit voorbeeld kan men terugvinden onder de bestandsnaam "evenwichtstoedeling_gem_verkeer_zonder_aanp_ZW.bin". De resultaten zijn vervat in een tabel waarbij het volume op alle netwerklinks is berekend. Verder zijn er ook nog tal van andere gegevens berekend zoals de reistijd (rekeninghoudend met de capaciteit), de volume/capaciteit verhouding,...

Op de volgende pagina is voor iedere variant van de HB-matrix van het gemotoriseerd verkeer, een kaart aangemaakt waar men een inzicht krijgt over de intensiteiten in de ochtendspits, volgens de gegevens uit het model.

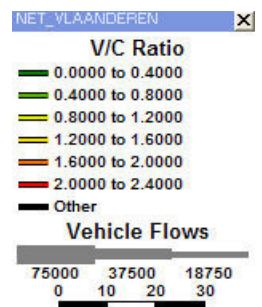


Figuur 24: flow_map gem. verkeer zonder aanp. ZW



Figuur 25: flow_map gem. verkeer met aanp. ZW

In de bovenstaande figuren kan men de invloed van het personenverkeer zien op het wegennetwerk. Vanaf een V/C ratio van 0,8 kan men spreken dat file zich stilaan begint te vormen. Bij de interpretatie van de resultaten moet men zich er van bewust zijn dat dit enkel over de personenverplaatsingen gaan (auto's en moto's). Vrachtverkeer en doorgaand verkeer is hier niet meegerekend. Zoals men ziet is het wegennetwerk van figuur 21 iets minder belast dan het wegennetwerk van figuur 22.



Figuur 26: legende

Dit is geen verrassing aangezien de methodiek uit stap 3, die een aanpassing uitvoert bij de zwakke weggebruikers, een grote stijging van het aantal voertuigkilometers (van het gemotoriseerde verkeer) met zich meebrengt (zie stap 3).

2. Alles of niets toedeling

De alles of niets toedeling is de eenvoudigste manier om een toedeling uit te voeren. Om deze toedeling toe te passen heeft men 3 dingen nodig: een aanbodsnetwerk, een netwerk en een HB-matrix.

Het aanbodsnetwerk en het netwerk voor het gemotoriseerde verkeer is al aangemaakt voor de evenwichtstoedeling. Deze gegevens kunnen worden overgenomen voor het uitvoeren van de alles of niets toedeling.

Voor de zwakke weggebruikers moet er nog een aanbodsnetwerk en een netwerk worden gecreëerd. Dit kan men doen door de 4 stappen uit bijlage 1 te volgen. Het aanbodsnetwerk zal voor de zwakke weggebruikers worden opgebouwd uit linktypes 3 tot en met 9 en linktype 17. Hierbij gaat men er vanuit dat fiets- en voetgangersverkeer is toegestaan op alle grote N-wegen. Dit is in de praktijk echter niet altijd het geval.

De HB-matrices van het gemotoriseerde verkeer zijn dankzij de evenwichtstoedeling al geïmporteerd in TransCAD. De HB-matrices van de zwakke weggebruikers kan men op analoge wijze importeren. Deze matrices zijn al berekend in het vervoerswijzekeuzemodel en moeten dus niet worden samengesteld uit meerdere matrices zoals dat bij het gemotoriseerde verkeer het geval was.

De alles of niets toedeling voert men uit als volgt:

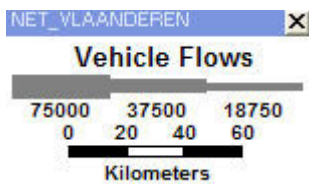
- Men opent het aanbodsnetwerk
- Men gaat naar "planning_traffic assignment"
- Men selecteert het juiste netwerk (indien dit nog niet is geopend)
- In het kadertje dat hierop verschijnt vult men alles in zoals aangegeven in de volgende figuur.

Field	Value
Line Layer	NET_VLAANDEREN
Network File	...ERK_ZWAKKE_WEGGEBRUIKERS.NET
Method	All or Nothing
Matrix File	vvkmodel resultaten_input trans Matrix Fil
Matrix	ZW_aanp ZW
Time	Length
Alpha	[Dropdown]
Beta	[Dropdown]
Preload	[Dropdown]
Iterations	20
Convergence	0.0100
Alpha	0.15
Beta	4.00
Error	5.0000

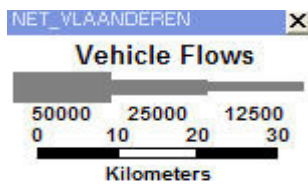
Figuur 27: alles of niets toedeling

Op de figuur uit de vorige pagina, staat het veld "time" als criterium waarop de route wordt bepaald. De route met de kortste reistijd/verplaatsingsafstand/kost wordt telkens de route waarop alle verplaatsingen plaatsvinden. Voor het gemotoriseerd verkeer wordt er het veld "tijd" geselecteerd voor "time". Voor de zwakke weggebruikers wordt er het veld "length" geselecteerd voor "time". De verklaring hiervoor is dat de reistijd voor de zwakke weggebruiker zeer moeilijk in te schatten is. Daarom is er voor de afstand geopteerd omdat de tijd hier rechtstreeks vanaf hangt bij de zwakke weggebruikers. Dit komt omdat de zwakke weggebruikers zo goed als geen last ondervinden van capaciteitsproblemen. Voor het gemotoriseerd verkeer ligt dit anders. Hier kan men niet zomaar op de afstand afgaan omdat men hier op sommige plaatsen met capaciteitsproblemen te maken heeft. De reistijd -gegeven een netwerk met een beperkte capaciteit- is dan meer realistisch als criterium, om alle verplaatsingen aan toe te wijzen.

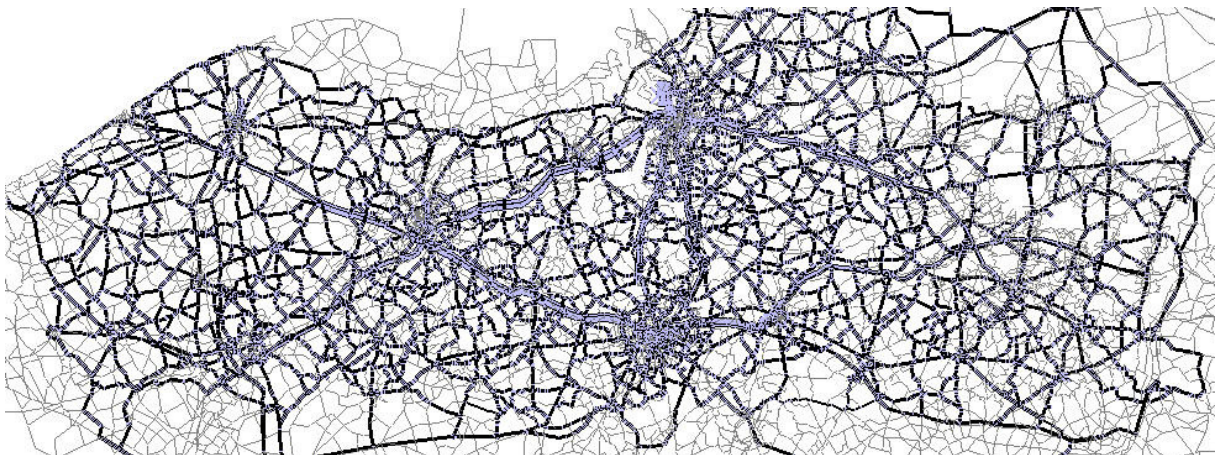
De resultaten zien eruit als volgt:



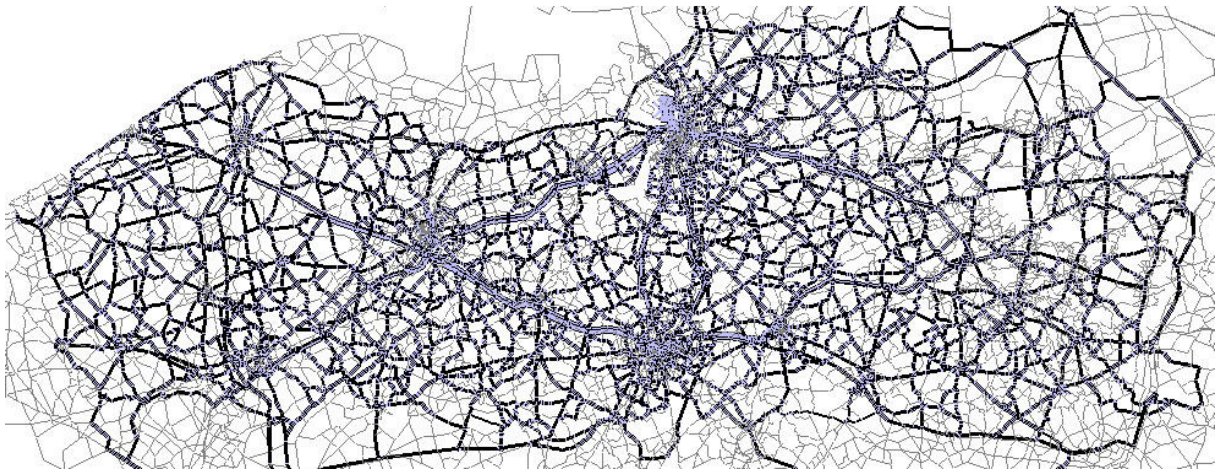
Figuur 29: legende gemotoriseerd verkeer



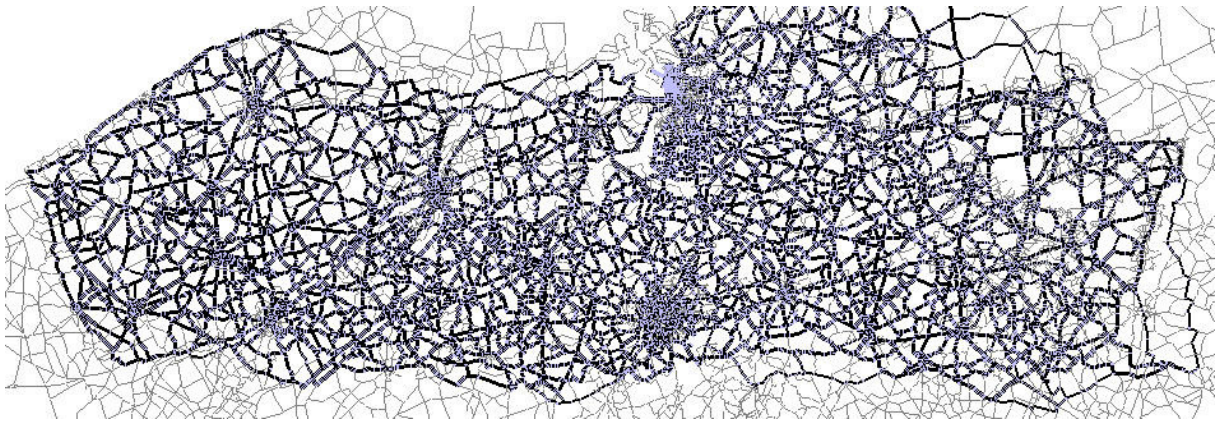
Figuur 28: legende zwakke weggebruikers



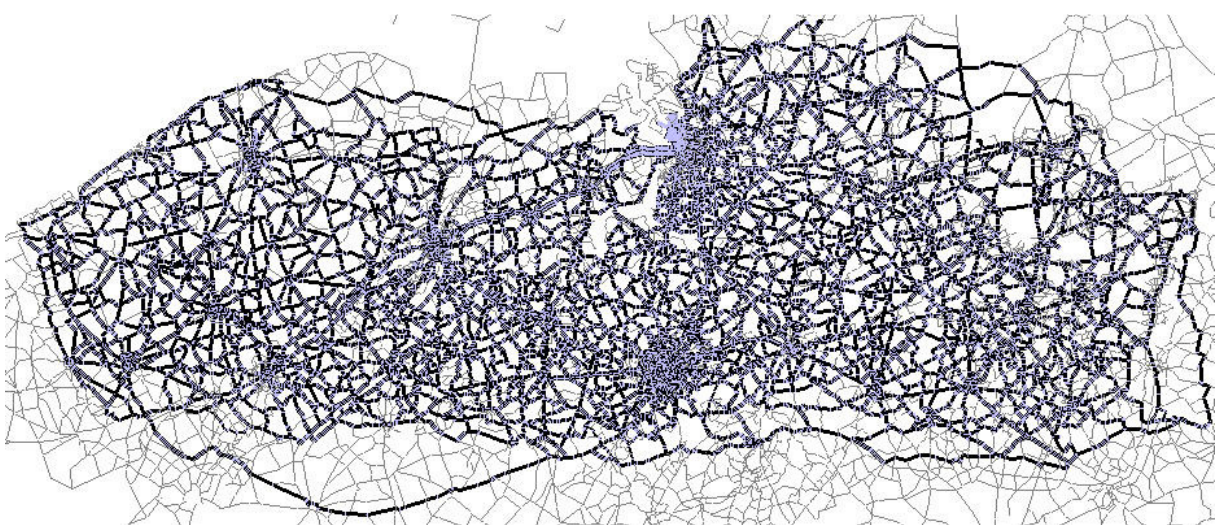
Figuur 30: gemotoriseerd verkeer variant met aanpassing zwakke weggebruikers



Figuur 31: gemotoriseerd verkeer variant zonder aanpassing zwakke weggebruikers



Figuur 32: zwakke weggebruikers variant met aanpassing zwakke weggebruikers



Figuur 33: zwakke weggebruikers variant zonder aanpassing zwakke weggebruikers

Wanneer men de resultaten bekijkt, kan men het vermoeden uit stap 3 nogmaals bevestigen. Wanneer men een aanpassing doet voor de zwakke weggebruikers, worden er meer kilometers geproduceerd door het gemotoriseerd verkeer. Men kan dan ook zien dat een aantal linken dikker zijn in figuur 27 dan in figuur 28. Anderzijds kan men zien dat de verplaatsingen van de zwakke weggebruiker al iets realistischer zijn benaderd wanneer men een aanpassing voor de zwakke weggebruikers uitvoert. Zo kan men zien op figuur 29 dat het verkeer zich meer rond de zones situeert.

F. Bespreking van de resultaten

Dit hoofdstuk heeft tot doel om te kijken in welke mate de voorspelde resultaten de werkelijkheid benaderen. Zoals reeds besproken in het ritdistributiemodel en het vervoerswijzekeuzemodel, zal er een overschatting worden verwacht van het aantal voertuigkilometers. Dit was het rechtstreekse gevolg van de aanname dat interne zoneverplaatsingen worden verrekend als verplaatsingen tussen twee verschillende zones. Om te weten hoe groot deze overschatting zou kunnen zijn, zal er in een eerste deel een vereenvoudigde nabootsing zijn van interne verplaatsingen die worden beschouwd als verplaatsingen tussen twee verschillende zones. Vervolgens zal er in een tweede deel worden gezocht naar gegevens over de werkelijkheid en zal er worden vergeleken of dat deze overeenkomen met de voorspellingen, rekeninghoudend met een overschattingsfactor die in het eerste deel van dit hoofdstuk zal worden berekend.

1. De overschattingsfactor van de voorspellingen

Om een idee te krijgen in welke mate het verkeersmodel de werkelijk afgelegde kilometers overschat, zal er getracht worden om een vergelijking te maken tussen een situatie waarbij de interne verplaatsingen worden geacht intern te blijven en een situatie waarbij de interne verplaatsingen worden geacht plaats te vinden tussen twee verschillende zones. Deze vergelijking gaat als volgt. Eerst wordt er een fictief raster van 225 zones geconstrueerd.

D-matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	14	13	12	11	10	9	8	7	8	9	10	11	12	13	14
2	13	12	11	10	9	8	7	6	7	8	9	10	11	12	13
3	12	11	10	9	8	7	6	5	6	7	8	9	10	11	12
4	11	10	9	8	7	6	5	4	5	6	7	8	9	10	11
5	10	9	8	7	6	5	4	3	4	5	6	7	8	9	10
6	9	8	7	6	5	4	3	2	3	4	5	6	7	8	9
7	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8
8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8
10	9	8	7	6	5	4	3	2	3	4	5	6	7	8	9
11	10	9	8	7	6	5	4	3	4	5	6	7	8	9	10
12	11	10	9	8	7	6	5	4	5	6	7	8	9	10	11
13	12	11	10	9	8	7	6	5	6	7	8	9	10	11	12
14	13	12	11	10	9	8	7	6	7	8	9	10	11	12	13
15	14	13	12	11	10	9	8	7	8	9	10	11	12	13	14

Figuur 34: Afstandsmatrix

Dit fictieve raster bestaat uit een centrale zone (in het rood) en 224 omliggende zones. Om een overzicht te bewaren, zijn er coördinaten toegevoegd aan het raster. Deze staan in de grijze vakjes. De coördinaten van de centrale zone zijn bijgevolg dus (8,8). De waarden in de verschillende zones staan voor de afstand van de zones tot de centrale zone. Bij het bepalen van deze afstanden is er vanuit gegaan dat elke zone de vorm van een vierkant aanneemt en een oppervlakte gelijk aan 1. Ook wordt er vanuit gegaan dat men zich enkel horizontaal en/of verticaal kan verplaatsen. Diagonale bewegingen zijn dus niet mogelijk.

Vervolgens wordt de kostenfunctie bepaald voor elke cel. De kostenfunctie drukt de weerstand uit die de mensen ondervinden bij het uitvoeren van een verplaatsing tussen een zone en de centrale zone. Hoe hoger de kost, hoe moeilijker men er kan geraken. De kostenfunctie is hetzelfde als in het traditioneel verkeersmodel van deze thesis. ($K = D_{ij}^{-2}$).

K-matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
5	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
6	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.11	0.25	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
7	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.11	0.25	1.00	0.25	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
8	0.02	0.03	0.04	0.06	0.11	0.25	1.00	0.00	1.00	0.25	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02
9	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.11	0.25	1.00	0.25	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
10	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.11	0.25	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
11	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
12	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
15	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Figuur 35: kostenmatrix

Vervolgens wordt elke kost omgezet in een percentage (van de som van alle kosten).

Kp-matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.18	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
2	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.18	0.24	0.18	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05
3	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.18	0.24	0.35	0.24	0.18	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06
4	0.07	0.09	0.11	0.13	0.18	0.24	0.35	0.54	0.35	0.24	0.18	0.13	0.11	0.09	0.07
5	0.09	0.11	0.13	0.18	0.24	0.35	0.54	0.96	0.54	0.35	0.24	0.18	0.13	0.11	0.09
6	0.11	0.13	0.18	0.24	0.35	0.54	0.96	2.16	0.96	0.54	0.35	0.24	0.18	0.13	0.11
7	0.13	0.18	0.24	0.35	0.54	0.96	2.16	8.63	2.16	0.96	0.54	0.35	0.24	0.18	0.13
8	0.18	0.24	0.35	0.54	0.96	2.16	8.63	0.00	8.63	2.16	0.96	0.54	0.35	0.24	0.18
9	0.13	0.18	0.24	0.35	0.54	0.96	2.16	8.63	2.16	0.96	0.54	0.35	0.24	0.18	0.13
10	0.11	0.13	0.18	0.24	0.35	0.54	0.96	2.16	0.96	0.54	0.35	0.24	0.18	0.13	0.11
11	0.09	0.11	0.13	0.18	0.24	0.35	0.54	0.96	0.54	0.35	0.24	0.18	0.13	0.11	0.09
12	0.07	0.09	0.11	0.13	0.18	0.24	0.35	0.54	0.35	0.24	0.18	0.13	0.11	0.09	0.07
13	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.18	0.24	0.35	0.24	0.18	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06
14	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.18	0.24	0.18	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05
15	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.18	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04

Figuur 36: kostenmatrix in procent

Daarna wordt er een basismatrix gecreëerd. Hierbij gaat men er vanuit dat in elke zone een oneindig aantal verplaatsingen kunnen aankomen. In totaal zullen er 500 verplaatsingen vertrekken uit de centrale zone. In de eerste situatie (B-matrix_1) gaat men er vanuit dat interne verplaatsingen zich voordoen tussen twee verschillende zones. In de tweede situatie (B-matrix_2) blijven interne verplaatsingen zich afspelen in de centrale zone. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat 55% van de verplaatsingen interne zoneverplaatsingen zijn. Dit percentage is gekozen met volgende 2 gegevens in het achterhoofd. Zo zou dit percentage volgens een studie, uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (E. Zwerts, 2003) in de praktijk variëren tussen de 30 à 70 procent. Ten tweede zou 55% van alle verplaatsingen zich over een afstand van minder dan 5 km afspelen (Vlaamse Gemeenschap, 2001).

B-matrix_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
4	0	0	1	1	1	1	2	3	2	1	1	1	1	0	0
5	0	1	1	1	1	2	3	5	3	2	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	2	3	5	11	5	3	2	1	1	1	1
7	1	1	1	2	3	5	11	43	11	5	3	2	1	1	1
8	1	1	2	3	5	11	43	0	43	11	5	3	2	1	1
9	1	1	1	2	3	5	11	43	11	5	3	2	1	1	1
10	1	1	1	1	2	3	5	11	5	3	2	1	1	1	1
11	0	1	1	1	1	2	3	5	3	2	1	1	1	1	0
12	0	0	1	1	1	1	2	3	2	1	1	1	1	0	0
13	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0
14	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

Figuur 37: basismatrix 1

B-matrix_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0
6	0	0	0	1	1	1	2	5	2	1	1	1	0	0	0
7	0	0	1	1	1	2	5	19	5	2	1	1	1	0	0
8	0	1	1	1	2	5	19	275	19	5	2	1	1	1	0
9	0	0	1	1	1	2	5	19	5	2	1	1	1	0	0
10	0	0	0	1	1	1	2	5	2	1	1	1	0	0	0
11	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figuur 38: basismatrix 2

Tenslotte wordt de totaal afgelegde afstand voor beide situaties berekend. Voor de situatie waarbij de interne verplaatsingen worden beschouwd als verplaatsingen tussen 2 verschillende zones, resulteert dit in figuur "R-matrix_1". Voor de andere situatie is het resultaat vervat in figuur "R-matrix_2".

R-matrix_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3.1	3.3	3.6	3.9	4.3	4.8	5.4	6.2	5.4	4.8	4.3	3.9	3.6	3.3	3.1
2	3.3	3.6	3.9	4.3	4.8	5.4	6.2	7.2	6.2	5.4	4.8	4.3	3.9	3.6	3.3
3	3.6	3.9	4.3	4.8	5.4	6.2	7.2	8.6	7.2	6.2	5.4	4.8	4.3	3.9	3.6
4	3.9	4.3	4.8	5.4	6.2	7.2	8.6	10.8	8.6	7.2	6.2	5.4	4.8	4.3	3.9
5	4.3	4.8	5.4	6.2	7.2	8.6	10.8	14.4	10.8	8.6	7.2	6.2	5.4	4.8	4.3
6	4.8	5.4	6.2	7.2	8.6	10.8	14.4	21.6	14.4	10.8	8.6	7.2	6.2	5.4	4.8
7	5.4	6.2	7.2	8.6	10.8	14.4	21.6	43.1	21.6	14.4	10.8	8.6	7.2	6.2	5.4
8	6.2	7.2	8.6	10.8	14.4	21.6	43.1	0.0	43.1	21.6	14.4	10.8	8.6	7.2	6.2
9	5.4	6.2	7.2	8.6	10.8	14.4	21.6	43.1	21.6	14.4	10.8	8.6	7.2	6.2	5.4
10	4.8	5.4	6.2	7.2	8.6	10.8	14.4	21.6	14.4	10.8	8.6	7.2	6.2	5.4	4.8
11	4.3	4.8	5.4	6.2	7.2	8.6	10.8	14.4	10.8	8.6	7.2	6.2	5.4	4.8	4.3
12	3.9	4.3	4.8	5.4	6.2	7.2	8.6	10.8	8.6	7.2	6.2	5.4	4.8	4.3	3.9
13	3.6	3.9	4.3	4.8	5.4	6.2	7.2	8.6	7.2	6.2	5.4	4.8	4.3	3.9	3.6
14	3.3	3.6	3.9	4.3	4.8	5.4	6.2	7.2	6.2	5.4	4.8	4.3	3.9	3.6	3.3
15	3.1	3.3	3.6	3.9	4.3	4.8	5.4	6.2	5.4	4.8	4.3	3.9	3.6	3.3	3.1

Figuur 39: resulterende matrix 1

R-matrix_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.2	2.4	2.8	2.4	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4
2	1.5	1.6	1.8	1.9	2.2	2.4	2.8	3.2	2.8	2.4	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5
3	1.6	1.8	1.9	2.2	2.4	2.8	3.2	3.9	3.2	2.8	2.4	2.2	1.9	1.8	1.6
4	1.8	1.9	2.2	2.4	2.8	3.2	3.9	4.9	3.9	3.2	2.8	2.4	2.2	1.9	1.8
5	1.9	2.2	2.4	2.8	3.2	3.9	4.9	6.5	4.9	3.9	3.2	2.8	2.4	2.2	1.9
6	2.2	2.4	2.8	3.2	3.9	4.9	6.5	9.7	6.5	4.9	3.9	3.2	2.8	2.4	2.2
7	2.4	2.8	3.2	3.9	4.9	6.5	9.7	19.4	9.7	6.5	4.9	3.9	3.2	2.8	2.4
8	2.8	3.2	3.9	4.9	6.5	9.7	19.4	68.8	19.4	9.7	6.5	4.9	3.9	3.2	2.8
9	2.4	2.8	3.2	3.9	4.9	6.5	9.7	19.4	9.7	6.5	4.9	3.9	3.2	2.8	2.4
10	2.2	2.4	2.8	3.2	3.9	4.9	6.5	9.7	6.5	4.9	3.9	3.2	2.8	2.4	2.2
11	1.9	2.2	2.4	2.8	3.2	3.9	4.9	6.5	4.9	3.9	3.2	2.8	2.4	2.2	1.9
12	1.8	1.9	2.2	2.4	2.8	3.2	3.9	4.9	3.9	3.2	2.8	2.4	2.2	1.9	1.8
13	1.6	1.8	1.9	2.2	2.4	2.8	3.2	3.9	3.2	2.8	2.4	2.2	1.9	1.8	1.6
14	1.5	1.6	1.8	1.9	2.2	2.4	2.8	3.2	2.8	2.4	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5
15	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.2	2.4	2.8	2.4	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4

Figuur 40: resulterende matrix 2

Bij de 2^{de} situatie is men ervan uitgegaan dat de gemiddelde afstand van de interne zoneverplaatsingen gelijk is aan 0,25. Hierbij stelt men dat de mensen in deze zone zijn gevestigd volgens een gespreid patroon met een toenemende dichtheid naar het centrum toe. De gemiddelde afstand tot het middelpunt van de zone, gegeven een zoneoppervlakte van 1, wordt aangenomen gelijk te zijn aan 0,25.

Wanneer men de afstanden in beide matrices sommeert, bekomt men de totaal afgelegde afstand voor respectievelijk situatie 1 en 2. Het delen van de totaal afgelegde afstand uit de eerste situatie door de totaal afgelegde afstand uit de tweede situatie is dan de overschattingsfactor die optreedt wanneer men interne zoneverplaatsingen gaat beschouwen als verplaatsingen tussen twee verschillende zones.

De overschattingsfactor is hier gelijk aan 2,04.

Het spreekt voor zich dat deze overschattingsfactor niet overal hetzelfde is. Deze factor hangt af van een aantal parameters. Zo zal een andere kostenfunctie leiden tot een andere overschattingsfactor en zal de afstandsmatrix ook een invloed hebben op de overschattingsfactor. Algemeen kan men voorzichtig aannemen dat deze overschattingsfactor de minimale overschattingsfactor is, gegeven de gehanteerde kostenfunctie.

Deze veronderstelling is gebaseerd op het beperkt aantal aankomsten in de verschillende zones. Deze beperking is in de praktijk de mate waarin bepaalde functies aanwezig zijn in een bepaalde zone.

Hierbij denkt men dan vooral aan aantal arbeidsplaatsen, aantal winkels, aantal scholen, aantal recreatieve mogelijkheden, ... Hierdoor zullen sommige verplaatsingen naar verder gelegen zones verlopen waardoor het aantal voertuigkilometers stijgt.

2. Vergelijking van de voertuigprestaties en de overschattingsfactor

Om te kijken of dat de modelresultaten overeenkomen met de werkelijkheid, rekeninghoudend met de overschattingsfactor, zullen de voertuigprestaties worden bepaald. Het totaal aantal afgelegde kilometers door het gemotoriseerd verkeer (auto's en moto's) zal worden bepaald in het verkeersmodel. Vervolgens zal dit vergeleken worden met de cijfers over voertuigprestaties berekend op basis van het OVG3 (Vlaamse overheid, 2008) en op basis van de statistieken van de studiedienst van de Vlaamse regering (studiedienst Vlaamse regering, 2007). De vergelijking zal enkel gebeuren voor de modelresultaten van het gemotoriseerd verkeer, waarbij er geen aanpassing is gebeurd voor de zwakke weggebruikers en waarbij een evenwichtstoedeling is uitgevoerd.

a) Bepalen van de voertuigprestaties uit het verkeersmodel

De voertuigprestaties zijn op vrij eenvoudige wijze uit het verkeersmodel te berekenen.

Eerst opent men de resultaten van het verkeersmodel

("evenwichtstoedeling_gem_verkeer_zonder_aanp_ZW.bin"). Vervolgens opent men de dataview van het aanbodsnetwerk van het gemotoriseerd verkeer

("aanbodsnetwerk_gem_verkeer.dbd"). Vervolgens gaat men naar "dataview_join" en

voegt men de datatabellen van beide bestanden bij elkaar. Deze samengevoegde tabel slaat men op onder de naam vervoersprestaties met als bestandstype (bijvoorbeeld)

".bin". Vervolgens opent men het bestand "vervoersprestaties.bin" en voegt men een

nieuwe kolom toe aan de dataview via "dataview_modify table". Deze kolom noemt men

vervoersprestaties. Als deze kolom is aangemaakt, vult men deze door middel van de

formule (rechtersmuisknop op de kolom en dan "fill"): "length * max_flow". Wanneer de

kolom gevuld is gaat men naar "dataview_statistics" waar men bij "vervoersprestaties" het totaal afgelegde kilometers kan terugvinden (onder de kolom "sum"). Deze

vervoersprestaties zijn van toepassing tussen 8h en 9h.

Om deze om te rekenen naar een dagtotaal volstaat het om in het ritgeneratiemodel het dagaandeel van dit tijdsinterval op te zoeken. Dit blijkt 8,84% te zijn. Wanneer men het aantal voertuigkilometers deelt door dit percentage, komt men het aantal voertuigkilometers voor een werkweekdag uit.

b) Bepalen van het aantal voertuigkilometers uit het OVG3

Het aantal voertuigkilometers uit het OVG3 is bepaald aan de hand van de volgende formule.

voertuigkilometers (gewest)

= aantal inwoners (gewest)

** gemiddeld aantal kilometers per persoon per dag (respondentenniveau)*

** modal split van de voertuigkilometers voor autobestuurders en moto's*

c) Bepalen van het aantal voertuigkilometers uit de statistieken van de Vlaamse overheid
Deze statistieken kan men voor zowel het Brussels Hoofdstedelijk Gewest als voor het Vlaamse gewest terugvinden op de site van de studiedienst van de Vlaamse regering (studiedienst Vlaamse regering, 2007). Het enige wat men nog moet doen is het aantal voertuigkilometers van de moto's optellen met het aantal voertuigkilometers van de auto's.

d) Vergelijking van de gegevens

In de volgende tabel heeft men het resultaat van alle voorgaande berekeningen.

Tabel 14: voertuigprestaties

gewest	FOD	OVG3	model
Vlaanderen	46.04	47.3	
Brussel	3.363	7.9	
totaal	49.41	55.20	150.7

De cijfers in bovenstaande tabel zijn uitgedrukt in miljard aantal voertuigkilometers op jaarbasis. Voor de voertuigprestaties vanuit het OVG3 en uit het model, zijn de gegevens vermenigvuldigd met 365 (aantal dagen in een jaar). Hierbij is er aangenomen dat de gegevens vanuit het model en uit het OVG3 gelden voor een gemiddelde dag.

Indien men op basis hiervan de overschattingsfactor bepaalt, bekomt men volgende gegevens.

Tabel 15: overschattingsfactor

overschattingsfactor:	
model/FOD	3.05024
model/OVG3	2.73007

In het begin werd er verondersteld een minimale overschattingsfactor te hebben van 2,04. De overschattingsfactor van 2.7 à 3.05 ligt hier nog een stuk boven. De overschattingsfactor "model/FOD" is normaal gezien nog iets hoger omdat het buitenlands personenverkeer niet uit de gegevens is gefilterd. Wel kan men vaststellen dat het verschil in aantal voertuigkilometers voor Vlaanderen relatief klein is voor wat de cijfers van het FOD (Vlaamse studiedienst) en het OVG3 betreft, dit in tegenstelling tot Brussel. De reden hiervoor is dat men er in het begin vanuit is gegaan, dat de inwoners van Brussel zich op gelijkaardige wijze verplaatsen als de inwoners van Vlaamse Brabant. Dit is in de praktijk echter niet het geval. Bovendien mag men het effect van het beperkt aantal aankomsten in de zones niet onderschatten. Nader onderzoek zou kunnen uitwijzen of het verschil in de overschattingsfactoren (+/- 0,7) te verklaren valt door dit effect.

Hoofdstuk III Algemene conclusies

Er kan worden geconcludeerd dat het geconstrueerde model een goede weergave geeft van de moeilijkheden en valkuilen die opduiken bij het opstellen van een traditioneel verkeersmodel. Gezien de beperkte data, kan men spreken van een vrij goed ritgeneratiemodel. Deze thesis heeft een duidelijk inzicht gegeven in het belang van het omspringen met interne zones. Het effect dat er optreedt indien men de interne zone verplaatsingen beschouwt als verplaatsingen tussen twee verschillende zones, is zeer groot en leidt tot een grote overschattingsfactor in het aantal voertuigkilometers met een vertekende weergave over de reeds bereikte capaciteit op het wegennetwerk. Tijdens het vervoerswijzekeuzemodel is er een methode bedacht om een realistischer beeld te verkrijgen voor de zwakke weggebruikers. Deze methode kan een meerwaarde betekenen, gegeven dat het zwaartekrachtmodel goed omspringt met de interne zoneverplaatsingen.

Bovendien is er ook uitgelegd hoe men deze methodiek verder zou kunnen verfijnen. Bij het toedelingsmodel geeft de evenwichtstoedeling een realistische weergave voor het gemotoriseerd verkeer, indien men rekening houdt met de overschattingsfactor, afkomstig uit het distributiemodel. De routes van de zwakke weggebruikers zijn redelijk goed te benaderen met een alles of niets toedeling, al zou een stochastische alles of niets toedeling hier een stevige meerwaarde kunnen bieden. Bovendien moet men –zeker bij voetgangers- goed opletten met de interpretatie van de modelresultaten van de zwakke weggebruikers. Een traditioneel verkeersmodel is een macroscopisch model en de zones zijn op gemeenteniveau.

Ten gevolge daarvan moet men er rekening mee houden dat de routes voor de zwakke weggebruiker niet in detail kunnen worden voorspeld.

Referenties

Bezembinder, E. (2009). *Het klassieke verkeersmodel*. Opgeroepen op 2010, van verkeersmodellering:

<http://www.verkeersmodellering.nl/informatie/introductie/klassiek.htm>

Bezembinder, E. (2009). *Wat is een verkeersmodel?* Opgeroepen op 2010, van

verkeermodellering: <http://www.verkeersmodellering.nl/informatie/introductie/watis.htm>

Brussels instituut voor statistiek en analyse. (2007). Opgeroepen op 2010, van

http://www.bruxelles.irisnet.be/nl/entreprises/maison/avant_de_commencer/n_donnees_statistiques/analyses_et_statistiques.shtml

Churchman, C. W., Arnoff, E. L., & Ackoff, L. R. (1957). *Introduction to operations research*.

E. Zwerts, E. N. (2003). *De invloed van stedelijkheid op de mobiliteit en de daarbij horende emissies*. Hasselt: Provinciale Hogeschool Limburg.

FOD Economie, afdeling statistiek, bevolkingsstatistieken. (2007, Januari 1). Bevolking en bevolkingsdichtheid per gemeente. Brussel, België.

Goudappel Coffeng. (2008, Juli 9). *Verkeersmodel GGA regio. 's-Hertogenbosch 2004, 2015 en 2020. Technische rapportage*. Opgeroepen op 2010, van <http://www.s-hertogenbosch.nl>: <http://www.s-hertogenbosch.nl/cms/attachments/AB07CBA5-D2EC-FC48-B1CF446ADC0BF520.pdf>

IMOB. (2010). AB-modellen. Limburg, België.

IMOB. (2010, Maart). Datatabel OVG3. Diepenbeek, Limburg, België.

IMOB. (2008). *Onderzoek verplaatsingsgedrag 3*. Opgeroepen op 2010, van mobiel Vlaanderen: <http://www.mobielvlaanderen.be/ovg/ovg033.php?a=19&nav=4>

IMOB. (2007-2008). *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen 3*. Diepenbeek, Limburg, België.

Juan de Dios Ortuzar, L. G. (2006). *Modelling Transport*. West Sussex: Wiley.

studiedienst Vlaamse regering. (2007). *Excel tabellen*. Opgeroepen op 2010, van Vlaanderen: <http://www4.vlaanderen.be/dar/svr/Cijfers/Pages/Excel.aspx>

studiedienst Vlaamse regering, VVSG, VVP, ABB, RESOC, VGC. (2007). Opgeroepen op 2010, van Lokale statistieken: <http://www.lokalestatistieken.be>

VITO. (2004). *MIMOSA: a road emission model using average speeds from a multi-modal traffic flow model*. Belgium.

Vlaamse Gemeenschap. (2001). *Onderzoek Verplaatsingsgedrag 2*. Brussel.

Vlaamse overheid. (2008). *Rapport OVG Vlaanderen 3*. Opgeroepen op 2010, van Mobiel Vlaanderen: <http://www.mobielvlaanderen.be/ovg/ovg03.php?a=19&nav=10>

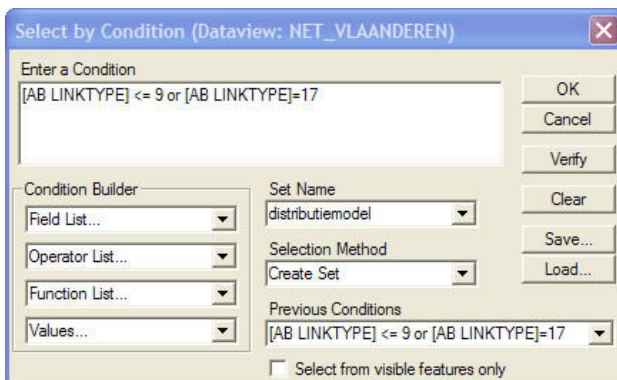
Bijlagen

Bijlage 1: ontwerpen van een aanbodsnetwerk

Bij het ontwerpen van een aanbodsnetwerk moet men steeds rekening houden met de vervoersmodi waarvoor men het netwerk ontwerpt. In dit voorbeeld zal het aanbodsnetwerk worden samengesteld, van waaruit de afstandsmatrix van het distributiemodel is berekend.

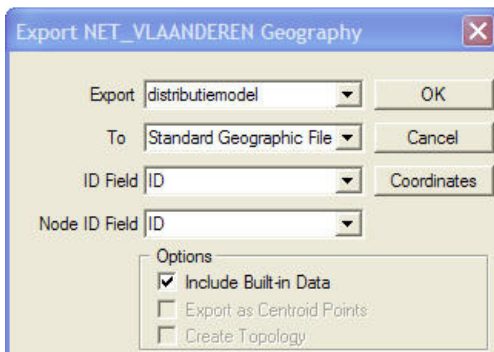
Stap 1: bepalen voor welke vervoersmodi het netwerk wordt ontworpen en hiervoor de juiste linktypes te selecteren.

Open "Netwerk_Vlaanderen.dbd" en ga vervolgens naar select_select by condition. Er verschijnt nu onderstaand kadertje. In dit kadertje worden de gewenste linktypes geselecteerd.



Figuur 41: selecteren linktypes

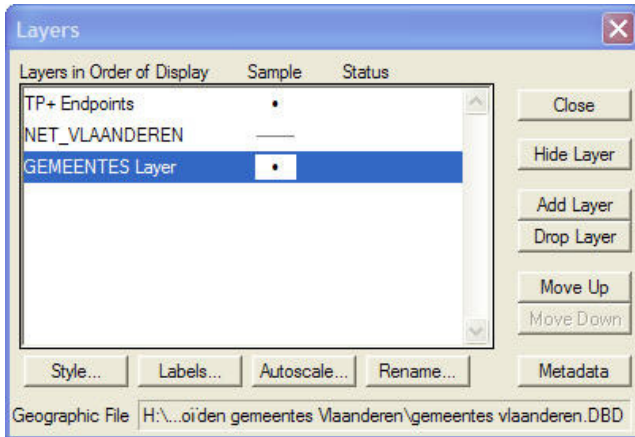
Deze selectie dient apart te worden bewaard. Dit doet men via tools_export. Er verschijnt dan een kadertje dat men best invult zoals hieronder aangegeven.



Figuur 42: exporteren selectie netwerk

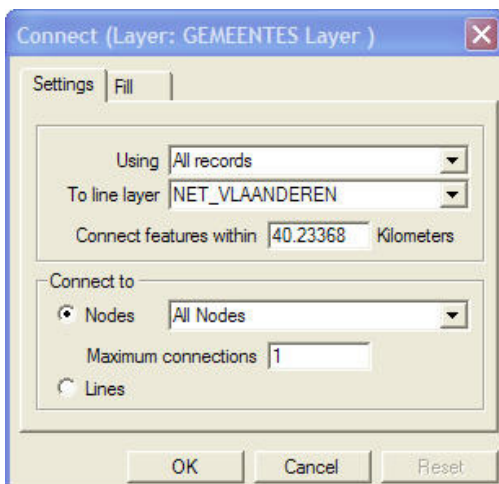
Stap 2: nieuwe netwerk – eindknopen maken op de exacte plaats van de centroïdes (het netwerk connecteren aan de centroïdes).

Bij deze stap vertrekt men vanuit het bestand "aanbodsnetwerk distributiemodel.dbd". Vervolgens gaat men naar map_layers en voegt men het bestand "gemeentes vlaanderen.dbd" toe (add layer). Vervolgens moet men de "TP+Endpoints" te voorschijn laten komen via de knop "unhide". Men krijgt nu volgend beeld te zien.



Figuur 43: layer gemeentes toevoegen

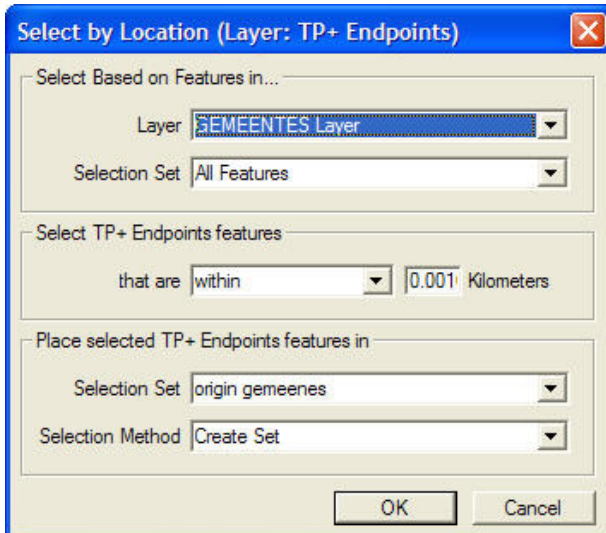
Nadat dit gebeurd is, verschijnt het aanbodsnetwerk met de verschillende centroïdes. Het komt er nu op neer de centroïdes aan te sluiten op het netwerk. Dit kan men doen via tools_map editing_connect. Er verschijnt nu een venster dat men best invult zoals hieronder aangegeven.



Figuur 44: centroïdes connecteren

Stap 3: de nieuwe eindknopen selecteren en apart opslaan.

Bij deze stap zorgt men ervoor dat de laag "TP+endpoints" actief is. Vervolgens gaat men naar "selection_select by location". Er verschijnt dan een kadertje dat men best invult als volgt.

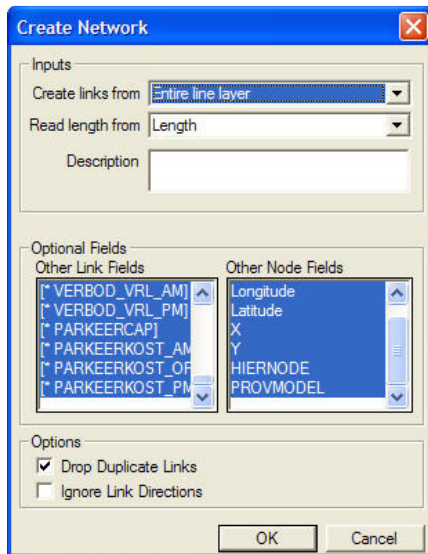


Figuur 45: origin gemeentes

Vervolgens gaat men naar "tools_export" en slaat men dit op als "origin_gemeentes.dbd".

Stap 4: een netwerk genereren tussen de nieuwe eindknopen (= locatie centroïdes gemeentes) op basis van kortste afstand/reistijd/...

In de laatste stap kan het netwerk worden gecreerd. Hiervoor zorgt men er voor dat de laag "netwerk Vlaanderen" actief is. Vervolgens gaat men naar "network/paths_create". Er verschijnt dan een kadertje dat men best invult als volgt.



Figuur 46: create network

Wanneer dit is gebeurd, vraagt TransCAD waar het netwerk mag worden opgeslaan. Men slaat dit netwerk op als (bijvoorbeeld) "netwerk_distributiemodel.net".

Auteursrechtelijke overeenkomst

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

Een traditioneel vierstapsmodel voor Vlaanderen

Richting: **master in de verkeerskunde-mobiliteitsmanagement**

Jaar: **2010**

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.

Voor akkoord,

Liebens, Joris

Datum: **27/05/2010**