OPBOUW MODELINSTRUMENT

MULTIMODAAL MODEL (MM) VERSIE 3.7.1

KALIBRATIE-MODULE VERSIE 3.7.1

Vlaanderen
is mobiliteit &
openbare werken

COLOFON			
Titel	**Opbouw modelinstrument Multimodaal Model (MM) versie 3.7.1**		
Dossiernummer	15232		
Dossierbeheerder	Departement MOW afdeling Beleid – Joris Liebens (02 553 15 49)		
Opgesteld door	Jan De Coster (MINT nv)		
	Kurt Verlinden (Significance bv)		
	Pieter Van Houwe (MINT nv)		
Gereviseerd door	Dana Borremans		
	Joris Liebens		
	Ynte Vanderhoydonc		
Versie	v1.1	Eerste versie	24/01/2018

//

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding 1

2 Opbouw Multimodaal Model (MM) 3

2.1 Algemeen 3

2.2 Modelsysteem in Cube application manager en scenario manager 3

3 Doorrekenproces 7

4 Detailprocessen MM-applicatie 8

4.1 Voorbereiding – netwerken 8

4.2 Voorbereiding – initialisatie 17

4.3 Vervoerwijzekeuze 23

4.4 Toedelen 54

5 Detailprocessen KALIBRATIE-module 63

5.1 Voorbereiding – netwerken 63

5.2 Voorbereiding – initialisatie 64

5.3 Kalibratie vrachtwagens 64

5.4 Kalibratie personenwagens en openbaar vervoer 68

1 INLEIDING

De afgelopen decennia heeft de Vlaamse overheid een aantal strategische verkeersmodellen ontwikkeld. Deze strategische verkeersmodellen kunnen onderverdeeld worden in 2 klassen:

- Provinciale verkeersmodellen: hierin ligt de focus op het personenverkeer, al wordt ook expliciet rekening gehouden met het vrachtverkeer over de weg. De meest recente versie van de provinciale verkeersmodellen is versie 3.7.1;
- Strategisch(e) vrachtmodel(len): in dit strategisch verkeersmodel wordt enkel vrachtverkeer beschouwd (weliswaar onderverdeeld in verschillende vervoersmodi).

De strategische personenmodellen van de derde generatie bestaan uit vijf stappen:

- Tripgeneratie (en tijdstipkeuze): hierbij wordt voor de beschouwde modelperiode berekend hoeveel verplaatsingen er in iedere verkeerszone vertrekken en aankomen.
- Tripdistributie: in deze stap worden de globale verplaatsingen per verkeerszone verdeeld over alle herkomsten en bestemmingen. Het resultaat hiervan zijn de globale verplaatsingsmatrices of herkomst-bestemmingsmatrices (HB-matrices).
- Vervoerwijzekeuze: in functie van de aantrekkelijkheid van de verschillende vervoersmodi worden de HB-matrices opgedeeld in verplaatsingsmatrices per vervoersmodus (autobestuurder, autopassagier, fiets, te voet en openbaar vervoer).
- Kalibratie: de HB-matrices voor autobestuurder (verkort auto) en openbaar vervoer (verkort OV) worden gekalibreerd in functie van de beschikbare verkeerstellingen.
- Toedeling of routekeuze: in de laatste stap worden de resulterende HB-matrices toegedeeld voor de verschillende vervoersmodi, met uitzondering van fiets en te voet.

In de structuur van de provinciale verkeersmodellen kunnen drie aparte modelinstrumenten onderscheiden worden:

- De BASMAT/GROEIMAT-module: dit is het vraagmodel waarmee de verplaatsingsmatrices voor het basisjaar en toekomstjaar berekend worden. Deze module wordt in het vervolg van dit rapport BASMAT/GROEIMAT genoemd en voert de eerste twee stappen uit.
- De MM-module: het eigenlijke multimodale modelinstrument waarin de vervoerwijzekeuze en de toedeling gebeuren. Deze module wordt in het vervolg van dit rapport gemakshalve verkort MM genoemd.
- De KALIBRATIE-module: deze module voert de kalibratiestap uit (verkort KALIBRATIE).

In deze nota wordt het modelinstrument MM versie 3.7.1 beschreven. Bovendien wordt de KALIBRATIE-module in deze nota toegelicht.

BASMAT/GROEIMAT berekent de vraagmatrices zowel voor een basisjaar als voor een toekomstjaar. Het betreft herkomst-bestemmingsmatrices (HB-matrices) waarin onderscheid wordt gemaakt naar vijf motieven en verschillende dagdelen. De vijf motieven zijn: werk, school, winkel, recreatief/sociaal bezoek en overig.

MM vertrekt van de HB-matrices voor de beschouwde referentiesituatie die in BASMAT zijn opgemaakt. MM bestaat uit een sterk uitgebouwd vervoerwijzekeuzemodel en een gedetailleerd toedelingsmodel. Ook de gebruikte parameters worden hierin fijngesteld, zodat de generieke resultaten van o.a. de modale en triplengteverdeling zo goed mogelijk aansluiten bij de beschikbare kencijfers voor Vlaanderen van de Onderzoeken Verplaatsingsgedrag (OVG's).

KALIBRATIE is een aparte module waarin de kalibratie van auto en OV enerzijds, en van lichte en zware vracht anderzijds, als structurele onderdelen worden ingeschoven.

De classificatie naar lichte en zware vrachtwagens is afhankelijk van de meettechniek. Dubbele slangtellingen meten bijvoorbeeld door middel van veranderingen in de luchtdruk het aantal assen en het aspatroon van de voertuigen die passeren. De lichte vrachtwagens zijn vrachtwagens met 2 of 3 assen. Er wordt verondersteld dat dit overeenstemt met vrachtwagens tussen 3,5 en 12 ton. De zware vrachtwagens zijn de vrachtwagens

met meer dan 3 assen, en dus met meer dan 12 ton. Anderzijds genereren dubbele lusdetectoren een magnetisch veld en herkennen deze de voertuigen aan de hand van een verstoring in het gegenereerde magnetisch veld als gevolg van de passerende hoeveelheid metaal waaruit een passerend voertuig bestaat. Hier gebeurt de classificatie naar lichte en zware vracht op basis van de voertuiglengte: lichte vrachtwagens hebben een lengte tussen 6,9 en 12 meter, en zware vrachtwagens zijn langer dan 12 meter. Deze lengtes zijn niet de exacte lengtes van de voertuigen aangezien enkel metaal gedetecteerd wordt (bijvoorbeeld bumpers van andere materialen worden niet meegenomen in deze lengte).

MM versie 3.7.1 verschilt niet veel van de vorige versie. De verschillen worden hieronder opgelijst:

- Invoergegevens
    - Kalibratiejaar 2013;
    - Toekomstjaar 2025;
    - Vrachtmatrices zijn herzien op basis van strategisch vrachtmodel Vlaanderen versie 4.1.1;
    - Voor de provincies Antwerpen en Oost-Vlaanderen zijn er een beperkt aantal extra zones toegevoegd in het netwerk.

- Modelmatig – MM
    - De modale keuze- en het kalibratieproces zijn uit elkaar getrokken in 2 aparte applicaties;
    - Bij de netwerkinitialisatie wordt rekening gehouden met een aangepast filelinkmodel;
    - De evenwichtscriteria van de autotoedeling zijn aangepast zodat het duidelijker is wanneer de toedeling in evenwicht is;
    - De parameters van het vervoerwijzekeuzemodel zijn in beperkte mate aangepast;
    - De kalibratieapplicatie is in beperkte mate aangepast naar confidenties van de tellingen. Daarnaast is er gebruik gemaakt van cordontellingen. Hierdoor is er eerder een globale matrixcorrectie uitgevoerd i.p.v. een gedetailleerde lokale kalibratie;
    - Er zijn een aantal aanpassingen gemaakt aan de modale keuze met betrekking tot het OV-gebruik. Het resultaat hiervan was dat er een hoger aandeel OV-gebruik is in stedelijke gebieden terwijl er een lager aandeel OV-gebruik is in de landelijke gebieden;
    - Er is gedetailleerder ingegaan op de resultaten van de 4 niet-klassieke uren (7u-8u, 12u-13u, 15u-16u, 16u-17u)[1] opdat deze ook nauwer aansluiten bij de gegevens uit OVG 3 en 4.

Dit rapport beschrijft de opbouw van het modelinstrument in detail en rapporteert de gevolgde algoritmes en processen. Naast dit rapport bestaat er ook een uitvoerig rapport voor BASMAT/GROEIMAT. Deze rapportage is terug te vinden op de volgende website http://www.mobielvlaanderen.be/verkeersmodellen/ en kan opgevraagd worden bij het team Verkeersmodellen van het Departement Mobiliteit en Openbare Werken van de Vlaamse overheid (verkeersmodellen@mow.vlaanderen.be).

[1] Typisch wordt er immers gefocust op het ochtendspitsuur 8u-9u en het avondspitsuur 17u-18u.

2 OPBOUW MULTIMODAAL MODEL (MM)

2.1 ALGEMEEN

Dit rapport beschrijft twee applicaties. De MM-applicatie versie 3.7.1 waarin de modale keuze en de toedelingen uitgevoerd worden, en de KALIBRATIE-applicatie versie 3.7.1 waarin de kalibratie van de vrachtwagens en personenwagens wordt uitgevoerd.

2.1.1 MM-APPLICATIE

In het multimodale modelinstrument gebeuren de vervoerwijzekeuze en de toedeling. Eerst worden de nodige netwerkvoorbereidingen getroffen en wordt het vraagmodel geïnitialiseerd. Vervolgens wordt de vervoerwijzekeuze uitgevoerd. De vervoerwijzekeuze wordt in een vraag-aanbodevenwicht gebracht met het netwerkmodel om zodoende congestie in rekening te brengen. In deze fase worden de kosten voor alle opgenomen modi berekend en uitgezet in een discreet keuzemodel. Tot slot worden de uiteindelijke netwerktoedelingen uitgevoerd. Hierbij wordt er een standaardrapportage opgemaakt. Op zich zijn deze resultaten enkel nodig ter validatie van de modelopbouw en –resultaten. De feitelijke berekeningen en inhoudelijke resultaatanalyses gebeuren immers in het rekenmodel.

2.1.2 KALIBRATIE-APPLICATIE

De HB-matrices voor personenwagens, vrachtwagens en openbaar vervoer worden gekalibreerd in functie van de beschikbare tellingen. Eerst worden de nodige netwerkvoorbereidingen getroffen en wordt het vraagmodel geïnitialiseerd. Vervolgens wordt de kalibratie van de vrachtwagens uitgevoerd. Dit gebeurt afzonderlijk voor lichte en zware vrachtwagens.

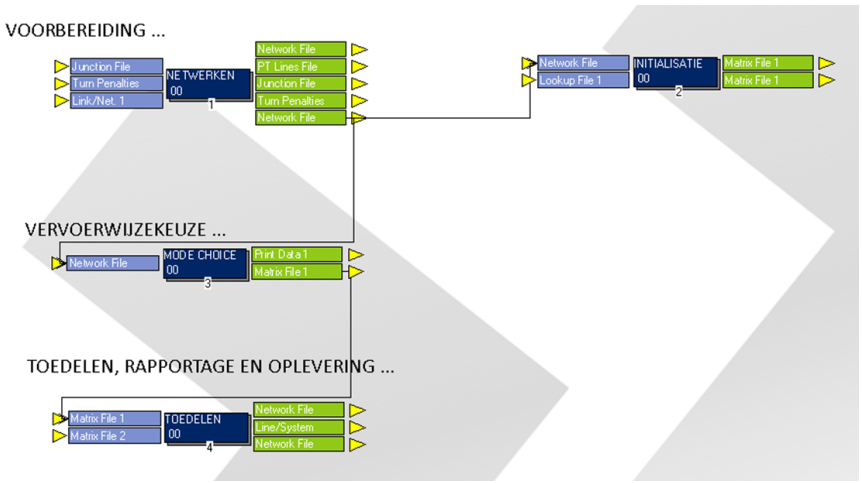
Tot slot is er een volledig geïntegreerde kalibratie. Eerst gebeurt er een massacorrectie die de initiële motiefpatronen bijstuurt aan de hand van de volumegegevens van de kalibratie. In tweede instantie wordt de vervoerwijzekeuze bijgestuurd, waarbij de verplaatsingsmassa's ongewijzigd blijven..

2.2 MODELSYSTEEM IN CUBE APPLICATION MANAGER EN SCENARIO MANAGER

Het modelinstrument bestaat uit een overvloed aan rekenprocessen en –technieken die binnen een CAD-structuur worden beheerd. Deze flowchartopmaak vergemakkelijkt de opbouw en het onderhoud van de algoritmes en ondersteunt het gegevensbeheer, waardoor de ontwikkelaar zich kan richten op de meer strategische en inhoudelijke kenmerken van het modelinstrument. Bovendien biedt deze flowchart een leesbaar en duidelijk overzicht met betrekking tot het functioneren van het verkeersmodel.

2.2.1 FLOWCHART IN CUBE

MM is opgebouwd in Cube Voyager, uitgebreid met enkele ondersteunende .NET applicaties. Door middel van een polyvalente catalog is het mogelijk om de vijf provinciale verkeersmodellen binnen deze modelstructuur te beheren. De meeste deelprocessen en -technieken zijn geschreven in de Voyager scripttaal. Voor de modellering van het openbaar vervoer wordt in versie 3.7.1 nog steeds de TRIPS-software gehanteerd. Voor enkele complexe processen wordt teruggevallen op specifiek ontwikkelde applicaties in een .NET-omgeving.



Figuur 1: Modelstructuur MM versie 3.7.1

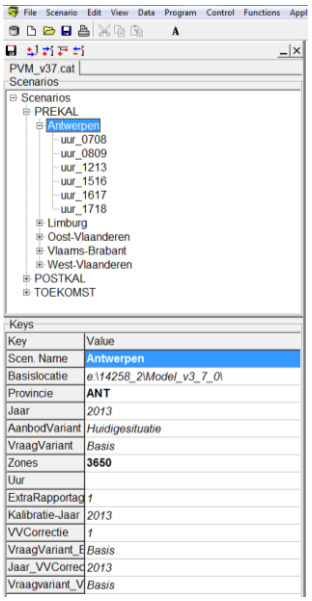
Bovenstaande flowchart geeft de verschillende deelprocessen weer:

- Voorbereiding - netwerken: invoerbestanden die betrekking hebben op de aanbodnetwerken worden voorbereid;
- Voorbereiding - initialisatie: opmaak van de hulpmatrices;
- Vervoerwijzekeuze: uitvoering van de vervoerwijzekeuze. Hier worden de kosten voor alle relevante modi berekend, alsook een vraag-aanbodevenwicht om de wisselwerking tussen congestie en het vervoerwijzekeuze correct te modelleren;
- Toedelen, rapportage en oplevering: uitvoering van de toedeling voor de modi autobestuurder en openbaar vervoer.

Detailprocessen worden besproken in hoofdstuk 4.

2.2.2 SCENARIO MANAGER

De Scenario Manager ondersteunt het gebruik van verschillende verkeersmodellen binnen één identiek modelinstrument. Op die manier kan het verkeersmodel gebruikt worden voor de verschillende provincies.



Figuur 2: Scenario Manager Cube

In het linkerbovenvenster wordt een overzicht van de opgenomen scenario's (provincies) getoond, per scenario is het mogelijk om aparte sleutels in te stellen. Deze zogenaamde sleutels laten toe om modelinstrumentspecifieke data, zoals bestandslocaties maar ook parameters, te coderen, zodanig dat bij wisselen van verkeersmodel (provincie) de correcte en modelinstrumentspecifieke verwijzingen in de structuur en flowchart geïntegreerd worden.

Het is noodzakelijk te wijzen op de 'erffunctionaliteit' van deze sleutels in deze scenariostructuur: kinderen van scenario's erven de waardes van de sleutels van de ouders, tenzij ze specifiek overschreven worden. Deze scenariospecifieke instellingen worden in het sleutelvenster 'Keys', linksonder, in het vet weergegeven.

Grosso modo worden de sleutels in drie niveaus ingedeeld: systeemspecifiek, provinciespecifiek en periodespecifiek. Systeemspecifieke sleutels worden eenmalig voor alle verkeersmodellen ingesteld. Meestal gaat het hier om instellingen die te maken hebben met bestands- en systeemlocaties. Op deze manier kunnen volledige modelinstrumenten eenvoudig migreren tussen pc-omgevingen. Provinciespecifieke sleutels verschillen per verkeersmodel, zoals de naam, basisparameters, ... Periodespecifieke sleutels onderscheiden binnen een verkeersmodel de verschillende gemodelleerde modelperiodes.

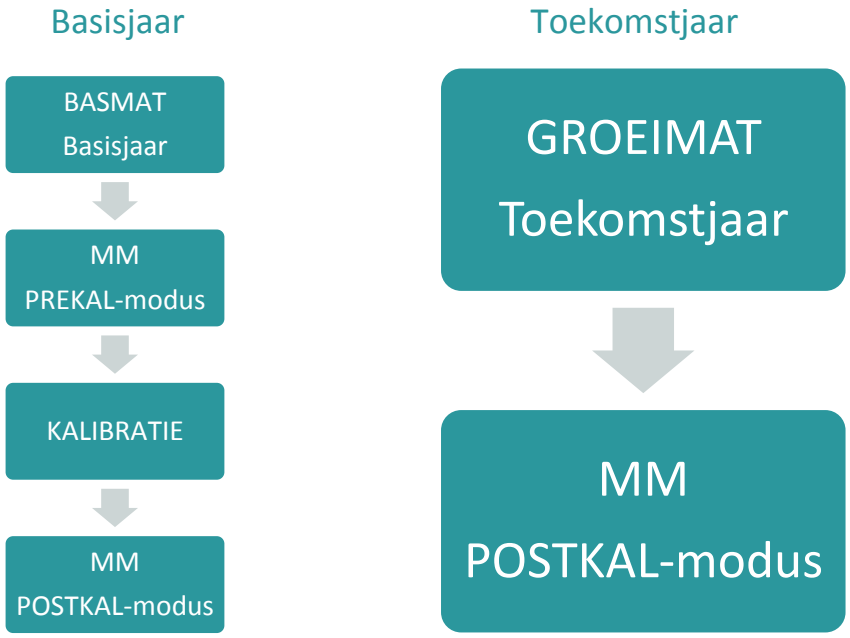
Volgende sleutels zitten in de catalog van het modelinstrument:

- Scen. Name: de naam van het scenario, zoals deze bovenaan in het scenario-overzicht wordt opgegeven. Om deze reden is deze sleutel logischerwijze steeds periodespecifiek en dus visueel in het vet weergegeven;
- Basislocatie: folderverwijzing met de basislocatie van het gehele modelinstrument. Deze sleutel is verplicht systeemspecifiek en wordt gezet op het hoogste niveau, zijnde bij variant genaamd 'Scen. Name'. Deze folderverwijzing eindigt op een backslash '\', zodat de scriptcodes duidelijk naar folders verwijzen. Wanneer het volledige modelinstrument migreert, dient enkel deze sleutel bijgewerkt te worden om het volledige instrument te laten functioneren;
- Provincie: drielettercode in hoofdletters. Hiermee wordt het verkeersmodel gekenmerkt. In verschillende algemene, niet-provinciespecifieke datasets wordt naar velden verwezen via deze code. Deze sleutel is dan ook provinciespecifiek. De standaard opgenomen suffixen zijn ANT, OVL, LIM, WVL, VLB. Daarnaast kan ook gekozen worden voor VLA als heel Vlaanderen moet worden doorgerekend. Deze drielettercode wordt ook als naam van een subfolder gebruikt bij de opname van provinciespecifieke databestanden;
- Jaar: deze sleutel geeft een aanduiding van het jaar waarvoor er wordt gemodelleerd. MM versie 3.7.1 modelleert de basistoestand 2013 en het toekomstjaar 2025;
- Aanbodvariant: deze naam verwijst naar de locatie met de modelspecifieke aanbodbestanden;
- Vraagvariant: deze naam verwijst naar de locatie met de modelspecifieke vraagbestanden;
- Zones: getal met als waarde het aantal verkeerszones van het specifieke verkeersmodel. In vele gevallen is deze parameter uit één van de matrices of uit één van de attributen van het netwerk af te leiden, maar dit is niet altijd het geval. Soms heeft een module geen netwerk of matrix als input, en is het handig dat het aantal zones uit deze sleutel afgeleid kan worden. Deze provinciespecifieke sleutel moet dan ook opgenomen worden;
- Uur: dit getal is periodespecifiek en duidt op de modelperiode die in het betreffende scenario gemodelleerd wordt. Deze aanduiding betreft het begin van de modelperiode. Zo duidt de waarde 17 op het avondspitsuur 17u-18u. Deze key wordt met twee karakters geschreven. Het ochtendspitsuur 8u-9u wordt weergegeven als 08;

- In MM worden volgende modelperiodes doorgerekend: 7u-8u, 8u-9u, 12u-13u, 15u-16u, 16u-17u en 17u-18u;
- Extrarapportage: deze sleutel betreft een vlag die, indien gelijk aan 1, het vervoerwijzekeuzeproces uitvoerig rapporteert om de fijnstelling van de parameters te ondersteunen. Deze bijkomende rapportage is tijdrovend, waardoor het aangewezen is om deze functie uit te schakelen (sleutel gelijk aan 0) wanneer de ontwikkelaar het vraag-aanbodevenwicht afstelt;
- Kalibratiejaar: het jaartal van de verkeerstellingen die opgenomen zijn in de kalibratie van de mode auto. Verschillende basisjaren worden in aparte databanken met tellingen opgenomen in de brondata. Deze sleutel is modelspecifiek. In MM versie 3.7.1. staat deze standaard op 2013. Door de afwijkende manier van datastapeling voor het openbaar vervoer (OV) heeft deze sleutel geen effect op het jaartal van telgegevens voor het OV;
- VVCorrectie: deze sleutel activeert de VVCorrectie indien deze op 1 staat. Het is namelijk zo dat tijdens de kalibratie op basis van meetgegevens wordt vastgesteld of de synthetische matrix afwijkt van de werkelijkheid. Er wordt vanuit gegaan dat deze afwijking bestaat uit een afwijking in de matrix (te veel of te weinig verplaatsingen) of/en een afwijkende werkelijke vervoerwijzekeuze. VVCorrectie corrigeert de vervoerwijzekeuze op basis van afwijkingen die werden vastgesteld tijdens de kalibratie. Deze key staat in PREKAL-modus op 0 en in POSTKAL-modus op 1.
- VraagVariant Basis: locatie met de modelspecifieke vraagbestanden van de PREKAL-scenario's (basistoestand). De POSTKAL-scenario's (basistoestand en toekomstjaar) bevatten geen informatie die opgemaakt werd in BASMAT of GROEIMAT. Om toch aan de juiste zonale informatie te geraken (stedelijkheid, parkeerkosten, parkeertijd), wordt met deze sleutel aangeduid wat de basistoestand is waar de zonale informatie gehaald kan worden;
- Jaar VVCorrectie: dit getal is modelspecifiek en verwijst naar het jaar waarvoor de kalibratie uitgevoerd is. Voor MM versie 3.7.1 is dit voorlopig enkel voor het jaar 2013. Dit jaar dient om naar het juiste scenario te kunnen verwijzen bij het berekenen van de vervoerwijzekeuzecorrectie;
- Vraagvariant VVCorrectie: locatie met de modelspecifieke vraagbestanden van het gekalibreerde scenario (POSTKAL). De sleutel wordt gebruikt om naar het juiste, gekalibreerde scenario te kunnen verwijzen bij de vervoerwijzekeuzecorrectie.

3 DOORREKENPROCES

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de structuur die gevolgd wordt doorheen het doorrekenproces van de provinciale verkeersmodellen. De gebruikte structuur wordt weergegeven in onderstaande figuur. Links wordt de structuur weergegeven voor een doorrekening voor het referentiejaar, terwijl rechts de structuur weergegeven wordt voor een doorrekening in een toekomstjaar. In theorie kan het toekomstjaar ook een scenario betreffen met hetzelfde jaar als het referentiejaar, maar de applicatie is niet bedoeld om bijvoorbeeld ontwikkelings- of netwerkscenario's te runnen. Deze worden geëvalueerd in de SM3-omgeving[2].



Figuur 3: Structuur provinciale verkeersmodellen

In het basisjaar wordt het proces gevoed door een run van de BASMAT-applicatie in de basistoestand. Dit betreft HB-matrices waarin onderscheid wordt gemaakt naar vijf motieven en verschillende dagdelen. Hierna wordt een eerste run van de MM-applicatie uitgevoerd in de PREKAL-modus. In deze run wordt op basis van de synthetische data uit de BASMAT-applicatie een eerste modale keuze uitgevoerd en toegedeeld. De resultaten van deze eerste run worden vervolgens in de KALIBRATIE-applicatie bijgesteld op basis van de geobserveerde waarden van tellingen. Dit gebeurt voor het vrachtverkeer, de personenwagens en de OV-reizigers. De gekalibreerde matrices uit de KALIBRATIE-applicatie worden opnieuw teruggegeven aan de MM-applicatie die in POSTKAL-modus nogmaals runt en de finale resultaten voor het referentiejaar aanlevert.

Om de MM-applicatie in PREKAL-modus te runnen dient de sleutel Vraagvariant ingesteld te worden op Basis. Ook in de KALIBRATIE-applicatie dient deze sleutel op Basis ingesteld te worden.

Om de MM-applicatie in POSTKAL-modus te runnen dient de sleutel Vraagvariant ingesteld te worden als Kalib-Basis.

In het toekomstjaar wordt het proces gevoed door een run van de GROEIMAT-applicatie. Aangezien er in het toekomstjaar geen kalibratie uitgevoerd kan worden, wordt enkel de MM-applicatie in POSTKAL-modus uitgevoerd.

[2] In scenario's worden meestal de resultaten van BASMAT/GROEIMAT overgenomen en wordt enkel RMM (vervoerwijzekeuze en toedeling) in de Scenario Manager 3 (SM3) doorgerekend. In de SM3 is de code afgeschermd en wordt een gebruiksvriendelijke omgeving aangeboden voor de modelgebruikers.

4 DETAILPROCESSEN MM-APPLICATIE

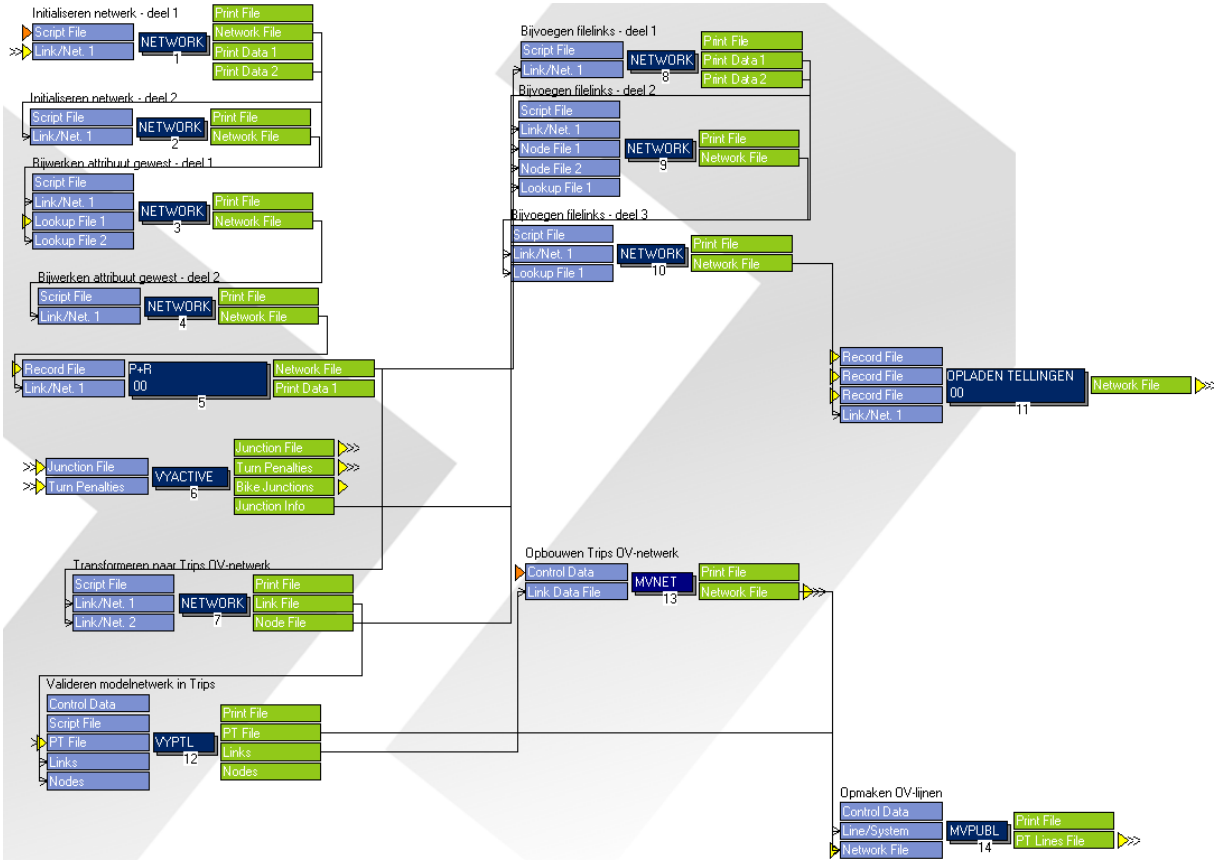
In dit hoofdstuk wordt per onderdeel dieper ingegaan op de algoritmes, scripts en keuzeprocessen van MM. Elk onderdeel wordt inhoudelijk en technisch voldoende gedetailleerd beschreven om een volledig inzicht te krijgen in alle mechanismen. Onderstaande titels geven telkens de benaming van de blokken en deelmodules van MM weer.

4.1 VOORBEREIDING – NETWERKEN

In deze hoofdmodule worden de invoerbestanden die betrekking hebben op alle aanbodnetwerken voorbereid. Er zijn bijkomende acties nodig om de vereiste informatie naar werkbare modelbestanden te transformeren. Ook wordt er een reeks testen uitgevoerd om te voorkomen dat er foutieve invoerdata worden gebruikt bij verdere berekeningen. Hierbij gaat het bijvoorbeeld over te hoog of te laag gecodeerde wettelijke snelheden.

Het OV en het multimodale autonetwerk worden apart behandeld omwille van de gehanteerde TRIPS-programmatuur voor OV.

Onderstaande Figuur 4 geeft een overzicht van de deelmodules en programma's die in deze hoofdmodule worden gebruikt. De verschillende onderdelen worden vervolgens besproken.



Figuur 4: Overzicht hoofdmodule 'voorbereiding – netwerken'

4.1.1 INITIALISEREN NETWERK – DEEL 1 (REKENVOLGORDE 1)

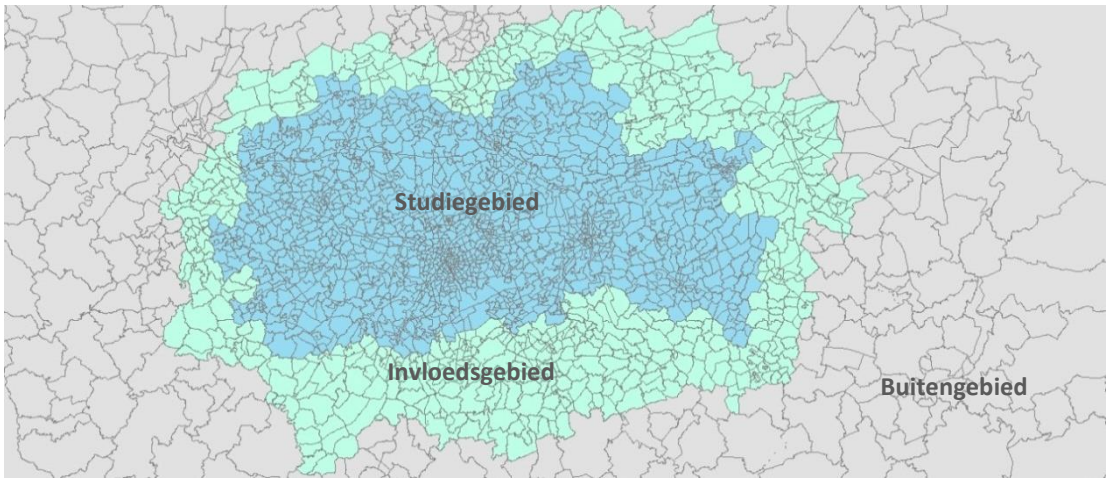
Dit programma bouwt een rekennetwerk vanuit het invoernetwerk voor de geselecteerde modelperiode. In het rekennetwerk worden de attributen opgenomen met het prefix 'RUN_'. Bovendien geeft een bijkomende controlerapport een overzicht van alle gevonden waardes, per wegvak en per modeperiode.

In onderstaande tabel zijn de attributen uit het invoernetwerk opgenomen.

Attribuut	Betekenis
A	Beginknoop
B	Eindknoop
DISTANCE	Lengte van wegvak [km]
LINKTYPE	1-2 voor snelweg of op/afrit, 3-4 voor gewestweg Nx(x), 5-6 voor gewestweg Nxxx, 7-8 voor ongenummerde wegen, 9 voor verkeersvrije wegen, 10 voor OV-beddingen, 15 voor zoneconnectoren en 18 voor spoorwegen
JURISDICT	Attribuut voor rapportagedoeleinden, kan eender welke indeling aannemen (districten, gemeentes, …)
GEWEST	Initieel enkel ingevuld voor de zonecentroïden - aangevuld in rekenvolgorde 3 0 voor buitenland, 1 voor Vlaams Gewest, 2 voor Brussels Hoofdstedelijk Gewest en 3 voor Waals Gewest
STUDIEGEBIED	1 voor studiegebied, 2 voor invloedsgebied en 3 voor buitengebied De toelichting van deze gebieden is in de tekst opgenomen
URBAN	Urbanistatiegraad 1: stedelijk, 2: suburbaan en 3: landelijk
RIJSTROKEN	Aantal rijstroken op een wegvak
ENKELRICHT	1: wegvak is enkelrichting
VERKEERSFC	Functie van het wegvak 1: verblijfsfunctie, 2: gemengd en 3: stroomfunctie
STROOKCAP	Maximale verkeersbelasting van een rijstrook [pae/u]
V_WET	Wettelijk afgedwongen snelheid
FILELINKS	Deze boolean laat toe om manueel filelinks te definiëren. Standaard wordt dit ingesteld op nul en automatisch ingevuld door het doorrekenproces.
TOL_PW	Tol voor personenwagens op wegvak (tijdsperiode)
TOL_VZ	Tol voor zware vrachtwagens op wegvak (tijdsperiode)
TOL_VL	Tol voor lichte vrachtwagens op wegvak (tijdsperiode)
VERBOD_PW	Verbod voor personenwagens op wegvak (tijdsperiode)
VERBOD_VZ	Verbod voor zware vrachtwagens op wegvak (tijdsperiode)
VERBOD_VL	Verbod voor lichte vrachtwagens op wegvak (tijdsperiode)
VERBOD_OV	Verbod voor openbaar vervoer op wegvak (tijdsperiode)
P_KOST	Parkeerkost in euro voor personenwagens (tijdsperiode)
P_CAP	Beschikbare parkeercapaciteit voor personenwagens (tijdsperiode)
TELID_OV	Telidentificatie voor het OV-netwerk
RAPPORT	Indien dit attribuut niet leeg is, toont een rapport kenmerken voor de geselecteerde wegvakken
NAAM	Attribuut om de naam van ringwegen op te geven, steeds volgens sjabloon Rxx
TELID_PAE	Telidentificatie voor het autonetwerk

Tabel 1: Attributen invoernetwerk

De zonering is onderverdeeld in studiegebied, invloedsgebied en buitengebied. Binnen het studiegebied gebeuren de modelevaluaties en berekeningen. Het invloedsgebied is een schil rondom het studiegebied, dewelke een invloed heeft op de modellering in het studiegebied. De overige zones vallen onder het buitengebied. Onderstaande figuurFiguur 5 illustreert het onderscheid tussen studiegebied, invloedsgebied en buitengebied voor het provinciaal verkeersmodel (pvm) Vlaams-Brabant. Deze gebieden zijn ook in het netwerk gedefinieerd (op basis van het shapebestand van de zonering).



Figuur 5: Onderverdeling zonering: studiegebied, invloedsgebied en buitengebied voor het pvm Vlaams-Brabant

Het pvm Vlaams-Brabant bestaat dus niet alleen uit de provincie Vlaams-Brabant en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, maar ook uit de arrondissementen Aalst, Dendermonde en Mechelen. Ook het provinciaal verkeersmodel Antwerpen heeft een iets ruimer studiegebied dan de provincie (inclusief het arrondissement Sint-Niklaas).

Bovendien bevat het invoernetwerk onder andere een set periodegevoelige attributen, met name de attributen VERBOD_PW (personenwagens), VERBOD_OV, VERBOD_VZ (zware vrachtwagens) en VERBOD_VL (lichte vrachtwagens). Deze attributen bestaan uit vrije velden waarbij de invulling als volgt is opgebouwd: BEGINUUR-EINDUUR. Zowel het begin- als het einduur wordt ingegeven als een tweecijferige code. Zo betekent een verbodsveld voor autoverkeer ingevuld als 16-18 dat op deze weg geen auto's mogen passeren tussen 16u en 18u. VERBOD_OV sluit sommige links uit: OV-bestanden worden in principe automatisch opgemaakt, en op links waar een verbod staat zal dit automatische proces geen OV-lijnen laten lopen. Het automatische proces heeft alleen de haltes, niet de effectief gereden reisweg dus dat proces moet zelf de route over het netwerk bepalen, vandaar sluit het attribuut VERBOD_OV sommige links uit.

Naast de periodieke aanduiding (begin– en einduur) wordt er ook een waarde ingevuld indien er bijkomende info nodig is voor bepaalde attributen. Dit gebeurt voor de attributen: SPITSSTROOK, TOL_PW, TOL_VZ, TOL_VL, P_KOST en P_CAP. De invulling van deze attributen is opgebouwd als: BEGINUUR-EINDUUR:WAARDE. Hierbij geldt de opgegeven waarde voor elk uur in de opgegeven periode. Zo kan de waarde 07-09:4,2 voor het attribuut TOL_PW betekenen dat er een tol voor personenwagens van 4,2 euro van toepassing is tussen 7u en 9u. En zo betekent 07-19:2 voor het attribuut P_KOST een parkeerkost van 2 euro per uur tussen 7u en 19u.

4.1.2 INITIALISEREN NETWERK – DEEL 2 (REKENVOLGORDE 2)

Een aantal attributen zijn initieel ingevuld voor de geselecteerde modelperiode. Uit deze attributen worden andere attributen afgeleid, die voor verdere modelberekeningen gecodeerd worden als aparte attributen in rekenvolgorde 2. Hierbij worden er enkele controle– en validatietesten uitgevoerd. Volgende attributen worden afgeleid:

- Snelheid of RUN_SPEED

  De freeflowsnelheid die wordt gehanteerd is de V85-snelheid. Dit is de snelheid die door 85% van de bestuurders niet wordt overschreden.

  De V85-snelheid wordt afgeleid van een set relevante wegvakattributen.

  Voor de niet-snelweg wegvakken wordt er een lineaire samenstelling uitgevoerd op de attributen URBAN, ENKELRICHT, RIJSTROKEN en VERKEERSFC. Het attribuut RIJSTROKEN wordt omgezet naar de tijdelijke variabele _LANEFLAG waarbij _LANEFLAG de waarde 0 aanneemt bij aanwezigheid van 1 rijstrook en 1 bij aanwezigheid van meerdere rijstroken. De lineaire samenstelling ziet er als volgt uit:

  $$V85 = 3 + 12 \cdot \text{URBAN} + 5 \cdot \text{ENKELRICHT} + 11 \cdot \_LANEFLAG + 12 \cdot \text{VERKEERSFC}$$

  Voor snelwegen wordt de snelheid afgeleid van het snelwegtype. Standaard wordt 120 km/u voorzien. Voor snelwegen waarvan de eerste letter van het naamveld een 'R' is, wordt de snelheid op 110 km/u gezet aangezien het hier om ringwegen gaat. Door de vele weefbewegingen daalt de snelheid immers sneller op ringwegen dan op andere snelwegen. Voor de op- en afritten en de verkeerswisselaars wordt de snelheid op 85 km/u gezet.

  Voor zoneconnectoren wordt standaard een snelheid van 10 km/u gezet.

  Voor sommige wegvakken is er een wettelijk afgedwongen snelheid gecodeerd d.m.v. het attribuut V_WET. In dergelijke gevallen is dit attribuut ingevuld met een waarde groter dan 0. Wanneer de waarde van het attribuut V_WET groter is dan 0, wordt het attribuut RUN_SPEED hieraan gelijkgezet.

  Indien er een RUN_SPEED voorkomt die kleiner is dan 10 of groter dan 130 km/u, wordt de RUN_SPEED gecorrigeerd naar respectievelijk 10 of 130 km/u.

  Tenslotte wordt voor de snelheid voor vrachtverkeer een maximumwaarde gehanteerd. De maximumsnelheid voor het vrachtverkeer is vastgelegd op 90 km/u op de wegen met twee of meer rijstroken en 70 km/u op de overige wegen.

- Snelheidsbeeld of RUN_LINKCLASS

  Het snelheidsbeeld geeft een indicatie over de relatie tussen de snelheid en de verzadiging op het wegvak. Het snelheidsbeeld wordt uitgedrukt in een cijfer van 1 t.e.m. 44, dat wordt toegekend aan een wegvak op basis van bepaalde attributen. Deze worden in deze paragraaf gedefinieerd. De snelheidsbeelden worden bij de toedelingen gebruikt om een bepaalde speedflowcurve aan een wegvak toe te kennen, die een relatie tussen de snelheid en de verzadiging op het wegvak uitdrukt.

  Voor snelwegen zijn de eerste vijf snelheidsbeelden voorzien:

  - Snelheidsbeeld 1: autosnelwegen met meer dan twee rijstroken;
  - Snelheidsbeeld 2: autosnelwegen met twee rijstroken;
  - Snelheidsbeeld 3: ringwegen (ongeacht het aantal rijstroken);
  - Snelheidsbeeld 4: op- en afritten;
  - Snelheidsbeeld 5: oud snelheidsbeeld dat momenteel niet meer gebruikt wordt.

  Voor niet-snelweg wegvakken wordt het snelheidsbeeld geselecteerd op basis van de attributen URBAN, ENKELRICHT, RIJSTROKEN en VERKEERSFC. Deze selectie gebeurt door middel van volgende formule

$$\text{Snelheidsbeeld} = 54 - 12 \cdot \text{URBAN} - 6 \cdot \text{ENKELRICHT} - 3 \cdot \text{\_LANEFLAG} - \text{VERKEERSFC}$$

- Capaciteit of RUN_CAPACITY

  De capaciteit wordt berekend als het product van het aantal rijstroken met de rijstrookcapaciteit.

  Wanneer geen specifieke codering in het attribuut STROOKCAP wordt gevonden (STROOKCAP = 0), wordt de standaard-strookcapaciteit gehanteerd. Deze is afhankelijk van het type wegvak, waarbij voor snelwegen de rijstrookcapaciteit gelijk wordt gesteld aan 2100 pae/u. Voor wisselaars en op- en afritten is dit 1900 pae/u, voor gewestwegen is dit 1800 pae/u, voor grotere gemeentewegen (linktype 7) is dit 1400 pae/u en voor kleinere gemeentewegen (linktype 8) is dit 1200 pae/u. Indien er een STROOKCAP wordt opgegeven (STROOKCAP > 0) met een waarde kleiner dan 600 pae/u of groter dan 2500 pae/u, wordt deze gelijkgesteld aan respectievelijk 600 pae/u of 2500 pae/u.

  De resulterende RUN_CAPACITY wordt in het buitengebied van het verkeersmodel (STUDIEGEB = 3) standaard verdubbeld voor de autosnelwegen en opgehoogd met 70% voor de andere wegvakken. Dit gebeurt om ervoor te zorgen dat er in het buitengebied voldoende capaciteit wordt voorzien aangezien het netwerk er minder gedetailleerd is opgenomen en er hierdoor oververzadigde wegen gecreëerd worden die ervoor zorgen dat er moeilijker tot een toedelingsevenwicht gekomen kan worden.

- Weegfactoren tijd, afstand en tol

  In de uiteindelijke toedelingsmodules wordt de gegeneraliseerde weerstand voor auto's, zware en lichte vrachtwagens samengesteld als een weging van reistijd, afstand en tolkosten. Deze componenten moeten afgewogen worden tegenover elkaar om een juiste dimensionering en onderlinge uitwisselbaarheid te bekomen. Deze weegfactoren zouden ook intern in de toedelingsmodules toegepast kunnen worden. Programmatechnisch bleek het echter efficiënter om de weegfactoren als linkattribuut mee op te nemen. De attributen RUN_CT, RUN_CD en RUN_CF zijn respectievelijk de weegfactoren voor tijd, afstand en tolkosten. Voor de drie modi auto's, zware en lichte vrachtwagens volgt er respectievelijk het bijkomende suffix '_PW', '_VZ', '_VL'.

  - De weegfactoren voor tijd (CT) zijn afhankelijk van het linktype aangezien het type weg ook een invloed heeft op de perceptie van tijd. Zo spelen er op wegen van lagere orde vaak ook factoren mee die niet opgenomen kunnen worden in het verkeersmodel (bv. hinder door parkeerbewegingen). Deze weegfactoren zijn getoetst aan observaties. De weegfactoren voor afstand en tol worden dan weer constant gehouden voor alle linktypes. Volgende tabel geeft een overzicht van de weegfactoren voor de verschillende linktypes:

Weegfactoren	Personenwagens			Zware vrachtwagens			Lichte vrachtwagens		
	CT_PW	CD_PW	CF_PW	CT_VZ	CD_VZ	CF_VZ	CT_VL	CD_VL	CF_VL
Standaard	1,000	0,640	8,333	1,000	0,829	1.657	1,000	0,414	1,802
Linktype 1	1,000	0,640	8,333	1,000	0,829	1,657	1,000	0,414	1,802
Linktype 2	1,000	0,640	8,333	1,100	0,829	1,657	1,100	0,414	1,802
Linktype 3	1,000	0,640	8,333	1,320	0,829	1,657	1,182	0,414	1,802
Linktype 4	1,100	0,640	8,333	1,500	0,829	1,657	1,302	0,414	1,802
Linktype 5	1,000	0,640	8,333	1,380	0,829	1,657	1,189	0,414	1,802
Linktype 6	1,200	0,640	8,333	1,520	0,829	1,657	1,329	0,414	1,802
Linktype 7	1,300	0,640	8,333	1,840	0,829	1,657	1,420	0,414	1,802
Linktype 8	1,500	0,640	8,333	2,000	0,829	1,657	1,580	0,414	1,802

Tabel 2: Weegfactoren voor tijd, afstand en tol (afgeronde waarden)

De weegfactoren zijn uitgedrukt in minuten. Voor de berekening van de afstands- en tolgebaseerde weegfactoren vindt er een transformatie plaats, waardoor deze ook in minuten worden uitgedrukt.

De weegfactoren voor tijd worden groter naarmate men naar een hoger linktype gaat. Dit betekent dat de perceptie van een reisminuut op een hoger linktype minder positief is, met als gevolg dat het gewenst routegedrag op lagere linktypes wordt bevoordeeld. Dit effect treedt het sterkst op bij zwaar vrachtverkeer, wat betekent dat zwaar vrachtverkeer sneller zal geneigd zijn om een route te kiezen via wegvakken met een lager linktype. Voor personenwagens is dit effect het minst sterk.

- De weegfactoren voor afstand (CD) zetten de kilometerkost om in gegeneraliseerde minuten. Deze transformatie houdt rekening met de kostprijs per kilometer, een tijdswaardering en eventueel een bezettingsgraad:

$$\mathrm{CD} = \frac{\mathrm{kostprijs\_km} \cdot 60}{\mathrm{bezettingsgraad} \cdot \mathrm{tijdswaardering\_uur}}$$

Voor personenwagens wordt de kostprijs gelijkgesteld aan 7,68 eurocent per kilometer, de gemiddelde bezettingsgraad aan 1,2 en de tijdswaardering aan 6 euro per uur. Het resultaat is een afstandsgebaseerde weegfactor voor auto's van 0,640.
Voor zware en lichte vrachtwagens wordt voor deze weegfactoren geen onderscheid gemaakt. De kostprijs is gelijk aan 9,605 eurocent per km, de gemiddelde bezettingsgraad is gelijk aan 1 en de tijdswaardering bedraagt 38,42 euro per uur. Hierbij dient er te worden opgemerkt dat de tijdswaardering in de realiteit afhankelijk is van het verplaatsingsmotief. Hier wordt echter geen rekening mee gehouden.

- De weegfactoren voor tolkosten (CF) omvatten de directe omrekening van monetaire eenheden naar minuten. In de praktijk komt dit overeen met het inverse van de tijdswaardering. Ook hier wordt de bezettingsgraad mee in rekening genomen. De gehanteerde formule voor de berekening van de weegfactoren voor tolkosten is:

$$\mathrm{CF} = \frac{60}{\mathrm{bezettingsgraad} \cdot \mathrm{tijdswaardering\_uur}}$$

Aan de hand van bovenstaande formule bekomt men 8,333 gegeneraliseerde minuten per euro voor personenwagens en 1,562 minuten per euro voor zware en lichte vrachtwagens.

4.1.3 BIJWERKEN ATTRIBUUT GEWEST – DEEL 1 (REKENVOLGORDE 3)

Het attribuut GEWEST geeft aan tot welk gewest een bepaalde link of knoop behoort. Dit attribuut is initieel enkel ingevuld voor de zonecentroïden. Het doel van dit en het volgend deelproces (bijwerken attribuut gewest – deel 2) bestaat erin om het attribuut GEWEST in te vullen voor de links en de overige knopen.

Het attribuut GEWEST kan vier waardes aannemen: 0 voor buitenland, 1 voor het Vlaams Gewest, 2 voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en 3 voor het Waals Gewest.

Dit programma vult het attribuut GEWEST aan voor de overige knopen. Voor elke knoop (met uitzondering van de centroïden) wordt er via een algoritme gezocht naar de dichtstbijzijnde zonecentroïde. De waarde van het attribuut GEWEST wordt vervolgens overgenomen van de attribuutwaarde GEWEST van de zonecentroïde.

4.1.4 BIJWERKEN ATTRIBUUT GEWEST – DEEL 2 (REKENVOLGORDE 4)

Dit programma vult het attribuut GEWEST in voor de links van het netwerk. Hierbij worden de waardes van het attribuut GEWEST van elke begin– en eindknoop met elkaar vergeleken. De laagste waarde wordt vervolgens ingevuld voor het attribuut GEWEST van de overeenkomstige link. Dit proces wordt enkel uitgevoerd indien de begin– of eindknoop niet overeenkomen met een centroïde. Het attribuut GEWEST wordt dus niet ingevuld voor de zoneconnectoren.

4.1.5 DEELMODULE P+R (REKENVOLGORDE 5)

In deze deelmodule worden de P+R-locaties gecodeerd. Hierbij wordt er eerst gecontroleerd of er voor de beschouwde provincie P+R-informatie opgenomen is. Indien dit niet het geval is, wordt er niets aan het netwerk gewijzigd. In het andere geval wordt er telkens een dummy-knoop uit het netwerk vervangen door een P+R-locatie totdat alle P+R-locaties zijn gecodeerd.

4.1.6 ACTIVEREN KRUISPUNTEN EN AFSLAGVERBODEN (REKENVOLGORDE 6)

Dit deelproces wordt uitgevoerd door een extern ontwikkelde applicatie VYACTIVE. Deze applicatie voert enkele functies uit die niet rechtstreeks in de Voyager scripttaal konden worden gecodeerd. Bij de ontwikkeling van deze applicatie is ervoor gezorgd dat deze naadloos in Cube kan worden ingepast.

De kruispuntmodellering in Voyager hanteert twee bestanden die elk hun eigen invulling hebben.

- In het turnpenalty bestand kunnen de afslagverboden op directe wijze worden gecodeerd. Dit gebeurt telkens volgens het “van – via – naar” principe. Dit houdt in dat bij drie opeenvolgende knopen (A, B, C), waarbij het middelste knooppunt (B) een kruispunt betreft, wordt aangegeven of een beweging van knoop A via knoop B naar knoop C al dan niet mogelijk is.
- In het junction intersection databestand worden meer geavanceerde kruispuntdefinities opgenomen. Bij deze definities wordt er in de praktijk onderscheid gemaakt naar vier type kruispunten:
    - Two-way stop-controlled HCM[3] (voorrangsregeling);
    - Fixed signals geometric HCM (starre verkeersregelinstallatie (VRI));
    - Adaptive signals geometric HCM (dynamische VRI);
    - Empirical roundabouts (rotonde).

  Bij elk van deze types kruispunten dient er een ruime set aan kenmerken beschreven te worden (vb. opstelstroken, combinatie van stroken, vaste of variabele fasering, verboden afslagen, randomness (parameter die bepaalt of er interactie is tussen twee opeenvolgende kruispunten), …). Afslagverboden die in een volledige kruispuntendefinitie zijn opgenomen, moeten niet meer worden ingevuld in het turnpenalty bestand. Enkel knopen waar er een geïsoleerd afslagverbod nodig is zonder bijkomende regeling voor andere afslagen, dienen apart in het turnpenalty bestand te worden opgenomen.

Het is aangewezen om alle kruispuntdefinities manueel op te maken. Maar in de praktijk is de arbeidsintensiviteit die hiermee gepaard gaat te zwaar. Vandaar dat er in de Scenario Manager 3 een procedure is voorzien die automatisch de best mogelijke definitie opstelt voor zowel het junction intersection databestand als het turnpenalty bestand[4]. De gebruiker kan van hieruit steeds aanpassingen, bewerkingen en toevoegingen maken die een correctere kruispuntmodellering toelaten. Om het onderscheid te maken tussen zogenaamde manuele en automatische definities, krijgen de automatische kruispunten de vermelding “disabled” en worden ze in set 2 van de kruispuntdefinities gedefinieerd. Bij handmatige aanpassing van zowel

[3] De Highway Capacity Manual (HCM) bevat richtlijnen en procedures voor het bepalen van capaciteiten en level of services van de verschillende elementen van het transportsysteem (wegen, spoorwegen, fiets- en voetpaden, …).

[4] Deze procedure is toegelicht in een aparte nota en kan opgevraagd worden bij het team Verkeersmodellen van het Departement Mobiliteit en Openbare Werken van de Vlaamse overheid (verkeersmodellen@mow.vlaanderen.be).

kruispuntdefinities als afslagverboden staan de standaardwaarden op respectievelijk “enabled” en in set 1. Op die manier wordt er steeds onderscheid gemaakt tussen manuele en automatische definities. Bij een doorrekening is het onderscheid tussen manuele en automatische definities echter niet gewenst. De applicatie VYACTIVE zorgt ervoor dat alle kruispuntdefinities in het junction intersection databestand worden ingeschakeld (ook de automatische) én dat alle afslagverboden in het turnpenalty bestand op set 2 worden gezet (dus ook de manuele). Met deze instelling kan vervolgens correct worden gemodelleerd.

4.1.7 TRANSFORMEREN NAAR TRIPS OV-NETWERK (REKENVOLGORDE 7)

De Voyager-scripttaal en -programma’s worden gebruikt voor de codering van de meeste toepassingen binnen het MM. De scripttaal biedt meer flexibiliteit t.o.v. de voorgaande software Trips en de deelprogramma’s (bv. HIGHWAY, NETWORK, …) zijn performanter en omvatten meer recente modeltechnieken. Desondanks wordt het OV-model in grote lijnen nog steeds in Trips uitgevoerd. Dit betekent dat bepaalde databestanden vanuit het flexibelere Voyager-formaat moeten worden getransformeerd naar het Trips-formaat. Daarnaast worden in dit proces nog enkele ingrepen doorgevoerd die vereist zijn om een degelijke OV-modellering toe te laten.

Het OV-model van Trips simuleert zelf het voor-, na- en tussentransport te voet, gebruikmakende van het volledige netwerk. In het basisnetwerk zijn echter een hele set enkelrichtingsstraten opgenomen, hetgeen conflicteert met voetgangers die zich altijd in beide richtingen kunnen voortbewegen. Het script zal daarom alle links met enkelrichting ontdubbelen naar links waarin beide richtingen zijn toegelaten.

Een bijkomende functie schakelt alle begaanbare linktypes aan en voegt het tijdelijk attribuut SELECTED toe. Links die het attribuut SELECTED op ‘actief’ hebben staan, worden mogelijk geometrisch vereenvoudigd wanneer men deze in een verder proces (rekenvolgorde 12) toepast.

4.1.8 BIJVOEGEN FILELINKS – DEEL 1 (REKENVOLGORDE 8)

In de kruispuntmodellering van Voyager worden weefzones meer aangeboden. Nochtans is het belangrijk om op de autosnelwegen, complexen en opritten een bijkomende verzadigingsgraadafhankelijke variabele te voorzien bovenop de normale wegvakvertraging. De normale wegvakvertraging die de snelheid bepaalt in functie van de vertraging, biedt immers geen soelaas voor korte wegvakken die ondanks een zeer lage snelheid, bij capaciteitsoverschrijding geen noemenswaardige tijdsvertraging teweegbrengen.

Vandaar dat het principe van filelinks wordt toegevoegd. Bij dit principe wordt er een verticale directe vertraging toegevoegd. Deze techniek checkt voor elke autosnelweglink of het aangeboden aantal rijstroken overeenkomt met het aantal toegevoerde rijstroken. Wanneer bijvoorbeeld een oprit met één rijstrook op een autosnelweg met drie rijstroken toekomt, heeft de daaropvolgende link in principe één rijstrook tekort om het toekomende verkeer zonder vertraging af te wikkelen. Een ander voorbeeld is het uitvoegen van snelwegen: De weefzone van een snelweg kan bestaan uit 5 rijstroken die zich splitsen naar 3 rijstroken en 2 rijstroken. In principe zijn er evenveel rijstroken voor als na de splitsing maar ook hier worden er filelinks gecodeerd op de uitgaande takken. Het is namelijk mogelijk dat de verkeersvraag eerder als 4 + 1 rijstroken verdeeld is. In dat geval wordt een grotere file verwacht op de tak met 3 rijstroken.

Op wegvakken waarbij er één of meerdere rijstroken zijn gerapporteerd als tekort, wordt er in het vervoerwijzekeuzeproces een bijkomende tijdsvertraging (queuingverliestijd) verrekend indien de capaciteit ter plaatse wordt overschreden.

Dit en de volgende 2 programma’s (bijvoegen filelinks – deel 2 en deel 3) inventariseren de filelinks op basis van het toekomend en vertrekkend aantal rijstroken op de autosnelwegknopen. Deel 1 inventariseert het aantal toekomende rijstroken van elke autosnelwegknoop met meer dan één toekomende arm of meer dan één vertrekkende arm.

4.1.9 BIJVOEGEN FILELINKS – DEEL 2 (REKENVOLGORDE 9)

Deel 2 combineert de informatie uit de vorige deelmodule met het netwerk. Voor elke autosnelweglink wordt gecontroleerd of voor de beginknoop het aantal toekomende rijstroken werd weggeschreven. Dit aantal wordt vervolgens vergeleken met het eigen aantal rijstroken. Wanneer er minder toekomende rijstroken zijn dan eigen rijstroken, wordt dit als 1 weggeschreven in het attribuut RUN_CAPRES van het netwerkbestand.

4.1.10 BIJVOEGEN FILELINKS – DEEL 3 (REKENVOLGORDE 10)

Deel 3 combineert de informatie uit Bijvoegen filelinks – deel 1 met het netwerk uit Bijvoegen filelinks – deel 2. Voor elke autosnelweglink wordt gecontroleerd of voor de beginknoop het aantal toekomende rijstroken werd weggeschreven. Dit aantal wordt vervolgens vergeleken met het eigen aantal rijstroken. Wanneer er minder toekomende rijstroken zijn dan eigen rijstroken, wordt dit als 2 weggeschreven in het attribuut RUN_CAPRES van het netwerkbestand.

4.1.11 OPLADEN TELLINGEN OP HET NETWERK (REKENVOLGORDE 11)

Deze deelmodule laadt de telgegevens uit de vijf teldatabanken op het netwerk, rekening houdend met het geselecteerde tijdstip en jaartal.

De vijf teldatabanken bestaan uit één teldatabank met OV-gegevens en vier teldatabanken met intensiteitstellingen van het wegennet. De koppeling tussen de gegevens uit de teldatabank en de netwerklinks gebeurt door middel van de attributen TELID_PAE en TELID_OV. In deze attributen worden de telidentificaties bijgehouden voor respectievelijk het autonetwerk en het OV-netwerk.

De attributen TELID_PAE en TELID_OV zijn tekstvelden. Dit maakt het mogelijk om meerdere telidentificaties per wegvak op te nemen. Door de telidentificaties van elkaar te scheiden met een “/” of “+” kan men respectievelijk aangeven dat het om twee aparte telgegevens gaat, of dat men de telgegevens moet optellen om de wegvakintensiteit te bekomen. Per TELID-attribuut kan men maximaal drie telidentificaties invoeren.

De deelmodule verrijkt het netwerk met veertien nieuwe attributen. Voor de autotellingen worden de attributen RUN_SCR_PW, RUN_CNF_PW en RUN_DTM_PW toegevoegd met daarin respectievelijk de autotelling, de lokale confidentie van de telling en een datumstempel van de telling. Voor het OV, lichte vracht en zware vracht zijn er gelijkaardige attributen opgemaakt. Hierbij is het suffix telkens aangepast van PW naar respectievelijk OV, VL en VZ. Tot slot bevatten de laatste twee nieuwe attributen de telnamen: TELNAAM_PAE en TELNAAM_OV. Deze attributen maken een begrijpelijke en omvattende naamgeving mogelijk.

Bij het runnen van de MM-applicatie worden de tellingen ter informatie of validatie opgeladen. In de Kalibratie-applicatie worden de tellingen gebruikt om te kalibreren.

4.1.12 KNOPEN TRIPS-NETWERK (REKENVOLGORDE 12)

Dit programma is een extern geschreven applicatie. In het Trips-netwerk kunnen maximaal 50.000 knopen gedefinieerd worden. Sommige multimodale Voyager-netwerken bevatten echter meer knopen (bv. netwerk van Vlaanderen). Indien het aantal knopen meer dan 50.000 is, wordt er een geometrische vereenvoudiging doorgevoerd waarbij in eerste instantie alle vormpunten worden weggenomen indien het linkattribuut SELECTED is aangevinkt. Bovendien wordt er ook een hernummering doorgevoerd zodanig dat alle knoopID’s kleiner zijn dan 50.000.

De provinciale verkeersmodellen bevatten minder dan 50.000 knopen en daarom is deze stap niet nodig. Bijgevolg blijft het script leeg, met als gevolg dat de invoerbestanden enkel worden gekopieerd voor verdere modelverwerking. Het is echter nog opgenomen voor het geval er toch netwerken met meer dan 50.000 knopen zouden komen.

4.1.13 OPBOUWEN TRIPS OV-NETWERK (REKENVOLGORDE 13)

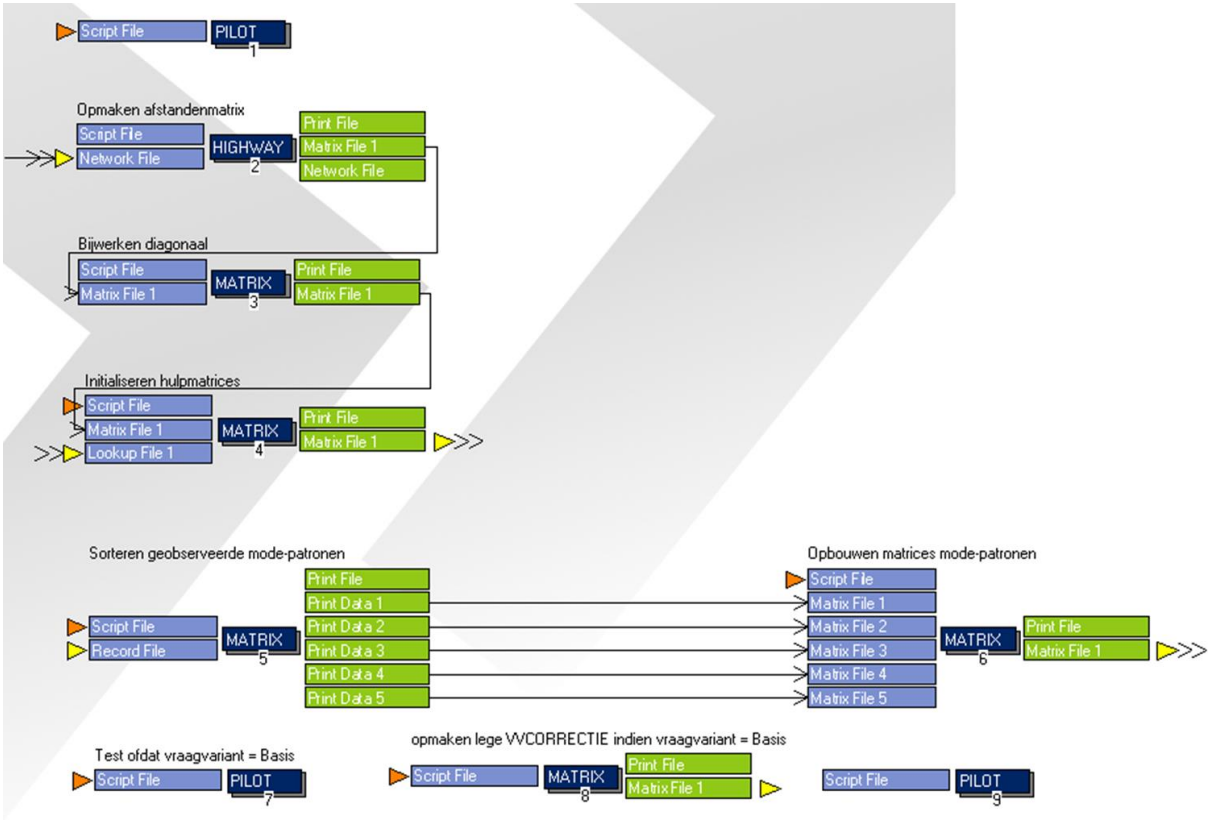
Na voorgaande stap zal het netwerk worden gehercodeerd in het Trips-formaat. Immers, alle OV-bewerkingen gebeuren met Trips-blokjes. Het enige wat dit blokje doet is een gedumpt Voyager-netwerk (knopen en links) opbouwen tot een Trips-netwerk. Hierbij worden de nodige parameters die het netwerk beschrijven (vb. aantal zones) overgenomen.

4.1.14 OPMAKEN OV-LIJNEN (REKENVOLGORDE 14)

Het laatste deelproces van de module 'Voorbereiding – netwerken' transformeert het OV-bestand met de lijninformatie vanuit een ASCII-formaat naar het noodzakelijke Trips-formaat. In deze stap worden de opgegeven OV-bestanden op het netwerk gecodeerd. Dit programma zal een 'fatale' foutmelding geven indien het OV-net niet perfect past op het multimodale netwerk, hetgeen meestal door kleinere netwerkaanpassingen wordt veroorzaakt. Eventuele fouten worden gerapporteerd in een rapport.

4.2 VOORBEREIDING – INITIALISATIE

Deze hoofdmodule voert het laatste deel uit van de voorbereidingsfase en richt zich op de opmaak van de hulpmatrices. De hulpmatrices leveren benodigde informatie voor het vervoerwijzekeuzeproces, namelijk HB-paren van het studiegebied en de afstanden tussen deze HB-paren. Onderstaande figuur geeft een overzicht van de deelprocessen die in deze hoofdmodule zijn vervat.



Figuur 6: Overzicht hoofdmodule 'voorbereiding – initialisatie'

4.2.1 AANMAKEN MAP VOOR MODELRESULTATEN (REKENVOLGORDE 1)

Het eerste deelproces is een pilot-blokje dat ervoor zorgt dat de map wordt gecreëerd waarin de modelresultaten worden geplaatst indien deze nog niet bestaat. In principe zal dit programma enkel bij een allereerste doorrekening van een nieuw scenario in werking treden (bijvoorbeeld wanneer er een doorrekening gebeurt voor een nieuwe tijdsperiode bij een bepaalde provincie).

4.2.2 OPMAKEN AFSTANDENMATRIX (REKENVOLGORDE 2)

Verschillende modelfuncties, zoals de rapportage, baseren zich op de exacte verplaatsingsafstand voor elke relatie. Deze afstanden worden telkens vanuit het basisnetwerk afgeleid. Wanneer er links bijkomen, wegvallen of het netwerk wordt op een andere manier aangepast, kunnen de verplaatsingsafstanden wijzigen.

De afstandenmatrix wordt afgeleid uit een éénstapstoedeling volgens de trajectkeuze van het personenvervoer over de weg. Voor routing worden bepaalde wegvakken uitgeschakeld: wegvakken met linktypes 9, 17, 18 of 20 en wegvakken waar een verbod voor personenwagens geldt, worden uitgeschakeld. De beste route is bovendien niet altijd gelijk aan de kortst mogelijke afstand over het wegennet. Zo wordt er bijvoorbeeld soms geopteerd om een route te nemen die iets langer is in afstand, maar waarbij de tijdswinst veel groter is. De beste route wordt bepaald via een gewogen kost (LW.COST_HW) waarin afstand, tijd en tol worden gecombineerd op volgende manier:

$$\text{LW.COST\_HW} = t_0 \cdot \text{RUN\_CT\_PW} + \text{DISTANCE} \cdot \text{RUN\_CD\_PW} + \text{RUN\_TOL\_PW} \cdot \text{RUN\_CF\_PW}$$

met

$$t_0 = \frac{\text{DISTANCE} \cdot 60}{\text{SPEED}}$$

De weegfactoren werden beschreven in de hoofdmodule ‘voorbereiding – netwerken’.

De gegeneraliseerde weerstand (gewogen kost) wordt geminimaliseerd om de beste route te selecteren. Via de resulterende routes (ook wel paden genoemd) wordt telkens de afstand opnieuw gemeten en in een afstandenmatrix geplaatst. Deze afstandenmatrix bevat dus een overzicht van de afstanden tussen de verschillende zones. Hierbij wordt er geen fileopbouw gesimuleerd waardoor deze afstandsmatrix in feite de ideale autoroute beschrijft op een onbelast netwerk.

4.2.3 BIJWERKEN DIAGONAAL (REKENVOLGORDE 3)

Een kostenberekening kan vanuit een toedeling geen intrazonale meting verrichten aangezien hier geen verplaatsing voor kan worden toegedeeld. Zodoende is een bijkomende berekening nodig om deze intrazonale afstanden te rapporteren.

Dit deelproces zoekt vanuit elke zone de dichtstbijgelegen zone en stelt de intrazonale afstand vervolgens gelijk aan 42,7% van de afstand naar deze zone. Deze fractie werd als gemiddelde berekend voor een ronde vorm van een zone.

4.2.4 INITIALISEREN VAN DE HULPMATRICES (REKENVOLGORDE 4)

Dit deelproces maakt één matrixbestand op waarbinnen eenentwintig matrixtabellen worden opgenomen.

- De eerste matrixtabel bevat de afstandenmatrix, zoals deze werd opgesteld in rekenvolgorde 2.

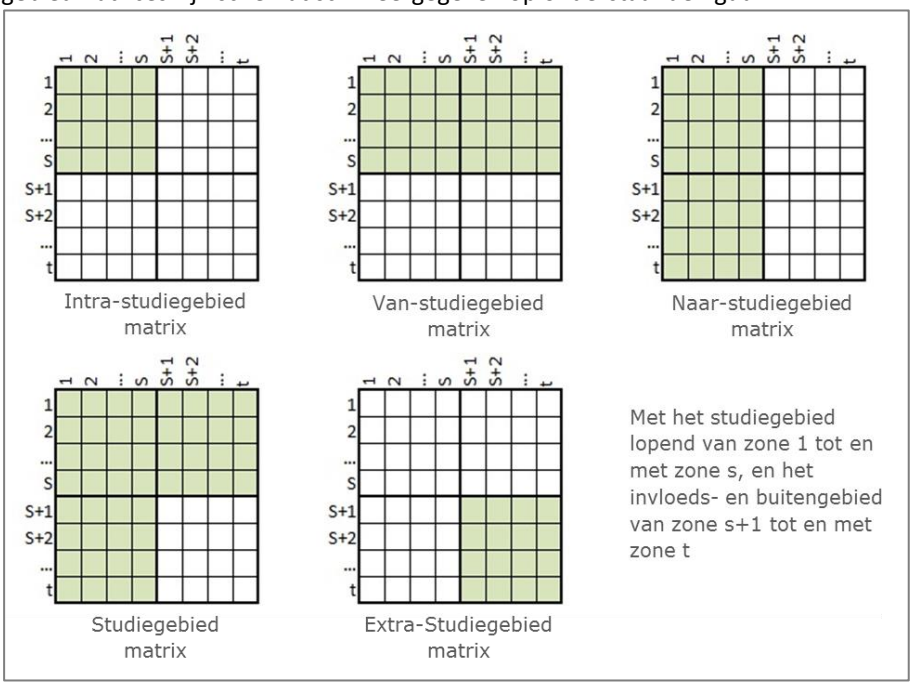
- Matrixtabellen 2 t.e.m. 6 zijn de studiegebiedmatrices. Vaak is rapportage of een evenwichtsonderzoek enkel nodig in een bepaalde relatie met het studiegebied. Deze studiegebiedmatrices bieden alle vormen van deze relaties aan.

  Volgende studiegebiedmatrices zijn gedefinieerd:

  - Intra-studiegebied matrix: ij-relaties die zowel vertrekken als aankomen in het studiegebied;
  - Van-studiegebied matrix: ij-relaties die vertrekken in het studiegebied;
  - Naar-studiegebied matrix: ij-relaties die aankomen in het studiegebied;
  - Studiegebied matrix: ij-relaties die vertrekken en/of aankomen in het studiegebied;
  - Extra-studiegebied matrix: ij-relaties waarvan herkomst en bestemming buiten het studiegebied liggen.

Voor elke ij-relatie wordt er gecontroleerd of deze thematisch gezien horen tot de gewenste studiegebiedrelatie. De codering hiervan gebeurt binair (0 of 1).

De studiegebiedmatrices zijn schematisch weergegeven op onderstaande figuur.



Figuur 7: Studiegebiedmatrices: overzicht ij-relaties t.o.v. het studiegebied

De benodigde zonale data wordt opgehaald uit de socio-demografische gegevens (SDG) databank die door BASMAT is opgemaakt.

- De zevende matrixtabel omvat de grensmatrix. Bepaalde processen houden rekening met het overschrijden van een landsgrens. Bij de gehanteerde zonering wordt er een zonale code toegekend naargelang het gewest waarin de zone ligt (Vlaanderen, Brussel, Wallonië). Aan buitenlandse zones worden geen gewestcodes toegekend.
    - Een ij-relatie die zowel vertrekt als aankomt in België: grenscode 0;
    - Een grensoverschrijdende relatie met België: grenscode 1;
    - Een relatie die zowel een buitenlandse herkomst als bestemming heeft: grenscode 2.
- Matrixtabellen 8 t.e.m.10 bevatten de parkeerweerstanden. De parkeerweerstand speelt een grote rol bij de berekening van de weerstand voor het autoverkeer. Er wordt een gewogen combinatie gemaakt van parkeerzoektijd en financiële parkeerkosten: de parkeerzoektijd wordt gesommeerd met de parkeerkost die via een tijdwaardering van 9 euro per uur[5] naar minuten wordt omgerekend. Deze twee variabelen zijn zonale invoerdata die worden meegegeven in de door BASMAT gegenereerde SDG-databank. Voor elke ij-relatie worden voor de parkeerzoektijd en de parkeerkost de gemiddelden berekend van de respectievelijke waarden aan de herkomst– en bestemmingskant. Aangezien in dit zonaal geaggregeerd strategisch verkeersmodel geen perfecte parkeermodellering mogelijk is, is deze veralgemening zeer benaderend. Zodoende wordt de uitmiddeling over begin– en eindzone als voldoende beschouwd.
- Matrixtabellen 11 t.e.m. 15 bevatten de autobeschikbaarheidsmatrices per motief. Het vervoerwijzekeuzemodel houdt rekening met de beschikbaarheid van een wagen voor de betreffende verplaatsing. Om deze reden zal deze deelmodule voor de vijf motieven een

[5] Bron: kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

autobeschikbaarheidspercentage berekenen per ij-relatie. Het vervoerwijzekeuzemodel houdt eerder rekening met autobeschikbaarheid dan met autobezit, vandaar dat deze herrekening moet gebeuren o.b.v. totale bevolking, het aantal auto's en het aantal bedrijfswagens.

Er wordt een verband gelegd tussen autobeschikbaarheid en autobezit per inwoner naargelang het verplaatsingsmotief a.d.h.v. volgende formules:

$$\mathrm{BEZ}_{\mathrm{werk}} = \frac{\text{Aantal auto's}}{\text{Bevolking} - \text{Aantal bedrijfswagens}}$$

$$\mathrm{BEZ}_{\mathrm{school,\ winkel,\ recreatief,\ overig}} = \frac{\text{Aantal auto's}}{\text{Bevolking}}$$

Hierbij wordt er een onder- en bovengrens gehanteerd van respectievelijk 0,14 en 0,70 auto's per inwoner per zone. Indien het met bovenstaande formules berekende autobezit niet binnen deze grenzen valt, wordt deze gelijkgesteld aan één van deze grenzen. In het geval dat er geen waarde kan worden berekend (bijvoorbeeld wanneer de bevolking gelijk is aan 0), wordt de waarde 0,67 gehanteerd.

De autobeschikbaarheid per motief wordt als volgt berekend:

$$\mathrm{AB}_{\mathrm{werk}} = 1{,}22 \cdot \mathrm{BEZ}_{\mathrm{werk}} - 0{,}87147 \cdot \mathrm{BEZ}_{\mathrm{werk}}{}^{2} + 0{,}0535$$

$$\mathrm{AB}_{\mathrm{school}} = 1{,}22 \cdot \mathrm{BEZ}_{\mathrm{school}} - 0{,}87147 \cdot \mathrm{BEZ}_{\mathrm{school}}{}^{2} + 0{,}0535$$

$$\mathrm{AB}_{\mathrm{winkel}} = 3{,}38 \cdot \mathrm{BEZ}_{\mathrm{winkel}} - 2{,}4143 \cdot \mathrm{BEZ}_{\mathrm{winkel}}{}^{2} + 0{,}4$$

$$\mathrm{AB}_{\mathrm{recreatief}} = 3{,}38 \cdot \mathrm{BEZ}_{\mathrm{recreatief}} - 2{,}4143 \cdot \mathrm{BEZ}_{\mathrm{recreatief}}{}^{2} + 0{,}4$$

$$\mathrm{AB}_{\mathrm{overig}} = 3{,}38 \cdot \mathrm{BEZ}_{\mathrm{overig}} - 2{,}4143 \cdot \mathrm{BEZ}_{\mathrm{overig}}{}^{2} + 0{,}4$$

Hierbij wordt er opnieuw een onder– en bovengrens gehanteerd die respectievelijk 0,01 en 0,99 bedragen.

Om voor elke ij-relatie een goede inschatting van de autobeschikbaarheid te maken, wordt voor elke trip per motief nagekeken hoeveel het aandeel van de richting van de trip bedraagt. Op die manier wordt er tegemoetgekomen aan het feit dat bijvoorbeeld voor het motief werk het merendeel van de verplaatsingen in de ochtendspits vertrekken vanuit de thuiskant. Dit met als gevolg dat de autobeschikbaarheid van de herkomstzone het belangrijkste is. 's Avonds ligt dit dan weer anders en dient voor het motief werk de autobeschikbaarheid van de bestemmingszone (thuiszone) genomen te worden. In plaats van een eenvoudige uitmiddeling van de autobeschikbaarheid over herkomst en bestemming worden er dus richtingsfactoren opgesteld, die worden gebruikt in onderstaande formule:

$$\mathrm{AB}_{\mathrm{ij,\ Motief}} = \mathrm{AB}_{\mathrm{i,\ Motief}} * \mathrm{RF}_{\mathrm{Motief,\ Uur}} + \mathrm{AB}_{\mathrm{j,\ Motief}} * (1 - \mathrm{RF}_{\mathrm{Motief,\ Uur}})$$

Volgende richtingsfactoren worden beschouwd:

Motief	Periode		
	0u-9u	10u-14u	15u-23u
Werk	0,90	0,50	0,10
School	0,98	0,50	0,02
Winkel	0,60	0,50	0,40
Recreatief	0,50	0,50	0,50
Overig	0,60	0,50	0,40

Tabel 3: Richtingsfactoren per periode en per motief

Op deze manier wordt er een inschatting gemaakt van het aantal trips dat er naar de activiteitenkant gaat. Aangezien er trips worden gemodelleerd, wordt er verondersteld dat enkel de kost van de niet-huiskant mee in rekening wordt genomen.

- De zestiende matrixtabel bevat de captive automatrix. Het vervoerwijzekeuzeproces wordt sterk beïnvloed door het wel of niet beschikbaar hebben van een bedrijfswagen. Er wordt in dit keuzemodel vanuit gegaan dat de personen die een bedrijfswagen ter beschikking hebben voor het motief werk bijna geen afweging meer maken tussen de auto en een ander vervoermiddel. Vandaar dat een deel van de woon-werkverplaatsingen al voor het keuzeproces wordt toegekend aan de modus auto.

  De captive automatrix bevat voor elke ij-relatie het aandeel autogebruikers die een bedrijfswagen ter beschikking heeft. Het aandeel vaste autogebruikers (captives) wordt voor iedere zone berekend a.d.h.v. volgende formule, op basis van het aantal bedrijfswagens en het aantal werkzamen op zonaal niveau:

  $$\text{Captive Auto} = \frac{\text{Aantal bedrijfswagens}}{\text{Aantal werkzamen}}$$

  Hierbij worden de resultaten groter dan 1 afgeschermd.

  Net zoals bij de berekening van de autobeschikbaarheid, wordt hierbij dezelfde richtingsfactor toegepast. Het aantal Captive Auto's voor relatie ij wordt berekend a.d.h.v. volgende formule:

  $$\text{Captive Auto}_{ij} = 0{,}95 \cdot (\text{Captive Auto}_i \cdot \text{RF}_{\text{Werk, Uur}} + \text{Capitve Auto}_j \cdot (1 - \text{RF}_{\text{Werk, Uur}}))$$

  De constante factor van 0,95 wordt toegepast omdat er wordt verondersteld dat 5% van de betrokken personen om één of andere reden toch een modale afweging maakt.

- Matrixtabellen 17 t.e.m. 21 bevatten een stedelijkheidsgraad voor elke ij-relatie en dit voor de 5 verschillende motieven. In het vervoerwijzekeuzemodel wordt een OV-verplaatsing die zich in stedelijk gebied bevindt als interessanter ervaren terwijl OV-verplaatsingen die zich in landelijk gebied bevinden als minder aantrekkelijk ervaren worden. Door de hogere frequenties van de OV-lijnen vetrekken de gebruikers thuis met de perceptie dat ze gedurende hun verplaatsing wel OV zullen kunnen gebruiken. In landelijke gebieden dient er meer gepland te worden om op het juiste ogenblik aan de halte te staan waardoor er een eerder negatieve perceptie ontstaat.

  Deze stedelijkheidsfactor wordt bepaald aan de hand van de stedelijkheidsgraad zoals ze is opgenomen in de zonering. De stedelijkheidsgraad is gebaseerd op de afbakening zoals ze gedefinieerd is in het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen. Volgende onderverdeling wordt gehanteerd:

  - Grootstedelijke gebieden;
  - Regionaal stedelijke gebieden;
  - Kleinstedelijke gebieden;
  - Landelijke gebieden.

Stedelijkheidsgraad	Stedelijkheidsfactor
Grootstedelijk	1,2
Regionaal Stedelijk	1,1
Kleinstedelijk	1
Landelijk	0,8

Tabel 4: Stedelijkheidsfactoren op zonaal niveau a.d.h.v. stedelijkheidsgraad

De stedelijkheidsfactoren zijn bepaald, in samenwerking met De Lijn, op basis van de wenselijke kenmerken over het gehele herkomst-bestemmingsbeeld.

De stedelijkheidsgraad voor een specifieke ij-relatie wordt bepaald a.d.h.v. volgende formule:

$$\text{Stedelijkheidsgraad}_{ij} = \text{Stedelijkheidsfactor}_i \cdot \text{Stedelijkheidsfactor}_j$$

Hier wordt echter een beperking op gesteld voor verplaatsingen tussen verschillende grootstedelijke en regionaal stedelijke relaties (bv. van Antwerpen naar Gent). In deze gevallen wordt de stedelijkheidsgraad voor een specifieke ij-relatie bepaald a.d.h.v. volgende formule:

$$\text{Stedelijkheidsgraad}_{ij} = \max(\text{Stedelijkheidsfactor}_i, \text{Stedelijkheidsfactor}_j)$$

Technisch wordt deze beperking afgedwongen op basis van de afstand tussen de herkomst en bestemming. Indien deze groter is dan 11 km (langste afstand in één van de stedelijke agglomeraties) wordt de tweede formule toegepast.

4.2.5 SORTEREN VAN GEOBSERVEERDE MODEPATRONEN (REKENVOLGORDE 5)

Het is mogelijk om geobserveerde verplaatsingen rechtstreeks in de modematrices te brengen. Dit laat toe om bepaalde verplaatsingen exact op het netwerk te krijgen wanneer onderbouwde studies, analyses of onderzoeken voorhanden zijn en een volledige weerslag hiervan in het model nodig is.

Het modepatroonbestand ziet er als volgt uit:

H	B	Aantal	Mode	Uur
1437	1536	0,02	1	12
1438	1468	0,08	1	15
1438	1468	0,12	1	16

Tabel 5: Modepatronen

Hierbij bevatten de eerste twee kolommen de informatie rond herkomst (H) en bestemming (B) o.b.v. zonenummers. In de derde kolom zit het exacte aantal verplaatsingen dat in de modematrices moet worden opgenomen. In totaal wordt er onderscheid gemaakt tussen 5 modi. In de vierde kolom wordt er aangegeven voor welke modus het record van toepassing is:

- Modus 1: autobestuurder;
- Modus 2: passagier;
- Modus 3: openbaar vervoer;
- Modus 4: fiets;
- Modus 5: te voet.

Tot slot wordt in de vijfde kolom aangegeven voor welk uur het record van toepassing is.

Het exact aantal verplaatsingen uit de derde kolom overschrijft de celwaarden in de originele modematrix.

Het modepatroonbestand wordt aangereikt in een CSV-formaat. Hierdoor kunnen externe databronnen het meest efficiënt gebruikt worden zonder dat de datavereisten onnodig groot worden gemaakt. Voyager vereist invoer van matrices uit een tekst- of CSV-formaat in een correct gesorteerde volgorde op herkomst en bestemming. Aangezien dit niet steeds verwacht kan worden uit een flexibel modepatroonbestand, wordt het invoerbestand op een logische wijze gesorteerd in deze deelmodule. De output van deze deelmodule bevat vijf gesorteerde HB-tabellen (één per modus).

Het script van dit programma beschouwt als invoerbestand een DBF-database, waardoor de interne hantering van de variabelen in Voyager eenvoudiger wordt. In eerste instantie worden alle records van het mode-patronenbestand ingelezen in vier interne arrays. Hierbij stelt elke array een attribuut voor. Wanneer een specifieke nulwaarde voor het aantal verplaatsingen wordt ingelezen, wordt deze waarde gelijkgesteld aan -1. Dit gebeurt om achteraf het verschil te kunnen maken tussen cellen die een nulwaarde moeten krijgen en cellen die niet aangepast moeten worden. Wanneer alle records zijn ingelezen, worden de arrays gesorteerd op de combinatie van herkomst en bestemming. Vervolgens wordt er voor elke modus een uitvoerlijst opgesteld, hetgeen resulteert in vijf uitvoerlijsten.

Elke uitvoerlijst eindigt met een afsluitende waarde. Dit wordt gedaan omdat de databehandeling van het stroomschema niet om kan met lege bestanden. Vandaar dat er steeds een fictieve verplaatsing wordt weggeschreven, zijnde een intrazonale verplaatsing van -99 in de hoogst voorkomende zone.

4.2.6 OPBOUWEN MATRICES MODEPATRONEN (REKENVOLGORDE 6)

Dit deelproces leest de resultaatbestanden uit de vorige stap in en beschouwt ze als matrices. In de code dient daarom enkel een correcte inhoudelijke verwijzing naar de kolommen voor herkomst, bestemming en waarde te worden opgenomen.

Het resultaat van dit deelproces is een matrixbestand met daarin vijf modematrixtabellen. De intrazonale waarde voor de laatste zone bedraagt -99. Bij de verdere processen van MM worden negatieve cellen uit deze matrix genegeerd.

4.2.7 OPMAKEN LEGE VVCORRECTIEMATRIX (REKENVOLGORDE 7, 8 EN 9)

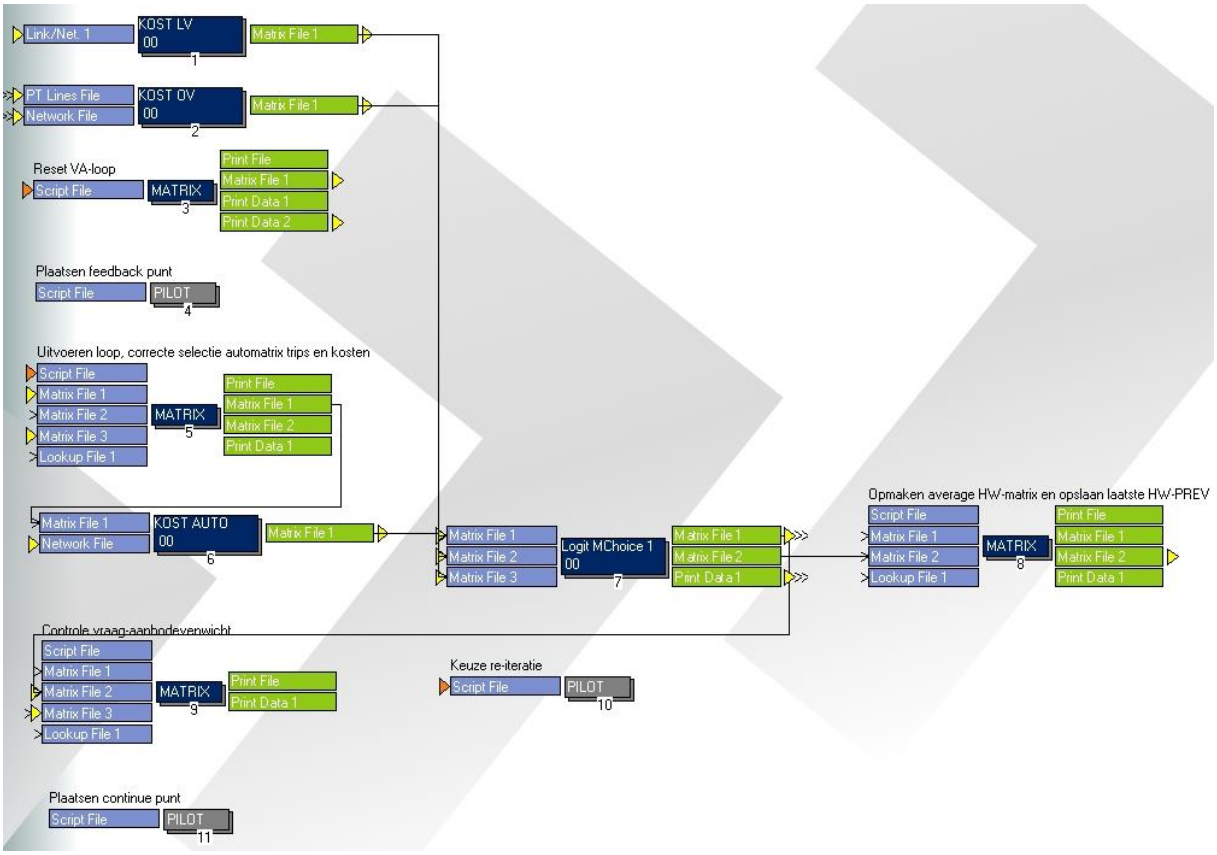
Omwille van het dubbele gebruik van de MM-applicatie (éénmaal voor kalibratie en éénmaal na kalibratie) is het noodzakelijk om een lege vervoerwijzecorrectiematrix aan te maken indien de applicatie wordt gebruikt in de PREKAL mode.

Alleen indien de vraagvariant ‘Basis’ is, zal er een lege VVCORRECTIE-matrix opgemaakt worden. Indien de vraagvariant ‘Kalib_Basis’ is, zal dit proces overgeslagen worden, aangezien in dat geval er een ingevulde VVCORRECTIE-matrix aanwezig is uit de Kalibratie-applicatie.

4.3 VERVOERWIJZEKEUZE

In deze hoofdmodule wordt de vervoerwijzekeuze uitgevoerd. Hierbij worden de kosten voor alle relevante modi berekend, alsook een vraag-aanbod-evenwichtsloop om de wisselwerking tussen congestie en het autogebruik correct te modelleren.

De volgende figuur toont de algemene structuur van het vervoerwijzekeuzeproces. Het terugkoppelingsmechanisme is hier duidelijk uit af te leiden.



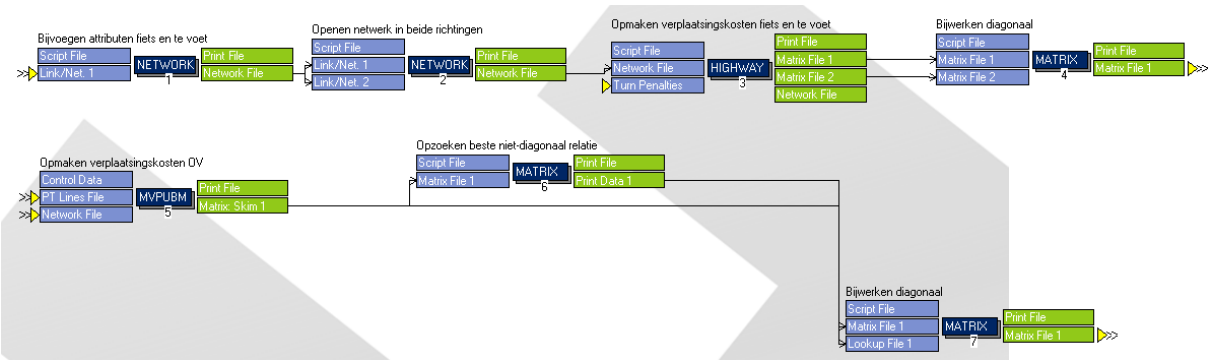
Figuur 8: Overzicht hoofdmodule vervoerwijzekeuze

De hierop volgende bespreking van de deelprocessen zal niet in chronologische rekenvolgorde gebeuren. Gelijkaardige thema's worden immers samen behandeld. Eerst komen de deelmodules 'Kost OV en LV' en 'Kost auto' aan bod. Deze deelmodules berekenen de respectievelijke modeafhankelijke kosten. Hierbij is de deelmodule 'Kost OV en LV' buiten het terugkoppelingsmechanisme geplaatst terwijl de deelmodule 'Kost auto' deel uitmaakt van het terugkoppelmechanisme waarbinnen een iteratief proces tot stand komt. Vervolgens zal de deelmodule 'logit MChoice' worden besproken. Hierin komt de eigenlijke vervoerwijzekeuze aan bod. Tot slot worden de overige deelprocessen besproken. Deze staan in voor de voorbereiding en uitvoering van het terugkoppelingsmechanisme.

4.3.1 KOST OV EN LV (REKENVOLGORDE 1)

Deze deelmodule is een aaneenschakeling van verschillende programma's waarin de weerstandmatrices voor het openbaar vervoer en het langzaam verkeer worden berekend. Langzaam verkeer omvat de modi 'fiets' en 'te voet'. Omdat deze modi weinig of geen wisselwerking kennen tussen vraag en aanbod, wordt deze deelmodule niet opgenomen in het terugkoppelmechanisme. De weerstandmatrices bundelen de verschillende kosten die gelinkt zijn aan een bepaalde modus. Niet alleen reistijd wordt in rekening gebracht maar eveneens bijvoorbeeld financiële kosten, wachttijden en reisafstanden.

Concreet bestaat deze deelmodule uit zeven programma's.



Figuur 9: Overzicht deelmodule kost OV en LV

De eerste 4 programma's maken de kosten op voor de modi fiets en te voet. De laatste drie programma's maken de kosten op voor de modus OV.

- Het eerste programma voegt voor de langzaam verkeer-modi drie nieuwe netwerkattributen toe:
    - SPEED_CC (snelheid fiets);
    - TIME_CC (tijd fiets);
    - COST_CC (kost fiets);
    - SPEED_WK (snelheid te voet);
    - TIME_WK (tijd te voet);
    - COST_WK (kost te voet).

  De snelheden voor de modi fiets en te voet variëren naargelang de linkattributen LINKTYPE, VERKEERSFC, URBAN en GEWEST veranderen. Hierbij worden voor fiets en te voet verschillende parameterinstellingen gehanteerd.

  De tijd wordt berekend door het quotiënt te nemen van de afstand en de snelheid.

  De kosten voor fiets en te voet worden voor iedere link berekend a.d.h.v. volgende formules:

  $$\text{Kost}_{\text{fiets}} = \text{Tijd} + 0{,}15 \cdot \text{Afstand}$$

  $$\text{Kost}_{\text{te voet}} = \text{Tijd} + 0{,}50 \cdot \text{Afstand}$$

  In de bovenstaande formules is de afstandsfactor kleiner dan de tijdsfactor, hierdoor zal er bij een routeberekening voorkeur worden gegeven aan de route met een kortere reistijd. De afstandsfactor voor fiets is getoetst aan geobserveerde fietsroutes.

- In het tweede programma wordt het netwerk geopend in beide richtingen. In het basisnetwerk zijn echter een hele set enkelrichtingsstraten opgenomen, hetgeen conflicteert met fietsers en voetgangers die zich in beide richtingen kunnen voortbewegen. Het script zal daarom alle links met enkelrichting ontdubbelen naar links waarin beide richtingen zijn toegelaten.
- In het derde programma worden de tijd- en afstandskosten berekend voor alle HB-paren. Dit gebeurt door middel van een éénstapstoedeling waarbij congestievorming en rerouting buiten beschouwing worden gelaten. De routing loopt hierbij volgens de linkkosten zoals berekend in het eerste programma. Bij deze berekening worden linktypes 17, 18 en 20 (spoorbanen voor tram, metro, trein en stationsconnectoren) niet opgenomen. Linktypes 1 en 2 (autosnelwegen en op- en afrittencomplexen) worden wel meegenomen, maar de snelheid wordt hier zo laag gezet (verlagingsfactor van ongeveer 500) waardoor de routes in het studiegebied niet via deze linktypes verlopen.
  In het buitengebied, waar het wegennet veel grover is, gebeurt het wel eens dat bepaalde routes via het hoofdwegennet verlopen. Het buitengebied dient in een verkeersmodel dan ook enkel als een

soort voedingsfunctie van het verkeer aan het studiegebied. De links in het buitengebied vertegenwoordigen dan ook veel meer bestaande wegen dan dat in het studiegebied het geval is.

- Het vierde programma werkt de diagonaal bij. De diagonaal bevat de kosten voor alle intrazonale verplaatsingen. Deze verplaatsingen kunnen niet op het netwerk toegedeeld worden dus de intrazonale kosten kunnen niet berekend worden via de voorgaande kostenberekening. Daarom worden de intrazonale kosten bepaald door de laagste rijwaarde (groter dan 0) te vermenigvuldigen met 0,67.
- In het vijfde programma worden de OV-kosten berekend d.m.v. een MVPUBM-blokje. Het resultaat is een matrix met daarin acht matrixtabellen:
    - Gegeneraliseerde OV-kost (SKPATH);
    - Totale afstandskost OV + te voet (als onderdeel van de verplaatsing) (SKDST);
    - Wandeltijdkosten (SKWTIM);
    - Wandelafstandkosten (SKWDST);
    - In-voertuigtijd OV (SKVHTIM);
    - Gemiddelde wachttijd OV (SKAWAI);
    - Aantal opstappen OV (= aantal overstappen + 1) (SKBRD);
    - Tarieven OV (SKFARE).

  Hierbij zijn SKPATH, SKDST, SKWTIM, SKWDST, SKVHTIM, SKAWAI, SKBRD en SKFARE de namen van de matrixtabellen zoals deze door MVPUBM worden benoemd.

  De meeste matrixtabellen worden in MVPUBM gegenereerd door het uitvoeren van een kostenskim vertrekkende van de meest optimale OV-verplaatsing. De meest optimale OV-verplaatsing wordt gekozen door in eerste instantie te kiezen voor de meest optimale OV-modus (trein, tram, bus, metro) voor de gedeeltelijke of hele verplaatsing. Vanuit die keuze worden dan de wachttijden berekend voor de gekozen submodi (combinatie van verschillende OV-modi is mogelijk). Echter is het van belang dat de opdeling tussen de submodi weloverwogen en voldoende onderscheidend is.

  De gegeneraliseerde OV-kost wordt berekend door een weging uit te voeren van de volgende componenten:

    - In-voertuigtijd OV: deze reistijd, uitgedrukt in minuten, cumuleert de reistijden van alle voertuigen tijdens de volledige verplaatsing;
    - Voor/natransport tijdkosten (wandeltijdkosten genaamd): dit is de totale reistijd van het voor-, na- en tussentransport, uitgedrukt in minuten;
    - Gemiddelde wachttijd: dit is de gemiddelde totale wachttijd, uitgedrukt in minuten, die de gebruiker ervaart tijdens de volledige verplaatsing;
    - Aantal opstappen: deze kost wordt uitgedrukt in strafminuten die worden verrekend bij elke opstap. Het omrekenen van opstappen naar strafminuten gebeurt door middel van een weegfactor;
    - Aantal overstappen: dit is de psychologische overstapskost, uitgedrukt in strafminuten die worden verrekend bij elke overstap. Het omrekenen van overstappen naar strafminuten gebeurt door middel van een weegfactor;
    - Tarieven OV: dit is de ticketkost in monetaire waarde die wordt vertaald naar minuten via een weegfactor. De ticketkost wordt berekend via een vaste opstapkost en afstandsafhankelijke reiskost. Andere kostmechanismen zijn mogelijk, maar niet combineerbaar in één modelrun. De weegfactor vormt bij deze kost eigenlijk een tijdswaardering.

  In formulevorm kan de totale gegeneraliseerde OV-kost met bijhorende weegfactoren als volgt worden geschreven:

$$\text{Kost}_{\text{OV}} = \alpha \cdot \text{In–voertuigtijd OV} + \beta \cdot \text{Wandeltijdkosten} + \delta \cdot \text{Gemiddelde wachttijd} +$$
$$\varepsilon \cdot \text{Aantal opstappen} + \zeta \cdot \text{Aantal overstappen} + \eta \cdot \text{Tarieven}$$

Hierbij variëren weegfactoren α, δ, ε en η naargelang de submodus die wordt gebruikt binnen het openbaar vervoer:

Weegfactoren	Submodel			
	Trein	Tram	Bus	Metro
α (weegfactor reistijd)	1	1	1,15	1
δ (weegfactor wachttijd)	2,4	2,6	3,3	2,5
ε (weegfactor opstapkost)	0	0	4	0
η (weegfactor tijdswaardering)	10,08	10,08	10,08	10,08

Tabel 6: Weegfactoren α, δ, ε en η bij de gegeneraliseerde OV-kost - 1/3

Bij het voor-, na- en tussentransport wordt er voor de weegfactor β onderscheid gemaakt naar het linktype waarover het voor-, na- en tussentransport plaatsvindt. Onderstaande tabel geeft hiervan een overzicht:

Linktype	β
1	3,0
2	3,0
3	1,8
4	1,8
5	1,7
6	1,7
7	1,6
8	1,5
>8	1,7

Tabel 7: Weegfactor β bij de gegeneraliseerde OV-kost - 2/3

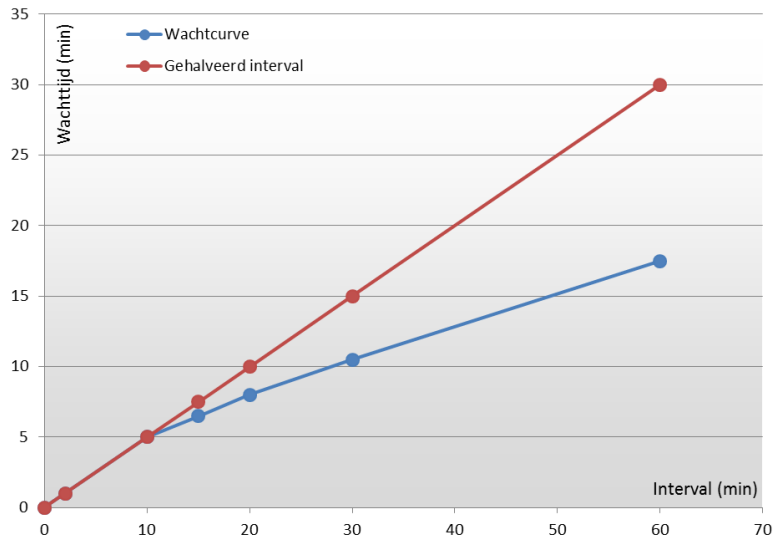
Voor de overstapkosten wordt er gebruikgemaakt van weegfactor ζ:

Submodus	Trein	Tram	Bus	Metro
Trein	3	1	4	1
Tram	2	1	4	1
Bus	3	1	3	1
Metro	2	1	3	1

Tabel 8: Weegfactor ζ bij de gegeneraliseerde OV-kost - 3/3

De weegfactoren zijn gebaseerd op een analyse van SP-resultaten uit Parijs (in samenwerking met De Lijn voor types OV in Vlaanderen).

De component gemiddelde wachttijd is de enige component van de gegeneraliseerde OV-kost die niet kan worden bekomen via een kostenskim. Vandaar dat er voor de wachttijdberekening gebruik wordt gemaakt van zogenaamde wachtcurves. Het Trips OV-datamodel is interval-gebaseerd. OV-diensten worden dus niet afzonderlijk met alle aparte tijdstabellen opgenomen. Elke OV-lijn krijgt een intervaltijd toegewezen. Op basis van de intervaltijd kan er een mathematisch gemiddelde worden berekend. Hierbij wordt aangenomen dat het aankomstpatroon van de reiziger temporeel evenredig verdeeld is. Deze aanname blijkt in de praktijk echter niet van toepassing te zijn bij OV met een lage frequentie. In dat geval stemmen de reizigers namelijk hun aankomstpatroon af op de werkelijke tijdschema's. Om die reden wordt een getrapte verrekening van intervaltijd naar wachttijd gevolgd.



Figuur 10: Vergelijking gemiddelde en getrapte wachttijd

Hierbij wijkt de gemiddelde wachttijd (zie bovenstaande figuur) af van het mathematisch gemiddelde van de intervaltijd wanneer het interval groter is dan 10 minuten (wat overeenkomt met een hoogfrequente dienstverlening van 6 OV-diensten per uur). Naarmate de intervaltijd sterker toeneemt, zal de gemiddelde wachttijd meer en meer afwijken van het mathematisch gemiddelde van de intervaltijd. Op die manier is de gemiddelde wachttijd slechts 17,5 minuten bij een intervaltijd van 60 minuten, terwijl dit bij een mathematisch gemiddelde 30 minuten zou zijn. De getrapte verrekening geeft een realistischer beeld weer dan de toepassing van het pure mathematische gemiddelde.

- Net zoals bij de andere kostberekeningstechnieken blijven ook in het vijfde programma de diagonalen van de matrices leeg aangezien een intrazonale verplaatsing niet toegedeeld kan worden. Vandaar dat in het zesde programma de bestemmingszone voor elke herkomstzone wordt opgezocht waarvan de gegeneraliseerde OV-kost het laagst is. Uiteraard met als bijkomend criterium dat de bestemmingszone niet dezelfde zone mag zijn als de herkomstzone.
- Op basis hiervan worden in het zevende programma de diagonalen van de volgende matrixtabellen bijgewerkt:
    - Gegeneraliseerde OV-kost;
    - In-voertuigtijd OV;
    - Gemiddelde wachttijd OV;
    - Aantal opstappen OV;
    - Wandeltijdkosten OV.

  De overige matrixtabellen worden niet meer gebruikt in een verder modelproces.

  De matrixtabellen die worden bijgewerkt, worden eerst ‘ontwogen’. Dit moet gebeuren aangezien deze matrixtabellen oorspronkelijk werden opgehoogd met een bepaalde weegfactor om de berekeningen voor de verschillende submodi zo correct mogelijk te doen verlopen (zoals bijvoorbeeld een weegfactor van 2,4 bij de wachttijd van trein). Het ‘ontwegen’ gebeurt eenvoudigweg door toepassing van een factor die invers is aan de gemiddelde weegfactor die oorspronkelijk werd toegepast.

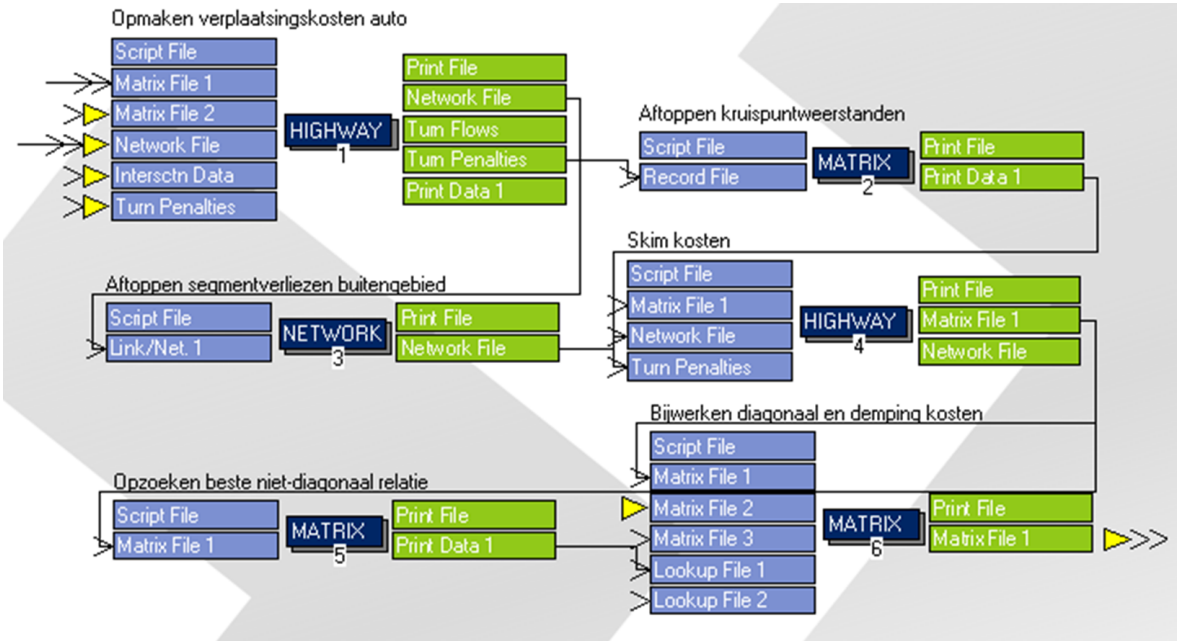
  Nadat de matrixtabellen zijn ‘ontwogen’, wordt de diagonaal telkens ingevuld door voor elke rij (herkomst) een diagonaalwaarde in te geven die overeenkomt met de waarde uit de bestemmingszone met de laagst gegeneraliseerde OV-kost (uit het zesde programma), vermenigvuldigd met een bepaalde constante. Deze constante varieert naargelang de matrixtabel waarbij men de diagonaal bijwerkt.

Net zoals de deelmodule waarin de kosten voor het langzaam verkeer worden berekend, zit ook dit onderdeel niet mee in het terugkoppelmechanisme. Er is namelijk geen wisselwerking tussen het gebruik van OV of auto tegenover de weerstanden van het OV, met als gevolg dat het efficiënter is om dit onderdeel niet op te nemen in het terugkoppelmechanisme.

4.3.2 KOST AUTO (REKENVOLGORDE 6)

In deze deelmodule worden de kostcomponenten voor het autoverkeer berekend. In tegenstelling tot de deelmodule waarin de kosten werden berekend voor het langzaam verkeer en het OV, wordt er hier een congestietoedeling uitgevoerd aangezien de te hanteren reistijden en –afstanden voor de specifieke modelperiode moeten worden berekend.

Hieronder ziet men een overzicht van de programma's waaruit deze deelmodule bestaat.



Figuur 11: Overzicht deelmodule kost auto

De toedeling gebeurt in het eerste programma op bovenstaande figuurFiguur 11. Na het toedelen worden in het tweede programma onrealistisch hoge kruispuntweerstanden, die als gevolg van het statisch toedelingsproces kunnen ontstaan, afgetopt. In een statische toedeling wordt namelijk verondersteld dat alle verplaatsingen over hun volledige route aanwezig zijn. Hierdoor kunnen telkens opnieuw bij opeenvolgende kruispunten verliestijden ontstaan wanneer de capaciteit overschreden wordt. In realiteit zullen er echter bij het eerste kruispunt auto's "tegengehouden" worden, die dus niet meer tot op de volgende kruispunten geraken.

Vervolgens worden segmentverliestijden in het buitengebied afgetopt in een derde programma. Het is namelijk zo dat het netwerk in het buitengebied veel grofmaziger is voorgesteld aangezien het netwerk er enkel dient ter voeding van het studiegebied. Het is mogelijk dat er langere reistijden ontstaan omwille van omrijfactoren door de afwezigheid van een uitgebreider netwerk. Het gevolg is dat er daarom segmentverliestijden kunnen ontstaan die er niet zouden zijn indien het buitengebied fijnmaziger zou worden gemodelleerd.

Na de toedeling in het eerste programma en de aftoppingsprocessen in het tweede en derde programma worden de kosten geskimd in het vierde programma. Vervolgens wordt de beste niet-diagonale relatie opgezocht in een vijfde programma. Dit gebeurt op analoge wijze als voor de kostenberekening van het openbaar vervoer gebeurde. Tot slot worden de diagonalen in een zesde programma bijgewerkt.

//

Hierna worden de belangrijkste programma's van deze deelmodule besproken, namelijk programma 1 met het toedelingsproces, programma 4 met de kostenskims voor het gemotoriseerd verkeer en programma 6 voor het bijwerken van de diagonaal van de kostenmatrix.

- Programma 1: Evenwichtstoedeling voor verplaatsingskosten auto

De toedeling omvat een multiclass evenwichtstoedeling met volume averaging en kruispuntmodellering.

Een multiclass toedeling houdt in dat het verkeer in drie categorieën wordt toegedeeld, waarbij voor elke categorie een eigen routekeuze en parameters worden gehanteerd. De drie categorieën zijn: auto, lichte vrachtwagens en zware vrachtwagens.

De evenwichtstoedeling zelf omvat een capacity restraint procedure waarbij de reistijden op de wegvakken en de verliestijden aan de kruispunten na elke iteratie worden herberekend op basis van het aantal passerende voertuigen en de afwikkelingscapaciteit. Hierbij worden enerzijds een set speedflowcurves gehanteerd en anderzijds de HCM2000-regels. Per iteratie kunnen dus andere routes worden gevolgd indien blijkt dat de gewogen kost er lager is. De toedeling wordt in evenwicht beschouwd als geen enkele verkeersdeelnemer, zonder medewerking van andere gebruikers, voor zijn traject een route kan vinden met een lagere gewogen kost dan de route die hij volgt (evenwichtsvoorwaarden Wardrop). Deze principes worden hieronder toegelicht.

De methode van opeenvolgende uitmiddeling (volume averaging), maakt het vinden van de evenwichtssituatie efficiënter. Per iteratie wordt al het verkeer volgens de beste route toegedeeld en gecombineerd met de volumes uit de vorige iteraties. Deze gecombineerde routes worden gebruikt om het netwerk opnieuw te verrijken met reistijden en verliestijden. Wanneer niet voldaan wordt aan een gedefinieerd gebruikersevenwicht (evenwichtscriteria worden verder in deze paragraaf gedefinieerd), wordt een volgende iteratie uitgevoerd. Na iteratie i worden het resulterende volume en de reistijd berekend aan de hand van de volgende formules:

$$\mathrm{Vol}_{\text{na iteratie i}} = \frac{\mathrm{Vol}_{\text{na iteratie i}-1} \cdot (\mathrm{i}-1) + \mathrm{Vol}_{\text{bij iteratie i}}}{\mathrm{i}}$$

met

- $\mathrm{Vol}_{\text{na iteratie i}}$: volume op een wegvak of afslagbeweging na iteratie i (na volume averaging van de huidige iteratie);
- $\mathrm{Vol}_{\text{na iteratie i-1}}$: volume op een wegvak of afslagbeweging na iteratie i-1 (na volume averaging van de vorige iteratie);
- $\mathrm{Vol}_{\text{bij iteratie i}}$: volume op een wegvak of afslagbeweging bij iteratie i (resultaat van een alles of niets toedeling (verkeer wordt toegedeeld volgens de route met de laagste weerstand) bij iteratie i en voor volume averaging van de huidige iteratie)

Onderstaand voorbeeld illustreert dit voor een standaard wegvak met een capaciteit C van 1500 pae/u en een freeflowreistijd T_0 van 2 minuten. Volgende speedflowcurve geldt op dit wegvak:

$$\mathrm{T_i} = \mathrm{T}_0 \left(1 + \mathrm{a}\left(\frac{\mathrm{Vol}_{\text{na iteratie i}}}{\mathrm{C}}\right)^{\mathrm{b}}\right)$$

met

- $\mathrm{T_i}$: reistijd of verliestijd van een wegvak of afslagbeweging na iteratie i (na volume averaging van de huidige iteratie);
- a, b: sturingsvariabelen voor de speedflowcurve in dit voorbeeld. Deze nemen de waardes 1,2 en 4 aan voor dit voorbeeld.

Iteratie	$Vol_{it\ i-1}$	$Vol_{it\ i}$	$Vol_{Finaal\ it\ i}$	I/C	Vertragings-factor	$T_{congest}$
1	0	1 500	1 500	100.0%	2.20	4.40
2	1 500	100	800	53.3%	1.10	2.19
3	800	1 450	1 017	67.8%	1.25	2.51
4	1 017	1 350	1 100	73.3%	1.35	2.69
5	1 100	1 200	1 120	74.7%	1.37	2.75
6	1 120	1 190	1 132	75.4%	1.39	2.78

Tabel 9: Voorbeeld iteratieproces bij evenwichtstoedeling

Op een leeg netwerk worden in eerste instantie 1500 pae/u over dit wegvak gestuurd. Gecombineerd levert dit, logischerwijze, dezelfde 1500 pae/u op die gebruikt worden voor de vertragingsberekening. Een verzadigingsgraad van 100% resulteert in een vertragingsfactor van 2,2 en zorgt voor meer dan een verdubbeling van de reistijd.

Voor de volgende iteratie wordt daarom een reistijd van 4,40 minuten opgesteld hetgeen overeenkomt met een vertraging van meer dan twee minuten t.o.v. de freeflowreistijd. Hierdoor is dit wegvak voor de tweede iteratie minder aantrekkelijk en rijden er in deze iteratie slechts 100 pae/u over dit wegvak. Gecombineerd komt dit neer op 800 pae/u, met een afgeleide reistijd van 2,19 minuten. Dit leidt tot een aantrekkelijker netwerk dan bij de vorige iteratie met als gevolg een hogere belasting van 1450 pae/u op het betrokken wegvak. Gecombineerd komt dit overeen met 1017 pae en een reistijd van 2,51 minuten.

Dit voorbeeld gaat op analoge wijze verder en men ziet duidelijk dat de opeenvolging van uitmiddelingen het gecombineerde volume stabiliseert en dempt. Hierdoor worden de reistijden ook stabieler naarmate het iteratieproces verder loopt. Omdat telkens slechts 1/n van de laatste iteratie wordt meegenomen, treedt een demping op en zal de toedeling sneller in evenwicht komen ten opzichte van een situatie waar telkens met het finale volume gewerkt zou worden.

Aangezien in de eerste stappen van de toedeling zeer grote schommelingen kunnen optreden in de verkeerstromen, kunnen ook de kruispuntverliestijden zeer hoog oplopen. Deze kunnen verstorend werken en zorgen dat het langer duurt voor er weer stabiele resultaten verkregen worden. Daarom wordt ervoor gekozen om de kruispuntverliestijden gradueel te laten opkomen. In de eerste iteratie wordt er 10% van de kruispuntverliestijd meegenomen en dit stijgt lineair totdat in iteratie 10 de volledige kruispuntverliestijd meegenomen wordt in de evenwichtstoedeling.

Deze techniek streeft naar een evenwicht. Het is aan te tonen dat dit evenwicht theoretisch moet bereikt worden wanneer de afzonderlijke vertragingen elkaar niet beïnvloeden en de vertragingscurven monotoon stijgen.

In het voorliggende proces worden de kruispuntvertragingen ook opgenomen. Deze zijn gebaseerd op de methodiek van de HCM. Deze vertragingsfuncties die hierin gebruikt worden voldoen niet helemaal aan deze noodzakelijke vereisten van monotoon stijgend te zijn aangezien de afslagvertragingen intern beïnvloed kunnen worden door conflicterende bewegingen met als gevolg dat er aan het perfecte evenwichtscriterium niet voldaan wordt. De praktijk toont echter aan dat bij een voldoende aantal iteraties er een evenwicht wordt bereikt dat voldoende bruikbaar is.

Verder is de definiëring van een evenwichtstoestand een belangrijk punt. Hiervoor zijn verschillende technieken beschikbaar. Een vaak toegepaste techniek bestaat uit de meting van het procentuele verschil tussen de totale verliestijden of kosten van twee opeenvolgende iteraties. Wanneer dit bijvoorbeeld onder de drie procent komt, kan men stellen dat de gesommeerde reistijd tussen twee opeenvolgende iteraties slechts met drie procent verschuift. Er zijn echter ook andere criteria die gehanteerd kunnen worden. Volumeafhankelijke criteria zijn hierbij het meest bruikbaar. De absolute vergelijking van het gemiddelde

van opeenvolgende volumes op de wegvakken en afslagbewegingen (of een gelijkaardige relatieve vergelijking) geeft een idee over evenwicht dat meer op de verkeersmassa gericht is dan op de kosten. In dezelfde familie hoort de techniek die tussen twee opeenvolgende iteraties het aantal wegvakken en afslagbewegingen telt waarvoor geldt dat de volumes met minder dan een vooropgezet percentage verschillen.

Een uitgebreide versie van deze laatste techniek wordt in voorliggende toedeling toegepast, en hieronder besproken.

- In het studiegebied wordt het evenwicht verondersteld bereikt te zijn indien minstens 99 procent van de totale lengte van alle wegvakken hoogstens een verschil van 1 procent in volume kennen of een absoluut verschil van 10 pae/u tussen twee opeenvolgende iteraties.
- Ook voor het invloedsgebied wordt het evenwicht verondersteld bereikt te zijn indien minstens 99 procent van de totale lengte van alle wegvakken hoogstens een verschil van 1 procent in volume kennen of een absoluut verschil van 10 pae/u tussen twee opeenvolgende iteraties.
- Voor het buitengebied wordt het evenwicht verondersteld bereikt te zijn indien minstens 98 procent van de totale lengte van alle wegvakken hoogstens een verschil van 2 procent in volume kennen of een absoluut verschil van 20 pae/u tussen twee opeenvolgende iteraties.

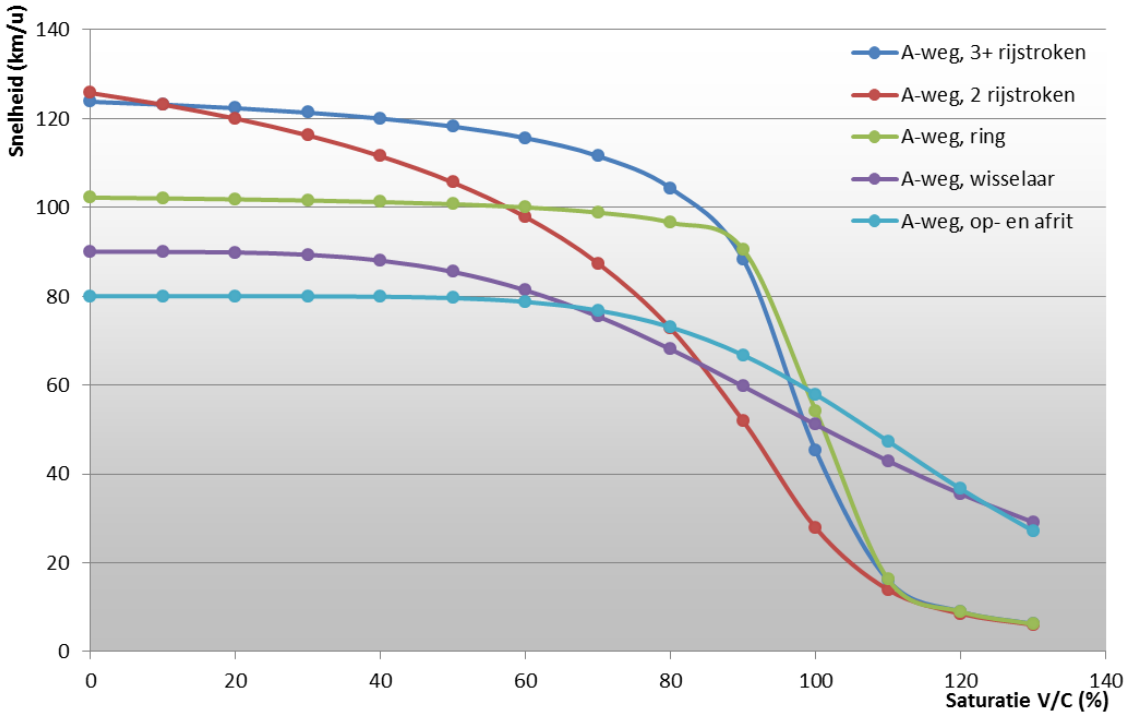
  Om te garanderen dat dit evenwichtscriterium wordt bereikt, worden de andere criteria, die eventueel vroeger zouden ingrijpen, uitgeschakeld. Daarnaast wordt er niet verondersteld dat er evenwicht bereikt is als eenmaal aan deze criteria voldaan is, maar moet er in drie opeenvolgende iteraties aan deze criteria voldaan zijn. Hiermee wordt vermeden dat een eerder toevallige iteratie die in evenwicht lijkt te zijn als eindpunt kan dienen.

  Om oneindige oscillaties tussen iteraties te voorkomen, wordt een maximum aantal iteraties op 999 gezet.

De speedflowcurves en hun specifieke vorm worden door het attribuut LINK_CLASS op de wegvakken bepaald. Dit attribuut wordt voor de autosnelwegen automatisch berekend, gebaseerd op het linktype, de naam en het aantal rijstroken. Voor de overige wegen wordt er ook rekening gehouden met het aantal rijstroken, enkelrichting, urbanisatie en verkeersfunctie.

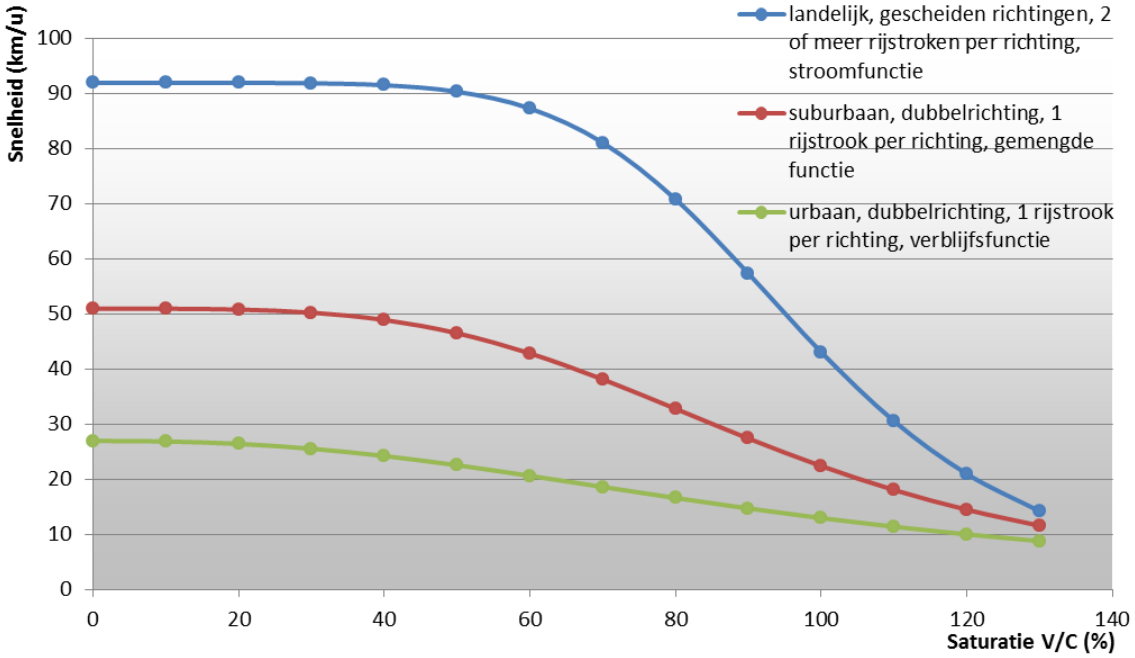
De speedflowcurves voor de autosnelwegen hebben een functionele vorm gebaseerd op het onderzoek van Akçelik of de klassieke BPR[6], waarvan de parameters werden vastgelegd op basis van een uitgebreide set verkeerstellingen op de Vlaamse snelwegen van het Verkeerscentrum. De speedflowcurves worden getoond in onderstaande Figuur 12figuur.

[6] De BPR-functie werd geïntroduceerd door het Bureau of Public Roads die de relatie tussen reistijd en intensiteit weergeeft.



Figuur 12: Speedflowcurves voor autosnelwegen

De curven voor de overige wegen volgen de klassieke BPR-vorm. Hierbij treedt er variatie op naargelang het aantal rijstroken, enkelrichting, urbanisatie en verkeersfunctie. Enkele voorbeelden van deze curven worden getoond op onderstaande figuur.



Figuur 13: Voorbeelden speedflowcurves onderliggend wegennet

Voor zoneconnectoren wordt een volledig 'platte' speedflowcurve gebuikt, dus zonder een effect op de snelheid door verzadiging.

De codering van de evenwichtstoedeling gebeurt in de Voyager-scripttaal. Hierbij wordt rekening gehouden met een aantal door Voyager vooraf gedefinieerde attribuutnamen, die in de voorgaande

deelmodules berekend zijn. Verder worden – afhankelijk van de beschouwde modus – bepaalde wegcategorieën “uitgeschakeld” tijdens dit proces. Dit gebeurt door ze in een linkgroep te definiëren. Zo worden alle linktypes die niet toegankelijk zijn voor het gemotoriseerd verkeer uitgeschakeld. Op gelijkaardige manier worden afzonderlijke wegvakken die met een lokaal verbod per modus zijn gekenmerkt, aan dezelfde linkgroepen toegekend.

De laatste stap voor de eigenlijke toedeling omvat de definiëring van de gegeneraliseerde kost per modus. Het is deze kost die bij de routering geminimaliseerd dient te worden. Deze kost is voor de drie gebruikersklassen als volgt gedefinieerd:

$$\begin{matrix}\text{kost}_{\text{PW}} \\ \text{kost}_{\text{VZ}} = \alpha * \text{Tijd} + \beta * \text{Afstand} + \delta * (\text{Tol} + \text{Parkeerkost}) + \gamma * \text{Queuingverlies} + \lambda * \text{Parkeerverlies} \\ \text{kost}_{\text{VL}}\end{matrix}$$

De weegfactoren α, β, δ, γ en λ zijn afhankelijk van de wegvakkenmerken en werden door een voorbereidend proces geïnitialiseerd. Ze waarderen de kostcomponenten relatief tegenover elkaar. De kostcomponenten zelf worden uit het netwerk afgeleid, waarbij Tijd, Queuingverlies en Parkeerverlies initieel gelijkgesteld worden aan respectievelijk de freeflowtijd, nul en nul. Doorheen de iteratiestappen zullen deze componenten automatisch aangepast worden.

De eigenlijke toedelingsfase valt uiteen in de deelprocessen ‘padenopbouw’ en ‘capacity restraint’.

Het deelproces ‘padenopbouw’ definieert voor de afzonderlijke modi welk attribuut moet gehanteerd worden om de route met de laagst gegeneraliseerde kost te vinden. Daarna laadt dit deelproces de geselecteerde verplaatsingsmatrix op met het geselecteerd wegvakvolume en afslagbewegingsvolume. Merk op dat in deze fase nog geen kostenmatrix of aparte componenten per modus worden opgemeten. In deze stap wordt gedefinieerd op welke manier (op basis van welke kosten) er paden moeten opgemaakt worden. Bovendien worden de effectieve paden opgemaakt.

Het volgende deelproces ‘capacity restraint’ omvat de te hanteren techniek en bijbehorende evenwichtscriteria. De techniek betreft hier volume averaging waarbij maximum 300 iteraties worden uitgevoerd. De evenwichtscriteria werden eerder gedefinieerd afhankelijk van studiegebied, invloedsgebied en buitengebied.

Voor de berekening van de verliestijden moet er rekening worden gehouden met de gecombineerde belasting op het wegvak of de afslagbeweging in kwestie. Hierbij wordt de grootheid personenauto-equivalenten (pae’s) gebruikt. De berekening gebeurt als volgt:

$$\text{Vol}_{\text{gecombineerd, wegvak}} = 1 \cdot \text{Vol}_{\text{PW}} + 2 \cdot \text{Vol}_{\text{VZ}} + 1{,}5 \cdot \text{Vol}_{\text{VL}}$$

$$\text{Vol}_{\text{gecombineerd, afslagbeweging}} = 1 \cdot \text{Vol}_{\text{PW}} + 3 \cdot \text{Vol}_{\text{VZ}} + 2 \cdot \text{Vol}_{\text{VL}}$$

De toedeling wordt na elke iteratie opnieuw doorlopen. De attributen die per iteratie variëren, moeten dan ook telkens opnieuw worden gedefinieerd. De congestieafhankelijke reissnelheid en –tijd worden automatisch via de speedflowcurves en de HCM2000-functies aangepast. Alle afgeleide aanpassingen (bv. totale kost) worden opnieuw uitgeschreven.

In deze stap wordt de queuingverliestijd berekend. De queuingverliestijd ondersteunt de verliestijdberekening op autosnelwegen d.m.v. weefzones bovenop de pragmatische vertraging ten gevolge van het gebruik. In een voorgaand proces werden de wegvakken die één of meer rijstroken tekort hebben, om alle inkomende rijstroken één-op-één op te vangen, gemarkeerd. Voor deze wegvakken wordt nu een verticaal queuingproces gehanteerd wanneer het gecombineerde verkeersvolume de capaciteit overschrijdt:

$$\text{Queuingverlies} = \left(\frac{\left(\text{Vol}_{\text{gecombineerd}} - 0{,}95 \cdot \text{C}\right) \cdot 60}{\text{C}} \right)^{1{,}3}$$

Wanneer bijvoorbeeld een massa verkeer, met een volume dat 25% groter is als de capaciteit, het wegvak passeert, wordt er een bijkomende verliestijd van 33 minuten voorzien. Het voordeel van deze verticale stapeling van verliestijd is dat ze identiek functioneert voor alle passerende voertuigen. Dit ongeacht de (weef)arm waarlangs een bepaald filepunt wordt benaderd. Daarbij is de extra verliestijd onafhankelijk van de lengte van een bepaald wegvak.

Naast de queuingverliestijd wordt ook een parkeerverliestijd berekend. Wanneer fysische parkeerwegvakken, die feitelijke parkings voorstellen, opgenomen zijn via een beperkte parkeercapaciteit, wordt hier gelijkaardig een verticale verliestijd opgebouwd:

$$\text{Parkeerverlies} = 100 \cdot \left(\frac{\text{Vol}_{\text{gecombineerd}}}{\text{ParkeerCapaciteit}} \right)^6$$

De gegeneraliseerde kost wordt voor elke modus opnieuw opgebouwd. De op tijdsgerichte iteratie-afhankelijke componenten worden op deze manier dynamisch meegenomen.

Zoals reeds vermeld, worden in dit programma (programma 1: evenwichtstoedeling voor verplaatsingskosten auto) de kostenskims niet uitgevoerd. Praktijk leert dat kruispuntvertragingen zeer hoog kunnen opslingeren. Voor de feitelijke routekeuze en het volledige iteratieproces heeft dit technische voordelen. Zo worden overbelaste bewegingen hierdoor aanzienlijk gehinderd waardoor er snel zal worden gezocht naar alternatieve routes. Voor de echte meting van de reistijden kan dit echter een probleem vormen. Daarom wordt de evenwichtstoedeling helemaal afgewerkt zonder kostenmeting en wordt het resulterende toegedeelde netwerk met de daarbij horende congestieafhankelijke rij- en verliestijden bewaard.

- Kostenskims gemotoriseerd verkeer

De kostenskims worden uitgevoerd door middel van een extra toedelingsiteratie. Deze toedeling is een stuk eenvoudiger dan de voorgaande ‘evenwichtstoedeling voor verplaatsingskosten auto (programma 1)’ doordat dit programma geen iteratief proces uitvoert. Er wordt vertrokken van het netwerk in evenwicht, afkomstig uit het voorgaande programma. Dit betreft dus een netwerk met congestie. Van dit netwerk worden de kostcomponenten van alle routes d.m.v. een extra iteratie bevraagd.

De freeflowtijd wordt hier gelijkgesteld aan de congestietijd. Bovendien worden de afgetopte kruispuntverliestijden opgenomen: wanneer de kruispuntverliestijden een waarde aannemen groter dan 2, wordt deze waarde vervangen door een waarde die men bekomt a.d.h.v. volgende formule:

$$\text{Gecorrigeerde waarde} = 2 + (\text{waarde} - 2)^{1/2}$$

De kostenfunctie wordt identiek opgesteld als bij de evenwichtstoedeling in programma 1. De paden en bijhorende kosten die worden berekend zullen, door het gebruik van dezelfde attributen uit het resultaatnetwerk en door het feit dat het evenwicht tijdens de eigenlijke toedeling werd bereikt, gelijkaardig zijn aan het resultaat van de originele evenwichtstoedeling aangezien het enige verschil de afgetopte kruispuntweerstanden zijn. Volgende kostcomponenten worden in matrixtabellen bewaard (kostcomponent per ij-relatie):

- Gecongesteerde reistijd op de wegvakken in minuten;
- Volledige gecongesteerde reistijd op wegvakken, met inbegrip van de verliestijden aan kruispunten, in minuten;
- Reisafstand in kilometer;
- Totaal betaalde tol over het traject, in euro;
- De queuingverliestijd over het traject, in minuten;
- De parkeerzoektijd, in minuten;
- De parkeerkost, in euro.

Deze kostenmatrix wordt verder aangevuld met volgende bijkomende componenten:

- Niet-gecongesteerde reistijd, in minuten. Deze reistijden volgen uit de BASMAT-module, waar ze berekend werden met een minimale belastingmatrix;
- Verliestijd tegenover freeflowsituatie, in minuten. Dit is het verschil tussen bovenstaande niet-gecongesteerde reistijd en de volledige gecongesteerde reistijd.

- Bijwerken diagonaal gemotoriseerd verkeer

Opnieuw moeten de intrazonale kosten worden bijgewerkt aangezien deze niet direct bemeten kan worden. Op basis van de gegeneraliseerde kosten wordt de beste niet-intrazonale relatie vanuit elke zone opgezocht. Vervolgens worden de intrazonale kosten berekend via volgende formules:

$$\text{Onbelaste reistijd auto, intrazonaal} = 0{,}85 * \text{MIN\_OT auto (i} - 1 \,..\, \text{n)}$$

$$\text{Extra gecongesteerde reistijd auto, intrazonaal} = 0{,}85 * \text{MIN\_ECT auto (i} - 1 \,..\, \text{n)}$$

$$\text{Queuingverliestijd auto, intrazonaal} = 0{,}85 * \text{MIN\_QT auto (i} - 1 \,..\, \text{n)}$$

$$\text{Parkeerzoektijd auto, intrazonaal} = 0{,}95 * \text{MIN\_PT auto (i} - 1 \,..\, \text{n)}$$

$$\text{Afstand auto, intrazonaal} = 0{,}75 * \text{MIN\_Afstand auto (i} - 1 \,..\, \text{n)}$$

$$\text{Tol auto, intrazonaal} = 1{,}00 * \text{MIN\_Tol auto (i} - 1 \,..\, \text{n)}$$

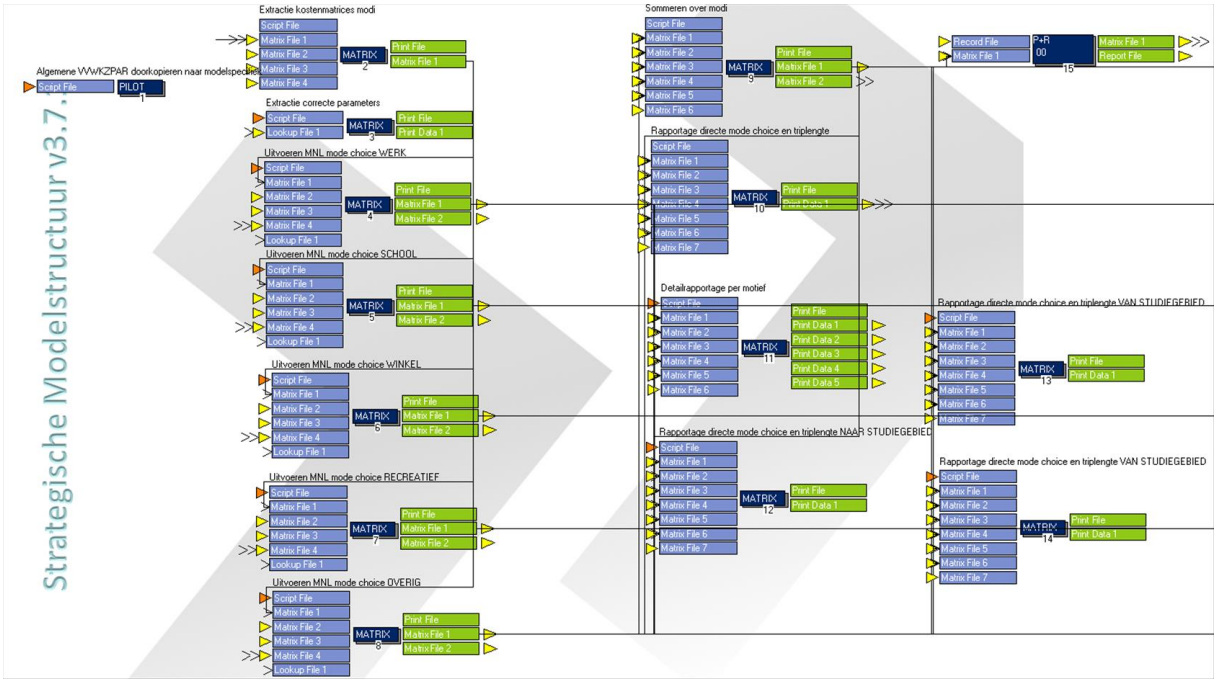
$$\text{Parkeertol auto, intrazonaal} = 1{,}00 * \text{MIN\_Parkeertol auto (i} - 1 \,..\, \text{n)}$$

Hierbij staan MIN_OT, MIN_ECT, MIN_QT, MIN_PT, MIN_Afstand, MIN_Tol en MIN_Parkeertol voor de beste niet-intrazonale relatie m.b.t. onbelaste reistijd, extra gecongesteerde reistijd, queuingverliestijd, parkeerzoektijd, afstand, tol en parkeertol.

4.3.3 LOGIT MCHOICE (REKENVOLGORDE 7)

In deze deelmodule wordt de vervoerwijzekeuze uitgevoerd d.m.v. een multinomiaal logitmodel (MNL model). Hierbij worden de weerstanden van de betrokken modi met elkaar vergeleken, met als resultaat een verdeling van de vraagmatrices over de verschillende modi. Dit onderdeel is, als kern van het volledige keuzeproces, ook opgenomen in het terugkoppelingsmechanisme.

Onderstaande Figuur 14figuur geeft een overzicht van de programma's waaruit deze deelmodule is opgebouwd:



Figuur 14: Overzicht deelmodule vervoerwijzekeuze

a) Algemene vervoerwijzekeuzeparameters doorkopiëren naar modelspecifieke parameterfolders (rekenvolgorde 1)

Dit proces is eerder technisch van aard. Het zorgt ervoor dat de correcte vervoerwijzekeuzeparameters doorgekopieerd worden naar de respectievelijke modelspecifieke parameterfolder.

b) Extractie kostenmatrices modi (rekenvolgorde 2)

De kostenmatrices voor langzaam verkeer, OV en auto worden in deze stap samengevat in één output matrixbestand. Een aantal componenten worden gecombineerd tot een benodigde indicator voor het vervoerwijzekeuzeproces. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van hulpmatrices, die reeds in de hoofdmodule 'Voorbereiding - initialisatie' werden opgebouwd.

De volgende componenten worden vanuit verschillende voorgaande processen verzameld, opgesteld en bewaard voor het uitvoeren van het vervoerwijzekeuzeproces:

- Reistijd autobestuurder (of passagier): som van de in-voertuigtijd auto en de extra verliestijd ten gevolge van congestie, de queuingverliestijd op autosnelwegen, de parkeerverliestijd en de parkeerzoektijd;
- Reisafstand auto;
- Directe financiële kost auto (som van tolgelden en parkeerkosten);
- Reistijd passagier (wordt gelijkgesteld aan die van de bestuurder);
- In-voertuigtijd OV;
- Wachttijd OV;
- Aantal opstappen OV;
- Voor-, na- en tussentransporttijd OV;
- Reistijd fiets;
- Reistijd te voet;
- Beschikbaarheid van een bepaalde modus
    - Fiets: niet beschikbaar bij een reistijd langer dan 60 minuten;
    - Te voet: niet beschikbaar bij een reistijd langer dan 45 minuten;
    - OV
        - Niet beschikbaar bij meer dan 4 opstappen;

- Niet beschikbaar indien voor-, tussen- en natransporttijd groter is dan 60 minuten;
- Niet beschikbaar wanneer er voor de specifieke relatie geen opstappen werden gevonden. Dit betekent dat de trip dusdanig kort is dat de verplaatsing volledig in voor- of natransport gemaakt wordt.

Het is hier duidelijk dat niet alle componenten worden overgenomen. Zo ontbreken bijvoorbeeld de reisafstand voor fiets en te voet. Gegeven dat deze componenten correleren met de reistijd, d.m.v. een universeel opgegeven snelheid, bieden deze componenten geen meerwaarde in het vervoerwijzekeuzeproces. Ook de bijkomende overstapkost voor OV wordt om een gelijkaardige reden achterwege gelaten (gecorreleerd met het aantal opstappen OV).

De beschikbaarheid van een bepaalde modus is essentieel voor een vervoerwijzekeuzeproces. De beschikbaarheid betreft een booleaanse variabele die, wanneer een mode niet gebruikt wordt, op nul wordt gezet. Er wordt in deze stap vanuit gegaan dat de modi autobestuurder en –passagier steeds beschikbaar zijn. In het eigenlijke vervoerwijzekeuzeproces wordt een specifieke maat voor autobeschikbaarheid opgenomen. Voor de andere vervoermodi gelden de criteria zoals hierboven aangegeven.

c) Extractie correcte parameters (rekenvolgorde 3)

De parameters die door het vervoerwijzekeuzeproces gehanteerd worden, worden opgelijst en bewerkt in een CSV-bestand. De Voyager-scripttaal vereist een specifiek bestandsformaat (volgorde binnen het CSV-bestand) om intern de meeste vrijheid te hebben rond parametergebruik. Dit proces transformeert het parameterbestand naar het juiste formaat. Tegelijkertijd wordt de uurselectie van de parameters uit het invoerbestand met de parameters uitgevoerd: afhankelijk van de modelperiode worden andere parameters gebruikt. Het resultaatbestand is een bestand waarin voor de 5 motieven telkens 16 keuzeparameters worden opgelijst (1 per kostcomponent).

d) Uitvoeren MNL keuzemodel voor de motieven werk, school, winkel, recreatief en overig (rekenvolgordes 4 t.e.m. 8)

Het vervoerwijzekeuzeproces gebeurt met een multinomiaal logitmodel. Dit is een discreet keuzemodel waarbij een keuze wordt gemaakt tussen één of meerdere onderscheiden alternatieven.

Met behulp van het generalised extreme value (GEV) type I-raamwerk kan het keuzemodel geformuleerd worden naar alternatieven met hun utiliteit, waarbij respectievelijke kansen als verhoudingen worden berekend. In formulevorm komt dit generiek neer op:

$$P_x = \frac{\exp(U_x)}{\sum_{i=1\ldots n} \exp(U_i)}$$

met

$$U_i = \sum_{c=1\ldots k} \beta_c \cdot X_c + \varepsilon$$

$$U_i = V + \varepsilon$$

De utiliteiten U_i van de verschillende alternatieven hangen af van gewogen indicatoren, waarbij een stoorterm ε opgenomen wordt die een Gumbel-verdeling volgt. De combinatie van gewogen indicatoren wordt genoteerd als V, de component van de utiliteit zonder stoorterm.

De alternatieven komen overeen met de verplaatsingsmodi. Het keuzemodel wordt geformuleerd naar de alternatieven met hun utiliteiten, waarbij respectievelijke kansen worden berekend als verhoudingen. Het aantal verplaatsingen voor het HB-paar vanuit zone i naar zone j met motief m voor een specifieke modus is

gelijk aan het aantal verplaatsingen voor dat HB-paar met dat motief, vermenigvuldigd met de kans voor de specifieke modus. In formulevorm komt dit neer op:

$$\#\,\mathrm{Vpl}_{\mathrm{bestuurder,m,ij}} = \frac{\#\mathrm{Vpl}_{\mathrm{m,ij}} \cdot \exp\left(\mathrm{Ut}_{\mathrm{bestuurder,m,ij}}\right)}{\mathrm{LogSom}_{\mathrm{m,ij}}}$$

$$\#\,\mathrm{Vpl}_{\mathrm{passagier,m,ij}} = \frac{\#\mathrm{Vpl}_{\mathrm{m,ij}} \cdot \exp\left(\mathrm{Ut}_{\mathrm{passagier,m,ij}}\right)}{\mathrm{LogSom}_{\mathrm{m,ij}}}$$

$$\#\,\mathrm{Vpl}_{\mathrm{OV,m,ij}} = \frac{\#\mathrm{Vpl}_{\mathrm{m,ij}} \cdot \exp\left(\mathrm{Ut}_{\mathrm{OV,m,ij}}\right) \cdot \mathrm{OVBesch}_{\mathrm{ij}}}{\mathrm{LogSom}_{\mathrm{m,ij}}}$$

$$\#\,\mathrm{Vpl}_{\mathrm{fiets,m,ij}} = \frac{\#\mathrm{Vpl}_{\mathrm{m,ij}} \cdot \exp\left(\mathrm{Ut}_{\mathrm{fiets,m,ij}}\right) \cdot \mathrm{FietsBesch}_{\mathrm{ij}}}{\mathrm{LogSom}_{\mathrm{m,ij}}}$$

$$\#\,\mathrm{Vpl}_{\mathrm{te\ voet,m,ij}} = \frac{\#\mathrm{Vpl}_{\mathrm{m,ij}} \cdot \exp\left(\mathrm{Ut}_{\mathrm{te\ voet,m,ij}}\right) \cdot \mathrm{TeVoetBesch}_{\mathrm{ij}}}{\mathrm{LogSom}_{\mathrm{m,ij}}}$$

De booleaanse variabelen $\mathrm{OVBesch}_{\mathrm{ij}}$, $\mathrm{FietsBesch}_{\mathrm{ij}}$ en $\mathrm{TeVoetBesch}_{\mathrm{ij}}$ hebben de waarde 0 of 1, al naargelang de beschikbaarheid van de beschouwde modus.

De weerstanden worden als volgt gedefinieerd:

$$\mathrm{V}_{\mathrm{bestuurder,m,ij}} = \mathrm{cte}_{1\,\mathrm{bestuurder,m}} + \beta_2 \cdot \mathrm{Tijd}_{\mathrm{bestuurder,ij}} + \beta_3 \cdot \mathrm{Afstand}_{\mathrm{bestuurder,ij}} + \beta_4 \cdot \mathrm{Tol}_{\mathrm{bestuurder,ij}} + \delta \cdot \mathrm{AutoBesch}_{\mathrm{m,ij}}$$

$$\mathrm{V}_{\mathrm{passagier,m,ij}} = \mathrm{cte}_{5\,\mathrm{passagier,m}} + \beta_6 \cdot \mathrm{Tijd}_{\mathrm{passagier,ij}}$$

$$\mathrm{V}_{\mathrm{OV,m,ij}} = \mathrm{cte}_{7\,\mathrm{OV,m}} + \beta_8 \cdot \mathrm{IVTijd}_{\mathrm{OV,ij}} + \beta_9 \cdot \mathrm{WTijd}_{\mathrm{OV,ij}} + \beta_{10} \cdot \mathrm{Boardings}_{\mathrm{OV,ij}} + \beta_{11} \cdot \mathrm{VNTTijd}_{\mathrm{OV,ij}} - \delta \cdot \mathrm{AutoBesch}_{\mathrm{m,ij}}$$

$$\mathrm{V}_{\mathrm{fiets,m,ij}} = \mathrm{cte}_{12\,\mathrm{fiets,m}} + \beta_{13} \cdot \mathrm{Tijd}_{\mathrm{fiets,ij}} - \delta \cdot \mathrm{AutoBesch}_{\mathrm{m,ij}}$$

$$\mathrm{V}_{\mathrm{te\ voet,m,ij}} = \mathrm{cte}_{14\,\mathrm{te\ voet,m}} + \beta_{15} \cdot \mathrm{Tijd}_{\mathrm{te\ voet,ij}} - \delta \cdot \mathrm{AutoBesch}_{\mathrm{m,ij}}$$

Op deze manier bestaat de utiliteit uit een gewogen som van de voor de modi relevante componenten. Positieve parameters duiden op een indicator die rechtstreeks verbonden is met de aantrekkelijkheid, negatieve parameters wijzen op een onaantrekkelijke indicator. De absolute omvang van de parameter bepaalt de mate van ingrijpen van de indicator.

De component autobeschikbaarheid komt in elke utiliteitsfunctie voor en heeft eenzelfde parameter. Deze zorgt in het geval van een hoge autobeschikbaarheid voor een positief effect op de utiliteit voor de bestuurder, een neutraal effect voor de passagier en een negatief effect voor de andere concurrerende modi.

De logsom is gelijk aan:

$$\mathrm{LogSom}_{\mathrm{m,ij}} = \exp\left(\mathrm{V}_{\mathrm{bestuurder\ m,ij}}\right) + \exp\left(\mathrm{V}_{\mathrm{passagier\ m,ij}}\right) + \exp\left(\mathrm{V}_{\mathrm{OV\ m,ij}}\right) \cdot \mathrm{OVBesch}_{\mathrm{ij}} \cdot \mathrm{Stedelijkheidsgraad} + \exp\left(\mathrm{V}_{\mathrm{fiets\ m,ij}}\right) \cdot \mathrm{FietsBesch}_{\mathrm{ij}} + \exp\left(\mathrm{V}_{\mathrm{te\ voet\ m,ij}}\right) \cdot \mathrm{TeVoetBesch}_{\mathrm{ij}}$$

Merk op dat de beschikbaarheden voor OV, fiets en te voet niet motiefafhankelijk zijn. De autobeschikbaarheid daarentegen is wel afhankelijk van het motief en is bovendien geen boolean. Indien de logsom omwille van een bepaalde reden (bv. netwerkfout) nul blijft, worden alle verplaatsingen voor de betreffende relatie aan de mode bestuurder toegewezen.

Volgende tabellen geven een overzicht van de gehanteerde parameters voor het provinciaal verkeersmodel Antwerpen. Voor de overige provincies worden dezelfde parameters gebruikt.

			Werk	School	Winkel	Recreatief	Overig
β2	Bestuurder	Tijd	-0.018	-0.033	-0.016	-0.017	-0.014
β3		Afstand	-0.039	-0.05	-0.043	-0.052	-0.038
β4		Tol	-0.09	-0.09	-0.1	-0.1	-0.1
β6	Passagier	Tijd	-0.065	-0.04	-0.06	-0.035	-0.055
β8	OV	In-voertuigtijd	-0.019	-0.02	-0.025	-0.024	-0.025
β9		Wachttijd	-0.064	-0.064	-0.084	-0.08	-0.082
β10		Overstappen	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12
β11		Voor-, na- en tussentransport	-0.032	-0.034	-0.045	-0.045	-0.043
β13	Fiets	Tijd	-0.13	-0.062	-0.129	-0.146	-0.195
β15	Te Voet	Tijd	-0.225	-0.12	-0.19	-0.17	-0.3
δ	Alle modi	Autobeschikbaarheid	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Tabel 10: Parameters MNL model - niet-constanten

	Werk	School	Winkel	Recreatief	Overig
Bestuurder	-0.5371	-2.2132	-1.4872	-1.9795	-0.1684
Passagier	-2.5422	-0.2014	-2.5184	-3.5907	-2.1877
OV	-1.7630	0.3060	-2.3487	-3.6100	-3.8198
Fiets	1.3124	1.0623	1.1935	1.4432	0.1837
Te Voet	2.9097	2.1401	4.7243	5.5575	2.2144

Tabel 11: Parameters MNL model - constanten modelperiode 7u-8u

	Werk	School	Winkel	Recreatief	Overig
Bestuurder	-0.5371	-2.2132	-1.1708	-1.3003	-0.3651
Passagier	-2.5422	-0.2014	-2.0338	-2.7536	-2.3940
OV	-2.1599	0.7200	-2.4707	-1.4718	-2.6605
Fiets	1.3124	1.0623	1.0758	1.3075	1.0681
Te Voet	2.9097	2.1401	4.2506	4.3032	3.7804

Tabel 12: Parameters MNL model - constanten modelperiode 8u-9u

	Werk	School	Winkel	Recreatief	Overig
Bestuurder	-0.5198	-1.7769	-0.4013	-1.1821	-0.2049
Passagier	-1.9947	-0.4569	-0.7969	-1.7848	-1.0958
OV	-2.0838	-0.2317	-0.7969	-1.7848	-1.0958
Fiets	1.3995	1.7077	0.4240	1.9548	0.8831
Te Voet	3.6569	3.3671	3.2564	3.7508	3.9636

Tabel 13: Parameters MNL model - constanten modelperiode 12u-13u

	Werk	School	Winkel	Recreatief	Overig
Bestuurder	-0.5395	-2.3264	-0.3217	-1.1154	-0.1314
Passagier	-2.2505	-0.5301	-0.9949	-1.9077	-1.5050
OV	-1.6978	0.2223	-1.0077	-1.7684	-1.7288
Fiets	1.3648	1.5788	0.5966	1.9202	0.8587
Te Voet	3.6835	3.4243	3.2120	3.8533	4.2832

Tabel 14: Parameters MNL model - constanten modelperiodes 15u-16u, 16u-17u, 17u-18u

De alternatief specifieke constanten zijn bepaald op basis van het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (OVG 3 en 4). Hierbij zijn meerdere datasets, na uitfiltering van hun gewichten, samengenomen om op die manier een grotere sampleset te bekomen. De schattingen zijn gebaseerd op één ochtendspitsuur en één avondspitsuur. De overige modelperiodes zijn daarvan afgeleid. De verschillende schattingen zijn statistisch significant en de bekomen parameters hebben over het algemeen plausibele tekens en waardes.

De parameter 'Overstappen' valt op aangezien deze een positieve waarde heeft terwijl men hier eigenlijk een negatieve waarde zou verwachten. Dit heeft te maken met de methodiek waarop Trips de overstapweerstand meet, dewelke op zich een som is van de boarding-straf en een volledige gemiddelde wachttijd op de lijn waarop overgestapt wordt. De OV-aanpak is immers headway based, waardoor een volledig nieuwe wachttijd wordt toegekend gebaseerd op de frequentie van de lijn waarop overgestapt wordt. Hierdoor wordt er meestal een te zware wachttijd aangerekend. De parameterschatting compenseert dit met een positieve boarding-waardering. Over het algemeen zal een overstap steeds een negatieve utiliteit genereren. Enkel bij lijnen met een frequentie van meer dan 20 diensten per uur is er een toename van utiliteit. In de uiteindelijke toedelingen worden alle motieven samen op het netwerk gezet.

Bovenop de berekening van de modale split, wordt ook de vervoerwijzekeuzecorrectie uitgevoerd. Deze treedt in werking indien VVCorrectie=1. Het principe van de vervoerwijzekeuzecorrectie is dat het vervoerwijzekeuzeproces, met zijn generieke keuzeparameters, niet volledig correct elk keuzeproces kan modelleren, en dat er per ij-relatie mogelijkerwijze een deel van de verplaatsingen foutief ofwel bij auto ofwel bij OV wordt gerekend. De vervoerwijzekeuze wordt gecorrigeerd op basis van afwijkingen die werden vastgesteld tijdens de kalibratie. Binnen het kalibratieproces (zie hoofdstuk 5) is enerzijds berekend welke correctie er moet toegepast worden zodat het totaal aantal verplaatsingen tussen een ij-relatie correct is, en anderzijds is bepaald of er een verschuiving van OV naar auto of omgekeerd moet plaats vinden. Voor dit tweede element zijn op het einde van het kalibratieproces de VVCORRECTIE-matrices berekend. Per motief wordt aan de hand van de χ-parameters voor de modi auto en OV aangegeven hoeveel hoger of lager de kosten van één van deze modi moet liggen om uit te komen op een juiste modale verdeling per relatie. De utiliteitsfunctie wordt voor auto en OV bijgevolg bijgewerkt volgens volgende formule:

$$U_i = \sum_{c=1\ldots k} \beta_c \cdot X_c + \varepsilon + \chi_i$$

Het voornaamste resultaat van deze programma's bestaat uit HB-matrices per mode en motief.

e) Sommeren over de modi (rekenvolgorde 9)

In de toedelingen worden alle motieven samen op het netwerk gezet. Daarom worden voor elke modus de verplaatsingen met de verschillende motieven samengeteld, met als resultaat een HB-matrix met daarin de matrixtabellen voor bestuurder, passagier, OV, fiets en te voet.

Dit programma voert bovenstaande bewerkingen uit en voegt nog een zesde matrixtabel toe aan het matrixbestand met daarin de HB-matrix voor alle verplaatsingen, dewelke overeenkomt met de som van de vijf HB-matrices voor bestuurder, passagier, OV, fiets en te voet.

Daarnaast bewaart dit programma de HB-matrix voor bestuurder in het TRIPS-formaat zodat deze in een verder proces gebruikt kan worden om het vraag-aanbodevenwicht af te toetsen.

f) Rapportage directe vervoerwijzekeuze en triplengteverdeling (rekenvolgorde 10)

Aangezien de resultaten van het vervoerwijzekeuzeproces interessant zijn voor vele analyses, worden de volgende kenmerkende resultaten gerapporteerd:

- Modale keuze per motief;
- Absolute verplaatsingsaantallen;
- Gemiddelde verplaatsingsafstanden.

Deze resultaten worden steeds in relatie met het studiegebied berekend en incorporeren dus alle verplaatsingen binnen, van en naar het studiegebied. De overige verplaatsingen worden niet verwerkt in bovenstaande rapportering.

Deze rapportage geeft een generieke analyse van de totale verplaatsingsmassa's en biedt een waardevol inzicht in de globale mobiliteit, gerelateerd aan het studiegebied.

Tijdens de ontwikkeling van het modelinstrument is dit rapport essentieel om de tuning van de diverse parameters te valideren en controleren. In grote lijnen moeten ze aansluiten bij de geobserveerde analyses uit onderzoeken verplaatsingsgedrag (OVG 1 en 2, aangevuld met de OVG's 3 en 4). Een beperkte afwijking hiervan wordt natuurlijk toegelaten, aangezien een verscheidenheid aan observaties intern in de OVG's een aanzienlijke marge vertonen en regionale verschillen niet uit te sluiten zijn. Daarenboven is het niet wenselijk het modelinstrument te overfitten en als dusdanig minder waardevol en flexibel te maken.

De HB-matrices per mode en motief vormen de invoer voor deze rapportering. Om efficiëntieredenen worden ook de HB-matrices per mode (resultaat van rekenvolgorde 9) opgenomen. Daarnaast worden de hulpmatrices, die tijdens de initialisatiefase werden gegenereerd, opgenomen. Deze leveren de nodige informatie over de HB-paren van het studiegebied en de afstanden tussen deze HB-paren. Volgende tabel illustreert de resultaten aan de hand van een voorbeeld:

Vervoerswijzekeuze											
	absolute waarden						procentuele waarden				
	Bestuurder	Passagier	OV	Fiets	Te voet	Totaal	% Bestuurder	% Passagier	% OV	% Fiets	% Te voet
Werk	191 926	7 085	76 407	12 416	3 226	**291 060**	65.94	2.43	26.25	4.27	1.11
School	13 619	53 646	84 584	69 971	26 237	**248 058**	5.49	21.63	34.10	28.21	10.58
Winkel	51 983	4 847	5 933	7 709	6 283	**76 755**	67.73	6.31	7.73	10.04	8.19
Recreatief	15 643	10 545	3 491	1 779	3 857	**35 315**	44.29	29.86	9.89	5.04	10.92
Overig	131 740	14 663	8 226	5 476	2 521	**162 626**	81.01	9.02	5.06	3.37	1.55
Totaal	**404 910**	**90 787**	**178 641**	**97 351**	**42 124**	813 813	**49.75**	**11.16**	**21.95**	**11.96**	**5.18**

Gemiddelde verplaatsingsafstand (km)						
	Bestuurder	Passagier	OV	Fiets	Te voet	Totaal
Werk	22.7	20.6	34.6	1.7	0.7	**24.6**
School	6.1	10.9	12.5	2.6	1.0	**7.8**
Winkel	18.7	23.5	26.2	1.8	1.1	**16.4**
Recreatief	15.6	32.4	23.5	1.5	0.7	**19.0**
Overig	15.0	14.8	15.2	0.9	0.5	**14.3**
Totaal	**18.8**	**15.5**	**22.7**	**2.3**	**0.9**	16.4

Tabel 15: Voorbeeld rapportage na vervoerwijzekeuze

g) Detailrapportage per motief (rekenvolgorde 11)

De rapportering uit rekenvolgorde 10 geeft een globaal overzicht voor het studiegebied. In sommige gevallen, zeker bij de opbouw van MM, is er nood aan een meer diepgaande analyse voor elk motief. Dit laatste proces voert een detailrapportage uit indien de key ExtraRapportage op 1 staat. Dit proces is redelijk tijdrovend en kan daarom met deze key worden aan- en uitgeschakeld.

Deze bijkomende rapportage werkt met dezelfde invoermatrices als rekenvolgorde 10, maar rapporteert per motief in een apart bestand. In dit bestand worden de mode-motiefresultaten per afstandsklasse gerapporteerd (per segment van 3 km).

Volgende tabel illustreert een onderdeel van deze detailrapportage voor het motief werk:

Rapportage WERK											
	Globaal overzicht in absolute waarden						Globaal overzicht in procentuele waarden				
	Bestuurder	Passagier	OV	Fiets	Te voet	Totaal	% Bestuurder	% Passagier	% OV	% Fiets	% Te voet
	265 444	13 405	101 134	26 793	3 473	410 249	64.7	3.3	24.7	6.5	0.8
	Overzicht zonder intrazonalen in absolute waarden						Overzicht zonder intrazonalen in procentuel waarden				
	Bestuurder	Passagier	OV	Fiets	Te voet	Totaal	% Bestuurder	% Passagier	% OV	% Fiets	% Te voet
	222 605	11 219	91 289	10 511	844	336 467	66.2	3.3	27.1	3.1	0.3
	Overzicht per afstandsklasse in absolute waarden						Overzicht per afstandsklasse in procentuele waarden				
	Bestuurder	Passagier	OV	Fiets	Te voet	Totaal	% Bestuurder	% Passagier	% OV	% Fiets	% Te voet
Intra	42 839	2 187	9 845	16 282	2 630	73 781	58.1	3.0	13.3	22.1	3.6
3	12 773	718	2 676	1 998	131	18 296	69.8	3.9	14.6	10.9	0.7
6	19 178	1 107	4 316	2 215	139	26 954	71.2	4.1	16.0	8.2	0.5
9	13 697	784	3 645	1 183	89	19 397	70.6	4.0	18.8	6.1	0.5
12	12 039	649	3 377	793	77	16 934	71.1	3.8	19.9	4.7	0.5
15	12 323	653	3 869	505	23	17 373	70.9	3.8	22.3	2.9	0.1
18	12 723	661	4 275	470	27	18 155	70.1	3.6	23.5	2.6	0.1
21	14 419	702	4 766	522	42	20 449	70.5	3.4	23.3	2.6	0.2
24	11 885	622	4 023	433	30	16 994	69.9	3.7	23.7	2.5	0.2
27	10 601	550	4 307	380	32	15 870	66.8	3.5	27.1	2.4	0.2
30	9 714	521	3 947	259	31	14 473	67.1	3.6	27.3	1.8	0.2
33	8 810	420	4 008	294	36	13 569	64.9	3.1	29.5	2.2	0.3
36	8 104	383	3 911	245	30	12 673	63.9	3.0	30.9	1.9	0.2
39	7 409	334	3 559	212	25	11 539	64.2	2.9	30.8	1.8	0.2
42	7 077	328	3 348	202	29	10 985	64.4	3.0	30.5	1.8	0.3
45	7 233	330	3 525	139	12	11 240	64.4	2.9	31.4	1.2	0.1
48	6 514	298	3 023	112	10	9 957	65.4	3.0	30.4	1.1	0.1
51	6 229	288	3 477	78	5	10 077	61.8	2.9	34.5	0.8	0.1
54	6 135	266	3 387	63	7	9 857	62.2	2.7	34.4	0.6	0.1
57	5 628	234	3 521	79	22	9 484	59.3	2.5	37.1	0.8	0.2
60	5 153	214	3 533	81	15	8 995	57.3	2.4	39.3	0.9	0.2
63	5 395	208	3 732	80	11	9 426	57.2	2.2	39.6	0.8	0.1

Tabel 16: Voorbeeld onderdeel detailrapportage vervoerwijzekeuze voor het motief werk

h) Rapportage directe vervoerwijzekeuze en triplengteverdeling naar studiegebied (rekenvolgorde 12)

In dit deelproces wordt een gelijkaardig rapport opgemaakt als in rekenvolgorde 10. Het verschil is dat nu alleen die relaties opgenomen worden die een herkomst in het studiegebied hebben, opgenomen worden. In rekenvolgorde 10 daarentegen werden alle relaties opgenomen die een herkomst of bestemming in het studiegebied hebben.

i) Rapportage directe vervoerwijzekeuze en triplengteverdeling van studiegebied (rekenvolgorde 13)

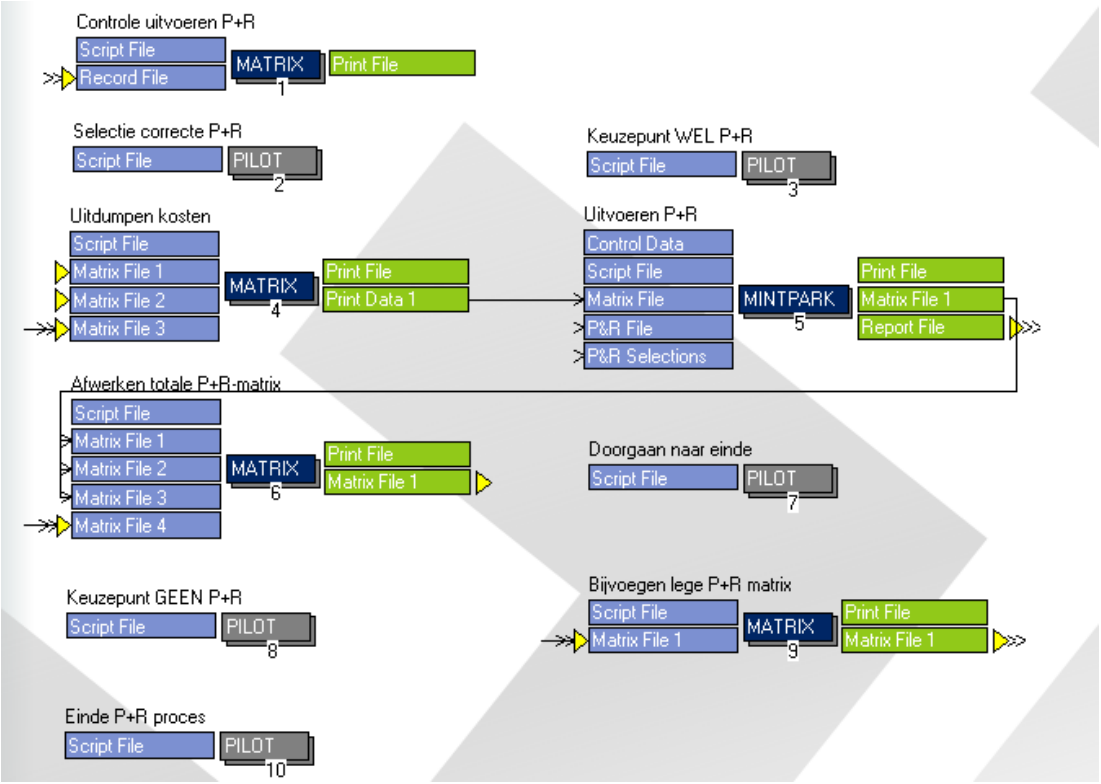
In dit deelproces wordt een gelijkaardig rapport opgemaakt als in rekenvolgorde 10. Het verschil is dat nu alleen die relaties opgenomen worden die een bestemming in het studiegebied.

j) Rapportage directe vervoerwijzekeuze en triplengteverdeling in studiegebied (rekenvolgorde 14)

In dit deelproces wordt een gelijkaardig rapport opgemaakt als in rekenvolgorde 10. Het verschil is dat nu alleen die relaties opgenomen worden die een herkomst én een bestemming in het studiegebied.

4.3.4 DEELMODULE P+R (LOGIT MCHOICE1, REKENVOLGORDE 15)

Deze deelmodule voert de park and ride (P+R)-modellering uit, waarbij bepaalde personenstromen gestuurd worden via een P+R in plaats van rechtsreeks naar de bestemming. Onderstaande figuur geeft een overzicht van de programma's waaruit deze deelmodule is opgebouwd.



Figuur 15: Overzicht deelmodule park and ride

a) Controle uitvoeren P+R (rekenvolgorde 1)

In rekenvolgorde 1 wordt er in het P+R-bestand (P+R.dat) gekeken of er P+R-sites voor de overeenkomstige provincie zijn opgenomen. Indien dit het geval is, wordt aan de beslissingsvariabele DOEPR de waarde 1 toegewezen.

b) Selectie correcte P+R (rekenvolgorde 2 en 3)

Op basis van de beslissingsvariabele DOEPR wordt er beslist om de P+R-modellering uit te voeren. Indien deze variabele de waarde 1 heeft, zal er verder worden gegaan vanaf rekenvolgorde 3. In het andere geval zal de P+R-modellering worden overgeslagen en wordt er verdergegaan vanaf rekenvolgorde 8.

c) Uitdumpen kosten (rekenvolgorde 4)

Dit programma bereidt de data voor om te gebruiken in het P+R-model. De kosten voor OV en auto worden er samen met het aantal autoverplaatsingen weggeschreven in één bestand.

d) Uitvoeren P+R (rekenvolgorde 5)

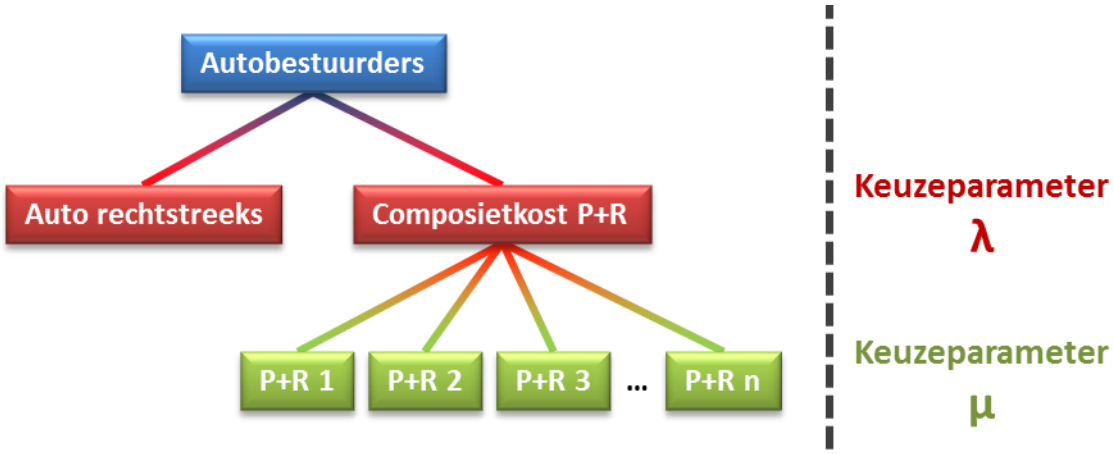
Dit programma voert het P+R-model uit. Het betreft een extern geschreven applicatie die in de programmeeromgeving .NET.

Het vertrekt van de lijst met de beschikbare P+R-sites (P+R.dat). Hierin is voor elke P+R-site het invloedsgebied (‘ranges’) van het openbaar vervoer gedefinieerd. Er wordt dus aangenomen dat het OV-gedeelte van de P+R-verplaatsing zich enkel voordoet binnen het invloedsgebied dat voor een bepaalde P+R-site werd gedefinieerd in samenwerking met De Lijn.

Op basis van deze invloedsgebieden wordt er gekeken in de HB-matrix van de autobestuurders, welke verplaatsingen een herkomst of bestemming hebben binnen dit invloedsgebied. Op deze verplaatsingen wordt er vervolgens een keuzemodel toegepast dat bepaalt hoeveel procent van deze verplaatsingen directe autoverplaatsingen blijven en hoeveel procent van deze verplaatsingen gedeeltelijke autoverplaatsingen worden. Gedeeltelijke autoverplaatsingen worden gedefinieerd als verplaatsingen die deels met de auto en deels met het OV worden afgelegd en waarbij de overstap gebeurt op een P+R-site. Indien het invloedsgebied van bepaalde P+R-sites elkaar overlapt, worden de gedeeltelijke autoverplaatsingen met herkomst of bestemming binnen dit overlappend invloedsgebied verdeeld over deze P+R-sites. Bij het berekenen van de gedeeltelijke autoverplaatsingen wordt er rekening gehouden met de capaciteit van de verschillende P+R-sites. De aantrekkelijkheid van de P+R-sites neemt bovendien toe naarmate er zich meerdere P+R-sites in dezelfde omgeving bevinden (dus wanneer er overlappende invloedsgebieden ontstaan).

Het P+R-model berekent de verplaatsingen met herkomst in een bepaald P+R-invloedsgebied (terug-verplaatsingen) anders dan de verplaatsingen met bestemming in een bepaald P+R-invloedsgebied (heen-verplaatsingen). Dit is logisch aangezien het OV-gedeelte zich in het ene geval aan herkomstzijde afspeelt en in het andere geval aan bestemmingszijde.

Het keuzeproces is gedefinieerd op basis van een genest logitmodel. Dit is weergegeven in onderstaande figuur:



Figuur 16: Keuzestructuur P+R-model: genest logitmodel

De kans op een gedeeltelijke autoverplaatsing $\text{Kans}_{\text{P+R,[r]}}$ berekend voor richting r waarbij het om de heen- of de terugrichting kan gaan wordt uitgedrukt via onderstaande formule:

$$\text{Kans}_{\text{P+R,[r]}} = \frac{\left(\sum_{p=1}^{n} e^{(\mu \cdot \lambda \cdot \text{ Kost P+R }_{[p][r]})}\right)^{\frac{1}{\mu}}}{\left(\sum_{p=1}^{n} e^{(\mu \cdot \lambda \cdot \text{Kost P+R }_{[p][r]})}\right)^{\frac{1}{\mu}} + e^{\lambda \cdot \text{ Kost Direct}_{[r]}}}$$

De utiliteit voor een directe autoverplaatsing is opgebouwd uit de keuzeparameter λ en de variabele Kost Direct $_{[r]}$. De variabele Kost Direct $_{[r]}$ komt overeen met de gegeneraliseerde kost voor de autobestuurder die werd berekend in een vorige deelmodule (zie onderdeel 'Kost auto' van de hoofdmodule 'Vervoerwijzekeuze').

De utiliteit voor de gedeeltelijke autoverplaatsing is opgebouwd uit de logsom van de utiliteiten van de p aanwezige P+R-sites. Hierbij worden de keuzeparameter λ, de schaalparameter μ en de variabelen Kost P+R $_{[p][r]}$ mee opgenomen, met p=1,...,n de aanwezige P+R-site.

Wanneer meerdere P+R-sites langsheen het traject een valabel alternatief vormen tegenover de directe autorit, verhoogt dit de kansen van het P+R-gebruik in het algemeen op dit traject. De utiliteit voor de gedeeltelijke autoverplaatsingen is theoretisch minstens gelijk aan de utiliteit van de beste P+R-site voor het specifieke traject en wordt verhoogd wanneer meerdere valabele alternatieve P+R-sites beschikbaar zijn. De schaalparameter μ vormt hierbij het schakelelement zoals in een klassiek genest logitmodel. Door de thematische samenhang tussen de P+R-sites onderling, moet deze parameter groter in amplitude zijn dan de keuzeparameter λ. Daarom wordt μ als een factoriële schaal voorgesteld die minstens gelijk dient te zijn aan 1. Deze schaalparameter μ wordt ook gehanteerd om de onderlinge verdeling over de beschikbare P+R-sites te berekenen.

De variabele Kost P+R $_{[p][r]}$ wordt berekend op basis van de gegeneraliseerde kosten voor autobestuurder en OV, een kost specifiek voor elke P+R-site en een extra kost die wordt aangerekend naarmate de capaciteit wordt bereikt in een bepaalde P+R-site.

- De kost voor heenverplaatsingen met als herkomst i en bestemming j waarbij gebruik wordt gemaakt van een bepaalde P+R-site p is gedefinieerd als volgt:
  $\text{Kost P+R}_{[p]\text{heen i,j}} = \text{Kost Auto}_{i,p} + \text{ Kost P+R}_{p} + \text{ CapRes Heen P+R}_{p} + \text{ Kost OV}_{p,j}$
  Bij de heenrichting wordt eerst gebruikgemaakt van de auto, waarna in een bepaalde P+R-site p wordt overgestapt op het OV.

- De kost voor de terugverplaatsingen met als herkomst i en bestemming j waarbij gebruik wordt gemaakt van een bepaalde P+R-site p is gedefinieerd als volgt:
  $$\text{Kost P+R}_{[p]\text{terug i,j}} = \text{Kost OV}_{i,p} + \text{Kost P+R}_p + \text{CapRes Terug P+R}_p + \text{Kost Auto}_{p,j}$$

De Kost Auto komt overeen met de gegeneraliseerde kost voor de autobestuurder die ook al werd gebruikt voor de variabele Kost Direct. De Kost OV komt overeen met de gegeneraliseerde OV-kost die bij de hoofdmodule 'vervoerwijzekeuze' werd berekend.

Vervolgens is er de Kost P+R-Specifiek$_p$ die voor elke P+R-site apart wordt gedefinieerd. Onderstaande formule toont hoe deze kost is opgebouwd:

$$\text{Kost P+R}_p = \zeta \cdot \ln \frac{\text{percentage}}{1 - \text{percentage}}$$

Hierbij komen het percentage en ζ overeen met respectievelijk het percentage en de factor uit het opgegeven P+R-bestand (P+R.dat).

De capaciteitsgerelateerde kost Capres [r] P+R$_p$ wordt bepaald door middel van een positieve kwadratische functie. Deze is bepaald op basis van 3 veronderstellingen: geen weerstand (0 strafminuten) indien de verhouding gebruik versus capaciteit kleiner is dan 0,9; een weerstand van 10 minuten bij een volledige benutting (100%) en een weerstand van 2 uren bij het gebruik van een bepaalde P+R-site aan 200%. Met andere woorden zal er geen bijkomende weerstand worden aangerekend indien een P+R-site voor minder dan 90% wordt benut. Wanneer de P+R-site zwaarder wordt benut, zal er een weerstand worden aangerekend die kwadratisch toeneemt.

Hoger gebruik leidt bovendien tot een hogere weerstand wat op zijn beurt weer leidt tot een lager gebruik en een lagere weerstand. Om deze wisselwerking op te vangen wordt er een iteratief proces uitgevoerd om het gebruik en weerstanden van de verschillende P+R-sites in evenwicht te brengen. Om sneller tot een stabiele oplossing te komen en oscillaties tegen te gaan, wordt er een methode van opeenvolgende uitmiddeling toegepast. Hierbij wordt er tevens een soort van kalibratie uitgevoerd door het voorspelde gebruik af te stemmen op waarneming (zie invoerbestand: Richtingcijfers P+R.dat).

Tijdens de eerste iteratie t wordt de gedempte belasting voor een bepaalde P+R-site p berekend door de voorspelde belastingen van alle P+R-sites voor een verplaatsing van zone i naar zone j te vermenigvuldigen met het aandeel van de P+R-site p t.o.v. alle P+R-sites. In de daaropvolgende iteraties worden deze berekeningen herhaald, maar zal het resultaat van de vorige iteratie telkens worden meegenomen door het gemiddelde van beide belastingen te nemen. Het gewicht dat aan beide waardes wordt toegekend, hangt af van iteratie tot iteratie en neemt toe naarmate het aantal iteraties toeneemt steeds toe voor de belasting die in een vorige iteratie werd berekend. Deze berekening wordt zowel voor de heen- als voor de terugrichting uitgevoerd. In bovenstaande formules wordt dit onderscheid aangeduid met de parameter r.

In de tweede stap van het iteratieproces wordt voor elke P+R-site de capaciteitsgerelateerde kost (Capres [r] P+R $_p$) opnieuw berekend op basis van de nieuwe belastingen die werden berekend in de eerste stap. Aangezien deze capaciteitsgerelateerde kost een onderdeel vormt van de variabele Kost P+R $_{[p][r]}$, wordt ook de variabele Kost P+R $_{[p][r]}$ geactualiseerd.

Vervolgens wordt gecontroleerd of het proces stabiel is en het gebruik van alle P+R-sites in evenwicht is. Het vorige en huidige gebruik van alle P+R-sites wordt in evenwicht beschouwd wanneer er wordt voldaan aan het evenwichtscriterium van 0,01. Dit wil zeggen dat het relatieve verschil van het huidige gebruik t.o.v. het vorige gebruik kleiner moet zijn dan 1% om in evenwicht te worden beschouwd. Indien het evenwicht bereikt is, wordt het proces beëindigd. In het andere geval wordt er een nieuwe iteratie gestart waarbij terug wordt vertrokken in de eerste stap. De belastingen worden in deze stap dan berekend op basis van de geactualiseerde variabele Kost P+R $_{[p][r]}$, zoals berekend in de tweede stap.

//

Het resultaat van het P+R-model is een rapport in CSV-formaat en een bestand met de resultaatmatrices van het type 'DAT'. Het rapport geeft voor elke P+R-site aan hoeveel auto's er toekomen, hoeveel auto's er vertrekken en de som van toekomende en vertrekkende auto's. Het matrixbestand bevat de drie volgende matrices:

- Matrix 1: aantal autoverplaatsingen per HB-relatie die worden overgeheveld naar gedeeltelijke autoverplaatsingen.
  Elke verplaatsing van herkomst i naar bestemming j, die in deze matrix volledig met de auto wordt afgelegd, valt uiteen in een verplaatsing bestaande uit twee ritten waarvan een deel met het OV (matrix 2) en een deel met de auto (matrix 3) wordt afgelegd.
- Matrix 2: aantal OV-verplaatsingen per HB-relatie ten gevolge van het overstappen in alle beschikbare P+R-sites;
- Matrix 3: autoverplaatsingen per HB-relatie ten gevolge van het overstappen in alle beschikbare P+R-sites.

e) Afwerken totale P+R-matrix (rekenvolgorde 6)

In dit deelproces worden de modematrices aangepast aan de resultaatmatrices uit het P+R-model. Concreet worden enkel de modematrices voor de modi autobestuurder en OV aangepast. Dit gebeurt als volgt:

- Nieuwe matrix autobestuurder =
  oorspronkelijke matrix autobestuurder – matrix 1 + matrix 3;
- Nieuwe matrix OV =
  Oorspronkelijk matrix OV + matrix 2.

Matrices 1, 2 en 3 komen overeen met de resultaatmatrices uit het P+R-model.

f) Doorgaan naar einde (rekenvolgorde 7, 8 en 10)

Dit deelproces zorgt ervoor dat rekenvolgorde 9 wordt overgeslagen door verder te gaan naar rekenvolgorde 10. Rekenvolgorde 9 dient immers enkel uitgevoerd te worden indien er geen P+R-sites zijn opgenomen in het provinciaal verkeersmodel, waardoor de P+R-modellering kan worden overgeslagen.

g) Bijvoegen lege P+R-matrix (rekenvolgorde 9)

Indien de P+R-modellering niet wordt toegepast, doordat er in het provinciaal verkeersmodel geen P+R-sites zijn opgenomen, kopieert dit programma de modematrix na de vervoerwijzekeuze naar het resultaatbestand van de modematrix na het P+R-model.

4.3.5 TERUGKOPPELINGSMECHANISME (REKENVOLGORDE 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10)

De deelprocessen onder rekenvolgorde 2, 3, 4, 7, 8, 9 en 10 onder de hoofdmodule vervoerwijzekeuze zorgen ervoor dat het terugkoppelingsmechanisme kan functioneren. Het terugkoppelingsmechanisme heeft tot doel om een vraag-aanbodevenwicht te bereiken door de deelmodules voor de berekening van de autokosten en de eigenlijke vervoerwijzekeuze, respectievelijk in rekenvolgorde 6 en 7, te laten itereren.

Deze paragraaf beschrijft het hele proces van het terugkoppelingsmechanisme (rekenvolgorde 3 tot en met 11). Hierbij wordt de nadruk voornamelijk gelegd op de deelprocessen die nodig zijn om het terugkoppelingsmechanisme te doen functioneren (rekenvolgorde 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11). De deelmodules onder rekenvolgorde 6 en 7 zijn eerder in dit rapport uitvoerig besproken en worden hier slechts in grote lijnen opgenomen om het chronologische proces van het terugkoppelingsmechanisme te begrijpen.

Het eerste programma dat nodig is om het terugkoppelingsmechanisme uit te voeren is rekenvolgorde 3 'Reset VA-loop'. Dit programma initialiseert volgende invoerbestanden:

//

- Kosten_PW_{uur}.mat
    - Deze matrix bevat doorheen het terugkoppelingsmechanisme de kosten voor personenwagens;
    - Ze wordt vlak voor de start van het terugkoppelingsmechanisme leeggemaakt door nulwaarden in te voeren;
- Iteratie.dat
    - Dit bestand houdt het iteratienummer bij;
    - Het krijgt vlak voor de start van het terugkoppelingsmechanisme de waarde 1;
- Demand-Equi-Current.csv
    - Dit bestand houdt voor elke iteratie van het terugkoppelingsmechanisme een aantal gegevens bij omtrent het aantal cellen dat in evenwicht is (procentueel en significantievlag).

Rekenvolgorde 4 bevat een feedbackpunt. Het zijn de rekenstappen vanaf dit feedbackpunt die telkens worden hernomen indien het vraag-aanbodevenwicht niet is bereikt.

Het programma 'uitvoeren loop, correcte selectie automatrix trips en kosten' in rekenvolgorde 5 is het eerste programma dat zich binnen het terugkoppelingsmechanisme bevindt. Dit programma wordt dan ook bij elke iteratie opnieuw uitgevoerd. Het kiest de correcte HB-matrix voor het autoverkeer en noemt deze 'HW-CURRENT.mat'. Bij de eerste iteratie komt de matrix 'HW-CURRENT.mat' overeen met de matrix 'HW-PREV_{uur}.mat'. Deze is afkomstig uit de laatste iteratie van de vorige keer dat het terugkoppelingsmechanisme werd doorlopen. Vanaf de tweede iteratie komt de matrix 'HW-CURRENT.mat' overeen met de matrix 'HW-AVERAGE.mat'. Dit is telkens een gedempte HB-matrix van het autoverkeer, die een gewogen gemiddelde voorstelt van de huidige en de vorige HB-matrix (cfr. rekenvolgorde 8).

Vervolgens worden de autokosten berekend in rekenvolgorde 6 (cfr. paragraaf 4.3.2).

Rekenvolgorde 7 bevat de eigenlijke vervoerwijzekeuze. Hierin worden de verplaatsingen van de HB-matices, afkomstig uit BASMAT, verdeeld over de verschillende vervoermodi d.m.v. een multinomiaal logitmodel (cfr. paragraaf 4.3.3).

Na de eigenlijke vervoerwijzekeuze wordt het programma onder rekenvolgorde 8 doorlopen. In dit programma wordt de gedempte HB-matrix voor het autoverkeer (HW-AVERAGE.mat) aangemaakt. Deze matrix zal in een eventueel volgende iteratie worden gebruikt om de autokosten te berekenen. De gedempte HB-matrix voor het autoverkeer wordt berekend door een gewogen gemiddelde te nemen van de matrices 'HW-CURRENT.mat' en 'HW-NEW.mat':

$$\text{HW–AVERAGE.mat} = \text{HW–CURRENT} \cdot (1 - \text{iteratienr}^{-0,67}) + \text{HW–NEW} \cdot \text{iteratienr}^{-0,67}$$

Bovenstaande formule laat zien dat naarmate het iteratienummer toeneemt, het dempingsmechanisme sterker optreedt doordat de nieuwe berekende HB-matrix van het autoverkeer minder invloed op de gedempte matrix kan uitoefenen. Het dempen van de HB-matrix van het autoverkeer gebeurt om twee redenen. Ten eerste is het zo dat men door het dempen sneller tot een stabiel vraag-aanbodevenwicht komt. De andere reden is omdat er dankzij het dempen wordt vermeden dat er effecten optreden als oscillatie of opslingering.

Bovendien wordt de laatste automatrix die gebruikt wordt voor het berekenen van de kosten ('HW-Current'), gekopieerd naar 'HW-PREV_{uur}.mat'. Deze matrix wordt dan gebruikt bij een volgende keer dat het terugkoppelingsmechanisme wordt gestart. Hierdoor zal bovendien bij een nieuwe doorrekening altijd gestart worden vanaf die laatste automatrix waardoor het vraag-aanbodevenwicht in één iteratie bereikt is (op voorwaarde dat er niets of slechts weinig gewijzigd is aan het scenario).

Tot slot wordt het iteratienummer bijgewerkt. Dit gebeurt door het iteratienummer uit het bestand 'iteratie-current.dat' te verhogen met 1 en op te slaan onder de naam 'iteratie.dat'. Op die manier is alles klaargezet om een volgende iteratie uit te voeren, indien dat nodig blijkt.

//

Vervolgens wordt het programma 'controle vraag-aanbodevenwicht' (rekenvolgorde 9) doorlopen. In dit programma wordt er beslist of een bijkomende iteratie nodig is of niet. Enkel wanneer het evenwichtscriterium niet is bereikt, zal een nieuwe iteratie worden uitgevoerd. Concreet wordt er gekeken in welke mate de matrices 'HW-CURRENT' en 'HW-NEW' met elkaar overeenkomen. Hierbij bepaalt het evenwichtscriterium hoe groot deze matrices maximaal van elkaar mogen afwijken. Dit gebeurt door een set objectieve score-indicatoren te berekenen. De meest eenvoudige score-indicatoren zijn globale matrixtotalen, maar deze bieden weinig inzicht in de variatie binnen de matrices. Het is daarom evident om de score-indicatoren te richten op afzonderlijke cellen. Enkel de ij-relaties die als herkomst en/of bestemming een zone in het studiegebied hebben, worden bekeken. Praktisch betekent dit dat alle betrokken HB-matrices voor autobestuurder vóór analyse vermenigvuldigd worden met de studiegebiedmatrix uit de hulpmatrices.

Volgende score-indicatoren worden op celniveau opgemaakt:

- Absoluut verschil: $\mathrm{Auto}_{\mathrm{n}} - \mathrm{Auto}_{\mathrm{n\text{-}1}}$
- Kwadratisch verschil: $\left(\mathrm{Auto}_{\mathrm{n}} - \mathrm{Auto}_{\mathrm{n\text{-}1}}\right)^2$
- Relatief verschil: $\frac{\mathrm{Auto}_{\mathrm{n}}}{\mathrm{Auto}_{\mathrm{n\text{-}1}}}$
- Absoluut procentueel verschil: $100 \cdot \left(\frac{\mathrm{Auto}_{\mathrm{n}}}{\mathrm{Auto}_{\mathrm{n-1}}} - 1\right)$
- Gewogen procentueel verschil: $\left(100 \cdot \left(\frac{\mathrm{Auto}_{\mathrm{n}}}{\mathrm{Auto}_{\mathrm{n-1}}} - 1\right)\right) \cdot \mathrm{Auto}_{\mathrm{n}}$
- Significantievlag: $\ln\left(\frac{\left|\mathrm{Auto}_{\mathrm{n}} - \mathrm{Auto}_{\mathrm{n\text{-}1}}\right|^2}{\mathrm{Auto}_{\mathrm{n\text{-}1}}}\right)$

$\mathrm{Auto}_{\mathrm{n}}$ is de waarde van een cel van de n^{e} iteratie uit de HB-matrix voor autobestuurder. Voor al deze celresultaten wordt een gecumuleerd totaal bijgehouden, zodat op generiek niveau enkele 'matrix-totale scores' opgemaakt kunnen worden. Voor de significantievlag en het absoluut procentueel verschil wordt ook een frequentieverdeling bijgehouden.

Totaal auto current	276 636.0			
Totaal auto previous	276 482.1			
Totaal aantal waarnemingen	10 291 275.0			
Absoluut verschil	154.0			
Afwijking	0.1			
Totaal kwadratisch verschil	620.3			
Totaal relatief verschil	11 222 088.4			
Gemiddeld absoluut verschil	0.0000			
Gemiddeld kwadratisch verschil	0.0078			
Gemiddeld relatief verschil	1.0904			
Gemiddelde procentuele afwijking	0.0293			
Gemiddelde gewogen procentuele afwijking	0.5734			
Overzicht distributie procentuele verschillen				
Klasse	**Aantal cellen**	**%**	**Aantal verpla**	**%**
Tussen 0% en 2%	10 241 900	99.5	249 904	90.3
Tussen 2% en 5%	35 466	0.3	22 596	8.2
Tussen 5% en 10%	9 321	0.1	3 221	1.2
Tussen 10% en 20%	3 517	0.0	810	0.3
Tussen 20% en 50%	842	0.0	100	0.0
Tussen 50% en 100%	136	0.0	5	0.0
Groter dan 100%	93	0.0	1	0.0
Overzicht verdeling significantievlaggen				
Klasse	**Aantal cellen**	**%**	**Aantal verpla**	**%**
Kleiner dan -5	10 277 879	99.9	265 606	96.0
Tussen -5 en -2.75	13 074	0.1	10 099	3.7
Tussen -2.75 en -1.25	317	0.0	896	0.3
Tussen -1.25 en 0	5	0.0	35	0.0
Tussen 0 en 3	0	0.0	0	0.0
Groter dan 3	0	0.0	0	0.0

Tabel 17: Voorbeeld rapportage vergelijking opeenvolgende iteraties

Bovenstaande tabel**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** geeft een voorbeeld van de rapportage van de vergelijking tussen de laatste (HW-NEW) en de voorlaatste iteratie (HW-CURRENT).

Deze resultaten worden in een apart rapport weggeschreven.

Aan volgende criteria moet voldaan zijn voor het bereiken van het vraag-aanbodevenwicht voor de vervoerwijzekeuze.

- Het aandeel gewogen[7] waarnemingen met een significantievlag kleiner dan -5 moet hoger dan 97% zijn;
- Het aandeel gewogen waarnemingen met een gewogen procentuele afwijking van minder dan 5% moet hoger zijn dan 93%;
- Het aandeel gewogen waarnemingen met een gewogen procentuele afwijking van minder dan 2% moet hoger zijn dan 85%.

Wanneer aan al deze voorwaarden voldaan wordt, wordt de interne modelvariabele LOOP op 0 gezet, anders blijft deze op 1 staan.

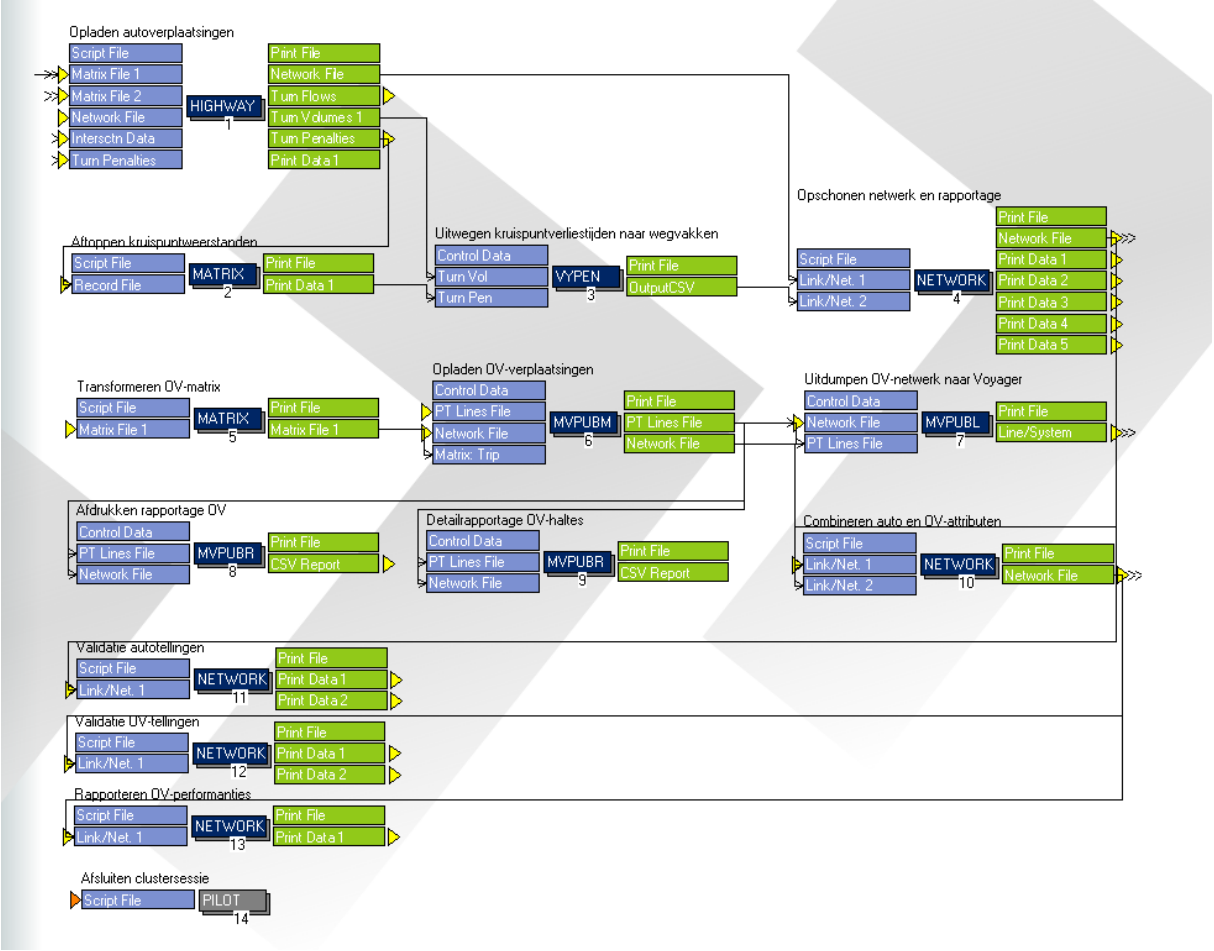
Het programma onder rekenvolgorde 10 zal het terugkoppelingsmechanisme opnieuw laten itereren indien de modelvariabele LOOP gelijk is aan 1. Er wordt dan terug gestart vanaf rekenvolgorde 4. Indien de modelvariabele LOOP gelijk is aan 0, wordt er verdergegaan naar rekenvolgorde 11. Dit betekent dat de hoofdmodule 'vervoerwijzekeuze' doorlopen is. Tot slot worden de voornaamste gegevens van alle iteraties uit het opgestelde rapport opgeslagen in rekenvolgorde 10.

[7] Gewogen houdt niet enkel rekening met het aantal cellen, maar ook met de omvang van de cellen.

4.4 TOEDELEN

Deze laatste hoofdmodule voert de toedeling uit voor de modi autobestuurder en OV. De modi fiets en te voet worden niet toegedeeld op het netwerk aangezien de basisnetwerken hier niet op zijn toegespitst omdat het hier provinciale netwerken betreft. Deze netwerken zijn te grofmazig om fiets en te voet toe te delen.

Onderstaande figuur toont de deelprocessen van deze hoofdmodule.



Figuur 17: Overzicht hoofdmodule toedelen

4.4.1 OPLADEN AUTOVERPLAATSINGEN (REKENVOLGORDE 1)

Dit programma voert een volledige toedeling uit van het gemotoriseerd verkeer, bestaande uit auto-, zware en lichte vrachtverplaatsingen. Hierbij wordt er een identiek proces uitgevoerd als bij voorgaande modules die de kostenberekening van de auto uitvoeren. Zo zijn de routekeuze, congestiecurven, weegfactoren, capacity restraint methodiek en evenwichtscriteria volledig dezelfde. Voor de detailbespreking hiervan wordt dan ook naar een vorig hoofdstuk verwezen.

Ook de invoer van dit programma is analoog. Uiteraard wordt in deze fase gebruikgemaakt van de in de vorige stap berekende automatrix (SPLIT-MODE_P+R_{uur}.mat).

Ook aan de uitvoerzijde worden dezelfde bestanden aangemaakt.

4.4.2 AFTOPPEN KRUISPUNTWEERSTANDEN (REKENVOLGORDE 2)

In dit programma worden de kruispuntweerstanden afgetopt op dezelfde manier als dat gebeurde bij de kostenberekening voor auto tijdens de vervoerwijzekeuze. Wanneer deze weerstanden een waarde aannemen groter dan 2, wordt deze waarde vervangen door een waarde die men bekomt a.d.h.v. volgende formule:

$$\text{Gecorrigeerde waarde} = 2 + (\text{waarde} - 2)^{1/2}$$

4.4.3 UITWEGEN KRUISPUNTVERLIESTIJDEN NAAR WEGVAKKEN (REKENVOLGORDE 3)

Dit programma vertaalt de berekende kruispuntverliestijden naar bijkomende wegvakverliestijden op basis van de HCM. Dit gebeurt op basis van de afgetopte kruispuntweerstanden en de afslagvolumes van de kruispunten.

4.4.4 OPSCHONEN NETWERK EN RAPPORTAGE (REKENVOLGORDE 4)

Het doel van dit programma bestaat uit het opschonen van het netwerk en de opmaak van een aantal rapporten.

Het opschonen van het netwerk komt overeen met het selecteren van een aantal relevante attributen in het resultaatnetwerk. Onderstaande tabel geeft een overzicht van deze attributen:

Attribuut	Bron, verwerking of hernoeming	eenheid
DISTANCE	overgenomen uit invoernetwerk	km/u
LINKTYPE	overgenomen uit invoernetwerk	-
LT2	overgenomen uit invoernetwerk	-
GEWEST	overgenomen uit invoernetwerk	-
STUDIEGEBIED	overgenomen uit invoernetwerk	-
URBAN	overgenomen uit invoernetwerk	-
ENKELRICHT	overgenomen uit invoernetwerk	-
VERKEERSFC	overgenomen uit invoernetwerk	-
RIJSTROKEN	overgenomen uit invoernetwerk	#
STROOKCAP	overgenomen uit invoernetwerk	pae/u
CAPACITEIT	Aangevuld door INITIALISATIE, hernoeming van RUN_CAPACITY	pae/u
HARMON	overgenomen uit invoernetwerk	-
FILELINKS	Aangevuld door INITIALISATIE	-
V_WET	overgenomen uit invoernetwerk	km/u
V_FREEFLOW	Aangevuld door INITIALISATIE	km/u
V_CONGEST	Afgeleid van toedling, gelijk aan CSPD_1 als finale reissnelheid	km/u
VERTRAGING	Afgeleid van toedeling, zijnde de verhouding van de V_FREEFLOW tegenover V_CONGEST	%
SATURATIE	Afgeleid van toedeling, gelijk aan VC_1 zijnde de verhouding van V_1 tegenover CAPACITY	%
T_CONGEST	Afgeleid van toedeling, gelijk aan TIME_1 als finale reistijd	min
TOL_PW	Aangevuld door INITIALISATIE	min
TOL_VZ	Aangevuld door INITIALISATIE	min
TOL_VL	Aangevuld door INITIALISATIE	min
VERBOD_PW	Aangevuld door INITIALISATIE	-
VERBOD_VZ	Aangevuld door INITIALISATIE	-
VERBOD_VL	Aangevuld door INITIALISATIE	-
VERBOD_OV	Aangevuld door INITIALISATIE	-
P_KOST	Aangevuld door INITIALISATIE	min
P_CAP	Aangevuld door INITIALISATIE	pae/u
TELLING_PW	Aangevuld door INITIALISATIE	voertuigen/u
TELLING_OV	Aangevuld door INITIALISATIE	reizigers/u
TELID_PAE	Aangevuld door INITIALISATIE	
TELID_OV	Aangevuld door INITIALISATIE	
RAPPORT	overgenomen uit invoernetwerk	-
NAAM	overgenomen uit invoernetwerk	-
TELNAAM_PAE	Aangevuld door INITIALISATIE	-
TELNAAM_OV	Aangevuld door INITIALISATIE	-
PAE	Afgeleid van toedeling	pae/u
PERSONENWG	Afgeleid van toedeling	voertuigen/u
VRACHTWG	Afgeleid van toedeling	voertuigen/u
VRACHTZ	Afgeleid van toedeling	voertuigen/u
VRACHTL	Afgeleid van toedeling	voertuigen/u
VOERTUIGEN	Afgeleid van toedeling	voertuigen/u
V_CAPRES	Afgeleid van toedeling	km/u
T_CAPRES	Afgeleid van toedeling	min
T_QUEUE	Afgeleid van toedeling	min

Tabel 18: Attributen resultaatnetwerken

Daarnaast worden een aantal rapporten opgemaakt.

a) Linkrapport

Standaard is het attribuut RAPPORT leeg en wordt deze functie niet benut. Dit rapport toont voor elk wegvak, waarvoor het attribuutveld RAPPORT niet leeg is, de voertuigprestaties. Deze functionaliteit is handig om een zekere selectie van netwerklinks te maken in het gebruik bij projecten.

b) Netwerkperformanties

De netwerkperformanties geven een overzicht van het totale gebruik van het autonetwerk, gemeten in gepresteerde kilometers en uren. Hierbij wordt telkens een onderscheid gemaakt naar de jurisdictie die voor de wegvakken gecodeerd is. Het attribuut JURISDICT wordt enkel binnen Trips gebruikt, en is voor rapportagedoeleinden overgenomen in de Cube-netwerken. De jurisdictie kan eender welke indeling aannemen (districten, gemeentes, provincies, …). In het rapport is de jurisdictie weergegeven in de eerste kolom. Onderstaande tabel bevat een voorbeeld van rapportage naar netwerkperformanties.

PAE/H	NETWERKPERFORMANTIES AFSTAND (KM)				NETWERKPERFORMANTIES TIJD (H)			
	A-WEG	NX(X)-WEG	NXXX-WEG	LOKALE WEGEN	A-WEG	NX(X)-WEG	NXXX-WEG	LOKALE WEGEN
1	1 646	7 760	23 616	13 211	64	390	616	412
2	76 217	11 026	21 149	15 009	- 10 078	585	623	892
3	20	1 991	8 872	12 567	0	103	- 1 669	108
4	79 409	5 067	30 546	28 834	- 6 922	- 738	381	- 788
5	120 956	8 656	37 826	15 225	- 7 576	- 2 216	1 093	515
6	27 716	1 587	29 905	7 331	- 6 120	41	- 657	248
7	119 484	77 359	57 587	19 674	- 25 462	128	1 214	379
…	…	…	…	…	…	…	…	…

Tabel 19: Voorbeeld resultaatbestand netwerkperformanties

c) Afwikkelingsniveau

Het afwikkelingsniveau geeft een overzicht van de netwerkperformanties per verzadigingsklasse. Het gebruik (intensiteiten) van het netwerk wordt afgezet tegenover de capaciteit van het netwerk. De zogenaamde I/C-verhouding geeft aan hoeveel procent van de capaciteit er benut wordt. In onderstaande tabel zijn de I/C-verhoudingen opgedeeld in verschillende verzadigingsklassen. Er wordt aangegeven hoeveel kilometer weg van het netwerk er binnen een bepaalde klasse valt. Analoog worden er ook gegevens gegenereerd waarbij wordt gekeken hoeveel voertuigprestaties (uitgedrukt in paekm) van een bepaald uur toebehoren aan een bepaalde verzadigingsklasse. Onderstaande tabel bevat een voorbeeld van rapportage naar netwerkperformanties per verzadigingsklasse.

Netwerkperformanties per verzadigingsklasse	Pae/u * km				km			
	A-Weg	Nx(x)-weg	Nxxx-weg	Lokale wegen	A-Weg	Nx(x)-weg	Nxxx-weg	Lokale wegen
< 50%	6 733 679	3 777 364	2 044 982	1 187 223	4 086	5 225	5 299	9 000
50-70%	2 568 950	2 550 443	601 750	156 846	519	1 217	383	170
70-90%	2 196 774	2 370 286	328 576	77 754	312	787	132	61
90-100%	1 154 172	785 115	181 725	15 029	118	238	63	10
100-110%	153 786	1 014 275	92 384	17 762	15	282	27	10
> 110%	195 341	2 498 588	318 368	60 973	27	537	81	27

Tabel 20: Voorbeeld resultaatbestand afwikkelingsniveau

d) Filelinks

De rapportage met betrekking tot filelinks geeft meer informatie over de resultaten van het vertical-queuingproces bij de toedeling. Er kan op bepaalde links op het hoofdwegennet, waarvan het aantal instromende rijstroken groter is dan het aantal rijstroken op de link, een bijkomende vertraging optreden (zie

queuingverliestijd - paragraaf 4.4.2.a). Onderstaande tabel lijst de wegvakken op waarbij deze verticale-queuingtechniek in werking is getreden. De impact (zie kolom 'vertraging' in onderstaande tabel) van het vertical-queuingproces kan dus worden afgelezen. De kolom vertraging stelt de verhouding voor tussen freeflow- en congestiesnelheid.

Van	Naar	Rijstroken	Stroken tekort	Pae/u	Vertraging
4 340	15 120	1	1	2 148	11.60
5 092	5 094	3	1	15 106	11.93
5 164	6 179	3	4	13 145	2.60
5 215	5 222	1	1	3 101	0.80
5 242	5 246	1	2	3 168	2.12
5 445	6 094	3	4	6 459	1.51
5 772	5 791	3	4	7 344	9.94
5 906	17 994	2	6	4 317	1.67
5 922	5 919	3	4	7 078	7.41
5 926	6 553	3	2	9 830	4.25
6 111	15 613	3	4	6 461	1.53
6 579	6 564	1	1	4 272	7.45
6 599	6 598	3	1	15 041	11.62
7 749	7 671	1	1	1 996	3.03
15 128	15 127	3	5	7 004	6.70
20 013	20 014	4	4	8 426	0.19

Tabel 21: Voorbeeld resultaatbestand filelinks

e) Speedclass

Het laatste resultaatbestand van dit programma is de speedclass. Hier wordt het aantal kilometer links uit het netwerk opgelijst waarop een bepaalde congestiesnelheid wordt behaald tijdens het doorgerekende uur. Hierbij wordt ook een onderscheid gemaakt naar type weg en jurisdictie. Onderstaande tabel illustreert deze rapportage.

	spreiding snelheden (uitgedrukt km)											
	hoofdwegen											
Jurisdictie	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120
1	1.34	1.46	1.03	2.17	0.8	1.24	1.04	0.76	26.55	16.61	38.24	164.33
2	1.51	2.19	0	0.65	0.36	0.22	0.29	2.64	18.31	5.33	18.96	98.82
3	0.34	0.42	0.17	0.2	0	0.16	0	0	2.47	0.92	11.99	31.15
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Nx(x)-weg											
Jurisdictie	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120
1	4.43	7.11	8.66	13.57	22.54	21.77	48.26	134.04	27.92	64.26	1.32	0.76
2	0.52	1.87	3.89	2.06	4.55	13.57	14.85	52.39	7.25	5.53	0.55	0.16
3	1.98	1.14	2.26	3.73	7.13	10.54	13.83	58.51	1.7	5.9	0.07	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Nxxx-weg											
Jurisdictie	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120
1	4.66	5.83	7.89	12.38	26.64	70.92	109.6	216.73	1.77	0.31	0	0.02
2	0.57	2.01	2.07	4.32	7.68	23.86	46.38	75.99	0.54	0.1	0	0
3	1	1.31	2.46	5.92	8.5	13.05	57.31	88.46	1.18	0.05	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Lokale wegen											
Jurisdictie	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120
1	18.78	43.38	100.11	218.29	144.01	434.22	741.47	238.09	2.25	0.17	0	0.19
2	5.08	10.44	35.28	46.33	51.17	178.2	362.58	162.94	0.22	0.06	0	0.09
3	4.89	9.89	15.31	34.31	41.62	133.44	220.56	89.44	0.46	0.16	0.04	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Tabel 22: Voorbeeld resultaatbestand spreiding snelheden

4.4.5 TRANSFORMEREN OV-MATRIX (REKENVOLGORDE 5)

Het resultaat-OV-matrixbestand (derde matrixtabel van het bestand SPLIT-MODE_P+R_{uur}.mat) wordt in dit programma omgezet naar een TRIPS-formaat zodat de OV-toedeling kan worden uitgevoerd in het hiervoor gebruikte TRIPS-programma.

4.4.6 OPLADEN OV-VERPLAATSINGEN (REKENVOLGORDE 6)

Dit programma voert de OV-toedeling uit op basis van de verplaatsingsmatrix uit vorige rekenvolgorde, en invoer m.b.t. OV: een OV-netwerkbestand (PTL.net) en een OV-lijnvoeringsbestand (PTL.ptl). Het resultaat is een toegedeeld OV-netwerk.

De instellingen en opties komen overeen met die van de kostenberekeningen OV tijdens de vervoerwijzekeuze, maar wel worden nu de OV-verplaatsingen effectief op het OV-netwerk toegedeeld. Daarom wordt de optie 'LOAD' voor dit programma geactiveerd. Samen met de optie ESM (uitgebreid service model), zorgt de optie LOAD ervoor dat de OV-verplaatsingen over de volledige paden worden verdeeld waarbij alle geldige (OV-) alternatieven een relatief aandeel krijgen. Voor elke ij-relatie uit de OV-verplaatsingsmatrix wordt er in eerste instantie een keuze gemaakt waarin de beste OV-mode wordt weerhouden. Daarna wordt binnen deze submodus gekeken naar de lijnen die in aanmerking komen om de verplaatsingen aan toe te delen. Hierbij dient er voor elke lijn een beladingsveld (linkattribuut) te worden gecreëerd waarover de verplaatsingen kunnen worden toegedeeld. Bij het toedelen van verplaatsingen aan de beladingsvelden wordt er een onderscheid gemaakt naar de datalagen. In de pure OV-laag worden de lijnverbindingen omschreven waaraan de toegedeelde verplaatsingen worden toegekend. Deze toegedeelde verplaatsingen worden in de beladingsvelden tussen de verschillende haltes per lijn bijgehouden. Een tweede laag is meer generiek en bevat geen lijninfo meer. In deze laag wordt de gesommeerde OV-reizigersbelasting bewaard op linkniveau. Op een vak waar meerdere lijnen passeren, worden alle vervoerde reizigers bewaard in een bijkomend linkattribuutveld. Hierbij wordt wel nog onderscheid gemaakt naar de verschillende OV-modi.

In MM versie 3.7.1 worden alle OV-verplaatsingen in “passenger loading field 1” van de uitvoer OV-laag bewaard. De belastingen op het infrastructuurnetwerk worden in vier aparte velden opgeslagen. Deze zijn trein, tram, bus en metro.

4.4.7 UITDUMPEN OV-NETWERK NAAR VOYAGER (REKENVOLGORDE 7)

In dit programma wordt het resultaatbestand uit vorige rekenvolgorde met daarin de gedetailleerde lijninfo (en bijhorende belastingen) terug omgezet naar het Voyager-formaat, zodat het grafisch kan voorgesteld worden in CUBE. Het formaat waarnaar dit bestand wordt geëxporteerd is een ASCII-tekstbestand. Dit bestand volgt een algemene open Voyager-opmaak en laat toe om achteraf opnieuw de aparte lijnresultaten voor te stellen.

4.4.8 AFDRUKKEN RAPPORTAGE OV (REKENVOLGORDE 8)

Op basis van het gedetailleerde resultaatbestand uit rekenvolgorde 6 wordt er in dit programma een rapport opgemaakt met behulp van de module MVPUBR (module in Cube). Deze module biedt ruime analysefunctionaliteiten aan op basis van binaire TRIPS-resultaatnetwerken. Vandaar dat de analyse gebeurt op basis van het resultaatbestand uit rekenvolgorde 6, dewelke werd opgeslagen in het binaire TRIPS-formaat.

Er kunnen diverse thema’s worden aangevinkt die vervolgens worden weggeschreven in een CSV-bestand. Over het algemeen kunnen de thema’s worden opgedeeld in directe lijnvoeringsinfo en belastingen. Dit op zowel het gedetailleerde lijnniveau of generiek over de OV-modi of OV-maatschappijen heen.

Er wordt in eerste instantie een overzicht gemaakt van de lijnkenmerken per OV-lijn, mode en maatschappij. Dit onderdeel geeft in feite een cijfermatige samenvatting van het invoerbestand.

- Onderstaande tabel toont een selectie uit het overzicht van de lijnkenmerken per OV-lijn:

Line	Name	Company	Mode	Headway	Turn Time	Route Type	Service Type	Direction Code	Total Length	Total Time	Seats/Veh	Crush/Veh
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
3226	504H-A	3	3	15	0	1	2	1	8.81	20.31	0	0
3227	504T-A	3	3	15	0	1	2	1	8.81	20.93	0	0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

Tabel 23: Voorbeeld resultaatbestand lijnkenmerken per OV-lijn

Het voorbeeld toont twee buslijnen, uitgevoerd door de maatschappij De Lijn. Beide lijnen hebben een frequentie van 15 minuten. De tijd om te keren aan het einde van de lijn bedraagt 0 minuten. Route type, service type en direction code zijn typische Trips-codes die duiden op een circulaire of lineaire lijn; express of stop-service; en het feit of de lijn enkelrichting voorgesteld wordt of meteen de heen- en terugrichting opgeeft. De totale afstand van de buslijn bedraagt ongeveer 9 km. Beide lijnen hebben respectievelijk 20.31 en 20.93 minuten nodig om deze afstand af te leggen. Aangezien er geen crowding wordt toegepast, blijven de twee laatste velden (informatie over de zit- en staanplaatsen) leeg.

- Vervolgens worden de lijnkenmerken gerapporteerd per maatschappij (NMBS, De Lijn, MIVB, TEC en VTR: voor- en natransport met grensoverschrijdende OV-lijnen):

Summary of Line Based Attributes by Company								
Company	Name	Number of Lines	Total Route Length	Total Route Time (mins)	Veh Dist/Hour	Veh Time/Hour	Ave Veh Speed/Hour	% Turn Time/Hour
1	NMBS	308	21 911	22 580	21 911	22 580	58	0
2	DL-ANT	339	5 579	11 672	8 777	20 618	26	0
3	DL-LIM	269	5 834	11 933	6 644	13 868	29	0
4	DL-OVL	118	1 211	2 376	1 432	3 202	27	0
5	DL-VLB	294	6 036	11 583	10 063	19 788	31	0
6	DL-WVL	10	113	156	114	158	43	0
7	MIVB	114	824	2 919	5 949	20 496	17	0
8	TEC	660	6 112	15 762	6 112	15 762	23	0
10	VTR	16	1 260	1 312	1 260	1 312	58	0

Tabel 24: Voorbeeld resultaatbestand lijnkenmerken per maatschappij

Bovenstaande tabel**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** geeft een overzicht van enkele lijnkenmerken per maatschappij. Zo zijn er in bovenstaand voorbeeld 308 lijnen gedefinieerd bij de maatschappij NMBS met een totale routelengte van 21 911 km die worden afgelegd in 22 580 minuten. Verder wordt er informatie opgelijst over de afgelegde voertuigafstand, de afgelegde voertuigtijd, de gemiddelde voertuigsnelheid en het percentage van de tijd dat wordt besteed aan keren.

- Tot slot worden de lijnkenmerken per OV-modus gerapporteerd:

Summary of Line Based Attributes by Mode								
Mode	Name	Number of Lines	Total Route Length	Total Route Time (mins)	Veh Dist/Hour	Veh Time/Hour	Ave Veh Speed/Hour	% Turn Time/Hour
1	Trein	308	21 911	22 580	21 911	22 580	58	0
2	Tram	55	479	1 707	3 590	12 506	17	0
3	bus	1 743	25 150	54 532	34 554	79 405	26	0
4	Metro	6	79	161	947	1 979	29	0
10	VTR	16	1 260	1 312	1 260	1 312	58	0

Tabel 25: Voorbeeld resultaatbestand lijnkenmerken per OV-modus

Bovenstaande tabel geeft gelijkaardige informatie als de tabel met de lijnkenmerken per maatschappij. Alleen is er hier geaggregeerd op modeniveau i.p.v. op maatschappijniveau.

Naast de lijnvoeringsinfo worden er ook gegevens gegenereerd over de belastingen. Ook hier kan er een onderscheid worden gemaakt naar OV-lijn, mode en maatschappij. Onderstaande tabel geeft een voorbeeld van de belastingen, opgedeeld per OV-lijn.

Line	Name	Mode	Direction Code	Passenger Boardings	Passenger Distance	Passenger Time (mins)
3226	Stevoort-Hasselt Sta	3	1	80	343	832
3227	Stevoort-Hasselt Sta	3	1	244	1 103	2 834

Tabel 26: Voorbeeld resultaatbestand belastingen per OV-lijn

Het voorbeeld geeft voor de lijnen 3326 en 3327 het aantal passagiers, de afgelegde passagierskilometers en de totale reizigerstijd weer.

Daarnaast worden de belastinggegevens per maatschappij gerapporteerd (zie onderstaande tabel voor de eerste drie maatschappijen). Het aantal OV-lijnen, het aantal reizigers, reizigersafstand- en tijd worden weergegeven. De laatste kolom geeft de gemiddelde snelheid per uur van de verschillende maatschappijen

Summary of Passenger Loading Field 1 Name by Company						
Company Number	Company Name	Number of Lines	Passenger Boardings	Passenger Distance	Passenger Time (mins)	Ave Speed (/Hour)
1	NMBS	308	87 688	2595 273	2444 865	64
2	DL-ANT	339	102 539	694 379	1492 937	28
3	DL-LIM	269	36 492	290 488	549 806	32

Tabel 27: Voorbeeld resultaatbestand belastingen per maatschappij

Tot slot worden de belastinggegevens per OV-modus gerapporteerd (zie onderstaande tabel).

Summary of Passenger Loading Field 1 Name by Mode						
Mode Number	Mode Name	Number of Lines	Passenger Boardings	Passenger Distance	Passenger Time (mins)	Ave Speed (/Hour)
1	Trein	308	87 688	2595 273	2444 865	64
2	Tram	55	64 049	234 831	728 017	19
3	bus	1 743	249 281	1873 521	3856 549	29
4	Metro	6	27 665	115 130	207 460	33
10	VTR	16	7	209	282	45

Tabel 28: Voorbeeld resultaatbestand belastingen per OV-lijn

4.4.9 DETAILRAPPORTAGE OV-HALTES (REKENVOLGORDE 9)

Dit programma maakt gebruik van hetzelfde invoerbestand als het programma uit rekenvolgorde 8. De analyse van het invoerbestand gebeurt in dit programma echter veel gedetailleerder. Voor elke lijn worden alle haltes opgelijst met de daarbij horende detailinformatie. Bijgevolg bevat dit bestand een overvloed aan data, die enkel wordt bekeken indien men detailinfo wenst over een bepaalde lijn of ter toetsing van het modelinstrument.

4.4.10 COMBINEREN AUTO EN OV-ATTRIBUTEN (REKENVOLGORDE 10)

In dit programma worden de volume-attributen uit het OV-netwerk toegevoegd als attributen aan het netwerk dat werd gebruikt ter toedeling van het auto- en vrachtverkeer. Concreet gaat het om de volumevelden van de sub-OV-modi trein, tram, bus en metro. Ook wordt er een attribuut toegevoegd met daarin de som van alle sub-OV-modi. Op die manier bekomt men voor elke link een volumeattribuut met daarin het totaal aantal OV-reizigers voor een bepaalde link.

4.4.11 VALIDATIE AUTOTELLINGEN (REKENVOLGORDE 11)

Dit programma vergelijkt de verkeerstellingen met de modelresultaten voor het autoverkeer. Het resultaat bestaat uit twee bestanden.

Enerzijds wordt er een bestand opgemaakt met daarin voor elke telpost de verkeerstelling en het modelresultaat, het absoluut en het relatief verschil tussen beide waardes en een significantievlag.

Anderzijds wordt er een rapport opgemaakt waarbij een aantal algemene statistieken worden gegenereerd over het verschil tussen de verkeerstellingen en de modelresultaten (zie onderstaande tabel).

Observaties	550	Verdeling absolute afwijking		
Totaal tellingen	315 809	Afwijking	Aantal observaties	Distributie (%)
Totaal toedeling	359 665	A: < 5	198	36.0
Totale afwijking	43 856	A: 5-15	33	6.0
Totale relatieve afwijking (%)	14	A: 15-30	39	7.1
Gem. afwijking	80	A: 30-50	45	8.2
Standaard afwijking	324	A: > 50	240	43.6

Verdeling vlaggen			Verdeling relatieve afwijking		
Vlag	Aantal observaties	Distributie (%)	Afwijking	Aantal observaties	Distributie (%)
V: < 1	157	28.5	R: < 5%	95	17.3
V: 1-3	162	29.5	R: 5-10%	82	14.9
V: 3-5	164	29.8	R: 10-20%	122	22.2
V: 5-7	59	10.7	R: 20-50%	156	28.4
V: > 7	8	1.5	R: > 50%	95	17.3

Tabel 29: Voorbeeld validatieoverzicht

Deze algemene statistieken geven een aantal kencijfers.

- Het aantal observaties komt overeen met het aantal voor de kalibratie gebruikte tellingen;
- Het totaal van de tellingen is de som van de gebruikte tellingen;
- Het totaal van de toedeling is de som van de modelresultaten van de overeenkomstige links waarvoor er tellingen gebruikt zijn;
- De totale afwijking is het verschil tussen het totaal van de tellingen en het totaal van de toedeling;
- De totale relatieve afwijking geeft ditzelfde verschil aan, maar dan procentueel uitgedrukt;
- Tot slot worden ook de gemiddelde afwijking en de standaardafwijking gegenereerd.

Naast de algemene kencijfers worden er ook drie type verdelingen weergegeven:

- Verdeling van de significantievlaggen, dewelke overeenkomen met de GEH-waardes[8]. Deze twee indicatoren geven weer of het verschil tussen twee waardes significant is of niet, waarbij zowel het absolute verschil als het procentuele verschil in rekening wordt gebracht;
- De twee andere types verdelingen geven aan hoeveel toedelingsresultaten er afwijken van de tellingen volgens afwijkingsklasse;
    - Bij de ene verdeling zijn deze klassen opgebouwd op basis van absolute waarden;
    - De andere verdeling gaat uit van klassen die zijn opgebouwd op basis van relatieve waarden.

4.4.12 VALIDATIE OV-TELLINGEN (REKENVOLGORDE 12)

Dit programma vergelijkt de OV-tellingen met de toedelingsresultaten voor het openbaar vervoer, uitgedrukt in reizigersaantallen. Dit programma geeft een volledig analoge output als bij de validatie van de verkeerstellingen voor het autoverkeer.

4.4.13 RAPPORTEREN OV-PERFORMANTIES (REKENVOLGORDE 13)

Vervolgens wordt het aantal reizigerskilometer gerapporteerd per OV-modus en per jurisdictie.

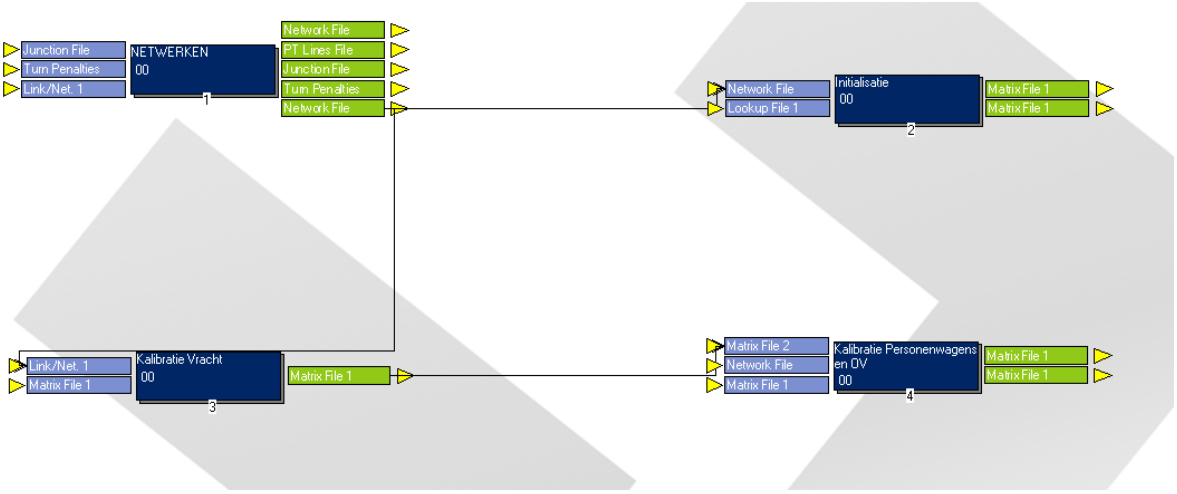
4.4.14 AFSLUITEN CLUSTERSESSIE (REKENVOLGORDE 14)

De scripts die ondersteuning bieden om door te rekenen op meerdere processorkernen worden in dit programma afgesloten.

[8] GEH-waarde = $\ln((\text{Abs}(\text{Auto}_{\text{Telling}} - \text{Auto}_{\text{Modelwaarde}})^2) / (\text{Auto}_{\text{Telling}} + \text{Auto}_{\text{Modelwaarde}}))$

5 DETAILPROCESSEN KALIBRATIE-MODULE

Ook voor de kalibratie-module wordt per hoofdmodule ingegaan op de algoritmes, scripts en keuzeprocessen. Onderstaande figuur toont de structuur van deze module.



Figuur 18: Overzicht hoofdstructuur kalibratie-module

5.1 VOORBEREIDING – NETWERKEN

Er moeten een aantal invoerbestanden die betrekking hebben op de aanbodnetwerken voorbereid worden. In vele gevallen zijn bijkomende acties nodig om de vereiste informatie naar werkbare modelbestanden te transformeren. Ook worden er een reeks testen uitgevoerd om te voorkomen dat er foutieve invoerdata worden gebruikt bij verdere berekeningen.

De hoofdmodule NETWERKEN behandelt het OV en het multimodale autonetwerk apart omwille van de gehanteerde TRIPS-programmatuur voor OV.

Deze module komt volledig overeen met deze uit paragraaf 4.1. Een gedetailleerde beschrijving van de deelprocessen kan in voornoemde paragraaf teruggevonden worden. Deze paragraaf focust op de verschillen.

In vergelijking met de MM-applicatie is het opladen van de tellingen hier wel van belang omdat ze gebruikt worden voor de kalibratie. In het kalibratieproces zullen alle mogelijke gegevens met elkaar worden geconfronteerd om de verplaatsingsmatrices zo goed mogelijk te laten aansluiten met de observaties. Concreet wordt de synthetische verplaatsingsmatrix geconfronteerd met de telgegevens en de productie-attractie gegevens (= tripends) per zone. Vaak zitten er echter tegenstrijdigheden in deze datasets ten gevolge van meetfouten, variabiliteit van het verkeer, tekortkomingen of vereenvoudigingen, … Verderop in de tekst volgen voorbeelden met betrekking tot de betrouwbaarheid van de gebruikte verkeerstellingen.

Er wordt getracht om zo weinig mogelijk af te wijken van alle datasets. Zodoende is het belangrijk dat alle data een indicatie van betrouwbaarheid krijgen toegewezen. In sommige gevallen is het ene gegeven immers degelijker dan het andere en is het dus belangrijker om goed aan te sluiten bij dat ene gegeven dan bij dat andere gegeven. De betrouwbaarheid wordt meegenomen als een confidentieniveau die op zich als een mathematisch gewicht wordt toegevoegd aan de bijhorende data. De specifieke waarden van deze confidentieniveaus zijn op zich niet relevant aangezien het om gewichten gaat. Het is immers de onderlinge verhouding die van belang is. De confidentiewaarden voor tellingen variëren doorgaans tussen 100 voor weinig of minder betrouwbare data en 800 voor zeer betrouwbare data. Hierbij dient opgemerkt te worden dat

confidentiewaarde 800 de norm is bij de gehanteerde tellingen. Deze norm is relatief ten opzichte van de andere confidenties bepaald. Voor de tripends en de celwaardes variëren de confidenties tussen 5 en 250.

Bij het opladen van de tellingen bij het opmaken van het netwerk worden enerzijds de telwaardes opgeladen op het netwerk en anderzijds worden er een confidentiewaardes aan toegewezen.

De tellingen die opgeladen worden op het netwerk voor het auto- en vrachtverkeer kunnen in drie groepen verdeeld worden:

- Type 1: Cordontellingen : tellingen die uitgevoerd zijn in 2013 rond alle stedelijke gebieden in Vlaanderen. Hierbij werd ook geteld op alle belangrijke invalswegen rond deze steden (Antwerpen, Brussel, Gent, Leuven, Mechelen, Hasselt-Genk-Diepenbeek, Turnhout, Sint-Niklaas, Aalst, Kortrijk, Roeselare, Oostende en Brugge);
- Type 2: Tellingen (dubbele lussen) op op- en afritten;
- Type 3: Tellingen (dubbele lussen) op snelwegen buiten congestiegebied.

De tellingen van type 1 krijgen een confidentie toegewezen van 800. Tellingen van type 2 krijgen een maximale confidentie van 600, terwijl tellingen van type 3 een maximale confidentie krijgen van 800. Dat de op- en afritten een iets lagere confidentie krijgen, is omdat deze veelal in congestiegebied gelegen zijn waardoor ze niet optimaal zijn voor het gebruik in statische verkeersmodellen. Bovendien kunnen de confidenties van tellingen van types 2 en 3 lager liggen indien de beschikbare telling niet optimaal is. Het kan bijvoorbeeld gaan over tellingen die slechts over een kortere periode geteld zijn, of tellingen waar een deel van de telgegevens ontbreekt. Indien de gegevens ontoereikend zijn, is de telling niet opgenomen in de teldatabank waaruit de tellingen afgeleid zijn.

Binnen de software is het mogelijk om verschillende tellingen samen te nemen om zo de stroom uit een groter gebied te kalibreren. De technische term hiervoor is “screenlines”. Binnen de kalibratiemethodiek worden alle tellingen echter individueel gekalibreerd en worden ze dus niet samengenomen. Doorheen de tekst komt wel af en toe de term “screenlines” aan bod. Het gaat er dus steeds over individuele tellingen.

5.2 VOORBEREIDING – INITIALISATIE

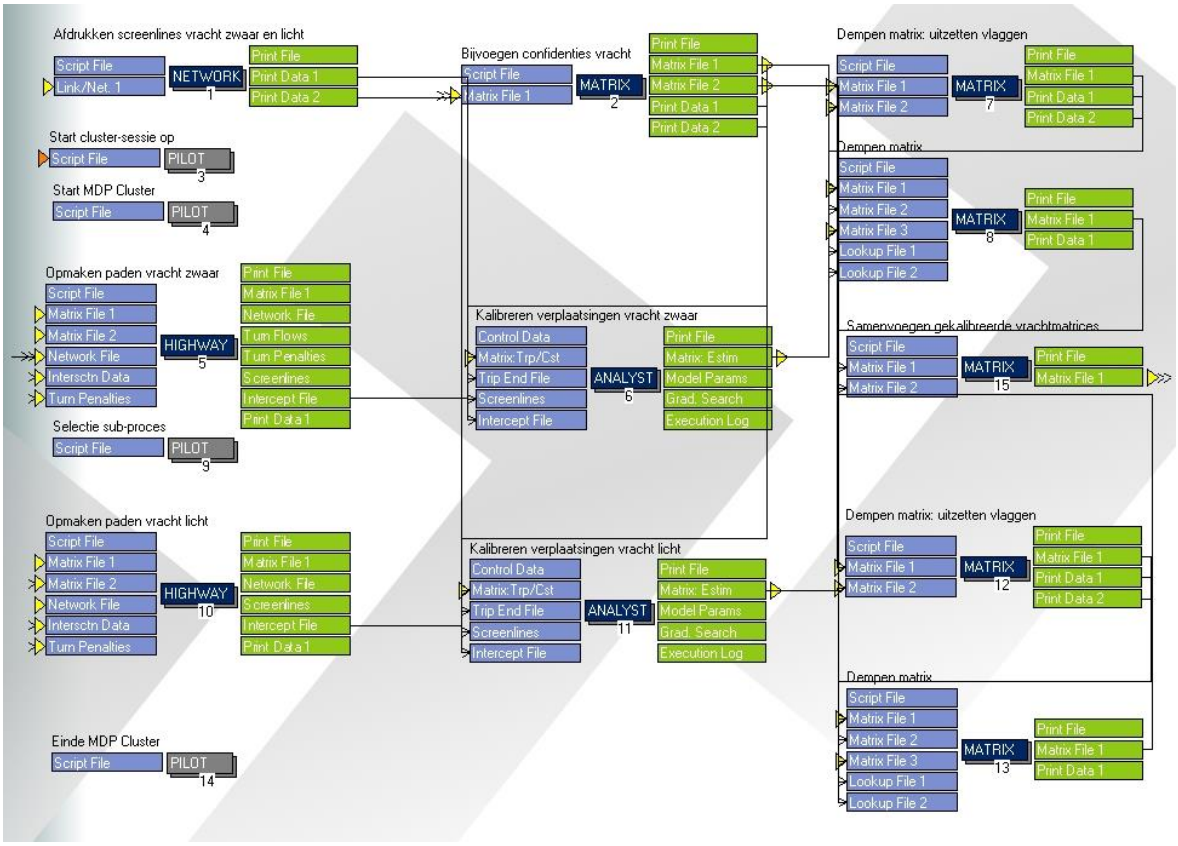
Deze hoofdmodule voert het laatste deel uit van de voorbereidingsfase en richt zich op de opmaak van de hulpmatrices.

Om op dezelfde wijze te kunnen werken tussen de twee applicaties, komt deze hoofmodule volledig overeen met deze uit paragraaf 4.2. Voor een gedetailleerde beschrijving van de deelprocessen wordt er dan ook verwezen naar die paragraaf.

5.3 KALIBRATIE VRACHTWAGENS

In de derde hoofdmodule gebeurt de kalibratie van de vrachtwagens. Deze hoofdmodule vertrekt van de synthetische verplaatsingsmatrices en telgegevens. Om deze tellingen te kunnen koppelen met de HB-relaties, moet dit proces worden gevoed met routepaden voor het vrachtverkeer. Nadat de paden zijn opgemaakt, gebeurt het eigenlijke kalibratieproces. Doorheen de hele hoofdmodule worden lichte en zware vrachtwagens afzonderlijk behandeld. Het resultaat is dan ook een matrixbestand met daarin drie matrixtabellen: ‘Vracht’, ‘VrachtL’ en ‘VrachtZ’. Hierbij bevat ‘VrachtL’ de gegevens voor lichte vracht, ‘VrachtZ’ de gegevens voor zware vracht, en ‘vracht’ de som van ‘VrachtL’ en ‘VrachtZ’.

Volgende figuur geeft een overzicht van de verschillende deelprocessen van het kalibratieproces van de vrachtwagens.



Figuur 19: Overzicht hoofdmodule kalibratie vrachtwagens

5.3.1 AFDRUKKEN SCREENLINES VRACHT ZWAAR EN VRACHT LICHT (REKENVOLGORDE 1)

Dit programma verzamelt de beschikbare telgegevens voor lichte- en zware vracht. De telgegevens werden tijdens de initialisatiefase van MM vanuit de teldatabanken op het netwerk geladen. Dit programma haalt deze gegevens uit het netwerk schrijft ze weg in twee verschillende uitvoerbestanden. Hierbij bevat het ene bestand de telgegevens voor het lichte vrachtverkeer, terwijl het andere bestand de telgegevens voor het zware vrachtverkeer bevat. De uitvoerbestanden bevatten naast de telwaarde informatie over onder andere de confidentie van de telling en de begin- en eindknoop van de link waarop de telling zich bevindt.

5.3.2 BIJVOEGEN CONFIDENTIES VRACHT (REKENVOLGORDE 2)

In dit programma worden confidentiewaarden toegekend aan de HB-matrices voor het vrachtverkeer.

Aangezien het lichte- en het zware vrachtverkeer afzonderlijk van elkaar worden gekalibreerd, zal de uitvoer van dit programma ook afzonderlijke resultaatbestanden genereren voor lichte en zware vracht. Elk resultaatbestand bestaat dus uit twee matrixtabellen waarbij de eerste matrixtabel de synthetische matrix bevat en de tweede matrixtabel bestaat uit de confidentiewaarden op celniveau.

Aangezien het ook interessant is om confidentiewaarden toe te kennen aan de productie- en attractiewaarden van iedere zone, worden er zogenaamde trip-end-bestanden aangemaakt, waarbij voor iedere zone de rij- en kolomtotalen, met name de producties en attracties, worden berekend, evenals de daaraan toegekende confidentiewaarden.

Dit programma kent aan elke matrixcel voor zowel het lichte als het zware vrachtverkeer een confidentiewaarde toe van 80. De uitzondering hierop zijn de intrazonale verplaatsingen. De confidentiewaarden voor deze verplaatsingen zijn zeer hoog gezet, nl. op 1000. Het is immers zo dat geen enkele telling informatie kan aanreiken over intrazonale verplaatsingen aangezien deze niet toegedeeld kunnen

worden op het netwerk. Deze hoge waarden moeten er dus voor zorgen dat de intrazonale verplaatsingen zo goed als ongewijzigd blijven.

In de trip-end-resultaatbestanden worden de confidentiewaarden voor alle producties en attracties op 20 gezet.

5.3.3 MEERDERE PROCESSORKERNEN (REKENVOLGORDE 3 EN 4)

Na het bijvoegen van de confidenties wordt er voor het rekenwerk overgeschakeld op meerdere processorkernen. Deze overschakeling wordt aangestuurd door de processen onder rekenvolgorde drie en vier.

5.3.4 OPMAKEN VAN DE PADEN VAN HET ZWAAR VRACHTVERKEER (REKENVOLGORDE 5)

Onder rekenvolgorde vijf valt het opmaken van de paden voor het zwaar vrachtverkeer. De paden worden berekend om de tellingen te kunnen koppelen aan de HB-relaties.

Dit programma voert een multiclass evenwichtstoedeling uit waarbij rekening wordt gehouden met kruispuntvertragingen. Dit gebeurt simultaan voor de drie gebruikersklassen (auto (ongekalibreerde matrix), zware en lichte vrachtwagens). Om de juiste verkeerstroom te bepalen die ter hoogte van een telling in het verkeersmodel rijdt, dient er een toedeling uitgevoerd te worden. Hierbij heeft elke gebruikersklasse zijn eigen routekeuze, die mede wordt bepaald door de weegfactoren die tijdens de initialisatiefase in het netwerk zijn gecodeerd. De werking en de evenwichtscriteria van deze toedeling zijn volledig identiek aan deze uit de MM-applicatie (zie paragraaf 4.3.2). Het kalibratieproces heeft een aantal extra resultaatbestanden nodig die niet standaard opgemaakt worden bij een toedeling. Het voornaamste resultaat is het intercept-bestand waarin de routepaden opgeslagen worden voor die verkeerstromen die over een verkeerstelling lopen. Hierbij is er een soort meting uitgevoerd om te bepalen welke HB-paren hun uiteindelijke verplaatsing maken zonder een telling te passeren. Deze meting is uitgevoerd door een kostenskim uit te voeren op hetzelfde linkattribuut als de tellingen, zijnde RUN_SCR_PW. Wanneer, over alle iteraties heen, er geen telling is voor een bepaalde HB-relatie, zal deze cel in de resultaatmatrix 0 zijn. De cellen die wel een waarde krijgen, bevatten een inhoudelijke sommatie van de gepasseerde tellingen. Deze waarden zijn op zich betekenisloos. Het is enkel van belang of de HB-paren een telling passeren of niet.

De “0”-cellen geven een indicatie voor de cellen in de verplaatsingsmatrix die met behulp van matrixkalibratie niet zouden mogen bijgewerkt worden.

5.3.5 KALIBREREN VERPLAATSINGEN ZWAAR VRACHTVERKEER (REKENVOLGORDE 6)

In dit programma gebeurt het feitelijke kalibratieproces voor het zware vrachtverkeer. Hierbij worden de synthetische verplaatsingsmatrices voor het zware vrachtverkeer bijgestuurd op basis van geobserveerde wegvaktellingen. Hierbij worden alle mogelijke gegevens (tellingen, toedelingen, kwaliteit van synthetische basismatrices) met elkaar gecombineerd en geconfronteerd en worden de verschillende data met elk hun eigen confidentieniveaus tegenover elkaar uitgezet. Dit resulteert in een mathematische afweging via de kleinste kwadratenmethode van alle data, met als output de meest plausibele verplaatsingsmatrix die de minste afwijking vertoont ten opzichte van alle aangereikte observaties. Dit betekent dus niet expliciet dat deze HB-matrix de absolute waarheid voorstelt. Een uitgebreide theoretische beschrijving van dit proces vindt men terug in de handleiding van ANALYST.

Dit programma maakt gebruik van de volgende invoer:

- Zone-gebaseerde productie/attractie lijsten (“screenlines”) (zie rekenvolgorde 1);
- Synthetische matrix met alle HB-paren voor het zware vrachtverkeer (inclusief bijgevoegde confidenties) (zie rekenvolgorde 2);
- Verkeerstellingen voor een bepaalde periode (deze zijn opgenomen in het netwerk);
- Routepaden (zie rekenvolgorde 5).

//

5.3.6 DEMPEN MATRIX: UITZETTEN VAN VLAGGEN (REKENVOLGORDE 7)

Soms gebeurt het dat bepaalde telgegevens zodanig afwijken van de synthetische gegevens dat het niet wenselijk is om “kost wat kost” de waarde van de telling te benaderen. Om te voorkomen dat ANALYST dit toch probeert, is het wenselijk om de matrix te dempen waarbij er een bepaalde drempelwaarde wordt gedefinieerd die ervoor zorgt dat wanneer de drempelwaarde wordt overschreden, het dempingsmechanisme in werking treedt. Om deze drempelwaarde te bepalen dienen er eerst vlaggen te worden uitgezet.

In dit programma worden vlaggen berekend op celniveau, productie- en attractieniveau en matrixtotaalniveau.

De vlaggen die worden berekend, nemen telkens een waarde aan die een maat van verschil uitdrukken tussen de gekalibreerde celwaarde en de overeenkomstige synthetische waarde. Indien deze waarde negatief is, is de synthetische waarde groter dan de gekalibreerde waarde. In het andere geval (positieve waarde) is de gekalibreerde waarde groter dan (of gelijk aan) de synthetische waarde. De minimale absolute waarde van de vlag is altijd gelijk aan 0,001.

Voor de berekening van de vlaggen wordt onderstaande formule gehanteerd:

$$\mathrm{VLAG} = \mathrm{Ln}\left(\frac{(\mathrm{MAX}-\mathrm{MIN})^2}{\mathrm{MIN}}\right) * \mathrm{SIGN}$$

Hierbij worden de synthetische en gekalibreerde waarden met elkaar vergeleken en is MAX de grootste van beide waarden en MIN de kleinste. Indien MIN gelijk is aan 0, wordt de eerste factor van bovenstaande vermenigvuldiging gelijk gesteld aan 0,001. Hetzelfde gebeurt als deze eerste factor kleiner is dan 0,001. Wanneer de gekalibreerde waarde groter of gelijk is aan de synthetische waarde, neemt SIGN de waarde 1 aan. In alle andere gevallen neemt SIGN de waarde -1 aan.

De output van de vergelijking op celniveau is een matrix met daarin voor elke cel een vlagwaarde. Op productie- en attractieniveau bestaat de output uit een lijst met de vlagwaarden voor producties en attracties van iedere zone. Op matrixtotaalniveau bestaat de output uit slechts één waarde.

5.3.7 DEMPEN MATRIX (REKENVOLGORDE 8)

Nadat de vlaggen zijn berekend, wordt in het volgende programma het dempingsmechanisme gedefinieerd en geïmplementeerd. De kern van dit mechanisme bestaat uit de bepaling van de drempelwaarde. De drempelwaarde is de waarde die bepaalt vanaf welke vlagwaarde het dempingsmechanisme in werking treedt. Nadat de drempelwaarde voor elke cel is berekend, wordt de matrix gedempt voor die cellen waarin de drempelwaarde wordt overschreden.

De drempelwaarde wordt berekend op basis van de matrixtotaalvlag, de overeenkomstige productievlag, de overeenkomstige attractievlag en vijf fine-tuningsvariabelen. De fine-tuningsvariabelen bestaan uit drie gewichten (één gewicht per vlag) die de mate bepalen waarin de vlaggen doorwegen. Daarnaast zijn er twee variabelen die rechtstreeks invloed uitoefenen op de drempelwaarde.

5.3.8 REKENVOLGORDE 9 T.E.M. 14: LICHTE VRACHT

In rekenvolgorde 9 t.e.m. 13 worden rekenstappen 4 t.e.m. 8 herhaald, maar dan voor lichte vracht. Rekenvolgorde 14 beëindigt het clusterproces dat ervoor zorgt dat meerdere processorkernen worden ingeschakeld bij het doorrekenen.

5.3.9 SAMENVOEGEN GEKALIBREERDE VRACHTMATRICES (REKENVOLGORDE 15)

De gekalibreerde matrices voor zware en lichte vracht worden samen ondergebracht als matrixtabellen in één matrixbestand. Ook wordt er een derde matrixtabel aangemaakt waarin de matrixtabellen van lichte en zware vracht opgeteld worden met als resultaat een matrixtabel voor het totale vrachtverkeer.

5.4 KALIBRATIE PERSONENWAGENS EN OPENBAAR VERVOER

In de derde hoofdmodule gebeurt de kalibratie van het personenverkeer. Zowel de personenwagens als de verplaatsingen met het openbaar vervoer worden gekalibreerd.

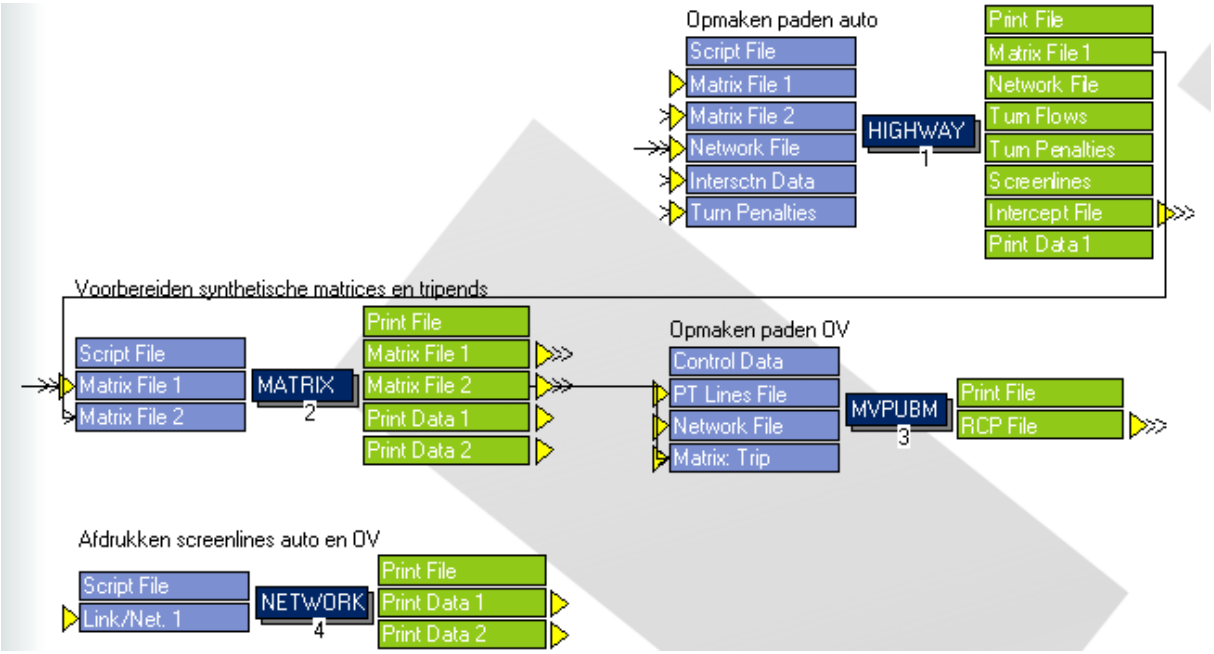
Deze module bestaat uit twee grote deelmodules. In de eerste deelmodule worden voor beide modi paden opgemaakt als voorbereiding op de eigenlijke kalibratie die plaatsvindt in de tweede deelmodule.

5.4.1 OPMAKEN PADEN TER KALIBRATIE VAN HET PERSONENVERKEER

De kalibratie heeft tot doel om de synthetische HB-matrices (autobestuurder en OV) uit de vervoerwijzekeuze bij te sturen aan de hand van observaties. Observaties bestaan meestal uit telgegevens. Om de telgegevens te kunnen koppelen aan de HB-paren, moeten er routepaden worden opgemaakt waaruit blijkt hoeveel verkeer (of reizigers bij OV) op welke link passeert.

Deze deelmodule bouwt deze routepaden voor de modi autobestuurder en OV. De modi fiets en te voet worden niet gekalibreerd en het vrachtverkeer werd reeds gekalibreerd in een eerdere hoofdmodule.

De volgende figuur geeft een overzicht van de programma's waaruit deze deelmodule is opgebouwd.



Figuur 20: Overzicht deelmodule opmaken paden ter kalibratie van het personenverkeer

a) Opmaken paden auto (rekenvolgorde 1)

De automatrix die in PREKAL-mode van het vervoerwijzekeuzeproces werd opgebouwd, wordt in deze stap opnieuw toegedeeld volgens identiek dezelfde werkwijze als in de MM-applicatie (zie paragraaf 4.3.2).

Kort samengevat wordt er hier eenzelfde evenwichtstoedeling met kruispuntvertragingen uitgevoerd. Dit gebeurt simultaan voor de drie gebruikersklassen auto, zware en lichte vrachtwagen. Volume averaging wordt toegepast om naar een evenwicht te werken.

Op de automatrix na zijn ook de invoergegevens hetzelfde. De automatrix is in dit geval de gefinaliseerde synthetische automatrix die tot stand kwam na uitvoeren van de PREKAL vervoerwijzekeuze.

Aan de outputkant worden de gecumuleerde paden voor het autoverkeer bewaard in een zogenaamd intercept-bestand. Een bijkomende regel code specificeert daarom op welk linkattribuut de betreffende tellingen opgenomen zijn. Vanuit de initialisatie werd de informatie vanuit de teldatabanken op het attribuut RUN_SCR_PW gezet.

In het proces wordt ook een automatisch telpostbestand afgeleid op basis van het voornoemde linkattribuut. Dit bestand is bruikbaar in de uiteindelijke kalibratie, maar ontbreekt de nodige flexibiliteit van invulling. In een later programma zal dit verder worden behandeld.

Ook wordt er een meting uitgevoerd om te bepalen welke HB-paren hun uiteindelijke verplaatsing maken zonder een telling te passeren. Dit gebeurt door een kostenskim uit te voeren op hetzelfde linkattribuut als de tellingen (RUN_SCR_PW). Wanneer, over alle iteraties heen, een bepaalde HB-relatie geen enkele telling passeert, zal deze cel in de resultaatmatrix 0 zijn. De cellen die wel een waarde krijgen, geven dan inhoudelijk een sommatie van gepasseerde tellingen. Deze waarde is op zich betekenisloos. De 0-cellen geven een indicatie voor de cellen in de verplaatsingsmatrix die met behulp van matrixkalibratie niet zouden mogen bijgewerkt worden. In het vervolg van het kalibratieproces wordt hiermee rekening gehouden.

b) Voorbereiden synthetische matrices en tripends (rekenvolgorde 2)

In dit programma worden de confidentieniveaus voor de verplaatsingsmatrices én de tripends opgemaakt. Aan de invoerzijde bevinden zich de verplaatsingsmatrices voor auto en OV. Van deze matrices worden de productie- en attractielijsten (tripends) afgeleid. Deze lijsten worden vervolgens opgeslagen in zogenaamde printfiles waarbij telkens een confidentie aan de tripends worden toegekend. Deze confidentiewaarden bedragen 5 voor de auto-tripends en 150 voor de OV-tripends.

Ook aan alle cellen van de matrices worden confidentieniveaus toegekend. Standaard krijgt elke cel een confidentiewaarde van 250 voor de automatrix en 50 voor de OV-matrix. Voor auto zijn de confidentiewaarden voor de tripends dus laag, en de cellen van de matrices hoog, terwijl dit omgekeerd is voor OV. De intrazonalen krijgen een confidentiewaarde van 1000 aangezien het niet wenselijk is dat deze cellen door de kalibratie worden aangepast. Het is immers zo dat geen enkele telling (noch voor OV, noch voor auto) informatie kan aanreiken over intrazonale verplaatsingen aangezien deze niet toegedeeld kunnen worden op het netwerk. Vandaar dat deze cellen worden geblokkeerd, door zulke hoge confidentiewaarden.

De output bestaat uit de synthetische verplaatsingsmatrices die zijn verrijkt met de bijhorende confidentieniveaus. Deze worden weggeschreven in een Trips-formaat aangezien dat nodig is voor de matrixkalibratie in een verdere stap. Daarnaast worden de PA-lijsten (tripends) met daarin de bijhorende confidentieniveaus bewaard als printfiles.

c) Opmaken paden OV (rekenvolgorde 3)

Identiek aan de padenopbouw voor auto, wordt voor het OV ook een toedeling uitgevoerd.

Alle instellingen en opties die relevant zijn voor de routekeuze zijn identiek aan de voorgaande kostenberekening voor het OV. Hierbij worden de opties die de kostenberekening sturen, uitgeschakeld en wordt in plaats daarvan de optie om de paden weg te schrijven geactiveerd. Dit wegschrijven wordt zo uitgevoerd dat enkel voor de relaties waarvoor feitelijke verplaatsingen zijn opgenomen, de routepaden worden bewaard. Aangezien dit bestand zeer groot kan worden, is het aangewezen om deze set routes zo efficiënt mogelijk op te bouwen.

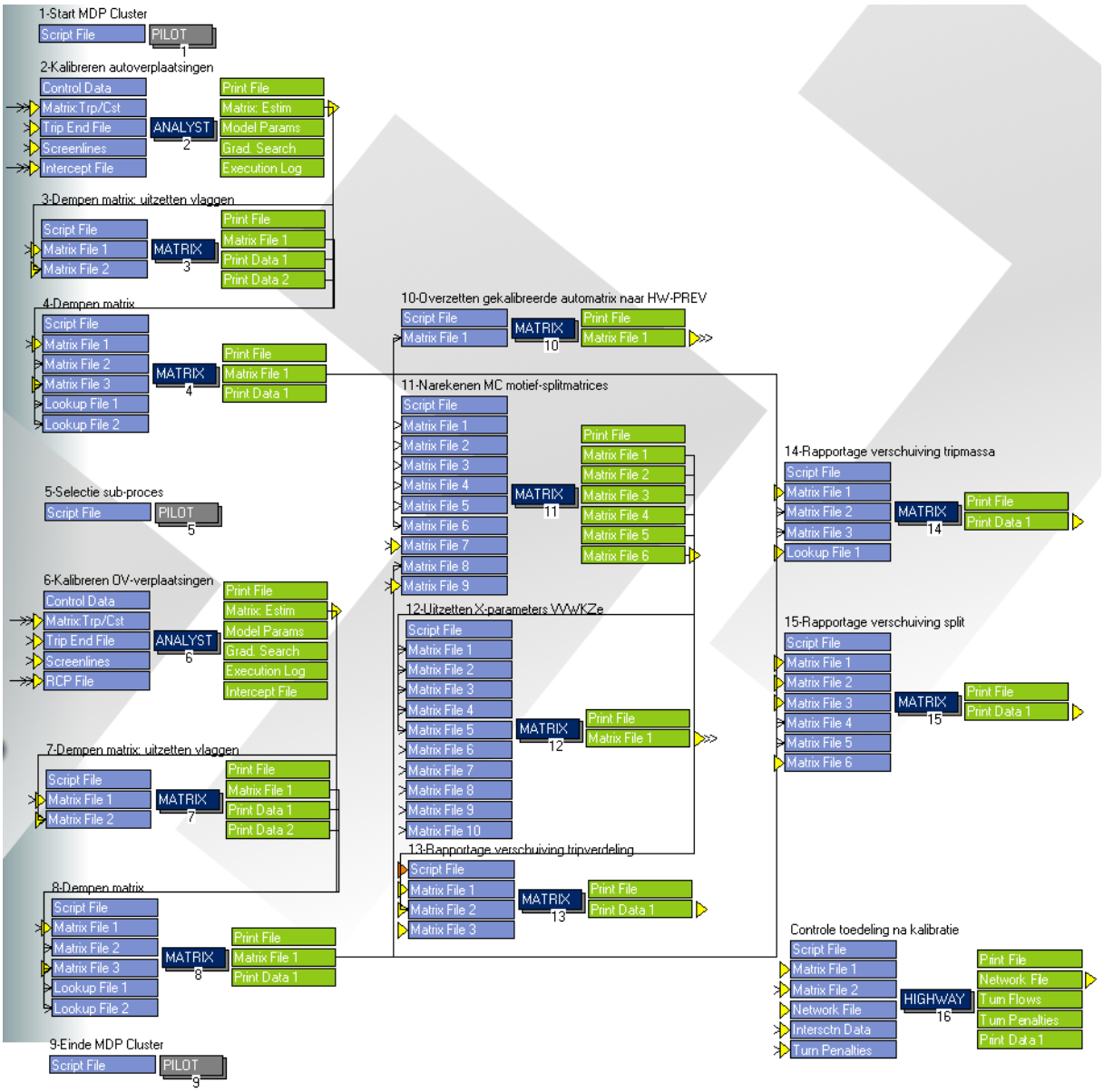
d) Afdrukken screenlines auto en OV (rekenvolgorde 4)

In dit programma worden de screenlinebestanden voor auto en OV opgemaakt. Concreet worden de wegvaktellingen met bijhorende confidenties (voor auto en OV) uit het netwerk geëxtraheerd. Per regel volgt een telling met een uniek nummer dat hier automatisch wordt opgemaakt, alsook de start- en eindknoop van het betreffende wegvak en de confidentie.

Zoals eerder aangehaald kan de padenberekening voor de auto dit bestand ook automatisch opmaken. Echter is net de flexibiliteit inzake de nummering én de confidenties (zelf toekennen van confidenties) daarin niet aanwezig.

5.4.2 KALIBRATIE PERSONENVERKEER

Deze deelmodule voert het feitelijke kalibratieproces uit voor auto en OV. Volgende figuur geeft een overzicht van de programma's waaruit deze module is opgebouwd.



Figuur 21: Overzicht deelmodule kalibratie personenverkeer

De totale rekentijd van deze module is aanzienlijk lang. Om de doorrekentijd zoveel mogelijk te beperken wordt er maximaal gebruikgemaakt van de clustertechnieken. De kalibratiemodule ANALYST laat echter geen intraproces clustering toe, vandaar dat de kalibratie van auto- en OV-verplaatsingen met behulp van clustertechnieken parallel loopt. Concreet regelen de volgende drie sturingsmodules (PILOT-blokken) het clusteringproces (rekenvolgorde 1, 5 en 9):

- Start MDP cluster (rekenvolgorde 1): een aparte rekeneenheid wordt hier opgestart. Deze rekeneenheid, of knoop, voert alle programma's uit tot aan een specifieke volgende scriptregel die deze knoop opnieuw afsluit (in rekenvolgorde 9). Het basisrekenproces, van waaruit deze MDP-cluster wordt gestart, gaat automatisch terug naar deze specifieke scriptregel om van daaruit verder te rekenen.
- Selectie subproces (rekenvolgorde 5): dit programma bevat een specifieke scriptregel waarmee de aparte clusterknoop wordt afgesloten en van waaruit er verder wordt gegaan met het rekenproces.
- Einde MDP cluster (rekenvolgorde 9): hier wordt een controle uitgevoerd of zowel de knoop als het basisrekenproces correct werden afgewerkt vooraleer er wordt verdergegaan met de berekeningen.

a) Kalibreren autoverplaatsingen (rekenvolgorde 2)

Dit programma voert de feitelijke matrixkalibratie voor autoverplaatsingen uit. In dit proces worden alle mogelijke gegevens met elkaar gecombineerd en geconfronteerd. Hierbij worden alle data tegenover elkaar uitgezet met de bijhorende confidentieniveaus. D.m.v. een mathematische afweging via de kleinste kwadraat foutafweging van alle data wordt de meest plausibele verplaatsingsmatrix afgeleid. Deze matrix toont de minste afwijking ten opzichte van alle aangereikte observaties. Dit betekent dus niet expliciet dat deze HB-matrix de absolute waarheid voorstelt.

De invoer van dit programma bestaat uit de synthetische matrix met alle berekende HB-paren voor de mode auto, alsook de trip-ends en de verkeerstellingen voor de betreffende periode. De routepaden worden gebruikt om de HB-matrixgegevens te verbinden met de telgegevens. Hierbij wordt een afwijking tegenover de tellingen op linkniveau vertaald naar de HB-paren die volgens de routepaden langs deze telling passeren (HB-niveau). Alle mogelijke gegevens worden, gewogen met hun respectievelijke confidentieniveaus, in een set vergelijkingen geschreven waarvan een objectieve functie afgeleid wordt die de totale afwijking kwantificeert. In een iteratief proces wordt via een matrix van zoekvectoren getracht deze fout te minimaliseren. Een volledige theoretische beschrijving van dit proces kan teruggevonden worden in de handleiding van ANALYST.

Bij dit programma zijn er slechts enkele parameters die bepalen wanneer dit iteratief zoekproces kan worden beëindigd en de eindresultaten voldoende nauwkeurig zijn. De getolereerde absolute afwijking binnen de objectieve functie tussen twee iteraties wordt op 0,1 gezet, waarbij het maximum aantal iteraties op 99 999 wordt gezet.

Het is mogelijk om tijdens het iteratieve zoekproces de matrix van de zoekvectoren opnieuw (en optimaler) te berekenen. Na x aantal iteraties kan de zoekvector immers nauwkeuriger berekend worden. Dit kost echter zeer veel rekentijd. Daarom wordt deze herberekening slechts toegelaten per 9 999 iteraties. Normaal gezien wordt convergentie gedetecteerd voordat deze herberekening plaatsvindt.

Het resultaat van dit programma is de meest plausibel gekalibreerde automatrix. Daarnaast worden ook een aantal technische rapporten gegenereerd die de ontwikkelaar toelaten om de kwaliteit van het kalibratieproces te toetsen en het mogelijk maken om verdere doorkalibratie (kalibratie bovenop een andere kalibratie, rekening houdend met hoe het kalibratieproces de eerste keer heeft gewerkt) sneller op te starten.

- Interessant hierbij is het rapport dat een lijst genereert van de observaties die niet bijdragen tot het schattingsproces. In sommige gevallen passeren geen routes langs de opgegeven telling en is het essentieel dat de modelontwikkelaar nakijkt of dit veroorzaakt wordt door een fout in de telling, het netwerk of de basis automatrix.

//

- Daarnaast wordt voor alle tellocaties een directe rapportage opgemaakt waarin het gemodelleerde verkeer wordt vergeleken met de telling en met de voorspelde stromen na kalibratie. Deze laatste meting geeft normaal gezien een idee over het succes van de kalibratie en in welke mate de gekalibreerde automatrix tegemoet komt aan deze tellingen. Hierbij moet er op gewezen worden dat dit een 'statische' vergelijking betreft waarbij de gekalibreerde automatrix volgens de oude routepatronen zou toegedeeld worden. In het volledige modelinstrument worden deze routepaden logischerwijze terug vrijgegeven en kunnen er door een andere congestieopbouw nieuwe verschillen ontstaan in de uiteindelijke verkeersvolumes.

b) Dempen automatrix, uitzetten vlaggen (rekenvolgorde 3)

Soms gebeurt het dat bepaalde telgegevens zodanig afwijken van de synthetische gegevens dat het niet wenselijk is om koste wat het kost de waarde van de telling te benaderen. In dergelijke gevallen is het wenselijk om de automatrix te dempen waarbij er een bepaalde drempelwaarde wordt gedefinieerd die ervoor zorgt dat wanneer de drempelwaarde wordt overschreden, het drempelmechanisme in werking treedt. Om deze drempelwaarde te bepalen dienen er eerst vlaggen te worden uitgezet.

Dit programma is volledig analoog aan het programma waarbij de vlaggen werden uitgezet voor het vrachtverkeer (zie paragraaf 5.3.5).

c) Dempen automatrix (rekenvolgorde 4)

Nadat de vlaggen zijn berekend wordt het dempingsmechanisme uitgevoerd.

Ook dit programma is volledig analoog aan het programma waarbij de vrachtmatrix werd gedempt (zie paragraaf 5.3.6). Het voornaamste resultaat van dit programma is dan ook de gedempte versie van de gekalibreerde automatrix.

d) Kalibreren OV-verplaatsingen (rekenvolgorde 6)

Dit proces voert de schatting van de OV-verplaatsingsmatrix uit en verloopt volledig identiek aan de autokalibratie, met dezelfde instellingen, technieken en rapportageformaten.

Natuurlijk worden de in- en uitvoerbestanden gekoppeld met de respectievelijke OV-tegenhangers.

e) Dempen OV-matrix, uitzetten vlaggen (rekenvolgorde 7)

Dit programma is volledig analoog aan het programma onder rekenvolgorde 3, maar dan voor het OV.

f) Dempen OV-matrix (rekenvolgorde 8)

Nadat de vlaggen zijn berekend, wordt het dempingsmechanisme uitgevoerd.

Ook dit programma is volledig analoog aan het programma waarbij de automatrix werd gedempt (zie rekenvolgorde 4). Het voornaamste resultaat van dit programma is dan ook de gedempte versie van de gekalibreerde OV-matrix.

g) Overzetten gekalibreerde automatrix naar HW-PREV (rekenvolgorde 10)

In dit programma wordt de gedempte gekalibreerde automatrix gekopieerd naar het bestand HW-PREV_{uur}.mat. Het is dan ook dit bestand waarvan zal worden vertrokken om de kosten voor auto te berekenen in de POSTKAL vervoerwijzekeuze.

//

h) Narekenen MC motief-splitmatrices (rekenvolgorde 11)

Om de vervoerwijzekeuzecorrectie te kunnen uitvoeren, moet er een motiefmatrix worden aangemaakt die is verrijkt met de gegevens uit de gekalibreerde OV- en automatrices.

Dit programma splitst de gekalibreerde OV- en automatrices uit naar gekalibreerde OV- en automatrices voor de verschillende motieven. Hierbij worden de mode-motiefmatrices voor de modi autopassagier, fiets en te voet overgenomen uit de oude (=synthetische) mode-motiefmatrices. Aangezien er geen kalibratie plaatsvond voor deze modi, blijven de verplaatsingsgegevens voor deze modi gelijk. De oude mode-motiefmatrices voor de modi OV en autobestuurder worden in dit programma geactualiseerd met behulp van een actualisatiefactor die voor elke cel wordt berekend aan de hand van volgende formule:

$$\text{Actualisatiefactor}_{ij} = \frac{\text{gekalibreerde waarde}_{ij}}{\text{synthetische waarde}_{ij}}$$

Door bovenstaande actualisatiefactor telkens te vermenigvuldigen met de overeenkomstige cellen uit de oude mode-motiefmatrices voor de modi OV en autobestuurder, bekomt men nieuwe mode-motiefmatrices voor de modi OV en autobestuurder.

De nieuwe mode-motiefmatrices worden vervolgens omgezet naar de motiefmatrix ‘HB_{uur}{uur}.mat’ in de POSTKAL-folder. Hiervoor worden de mode-motiefmatrices met een gemeenschappelijk motief bij elkaar opgeteld.

i) Uitzetten χ-parameters vervoerwijzekeuzecorrectie (rekenvolgorde 12)

Tijdens de kalibratie wordt op basis van meetgegevens vastgesteld dat de synthetische matrix afwijkt van de werkelijkheid. Er wordt vanuit gegaan dat deze afwijking bestaat uit een afwijkende werkelijke verkeersstroom of/en een afwijkende werkelijke vervoerwijzekeuze. De vervoerwijzekeuzecorrectie corrigeert de vervoerwijzekeuze op basis van afwijkingen die werden vastgesteld tijdens de kalibratie.

In dit programma worden de parameters berekend die tijdens de POSTKAL vervoerwijzekeuze worden opgenomen bij de berekening van de utiliteiten van de modi autobestuurder, passagier en OV. Dit op voorwaarde dat de key VVcorrectie=1.

Deze parameters verschillen naargelang modus en HB-paar en worden berekend a.d.h.v. de volgende formules:

$$\text{Parameters voor modi autobestuurder en passagier} = \ln\left(\frac{\text{verp\_bestuurder}_{\text{motief}}}{\text{verp\_passagier}_{\text{motief}}} \cdot \frac{\text{V\_passagier}_{\text{motief}}}{\text{V\_bestuurder}_{\text{motief}}}\right)$$

$$\text{Parameters voor modus OV} = \ln\left(\frac{\text{verp\_OV}_{\text{motief}}}{\text{verp\_passagier}_{\text{motief}}} \cdot \frac{\text{V\_passagier}_{\text{motief}}}{\text{V\_OV}_{\text{motief}}}\right)$$

Hierbij staat ‘verp’ voor verplaatsingen en ‘V’ voor de weerstand, component van de utiliteit (zonder stoorterm). Passagier wordt als referentiemode gebruikt aangezien dit een stabiele, altijd beschikbare mode is waar de vervoewijzekeuzecorrectie zich tegen kan afzetten.

Het resultaat van dit programma is een matrix bestaande uit 10 matrixtabellen (een parameter voor aangepast autogebruik voor de vijf motieven en een parameter voor aangepast OV-gebruik voor de vijf motieven) met daarin de vervoerwijzekeuze-correctieparameters op celniveau.

j) Rapportage verschuiving tripverdeling (rekenvolgorde 13)

Het blijft relevant om verschuivingen in de patronen ten gevolge van kalibratie te analyseren om een beeld te krijgen van de globale impact van de kalibratie. Dit programma maakt de rapportage per motief aan waarbij

absolute en procentuele verplaatsingsaantallen van voor en na kalibratie worden opgelijst. Hierbij wordt er telkens onderscheid gemaakt naar triplengte waarbij er afstandsklassen van 3 kilometer worden gehanteerd.

Dit programma analyseert de verschuiving in triplengteverdeling die optreedt ten gevolge van het kalibratieproces. Dit gebeurt voor alle motieven. Dit programma wordt enkel uitgevoerd indien de key ExtraRapportage = 1.

Bij het kalibreren wordt verwacht dat voornamelijk die verplaatsingen gekalibreerd worden die het meeste kans maken om langs één of meerdere tellingen te lopen. Wanneer deze cellen worden bijgestuurd door kalibratie, wordt dit gecompenseerd door andere cellen van of naar deze zone aan te passen. Er is vastgesteld dat voornamelijk lange verplaatsingen op een directe manier worden bijgestuurd door kalibratie. Dit heeft als gevolg dat korte verplaatsingen, die meestal niet langs tellingen lopen, op een indirecte manier worden scheefgetrokken. Tijdens het kalibratieproces wordt dit effect beperkt door de korte verplaatsingen die niet langs een telling lopen vast te zetten door middel van een hoge confidentiewaarde.

Volgende tabellen geven een deel van deze rapportage weer a.d.h.v. een voorbeeld.

Triplengteverdelingen in absolute aantallen voor kalibratie (VK) en na kalibratie (NK)												
Afstandsklasse	Totaal VK	Totaal NK	Werk VK	Werk NK	School VK	School NK	Winkel VK	Winkel NK	Recreatief VK	Recreatief NK	Overig VK	Overig NK
Intrazonaal	31 553	31 557	2 123	2 123	7 342	7 342	6 906	6 907	6 539	6 539	8 644	8 646
3	37 585	37 911	2 593	2 627	11 587	11 643	13 900	14 023	3 719	3 749	5 788	5 868
6	33 374	34 735	4 461	4 771	10 437	10 905	8 015	8 219	3 956	4 132	6 506	6 708
9	21 819	22 516	3 817	4 121	5 812	5 987	4 124	4 172	3 020	3 133	5 047	5 105
12	16 573	16 599	3 038	3 151	3 480	3 476	3 187	3 097	2 837	2 870	4 032	4 006
15	12 641	12 416	2 383	2 457	2 116	2 071	2 655	2 481	2 225	2 204	3 262	3 204
18	9 577	9 221	2 030	1 983	1 267	1 176	1 877	1 749	1 719	1 700	2 685	2 612
21	7 458	7 189	1 718	1 651	915	834	1 096	1 004	1 456	1 460	2 274	2 241
24	6 108	5 803	1 478	1 434	650	619	874	797	1 268	1 218	1 838	1 736
27	4 832	4 525	1 142	1 071	468	420	692	633	1 044	1 003	1 487	1 399
30	4 122	3 803	988	937	393	312	593	531	886	842	1 263	1 180
33	3 718	3 366	851	791	341	262	535	481	852	809	1 141	1 021
36	3 142	2 736	665	601	274	193	519	436	716	655	968	851
39	2 667	2 289	564	466	209	153	411	332	642	589	842	749
42	2 309	2 007	423	401	174	127	411	320	619	568	683	592
45	1 989	1 676	364	301	115	86	376	265	539	512	596	511
48	1 785	1 486	289	251	109	87	387	291	496	453	506	404
51	1 549	1 248	251	199	82	65	392	275	419	384	406	325
54	1 441	1 188	227	192	81	66	377	273	398	367	359	291
57	1 308	1 082	223	186	60	45	386	282	333	305	306	263
60	1 204	960	187	152	46	35	380	259	327	304	264	210
63	1 169	872	184	141	56	41	421	263	287	263	222	164
66	1 090	820	177	124	48	36	420	275	241	223	205	162
69	1 068	835	168	128	73	55	434	300	231	216	163	135
72	1 076	800	186	134	58	43	479	310	210	197	145	116

Tabel 30: Rapportage triplengteverdeling - absolute aantallen

Triplengteverdelingen in procenten voor kalibratie (VK) en na kalibratie (NK)												
Afstandsklasse	Totaal VK	Totaal NK	Werk VK	Werk NK	School VK	School NK	Winkel VK	Winkel NK	Recreatief VK	Recreatief NK	Overig VK	Overig NK
Intrazonaal	14.3	14.7	6.5	6.7	15.6	15.7	12.9	13.6	18.0	18.1	17.2	17.6
3	17.1	17.7	7.9	8.3	24.6	24.9	26.0	27.7	10.2	10.4	11.5	11.9
6	15.2	16.2	13.7	15.0	22.1	23.3	15.0	16.2	10.9	11.5	12.9	13.7
9	9.9	10.5	11.7	12.9	12.3	12.8	7.7	8.2	8.3	8.7	10.0	10.4
12	7.5	7.7	9.3	9.9	7.4	7.4	6.0	6.1	7.8	8.0	8.0	8.2
15	5.7	5.8	7.3	7.7	4.5	4.4	5.0	4.9	6.1	6.1	6.5	6.5
18	4.4	4.3	6.2	6.2	2.7	2.5	3.5	3.5	4.7	4.7	5.3	5.3
21	3.4	3.4	5.3	5.2	1.9	1.8	2.0	2.0	4.0	4.1	4.5	4.6
24	2.8	2.7	4.5	4.5	1.4	1.3	1.6	1.6	3.5	3.4	3.6	3.5
27	2.2	2.1	3.5	3.4	1.0	0.9	1.3	1.2	2.9	2.8	3.0	2.8
30	1.9	1.8	3.0	2.9	0.8	0.7	1.1	1.0	2.4	2.3	2.5	2.4
33	1.7	1.6	2.6	2.5	0.7	0.6	1.0	1.0	2.3	2.2	2.3	2.1
36	1.4	1.3	2.0	1.9	0.6	0.4	1.0	0.9	2.0	1.8	1.9	1.7
39	1.2	1.1	1.7	1.5	0.4	0.3	0.8	0.7	1.8	1.6	1.7	1.5
42	1.0	0.9	1.3	1.3	0.4	0.3	0.8	0.6	1.7	1.6	1.4	1.2
45	0.9	0.8	1.1	0.9	0.2	0.2	0.7	0.5	1.5	1.4	1.2	1.0
48	0.8	0.7	0.9	0.8	0.2	0.2	0.7	0.6	1.4	1.3	1.0	0.8
51	0.7	0.6	0.8	0.6	0.2	0.1	0.7	0.5	1.2	1.1	0.8	0.7
54	0.7	0.6	0.7	0.6	0.2	0.1	0.7	0.5	1.1	1.0	0.7	0.6
57	0.6	0.5	0.7	0.6	0.1	0.1	0.7	0.6	0.9	0.8	0.6	0.5
60	0.5	0.4	0.6	0.5	0.1	0.1	0.7	0.5	0.9	0.8	0.5	0.4
63	0.5	0.4	0.6	0.4	0.1	0.1	0.8	0.5	0.8	0.7	0.4	0.3
66	0.5	0.4	0.5	0.4	0.1	0.1	0.8	0.5	0.7	0.6	0.4	0.3
69	0.5	0.4	0.5	0.4	0.2	0.1	0.8	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3
72	0.5	0.4	0.6	0.4	0.1	0.1	0.9	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2
75	0.5	0.4	0.6	0.4	0.1	0.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.2	0.2

Tabel 31: Rapportage triplengteverdeling - procentueel

k) Rapportage verschuiving tripmassa (rekenvolgorde 14)

Dit programma genereert een rapport waarin het aantal autoverplaatsingen en OV-verplaatsingen afzonderlijk worden gerapporteerd. Dit voor de synthetische matrices voor kalibratie en de (gedempte) matrices na kalibratie. Hierbij wordt er telkens een onderscheid gemaakt naar studiegebied, invloedsgebied en buitengebied.

Volgende tabel toont een voorbeeld van deze rapportage.

Geobserveerde automatrix			
H\B	Studie	Invloed	Buiten
Studie	79 423	8 325	5 982
Invloed	8 257	47 551	21 296
Buiten	7 002	25 494	1 000 000

Gekalibreerde automatrix			
H\B	Studie	Invloed	Buiten
Studie	80 678	7 430	4 256
Invloed	7 715	46 411	19 058
Buiten	5 299	22 648	1 000 000

Geobserveerde OV-matrix			
H\B	Studie	Invloed	Buiten
Studie	10 287	671	653
Invloed	485	6 291	2 054
Buiten	1 434	4 920	276 989

Gekalibreerde OV-matrix			
H\B	Studie	Invloed	Buiten
Studie	10 677	401	174
Invloed	573	6 516	1 734
Buiten	543	4 780	277 545

Tabel 32: Rapportage verschuiving tripmassa

l) Rapportage verschuiving modal split (rekenvolgorde 15)

In dit programma wordt er een rapport gegenereerd waarin een overzicht wordt gegeven van het aantal verplaatsingen per modus voor kalibratie, vlak na kalibratie en na kalibratie wanneer het dempingsmechanisme in werking is getreden. Op die manier kan men in één oogopslag de effecten tussen deze drie situaties beoordelen op gebied van verplaatsingsmassa's en verhoudingen tussen de verschillende vervoersmodi.

m) Controle toedeling na kalibratie (rekenvolgorde 16)

Dit programma voert een evenwichtstoedeling vlak na kalibratie uit. Dit gebeurt op analoge wijze als dat voor de vervoerwijzekeuze gebeurt. Het resultaatnetwerk dat hieruit voortvloeit, wordt op zich niet verder gebruikt voor verdere modelbewerkingen, maar wordt enkel ingezet bij het valideren van het verkeersmodel.