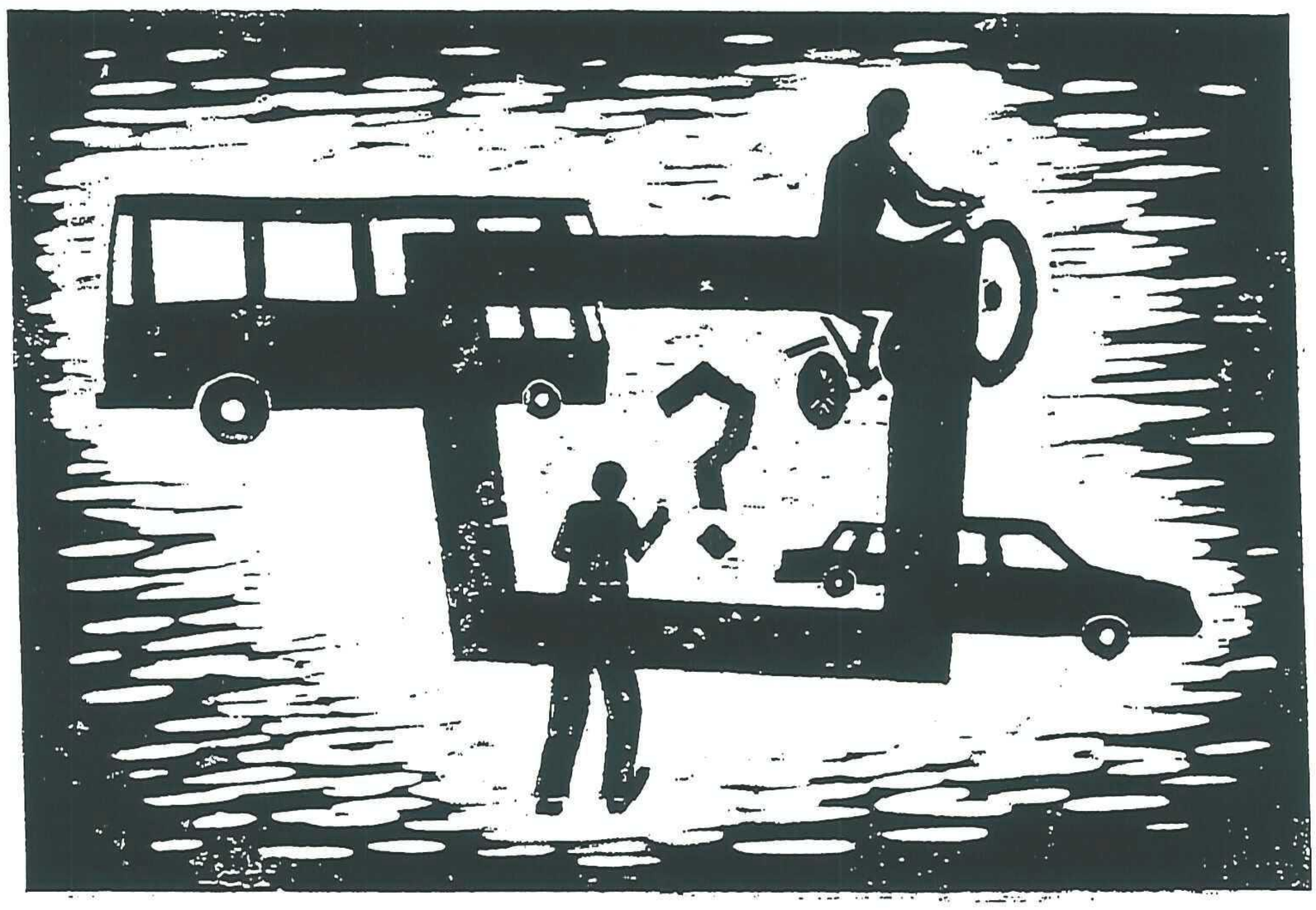
Het meten van beleid

de ontwikkeling van een model dat de effectiviteit bepaalt van maatregelen die de combinatie van fiets en openbaar vervoer verbeteren



Flip Vonk
Technische Universiteit Delft Faculteit Civiele Techniek Vakgroep Infrastructuur Planning

Delft, april 1997

Flip Vonk
Technische Universiteit Delft
Faculteit Civiele Techniek
Vakgroep Infrastructuur Planning
Delft, april 1997

begeleiders:
Sanders, hoofdbegeleider
Schrijnen, dagelijks begeleider
Kribbe
van Goeverden

Voorwoord

Begin 1996 ben ik, samen met Remi Schaeffer, begonnen aan het afstudeerprojekt 'Fiets en openbaar vervoer als systeem'. De eerste maanden is veel vooronderzoek gedaan. Een deel hiervan dient nu als achtergrond van de uiteindelijke kern van dit afstudeerprojekt. Een aantal zoekrichtingen bleken uiteindelijk doodlopende wegen. Het was oorspronkelijk de bedoeling om maatregelen uit te werken die de combinatie van de fiets als voor- of natransportmiddel en het openbaar vervoer als hoofdtransportmiddel verbeteren. Het idee hierachter is dat de combinatie op deze wijze ten opzichte van de auto concurrerender kan worden gemaakt. Tijdens het zoeken naar mogelijkheden om verbeteringen aan fiets en openbaar vervoer te toetsen bleek dat dit minder eenvoudig is dan verwacht en dat de huidige verkeersmodellen daar nog niet geschikt voor zijn. Vervolgens ben ik zelfstandig verder gegaan met het ontwikkelen van een model waarbij dit wel mogelijk is. Ook de titel van het projekt van is veranderd; 'Het meten van beleid' met als ondertitel 'de ontwikkeling van een model dat de effectiviteit bepaalt van maatregelen die de combinatie van fiets en openbaar vervoer verbeteren'.

Samenvatting

Na een uitgebreide verkenning van het onderwerp bleek dat er nog geen model bestaat dat de effectiviteit van fiets en openbaar vervoer bevorderende maatregelen kan meten. De huidige verkeersmodellen hebben voor dit doel meestal twee grote nadelen:

- Er wordt bij de keuze van het vervoermiddel slechts met twee kenmerken van een verplaatsing rekening gehouden; reistijd en kosten. Soms zijn ook de frequentie en het aantal overstappen van invloed op de keuze.
- Er wordt eerst een hoofdtransportwijze gekozen. Het voor- en het natransport worden hier later aan geplakt. Dit maakt het moeilijk om te meten hoe een verbeterde overstap en een verbeterd voor- en natransport van invloed zijn op de algemene vervoerwijzekeuze.

Dit leidt tot de volgende **doelstelling**:

Er moet een model opgezet worden dat geschikt is om het effect op de vervoerwijzekeuze te meten van maatregelen die de fiets en het openbaar vervoer beter op elkaar afstemmen. Na toetsen moet vervolgens worden beoordeeld of zo'n model kansen heeft als het verder wordt ontwikkeld.

Uit de verkenning aan het begin van het projekt is naar voren gekomen dat de combinatie van fiets als voortransport met collectief vervoer direkt tot aan de bestemming kansrijk is. Bij het ontwikkelen van het model is ervan uitgegaan dat die combinatie met het huidige vervoersysteem moet kunnen worden vergeleken. Vanwege de nadruk bij dit projekt op de afstemming van verschillende vervoerwijzen op elkaar, wordt voornamelijk naar langere verplaatsingen gekeken waar verschillende combinaties van vervoerwijzen mogelijk zijn.

bruikbare modelonderdelen

Het bestuderen van de bestaande verkeersmodellen leverde naast de hiervoor genoemde problemen ook een aantal bruikbare onderdelen en ideeën op. De voor dit projekt meest geschikte zijn:

- probabilistische routekeuzemodel; een Alles-of-niets-toedeling die een betrekkelijk goed beeld geeft doordat hij in stapjes met variërende waarden plaatsvindt.
- de gelijktijdige keuze van voor- en hoofdtransportmiddel door Miller en Cheah.
- kwalitatieve beoordeling in methode Egeter waar de hele verplaatsing van invloed is op de vervoerwijzekeuze.

modelontwikkeling

Om inzicht te krijgen in het verplaatsingsgedrag is een procesanalyse uitgevoerd. Hierbij is de verplaatsing opgesplitst in ritten en overstappen waarbij het lopen tussen het ene en het andere voertuig ook als rit wordt gezien. Dit leverde een aantal mogelijke vervoerwijzecombinaties op. Vaak zullen er van één vervoerwijzecombinatie meerdere alternatieven zijn. In dat geval moet hiertussen vooraf een keuze worden gemaakt waarna er één representatief alternatief in het model wordt meegenomen.
Omdat er veel maatregelen denkbaar zijn waarbij de verbeteringen niet in tijd of geld zijn uit te drukken, is gezocht naar een aantal geschikte aanvullingen.

verdere ontwikkelingen van dit modeltype. Het meenemen van meerdere kenmerken lijkt zinvol. Ten eerste omdat bepaalde veranderingen aan het vervoersysteem anders geen invloed zouden hebben op de totaalweerstanden van de verschillende vervoerwijzecombinaties. De tweede reden is dat zo duidelijk zichtbaar kan worden gemaakt wat de sterke en vooral wat de zwakke punten van een alternatief zijn. Dit kan in het ontwikkelde model voor elke reizigerscategorie met eigen wegingsfaktoren apart zichtbaar worden gemaakt.

Over de resultaten valt verder nog het volgende te zeggen:

- De richting waarin de totaalweerstanden van de verschillende vervoerwijzecombinaties ten opzichte van elkaar veranderen bij wijzigingen aan de routeonderdelen komt overeen met de verwachtingen.
- De groottes van de veranderingen van de totaalweerstanden bij verschillende maatregelen lijken zich redelijk tot elkaar te verhouden.
- Het is moeilijker om met het model uitspraken te doen over de grootte van de verschuiving van de model split bij bepaalde maatregelen. Met de huidige invoergegevens is dit in elk geval niet goed mogelijk.

Zoals was verwacht ligt het knelpunt bij het verzamelen van de benodigde invoergegevens. De huidige invoer is te beperkt om te kunnen concluderen of het model op alle punten aan de eisen en verwachtingen voldoet. Op dit projekt zal daarom nog een vervolg moeten komen waarin met een uitgebreidere enquête van reizigers wordt geprobeerd om tot weerstandsscores en waarden voor een aantal constanten te komen waarmee het model betrouwbaardere resultaten geeft.
Een ander probleem is dat het vaak moeilijk zal zijn om tot één representatieve ritketen te komen in die gevallen waar meerdere alternatieven bestaan voor één combinatie van vervoerwijzen. Dit geldt voor de openbaar-vervoerverplaatsingen en vanwege de verschillende mogelijke routes ook voor de auto.

mogelijke verbeteringen

Het is de vraag of betere invoergegevens de kwaliteit van de uitkomsten voldoende zullen kunnen verbeteren. Er worden hier daarom ook een aantal mogelijke verbeteringen aan het model genoemd:

- comfort moet misschien opgesplitst worden in omgeving en inspanning. De waarde die mensen in verder redelijk homogene reizigerscategorieën aan die twee onderdelen hechten kan sterk uiteenlopen.
- opsplitsen van sommige weerstandswaarden bij bepaalde routeonderdelen om beter meetbare eenheden te verkrijgen.
- het doen van onderzoek naar drempelwaarden voor bepaalde kenmerken. Het idee hierachter is dat onderdelen met een te lage nooit gecompenseerd kunnen worden door andere goede punten van een vervoerwijzecombinatie.

Ook hier is tijdens dit projekt niet aan toe gekomen, maar kan eventueel bij een vervolgonderzoek aan bod komen.

concluderend

Zeker voor het vergelijken van verschillende maatregelen die de fiets en het openbaar vervoer op elkaar afstemmen lijkt dit model een zinnig instrument te kunnen zijn. Of het ook mogelijk zal zijn om er voldoende nauwkeurig kwantitatieve modal split verschuivingen mee te kunnen berekenen zal nader onderzocht moeten worden.

Inhoud

1 inleiding 1
2 problematiek en aanpak 2
2.1 fiets + collectief vervoer 2
2.2 de corridor 3
2.3 bestaande modellen 4
2.4 doel en methodiek 5
3 proces analyse 8
3.1 schematisering verplaatsing 8
3.2 kwaliteitskenmerken 10
4 methodiek van het model 13
4.1 de keuzevolgorde 13
4.2 het keuzeproces 14
4.3 veranderingen en gevoeligheden 15
4.4 weerstandsscore per kenmerk 15
4.5 verwerking van de gegevens 15
4.6 implementatie en testen 18
4.7 mogelijkheden en beperkingen 19
5 Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd. **invoergegevens** 21
5.1 benodigde informatie voor het model 21
5.2 bepalen weerstandsscores 22
5.3 informatiebronnen 23
5.4 enquete of raadpleging 24
5.5 resultaten raadpleging 25
6 schatten van het model 26
6.1 selecteren en verbeteren invoerwaarden 26
6.2 bepalen invloed en optimale waarde van constanten 28
6.3 keuze correctietechniek 30
6.4 bestuderen afwijkingen per expert 31
6.5 drempelwaarden 32
6.6 resultaten en opmerkingen 32
7 effectiviteit maatregelen 34
7.1 analyse huidige situatie en problemen 34
7.2 maatregelen bij verschillende reizigerscategorieën 35
8 conclusie en aanbevelingen 38
bijlage I: verkenning 41
bijlage II: modellen, hoe en wat 53
bijlage III: bestaande modellen 69
bijlage IV: schematisering 99
bijlage V: modelonderdelen 105
bijlage VI: model implementatie 113
bijlage VII: de raadpleging 121
bijlage VIII: testresultaten 131
bijlage IX: effect van maatregelen 137
bijlage X: begrippenlijst 150
bijlage XI: bronnen 151

1 inleiding

Bij het zoeken naar mogelijkheden om het effect van mogelijke verbeteringen aan de combinatie van fiets en openbaar vervoer te voorspellen bleek dat de bestaande modellen hiervoor in veel gevallen niet voldoen. Dit leidde tot een nieuw plan van aanpak voor het vervolg en het projekt kreeg als doel een model te ontwikkelen waarbij dit wel mogelijk is. Het zoeken naar geschikte toetsingsmethoden had wel geschikte onderdelen en ideeën opgeleverd. Uiteindelijk leverde dit een model op waarbij de overstappen een belangrijke rol spelen en naast reistijd en kosten, de scores voor nog vijf andere kenmerken meetellen. Het ontwikkelen van een operationeel model op dit gebied is veel meer werk dan in één afstudeer projekt gedaan kan worden. Dit rapport moet dan ook vooral gezien worden als een processtuk. Er is ook niet meer toegekomen aan het uitwerken en toetsen van de mogelijke maatregelen. Hopelijk komt er een vervolg op dit projekt waar het model verder wordt uitgewerkt en waar ook werkelijk de effectiviteit van maatregelen die de fiets en het openbaar vervoer op elkaar afstemmen wordt voorspeld.

2 problematiek en aanpak

Er wordt wat afgereisd; mensen maken verplaatsingen tussen de woning, het werk, winkels, kennissen, vakantieadres en vele andere lokaties. Dit is moeilijk meer weg te denken uit de huidige samenleving. Naast de voordelen kleven hier ook nadelen aan. Deze problemen van het verkeer en vervoer zijn op twee manieren te bekijken.
De eerste manier is vanuit de reiziger; wat leveren de verplaatsingen hem op en wat moet hij ervoor inleveren? Aan de kostenkant zitten onder andere tijd, ongemak, inspanning en geldkosten. Omdat de vervoerwijzekeuze van een reiziger van dit soort zaken afhankelijk is wordt hier in de rest van dit rapport nog uitgebreid op ingegaan.
De tweede manier is vanuit de maatschappij. Hierbij gaat het niet om de reiziger maar bijvoorbeeld om de direkte omgeving of het land. De voor- en nadelen van het verkeer en vervoer zijn in te delen in verschillende categorieën; milieu, ruimtegebruik, economie en sociaal cultureel. Dit is uitgebreider beschreven in bijlage I.a, *maatschappelijke kosten en baten*. Gemiddeld levert een autoverplaatsing meer hinder op voor de maatschappij en de direkte omgeving dan een verplaatsing per fiets of openbaar vervoer. Door verschillen in bezettingsgraad kan dit in sommige gevallen best anders liggen. Ook zijn er veel ruimtelijke verschillen; iemand die langs een spoorlijn woont zal meer last hebben van het openbaar vervoer dan van de auto. In het algemeen is het een probleem dat de kosten en de baten van maatregelen niet bij dezelfde personen terecht komen.
De gevolgen van het verkeer en vervoer voor de maatschappij zorgen ervoor dat het gewenst is om de keuze van de reiziger zo te beïnvloeden dat meer mensen in plaats van de auto de fiets en het openbaar vervoer nemen.

Het huidige beleid van de overheid is gebaseerd op de Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening Extra (VINEX, ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer) en het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV II, Ministerie van Verkeer en Waterstaat). Het bevorderen van het openbaar vervoer wordt hierin genoemd als gewenste maatregel om de in deze rapporten gestelde (milieu-)doelstellingen te halen. In het Masterplan Fiets, dat als onderdeel van het SVV II is verschenen zijn maatregelen om het gebruik van de fiets te bevorderen verder uitgewerkt. Eén van de speerpunten hierin is het zorgen voor een overstap van de auto naar de vervoersketen van fiets + openbaar vervoer. Deze combinatie is in de volgende paragraaf besproken. Van dit beleid komt op dit moment nog weinig terecht. Er wordt wel wat gedaan aan fietsvoorzieningen en men is ook bezig met een aantal openbaar-vervoerprojecten, maar de invloed dat dit heeft op de modal split en het aantal autokilometers is nog te verwaarlozen. Daarom is het noodzakelijk om aan te kunnen voorspellen hoe met zo min mogelijk middelen een zo groot mogelijke verandering van de vervoerwijzekeuze kan worden verkregen. In bijlage I.b is het huidige overheidsbeleid uitvoeriger besproken. Hierin worden ook een aantal mogelijke maatregelen genoemd.

2.1 fiets + collectief vervoer

De combinatie van de fiets als eerste transportmiddel met collectief vervoer tot aan de bestemming lijkt kansrijk als concurrent van de autoverplaatsing. Er is meestal wel een fiets beschikbaar aan de woningzijde. De stalling zal daar in de meeste gevallen niet voor grote problemen zorgen. De afstand van het huis tot de fietsenstalling is te verwaarlozen. Veel bestemmingen liggen relatief dicht bij elkaar. Het kan bijvoorbeeld gaan om een kantoorgebied, (intensief) recreatiegebied, meubelboulevard of een gewoon winkelcentrum.

De vele bestemmingen in zo'n geconcentreerd gebied maakt het mogelijk om voor hoogwaardig collectief vervoer te zorgen waarbij geen natransport nodig is.
Er wordt hierboven bewust over collectief in plaats van openbaar vervoer gesproken. Het zou namelijk mogelijk kunnen zijn dat een of meerdere instellingen bij de bestemming dit vervoer zelf verzorgen en hun klanten of werknemers ophalen van een of meerdere verzamelpunten. In de Verenigde Staten is het door de bedrijven georganiseerde vervoer per Van-car sterk in opkomst. Dit zijn kleine busjes voor zo'n zes tot acht inzittenden.
Zo'n verbinding kan ook openbaar zijn, waarbij er nog altijd de mogelijkheid bestaat dat instellingen meebetalen aan de verbinding tot hun deur. Op dit moment betaalt de IKEA in Delft ook voor de buslijn naar hun vestiging.
Als nadeel van dit soort lijnen zou genoemd kunnen worden dat ze reizigers bij het gewone net weg halen en dit zo uithollen. Deels klopt dit maar zonder collectief vervoer tot aan de bestemmingen gebeurt dit ook al; steeds meer bestemmingen trekken weg uit de traditionele centra. Veel bedrijven en andere bestemmingen vestigen zich aan de rand van een stad. De tangentiële openbaar vervoerlijnen die nodig zijn om deze gebieden te bereiken zijn nog moeilijker rendabel te maken dan de huidige centrumgerichte lijnen.
Ook vanwege kwaliteitsverhouding kan het huidige openbaar vervoersysteem alleen concurreren met de auto bij grote concentraties van bestemmingen in gebieden met veel congestie en parkeerbeperkingen. Dit zijn de oude centra van steden.
Door de verzamelpunten net buiten of aan de rand van een plaats te leggen kan ook de congestie en verkeersoverlast in de plaats van herkomst worden verminderd. Dit moet uiteraard wel gepaard gaan met het verbeteren van de fietsinfrastuctuur.

2.2 de corridor

Er kan bij het beoordelen van maatregelen gekeken worden naar het nut van een maatregel in het algemeen of naar het nut in een bepaalde situatie. Het begrip algemeen is overigens ook maar relatief; gaat het om een stedelijke situatie, de Randstad, Nederland, Europa? Door het herkomst- en bestemmingsgebied dat wordt bekeken klein te houden zullen verbeteringen die op de route worden aangebracht voor een zo groot mogelijk deel van de betrokken reizigers van invloed zijn op de kwaliteit van de alternatieven. Er hoeft bijvoorbeeld niet te worden gewerkt met de gemiddelde reistijdverkorting van de fietsverplaatsing als 20% van de bestudeerde groep voordeel heeft van een nieuw bruggetje. Achteraf kan nog wel worden geprobeerd wat te zeggen over het effect van vergelijkbare maatregelen bij vergelijkbare verbindingen en in het algemeen. Om deze reden wordt in dit projekt een methode ontwikkeld die voor één relatie het effect van een maatregel op de vervoerwijze keuze modelleert. In bijlage IV.c is ingegaan het modelleren van verplaatsingen in een heel gebied of tussen twee gebieden.

Uiteraard kunnen de fiets, het openbaar vervoer en de overstap tussen die twee bij vrijwel elke verplaatsing worden verbeterd. Hier is er echter voor gekozen om te kijken naar een bepaald type verbinding; een verplaatsing tussen twee steden. Hieronder worden de eisen waaraan de verplaatsing moet voldoen nader uitgelegd:

- **de afstand**: Tussen de herkomst en de bestemming moet zo'n 25 kilometer liggen. Hierdoor kan de unimodale fietsverplaatsing, waar het in dit projekt niet om gaat, worden verwaarloosd. Een tweede reden voor de minimale afstand is dat multimodaal bij kortere verplaatsingen sowieso weinig kans maakt doordat de overstapweerstanden dan relatief zwaar meetellen. Indien het nodig is om gegevens met behulp van een enquête te verzamelen moeten voldoende mensen dagelijks de gekozen verplaatsing maken. Deze eis zorgt dan voor een bovengrens aan de afstand. Uiteindelijk is hier niet voor een enquête gekozen maar omdat het interessanter is om het over een gangbaar type verplaatsing te hebben is voor een niet te lange verplaatsing gekozen

- **aanwezigheid openbaar vervoer**: Zowel bij de herkomst, de bestemming als het tussenstuk moet redelijk openbaar vervoer aanwezig zijn. Zo is met beperkte verbeteringen tot een concurrerende fiets-ov-combinatie te komen. Beperkte verbeteringen zijn niet alleen realistischer, maar ook gemakkelijker te modelleren.
- **congestie**: Indien er op de route tussen de twee plaatsen de automobilist een grote kans op congestie is, hebben alternatieven meer kans. Een tweede punt is dat problemen op de route het draagvlak voor maatregelen vergroot. Ook vastgelopen verkeer en parkeerproblemen bij de herkomst of de bestemming vergroten de kansen van maatregelen.
- **dichtheid bestemmingsgebied**: Indien het bestemmingsgebied een hoge dichtheid heeft leent het zich voor collectief verbindend vervoer tot aan de bestemming. Dit verkleint de weerstand van het natransport en vergroot de kans dat instellingen bij de bestemming participeren in collectief vervoer. Het gaat hier bijvoorbeeld om kantoorgebieden, grote winkelcentra, stadscentra en intensieve recreatiegebieden. Een herkomstgebied met niet zo'n hoge dichtheid is voor de fiets als voortransportmiddel niet zo'n probleem. Hij staat zo juist sterk ten opzichte van lopen en ontsluitend openbaar vervoer als voortransportwijzen.

2.3 bestaande modellen

Het gaat in dit projekt om het ontwikkelen van een vervoerwijze keuzemodel dat de effecten van verbeteringen aan fietsvoorzieningen, het openbaar vervoer en de combinatie van die twee kan beoordelen. Uit de modelstudie aan het begin van dit afstudeerprojekt bleek dat er nog geen model bestaat dat hier geschikt voor is. Het gaat altijd om een hoofdtransportwijze waar het voor- en het natransport als extra weerstand aan gehangen wordt. Ook de overstappen worden niet volwaardig meegenomen. Een grote handicap voor veel modellen om dit te doen is dat ze alleen de tijd en de kosten als kwaliteitsfaktoren meenemen. Ondanks dat er nog geen kant en klaar model bestaat dat voldoet aan de in dit projekt gestelde eisen, zijn wel veel bestaande modellen uitgebreid onderzocht op zoek naar bruikbare onderdelen. De belangrijkste resultaten van deze modelstudie staan in deze paragraaf beschreven. In bijlage II staat de werking van onderdelen van verkeersmodellen in het algemeen beschreven. In bijlage III wordt een aantal onderzochte modellen één voor één besproken. Ook hierbij is vooral gelet op de bruikbaarheid voor het voorspellen van het effect van verbeteringen aan fietsvoorzieningen, het openbaar vervoer en de overstap op de vervoerwijzekeuze.

Door te kijken naar de manier waarop de vervoerwijzekeuze, en het voor- en het natransport zijn gemodelleerd; met welke formules, kenmerken en indelingen, heeft de modelstudie de volgende bruikbare onderdelen opgeleverd:

- probabilistische routekeuzemodel; een eenvoudige alles-of-niets-toedeling die een betrekkelijk goed beeld geeft doordat hij in stapjes met (random) variërende waarden plaatsvindt. (bijlage II.e)
- de door BGC beschreven netwerkaanpak (bijlage II.e). Zo wordt gekozen tussen gehele, van herkomst tot bestemming lopende routes.
- De manier waarop in het uitgebreide VF-model van Egeter en van Goeverden (bijlage III.f) vooraf kansloze verplaatsingen worden geselecteerd en buiten beschouwing worden gelaten is een zinnige manier om werk te besparen.
- de wijze waarop bij de Klantenbarometer de kwaliteit van een verplaatsing van deur tot deur wordt bekeken door meerdere kenmerken mee te nemen en voor verschillende groepen reizigers verschillende sets wegingsfaktoren te gebruiken. (III.h)
- De manier waarop in de methode Egeter de kwaliteit van een hele verplaatsing wordt bepaald en van invloed is op de vervoerwijzekeuze. (III.i)

Deze onderdelen worden, zij het soms in een enigszins gewijzigde vorm, gebruikt in het model dat in dit projekt is ontwikkeld.

2.4 doel en methodiek

Momenteel bestaat er bij verschillende overheidsinstanties de intentie om in het kader van de bereikbaarheid en het milieubeleid door middel van verbeteringen aan het fiets- en openbaar-vervoersysteem het gebruik hiervan te bevorderen. Voor deze verbetering zijn vele maatregelen denkbaar; het verbeteren van de fietsroutes van en naar een halte, het veiliger maken van de stallingsmogelijkheden, het verkorten van wachttijden of het sneller en betrouwbaarder maken van het openbaar vervoer.
Het is echter niet voor niets dat het aandeel van de auto in de modal split op dit moment erg groot is; voor de gemiddelde reiziger zijn de kwaliteiten van de auto veel hoger dan die van de alternatieven. Om deze redenen is het nuttig om uit te kunnen zoeken of er voor bepaalde categorieën reizigers en in bepaalde omstandigheden wèl met relatief eenvoudige verbeteringen voor gezorgd kan worden dat het gewenste alternatief beter scoort dan de auto. Welke aanpassingen zouden in welke situatie moeten worden gedaan zodat er zoveel mogelijk effect van valt te verwachten? Bij de verkenning, waarvan de resultaten staan beschreven in bijlage I, kwamen al twee kansrijke situaties naar voren. De eerste is de combinatie van de fiets als voortransportmiddel gecombineerd met collectief vervoer tot aan de bestemming. Deze combinatie wordt in het volgende hoofdstuk uitgebreider besproken.
Het tweede kansrijke punt, dat niet geheel los staat van het eerste, heeft betrekking op het type verplaatsing; de combinatie van fiets en openbaar vervoer heeft kansen op een corridor tussen twee plaatsen die te lang is voor de fiets alleen en de auto last van congestie heeft. Concurreren met de auto is het eenvoudigst op relaties waar al redelijk openbaar vervoer aanwezig is.

Mogelijke maatregelen zijn op twee manieren te toetsen; door middel van een model of door middel van een proefprojekt. Aangezien ook aan proefprojekten altijd wel een modellering en toetsing vooraf gaan en een proefprojekt voor dit afstudeerprojekt sowieso geen reële optie is wordt in dit rapport alleen ingegaan op de modelmatige aanpak. Om een situatie te modelleren zijn twee dingen nodig; een model dat of formule die een relevant deel van de werkelijkheid beschrijft en gegevens om dat model of die formule mee te vullen. Dit projekt kijkt voornamelijk naar de manier om gegevens te verwerken. Op de mogelijkheden om aan de benodigde invoer te komen wordt minder uitgebreid ingegaan.
De huidige modellen voldoen in het algemeen op een aantal punten niet aan de voorwaarden om veranderingen aan het vervoersysteem, zoals hierboven geschetst, te kunnen beoordelen;

- de modellen die verschillende vervoerwijzen vergelijken nemen vrijwel altijd alleen de kwaliteitskenmerken tijd en kosten mee. Deze twee zijn zeker erg belangrijk en zijn voor een groot deel bepalend voor de vervoerwijzekeuze van de gemiddelde reiziger. Voor het bepalen van het effect van maatregelen als kaartintegratie, het veiliger maken van stallingen en extra voorzieningen op het perron op reizigers, schieten ze te kort. Dit maakt het meenemen van andere kenmerken gewenst.
- omdat het gaat om het op elkaar afstemmen van vervoerwijzen, is het van belang dat de overstappen voldoende aandacht krijgen in het model. Omstandigheden en kwaliteiten moeten uitgebreider worden meegenomen. Op dit moment telt de wachttijd meestal vrij zwaar mee in de reistijd. Verder wordt hooguit elke overstap als vaste weerstand meegenomen.
- meerdere categorieën reizigers, met een eigen beoordeling van de verschillende kwaliteitsfaktoren, moeten apart kunnen worden bekeken. Hierbij moet het ook mogelijk zijn te zien wat er gebeurt als die wegingsfaktoren worden gevarieerd. Dit punt vergroot weer de kans dat andere faktoren dan tijd en kosten een grotere rol

spelen dan met de huidige modellen mogelijk is wat het eerste punt weer belangrijker maakt.

Uit het voorgaande komt de volgende **probleemstelling** voort:

Er is behoefte aan een model waarmee het effect van veranderingen aan het vervoersysteem, die meer beïnvloeden dan tijd en kosten, voor verschillende categorieën reizigers gemeten kan worden.

Hiermee is het probleem nog niet voldoende afgebakend voor het vervolg van dit projekt. Het ontwikkelen van een methode om met voldoende nauwkeurigheid de effecten van maatregelen op de vervoerwijzekeuze te meten kost te veel tijd. Dit geldt vooral voor het verzamelen van de benodigde gegevens over de onderdelen van een verplaatsing en de verschillende reizigerscategorieën. Om die reden is het hier meer de bedoeling om een eerste aanzet te geven tot een nieuwe beoordelingsmethode. Naast een simpel model moet het eindresultaat bestaan uit de resultaten van de methode bij eenvoudig verkregen invoer en een conclusie over de toekomstige mogelijkheden van de methode naar aanleiding van die resultaten en het gedane onderzoek.

doelstelling:

Er moet een model opgezet worden dat geschikt is om het effect op de vervoerwijzekeuze te meten van maatregelen die de fiets en het openbaar vervoer beter op elkaar afstemmen. Na toetsen moet vervolgens worden beoordeeld of zo'n model kansen heeft als het verder wordt ontwikkeld.

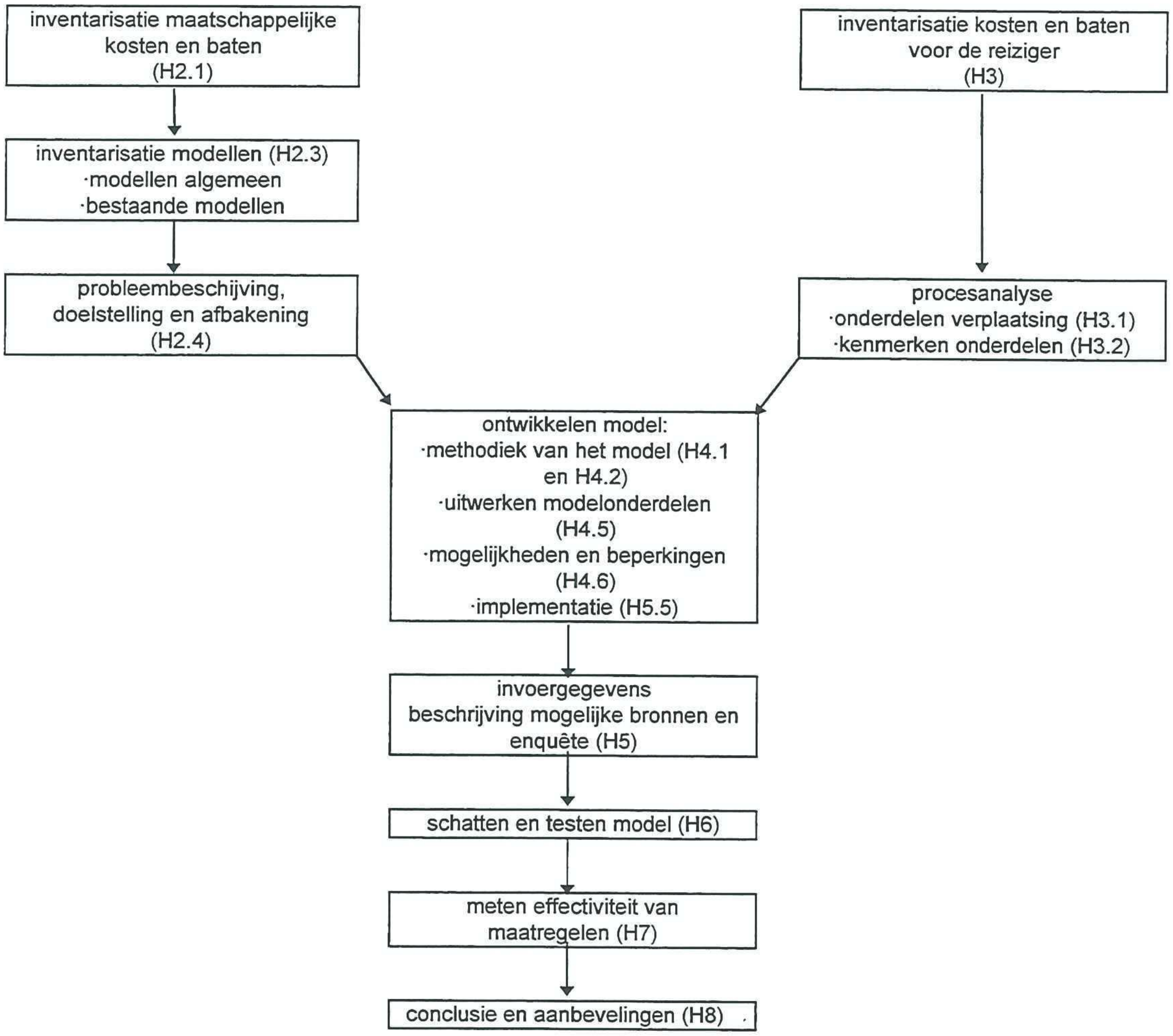
stappen:

De werkzaamheden om tot het gezochte model te komen zijn opgedeeld in een aantal stappen. Aan het eind wordt geadviseerd hoe het model verder ontwikkeld zou kunnen worden. In dit rapport is ongeveer dezelfde indeling aangehouden (zie ook het schema op de volgende bladzijde):

- **bestuderen bestaande modellen**. De belangrijkste resultaten hiervan staan in de volgende paragraaf. Verder wordt in bijlage II ingegaan op de algemene werkwijze en onderdelen van modellen. In bijlage III worden één voor één een aantal modellen besproken. Hierbij wordt vooral ingegaan op de sterke punten voor de beoordeling van fiets + ov bevorderende maatregelen.
- **procesanalyse**. In hoofdstuk 3 worden de multimodale verplaatsingen in het huidige vervoersysteem bestudeerd. Er wordt voornamelijk gekeken naar een verplaatsing langs de 'kansrijke' corridor die in paragraaf 2.3 is behandeld. In hoofdstuk 3 wordt ook besproken welke kwaliteitskenmerken moeten worden gebruikt.
- **ontwikkelen model**. Hier is het in dit projekt eigenlijk om te doen ; het opzetten van een methode om veranderingen aan de corridor te beoordelen. Eerst wordt in hoofdstuk 4 ingegaan op de modelmethodiek. Hier wordt het eerder beschreven proces omzet in een model. Ook worden hier een aantal onderdelen van het model verder uitgewerkt en de mogelijkheden en beperkingen van het model genoemd.
- **invoergegevens**. Nu kan in hoofdstuk 5 worden gekeken welke gegevens als invoer nodig zijn, welke bronnen eventueel geschikt zijn en hoe de informatie door middel van een expertraadpleging zijn verkregen. Aan het eind van dit hoofdstuk en in bijlage VI wordt de implementatie besproken.
- **testen bruikbaarheid beoordelingsmethode**. Met de verkregen invoer geeft het model bepaalde antwoorden. In hoofdstuk 6 wordt gekeken of de uitkomsten overeen komen met de verwachtingen. Ook wordt in hoofdstuk 7, weliswaar met een zeer beperkt aantal gegevens, onderzocht welke kenmerken van de reizigers en de verplaatsingsweerstanden geschikt zijn om tot geschikte reizigerscategorieën te komen.

- **conclusies en aanbevelingen**. Hier wordt antwoord gegeven op de vraag of, en zo ja in welke gevallen, dit type model in de toekomst mogelijkheden kan bieden. Ook worden punten aangegeven waarop nog verder onderzoek noodzakelijk is.

schema van de gevolgde methodiek:



figuur 2.1: methodiek van projekt en rapport

3 proces analyse

De keuze van bestemming, vervoerwijze, route en vertrektijdstip is een complex geheel. Voor het modelleren van een verplaatsing is het noodzakelijk om het proces enigszins uit elkaar te rafelen. De resultaten van deze procesanalyse staan in dit hoofdstuk. Er is verondersteld dat de herkomst en de bestemming al vast liggen. Tijdens de procesanalyse is begonnen met een uitgebreid schema met de mogelijke routeonderdelen in het huidige vervoersysteem. Om verschillende redenen die later zullen worden uitgelegd zijn van het uitgebreide schema zeer veel onderdelen afgevallen tot een vereenvoudigd schema overbleef. In paragraaf 3.1 wordt dit schema, dat uiteindelijk is gebruikt in het ontwikkelde model, verklaard.
Aan het eind van dit hoofdstuk volgt een paragraaf over de kwaliteitskenmerken die meespelen bij de vervoerwijzekeuze. Hierbij is gekeken welke indeling het meest geschikt is om bij dit projekt te gebruiken.

3.1 schematisering verplaatsing

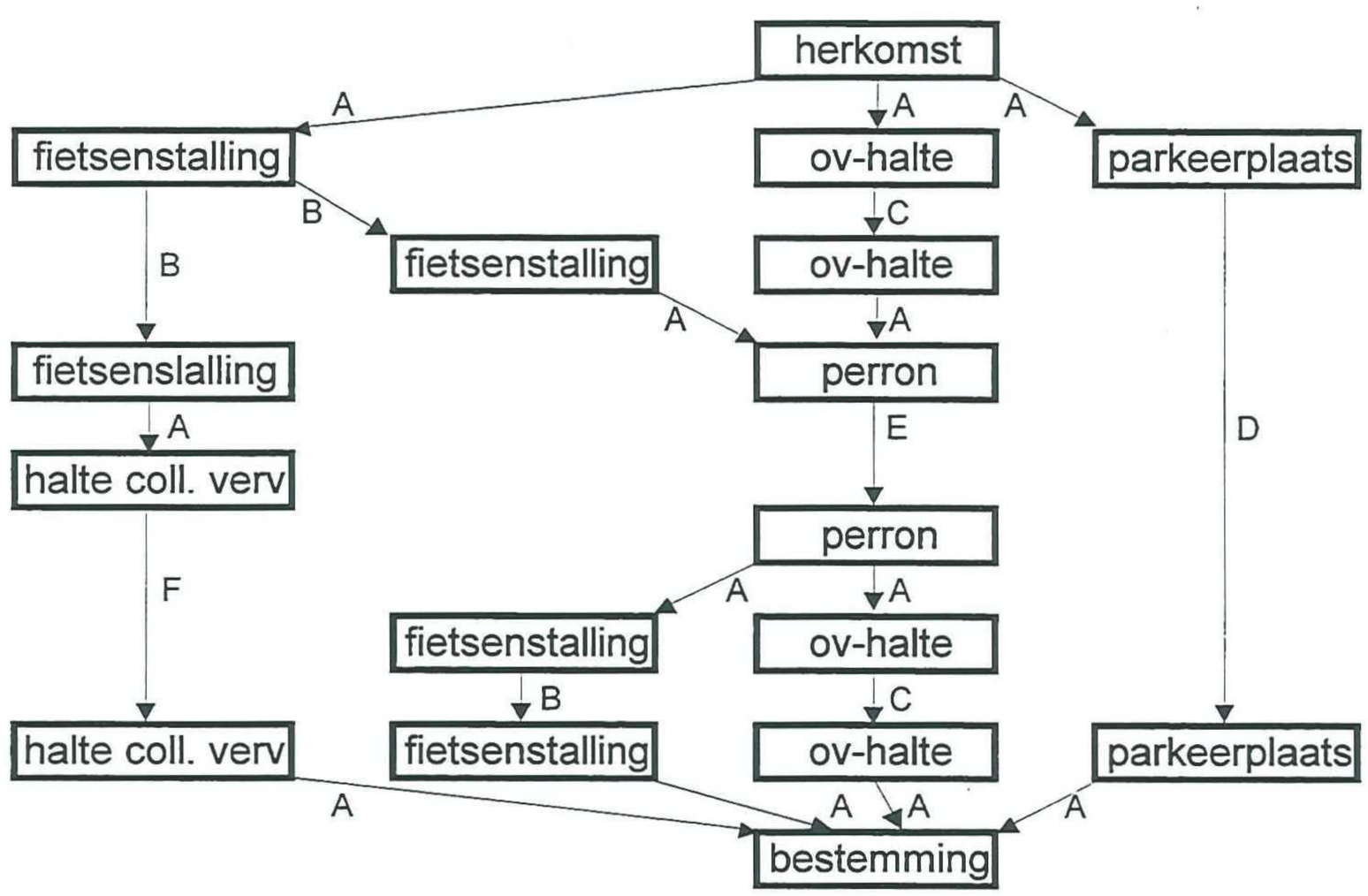
Omdat de nadruk in dit projekt ligt op het volwaardig meenemen van overstappen is vanaf het begin uitgegaan van een verplaatsing van meer dan 15 kilometer. Bij kortere afstanden wordt vaak maar van één vervoerwijze gebruik gemaakt. Als bovengrens geldt dat niet is gekeken naar vliegverplaatsingen. Later bij het verzamelen van de benodigde informatie is gekozen voor een verplaatsing van zo'n 25 kilometer.
Eerst zijn alle mogelijke onderdelen van de verplaatsing los bekeken. De schema's bestaan uit delen waar de reiziger zich met een bepaalde vervoerwijze verplaatst; 'ritten' en delen waar men van het ene op het andere vervoermiddel overstapt en dus niet vooruit komt; 'overstappen'. Alle looponderdelen worden hierbij tot de ritten gerekend. Dit geldt bijvoorbeeld ook voor het lopen tussen de bus en de trein, dit in tegenstelling tot het dagelijks spraakgebruik. Dit onderscheid is aangehouden omdat bij de overgang van de statische overstaponderdelen naar dynamische ritten ook meestal de aard van de weerstanden verandert, bijvoorbeeld van buiten naar binnen, van zitten naar inspanningen.
De overstappen zijn als blokjes aangegeven en de ritten als lijnen. In eerste instantie leverde dit het uitgebreide schema in bijlage IV.a op. Hierin is geprobeerd om een vrij volledig beeld te geven van de mogelijke vervoerwijzen bij de betreffende verplaatsing. In dezelfde bijlage wordt ook apart ingegaan op de combinatie van de fiets en collectief vervoer tot aan de bestemming. Ook dit onderdeel is in het model opgenomen.
In de schema's is alleen de vervoerwijzekeuze en niet de routekeuze zichtbaar. In dat geval zouden er in plaats van één rit verschillende ritten (en overstappen voor de mogelijke splitsingen) tussen twee knopen moeten liggen en moet de keuze tussen meerdere mogelijke haltes, stations en parkeerterreinen in het schema aanwezig zijn. Een gelijktijdige vervoerwijze- en routekeuze heeft voor- en nadelen. Een voordeel is dat in dit geval de weerstanden van de gekozen routes de weerstanden zijn waarmee ook vervoerwijzekeuze wordt gemaakt. Nadelen zijn de complexiteit en het gevaar dat veel vrijwel gelijke alternatieven een groter aandeel krijgen dan één ander alternatief. Dit is het zogenaamde 'blauwe-rode-bus-probleem' dat bij de bespreking van de logit-formule in bijlage II.4.7. is besproken.

vereenvoudiging
Het uitgebreide eerste schema met de mogelijke vervoerwijzen is algemeen geldig voor een wat langere verplaatsing en bevat meer mogelijkheden dan in het ontwikkelde model meegenomen kunnen worden. In het verderop ontwikkelde model wordt er uitgegaan van

een specifiekere voorbeeld verplaatsing tussen woning en werk met een lengte van ongeveer 25 kilometer. Dit maakte het mogelijk het schema sterk te vereenvoudigen. De overgebleven onderdelen van het schema hebben in de gegeven situatie een redelijk groot aandeel van de reizigers of zijn interessant voor de fiets openbaar vervoer combinatie. In bijlage IV.b staan de motivaties om onderdelen weg te laten uitgebreid beschreven.

fiets + collectief vervoer

Zoals in paragraaf 2.2 staat beschreven gaat in dit projekt speciale aandacht uit naar het modelleren van de combinatie van de fiets en collectief vervoer tot aan de bestemming. Dit is in principe mogelijk met het vereenvoudigde schema van de huidige vervoersituatie. Het enige dat moet gebeuren is het op nul stellen van de weerstand van het natransport en het aanpassen van de waarden van de fietsverplaatsing en het verbindend openbaar vervoer. Toch is ervoor gekozen om de combinatie van fiets en collectief vervoer apart in het uiteindelijke schema te zetten. Een groot voordeel hiervan is dit het gemakkelijker maakt om dit concept met de huidige situatie te vergelijken. Dit alles leidt tot het onderstaande schema. In dit schema zijn 6 verschillende vervoerwijzecombinaties mogelijk. Het verderop besproken model werkt ook met deze 6 combinaties.



ritten:	
A	lopen
B	fietsen
C	openbaar vervoer als voor- of natransport
D	autorit
E	verbindend openbaar vervoer
F	collectief vervoer

overstappen:	
1	herkomst
2	fietsenstalling
3	ov-halte
4	parkeerplaats
5	perron
6	bestemming

figuur 7.2: schema van de keuzemogelijkheden met de fiets-collectiefvervoer-combinatie en het huidige vervoersysteem

Het is mogelijk om de nieuwe combinatie van fiets en openbaar vervoer alleen met het huidige openbaar vervoer of alleen met de autoverplaatsing te vergelijken. Ook in het verderop beschreven model is dit mogelijk.
Bij veel verplaatsingen ligt de herkomst zo dicht bij het verbindende openbaar vervoer dat er niet van een voor- of natransportmiddel gebruikt hoeft te worden gemaakt. In die gevallen moeten een aantal ritten en overstappen in het schema worden weggelaten. In een model is dat eenvoudig mogelijk door die onderdelen een weerstand van 0 te geven.

Er wordt bij het model gewerkt met een hoofdtransportmiddel, maar dat ligt aan het type verplaatsing waar het in dit projekt om gaat en het gebruikte onderscheid tussen ontsluitend en verbindend openbaar vervoer. In theorie is het model met alle mogelijke vervoerwijzecombinaties als invoer te gebruiken.

3.2 kwaliteitskenmerken

De kwaliteit van een verplaatsingsalternatief is te beschrijven met behulp van bepaalde kenmerken. Voor de hand liggende en veel gebruikte kenmerken zijn bijvoorbeeld de tijdsduur van een reis en de kosten. Deze twee worden nu in de meeste bestaande modellen gebruikt om de keuze van een reiziger te simuleren. Bij dit projekt is het de bedoeling om meer kenmerken mee te nemen om het zo mogelijk te maken bepaalde verbeteringen die niets met de tijd of de kosten van een verplaatsing te maken hebben toch te kunnen meten. Voor de werkbaarheid moet het aantal kenmerken echter niet al te groot worden; voor elk kenmerk moeten voldoende waarden gevonden kunnen worden om in een model in te voeren en het moet duidelijk zijn wat onder het ene kenmerk valt en wat onder een ander. Door het aantal kenmerken te vergroten neemt ook het aantal grenzen tussen kenmerken toe.
In de volgende paragraaf wordt het onderzoek naar bestaande indelingen voor meerdere kenmerken besproken. In de paragraaf daarna komt de in dit projekt gehanteerde indeling aan bod.

bestaande indelingen
Bij elke poging om de kwaliteit van een vervoersysteem of een onderdeeltje daarvan te beoordelen is zij opgesplitst in verschillende kenmerken. Welke kenmerken dat zijn hangt onder andere af van het doel van het onderzoek, de uitgebreidheid van het onderzoek en de situatie die wordt bestudeerd. Een aantal voor dit onderzoek relevante indelingen worden hier kort behandeld.

Voigt
Een van de eerste personen die met een uitgebreide indeling is gekomen om de kwaliteit van een verkeerssysteem te beoordelen is de Duitser Voigt (Voigt 1960). De zeven kenmerken waaruit deze indeling bestaat staan hieronder kort beschreven:

- capaciteit; het aantal personen dat per voertuig, of tijdseenheid vervoerd kan worden
- snelheid; dit is onder te verdelen in trajektsnelheid, verplaatsingssnelheid of rijsnelheid.
- mogelijkheid netwerk; dichtheid en bereik van een vervoersysteem.
- betrouwbaarheid; mate van zekerheid dat je binnen een bepaald tijdsinterval op de plaats van bestemming aankomt.
- stiptheid; dit houdt in dat een vervoermiddel niet te vroeg of te laat vertrekt vanaf de opstaphalte.
- frequentie; het aantal keren per tijdseenheid dat het mogelijk is om een bepaalde verplaatsing te maken.
- comfort; bijvoorbeeld aanwezigheid van een zitplaats of te leveren inspanning.

Om de keuze van een reiziger op een bepaalde corridor te simuleren is de indeling van Voigt niet ideaal. Deze indeling is bedoeld om een heel netwerk te beoordelen. Bepaalde invloedsfaktoren ontbreken terwijl andere niet zinvol zijn voor de vervoerwijze- en routekeuze bij één verplaatsing tussen een herkomst en bestemming. In bijlage IV.d wordt uitgebreider ingegaan op Voigts kenmerken en de overeenkomsten en verschillen met de indeling die in dit projekt wordt gebruikt.

methode Egeter
In deze, bij de bestaande modellen in bijlage III besproken methode, wordt de volgende indeling gebruikt:

- snelheid en betrouwbaarheid
- comfort
- goedkoopte
- bagagecapaciteit

Deze indeling lijkt ook voor dit projekt geschikt. Er is wel een aantal kanttekeningen bij te plaatsen; snelheid en betrouwbaarheid liggen te ver uit elkaar. Maatregelen als vrije banen zullen weliswaar de scores van beide kenmerken verbeteren, sommige maatregelen werken echter tegengesteld; een ruimer tijdschema vergroot de betrouwbaarheid (in de betekenis van stiptheid) maar verlaagt de snelheid.
In plaats van snelheid lijkt reistijd een geschikter kenmerk. Met grote snelheid een flinke omweg maken is niet beter dan een kort doorsteekje met een lagere snelheid. Het is ook mogelijk om zowel snelheid als afstand mee te nemen. Het voordeel van reistijd is echter dat het vooral bij openbaar-vervoerritten makkelijker meetbaar is. Verder wordt het model ingewikkelder met een extra kenmerk.

klantenbarometer
In de Klantenbarometer (bijlage III.h) worden de eigenschappen van een verplaatsing geclusterd in de volgende vijf kenmerken:

- informatie: Dit is zeker belangrijk tijdens een verplaatsing. Het kenmerk zou om het aantal te beperken onder comfort kunnen komen te vallen; het beïnvloed sterk het gevoel tijdens een verplaatsing of tijdens het wachten. Zeker als het gaat om informatie over de verplaatsing die iemand thuis al krijgt zou er ook wat voor zijn te zeggen om het onder betrouwbaarheid te laten vallen.
- rijcomfort: omdat de Klantenbarometer alleen de geleverde kwaliteit van een openbaar-vervoerbedrijf bekijkt is dit rijcomfort genoemd. In dit projekt ligt de nadruk juist meer op de overstappen.
- tijd: een voor zich sprekend en noodzakelijk kenmerk
- prijs: hiervoor geldt hetzelfde als bij tijd.
- faciliteiten: hierdoor wordt voornamelijk het comfort tijdens het wachten en de verplaatsingen verbeterd. Het is niet nodig om het als apart kenmerk te behouden.

gebruikte kenmerken
Er is voor gekozen om de kenmerken uit de methode Egeter enigszins aangepast over te nemen en die aan te vullen met nog twee andere kenmerken. Dit levert het volgende rijtje:
tijd: Dit is de tijdsduur van deur tot deur of van een onderdeel van de verplaatsing als zij is opgesplitst. Bepaalde onderdelen worden niet zwaarder meegenomen in de tijdsduur dan andere. Er is van uitgegaan dat bijvoorbeeld het zwaarder meetellen van de wachttijd, zoals dat bij andere modellen vaak gebeurt, niet hoeft omdat deze weerstand wel tot uiting zal komen bij de andere kenmerken. Dit wordt uitgebreider behandeld in hoofdstuk 3.4, methodiek van het model.
betrouwbaarheid: Dit bevat zowel Voigts betrouwbaarheid als stiptheid; zijn de verschillende verplaatsingsonderdelen op het geplande tijdstip te maken en komt de reiziger niet te vroeg of te laat aan bij de bestemming. Ook het oponthoud door diefstal of vernieling van voertuigen valt onder betrouwbaarheid. Het samen nemen van betrouwbaarheid en stiptheid is zowel gedaan om het aantal kenmerken beperkt te houden, als omdat het verschil tussen stiptheid en betrouwbaarheid soms moeilijk is aan te geven.
comfort: Hoe prettig een verplaatsing is hangt af van vele faktoren. Onder comfort vallen in dit projekt de drie kenmerken uit de klantenbarometer rijcomfort, faciliteiten en informatie. Hiernaast is zeker voor de fiets- en looponderdelen van een route de te leveren inspanning van belang voor het comfort.

kosten: het is op zich duidelijk wat kosten zijn. Het is alleen de vraag wat er allemaal meegenomen moet worden bij het simuleren van een bepaalde keuze. Dit hangt voornamelijk af van het type keuze en het tijdsbestek waarvoor die keuze wordt gemaakt. Als bij de autokosten alleen de variabele benzinekosten mee tellen dan gaat het in het model om de dagelijkse afweging tussen de auto en een ander vervoermiddel. Het is ook mogelijk om de afschrijvingskosten mee te nemen omdat een auto door gebruik in waarde daalt. Het is echter twijfelachtig of dit bij de vervoerwijzekeuze een rol speelt. Als alle autokosten mee worden genomen gaat het om de beslissing de auto weg te doen. Deze stap gaat veel verder en deze beslissing wordt niet vanwege de verbetering op één verbinding genomen. Het hele openbaar-vervoernetwerk moet dan van voldoende kwaliteit zijn. Bij openbaar vervoer geldt hetzelfde verschil; iemand met een jaarkaart denkt heel anders over de kosten van een eventueel te maken treinrit dan iemand zonder abonnement.
bagagecapaciteit: bij de ene vervoerwijze is het eenvoudiger om een bepaalde hoeveelheid bagage mee te nemen dan bij een andere. Voor bagagecapaciteit geldt nog sterker dan voor de overige kenmerken dat de kwaliteit van een verplaatsing voor een groot deel bepaald wordt door de zwakste schakel.
veiligheid: Bij veel verplaatsingen zal veiligheid geen belangrijke rol spelen, maar bij een aantal, vooral 's avonds, wel. Het kan geen kwaad om het als kenmerk mee te nemen en er met een lage weging voor te zorgen dat hij in bepaalde gevallen vrijwel geen invloed heeft.
milieuvriendelijkheid: Het is discutabel of milieuvriendelijkheid wel een kwaliteitskenmerk is. Indien mensen bij het maken van een keuze met dit punt rekening houden is het echter gerechtvaardigd om het in een model mee te nemen. Het zal waarschijnlijk echter maar bij een beperkt aantal verplaatsingen een belangrijke rol spelen. Een extra reden om milieuvriendelijkheid wel mee te nemen is dat de aanleiding tot dit projekt was dat reizigers moeten worden overgehaald om over te stappen op vervoerwijzen die minder slecht zijn voor het milieu.

Samenvattend leidt dit tot het hieronder staande rijtje kenmerken van een reis dat in de rest van dit projekt zal worden gebruikt.

tijd	werkelijke of door reiziger ervaren reistijd
betrouwbaarheid	kans om niet aan te komen, te vroeg te komen of te laat te komen, kans op diefstal of vandalisme.
comfort	zitplaats, inspanning, beschutting, privacy, rijcomfort, informatievoorziening, voorzieningen als telefoon en automaten
kosten	alleen variabele kosten voor een rit (model is in principe ook inclusief vaste kosten te gebruiken)
bagagecapaciteit	hoeveelheid bagage die zonder al te veel moeite is mee te nemen
veiligheid	kans op een verkeersongeluk, sociale onveiligheid
milieuvriendelijkheid	emissies en energiegebruik. (het model is, net als bij kosten, ook inclusief lange termijn vervuiling door produktie voertuigen en infrastructuur te gebruiken.)

Het doel van dit projekt is het opzetten van een model waarmee het effect van mogelijke maatregelen om de combinatie fiets en openbaar vervoer te bevorderen, getoetst kunnen worden. Hierbij is het een subdoel of uitdaging om veel verschillende kenmerken mee te nemen. Het meenemen van veel kenmerken geeft echter als probleem dat het in de praktijk vaak moeilijk zal zijn om voor elk kenmerk de benodigde informatie te verzamelen. Ook zal de invloed van sommige kenmerken in een aantal gevallen verwaarloosbaar zijn. Hier staat tegenover dat doormiddel van een weging van nul een kenmerk in dat geval uit het model wegvalt en problemen dus alsnog kunnen worden vermeden.

4 methodiek van het model

Vanuit de probleemstelling, de doelstelling, de procesanalyse van de verplaatsing en de gevonden informatie over bestaande modellen is een nieuw model opgezet. De hierbij gevolgde stappen en bijbehorende overwegingen staan in dit hoofdstuk beschreven. Uiteraard zijn de meeste onderdelen van deze methode afgeleid van de bestudeerde bestaande modellen. Met name de Methode Egeter (zie bijlage III.i) bevat zeer veel bruikbare onderdelen. In bijlage V worden een aantal onderdelen van het model verder uitgewerkt en uitgelegd. De uiteindelijke implementatie van het model in de computer staat beschreven in bijlage VI.

Op dit moment is de auto het meest gebruikte vervoermiddel. Dit valt te verklaren doordat het autosysteem de gemiddelde reiziger veel meer kwaliteit levert dan de andere vervoersystemen. Vanuit maatschappelijk oogpunt is het gewenst dat openbaar vervoer- en fietsverplaatsingen en groter aandeel krijgen. Hierop is in bijlage I, de verkenning, uitgebreid ingegaan. Om zo'n verschuiving van de modal split te bewerkstelligen is het zinvol een model te hebben waarmee voorspeld kan worden wat het effect is van de verschillende mogelijke maatregelen. Hiermee zal onderzocht moeten kunnen worden of met beperkte ingrepen de fiets of het openbaar vervoer voor een bepaald deel van de reizigers beter gaat scoren dan de autoverplaatsing. Het doel van dit projekt is het geven van een eerste aanzet tot zo'n beoordelingsmodel. Dit houdt in dat een model wordt ontwikkeld dat aan de hand van invoergegevens de keuze van een reiziger simuleert.
Zoals in de inleiding al is gemeld, wordt hier als beperking alleen naar verplaatsingen van ongeveer 25 gekeken. Hier kan de combinatie van fiets en openbaar vervoer een goed alternatief zijn.

4.1 de keuzevolgorde

Zoals hierboven al is gemeld, is het te ontwikkelen model bedoeld voor de vervoerwijzekeuze. In bijlage II.e is al gemeld dat bij de huidige modellen vaak eerst een hoofdtransportwijze gekozen wordt en daarna pas wordt gekeken naar het voor- en het natransport. Dit heeft als nadeel dat vooral gekozen wordt op de kenmerken van één onderdeel van een verplaatsing. De overige onderdelen tellen hooguit mee als een kenmerk van dat hoofdonderdeel of hoofdtransportwijze. De problemen die dit geeft voor het soort multimodale verplaatsingen waar het hier om gaat zijn ook in bijlage II.e behandeld. Ook het in één keer kiezen van de route met de bijbehorende vervoerwijzen met behulp van een multimodaal netwerk, heeft grote nadelen. Eén van die nadelen is dat er al snel gekozen moet worden tussen een te groot aantal alternatieven. Als 'gulden middenweg' wordt in dit model gekozen tussen de verschillende combinaties van vervoerwijzen. Zo'n combinatie bestaat meestal uit een aaneenschakeling van de verschillende ritten en overstappen tussen herkomst en bestemming. Hierbij moet per combinatie worden uitgegaan van de route met de laagste weerstand. Er ontstaat een probleem als er niet van elke combinatie duidelijk een beste variant is. In dat geval moeten meerdere varianten worden meegenomen. Op dit probleem is tijdens dit projekt verder slechts kort ingegaan. Naar mogelijke verbeteringen van het model op dit punt kan later nader onderzoek worden gedaan.

Nadat van elke vervoerwijzecombinatie een totaalweerstand is berekend is het mogelijk dat deze weerstanden worden gebruikt voor een verdeling over de verschillende combinaties. Dit zou bijvoorbeeld met een logit-formule of een

probabilistisch keuzemodel kunnen gebeuren. Ondanks dat dit buiten dit projekt valt, is in bijlage V.e op deze mogelijkheid al wel kort ingegaan. Hier is ervoor gekozen om voor een aantal verschillende zo homogeen mogelijke groepen de beste vervoerwijze combinatie te bepalen en ervan uit te gaan dat de hele groep die keuze ook maakt, een Alles of Niets verdeling dus. De fouten bij de verschillende groepen vallen deels tegen elkaar weg.

4.2 het keuzeproces

Zoals in hoofdstuk 2 bij de methodiek van het projekt al is besproken is als uitgangspunt genomen dat het te ontwikkelen model het effect van maatregelen zoals het verbeteren van de fietsroutes van en naar een halte, het veiliger maken van de stallingsmogelijkheden, het verkorten van wachttijden, kaartintegratie en het sneller en betrouwbaarder maken van het openbaar vervoer kan meten. Hiervoor is het noodzakelijk dat veel verschillende kenmerken meegenomen kunnen worden. De selectie van mee te nemen kenmerken is in paragraaf 3.2 al behandeld. De kenmerken die uiteindelijk in het model worden opgenomen zijn: reistijd, betrouwbaarheid, comfort, kosten, bagagecapaciteit, veiligheid en milieuvriendelijkheid.

Het model is vooral bedoeld voor verplaatsingen boven de 15 kilometer waar het vaak noodzakelijk zal zijn om over te stappen van ene de naar de ander vervoerwijze. De overstappen zorgen bij de vervoerwijzekeuze in de meeste modellen voor problemen. Door ze hier als apart onderdeel van de verplaatsing mee te nemen is het de bedoeling dat de overstapweerstanden beter bij de totale weerstand van een alternatief worden betrokken. Het schema in paragraaf 3.1 dat het resultaat is van de procesanalyse wordt in het model als indeling van de verplaatsing aangehouden. De alternatieven die in het model worden meegenomen zijn de 6 vervoerwijzecombinaties die mogelijk zijn met dat schema. Dit aantal is eenvoudig uit te breiden. Het probleem ligt eerder bij het verzamelen van de benodigde informatie. Met deze vervoerwijzecombinaties wordt ongeveer hetzelfde gedaan als met de partiële tours in de methode Egeter (bijlage III.i); Door elke rit een score voor de in een eerdere fase van dit projekt behandelde kwaliteitskenmerken en kosten te geven, is het mogelijk om voor elke combinatie van overstappunten en ritten tot een totaalscore voor de verschillende kenmerken te komen.

Zowel het meenemen van veel verschillende kenmerken als het opsplitsen van de verplaatsingen in veel verschillende onderdelen heeft als gevolg dat er zeer veel invoer nodig is. Hier komt nog bij dat een deel van de in te voren scores moeilijk is te bepalen. Het comfort en de veiligheid van verplaatsingsonderdelen zijn bijvoorbeeld erg lastig te meten. Om dit probleem voor een deel te omzeilen wordt gewerkt met de door de reiziger ervaren weerstandsscores. Er moet per kenmerk bekend zijn hoe goed of slecht een reiziger een bepaald onderdeel van een route vindt ten opzichte van de overige onderdelen van de routes. Het gaat dus om relatieve scores. Dit is geen probleem omdat de keuze van een reiziger wordt bepaald door de ervaren kwaliteiten en weerstanden van de alternatieven en de waarde die de reiziger hecht aan de verschillende typen weerstanden. Er bestaat een verschil tussen de werkelijke situatie en de situatie en weerstand zoals de reiziger die ervaart. Hoe groot dit verschil is varieert per situatie en per reiziger. Hoe de ervaren weerstanden van reizigers zijn verkregen wordt beschreven in paragraaf 5.4.
Omdat de keuze gemaakt wordt op basis van de ervaren weerstanden zorgen gewoontevorming en het feit dat de reiziger niet beschikt over volledige informatie ervoor dat het effect van maatregelen om het gedrag van reizigers te beïnvloeden vaak wordt vertraagd en verminderd.

4.3 veranderingen en gevoeligheden

Een maatregel beïnvloedt meestal de kenmerkscores van één of meer onderdelen van een verplaatsing. Om het effect van zo'n maatregel te kunnen bepalen is het noodzakelijk om de veranderde reistijd, comfort, veiligheid, kosten, milieuvriendelijkheid, bagagecapaciteit en betrouwbaarheid in te kunnen voeren.
Er zijn ook maatregelen denkbaar die de houding van mensen proberen te beïnvloeden. Een voorbeeld van dit soort maatregelen zijn de postbus 51 spotjes. Als gevolg hiervan zouden de wegingsfaktoren die bij een bepaalde groep reizigers horen moeten veranderen. Ook dit is mogelijk in het model. Of de houding van mensen ook werkelijk is te beïnvloeden is met het model uiteraard niet te bepalen.

Met het model is het effect van veranderde weerstanden bij de ritten of overstappen of veranderde wegingsfaktoren op de totaalscores van de verschillende alternatieven te bepalen. Zo kan per geval onderzocht worden welke maatregelen veel en welke maatregelen weinig effect hebben. Deze gevoeligheden zouden eventueel ook automatisch te berekenen zijn. Het uitwerken en programmeren van deze mogelijkheid valt echter buiten dit projekt.

4.4 weerstandsscore per kenmerk

Zoals hiervoor is beschreven moet per onderdeel van de verplaatsing voor elk kenmerk een weerstandsscore bekend zijn. Bij reistijd en kosten is dit niet zo'n probleem, maar voor de andere kenmerken levert dit meer problemen op. De hier gekozen oplossing voor dit probleem is het toekennen van een relatieve score op vaste schaal, een soort omgekeerd 'rapportcijfer'. Het beste alternatief bij dat kenmerk krijgt 0 en de slechtste 10 weerstandspunten. Hiervoor kunnen de beste en de slechtste score van alle overstappen en ritten van het systeem worden gebruikt, of alleen de uitersten van de in het desbetreffende onderzoek vergeleken alternatieven. Het tweede verdient de voorkeur en gebeurt in het model. Het is noodzakelijk dat het model blijft werken als van de vervoerwijzecombinaties die buiten de beoordeling vallen geen weerstanden bekend zijn.

Bij de raadpleging was het de bedoeling dat bij het geven van de weerstandsscores van de verschillende route onderdelen al rekening was gehouden met de duur van de onderdelen. In veel gevallen is dit ook gebeurd. Bij het testen bleek echter dat de routeonderdelen met een korte tijdsduur te zwaar werden meegenomen (zie paragraaf 6.2). Om die reden zijn er in het model twee mogelijke manieren aangebracht om de weerstandsscores van de andere kenmerken afhankelijk van de tijdsduur van een onderdeel te maken. De mate waarin de duur van de onderdelen een rol speelt is bij beide methode te beïnvloeden door een parameter; bij de één is dit *c* en bij de ander *h*. In bijlage V.c zijn deze methoden beschreven.

4.5 verwerking van de gegevens

In het model moet de keuze van één vervoerwijzecombinatie door een bepaald type reiziger worden gesimuleerd. Hiervoor is het, zoals hiervoor al is beschreven, nodig om bij elk alternatief tot een totaalscore te komen. De scores voor de verschillende onderdelen die als invoer zijn gegeven moeten dus worden opgeteld. In deze paragraaf wordt eerst besproken wat er voor het optellen met de ingevoerde weerstandsscores moet gebeuren. Op welke manier de scores worden opgeteld wordt daarna uitgelegd.

standaardisatie weerstandsscores

De invoergegevens hebben als nadeel dat ze geen eenheid hebben. Ze zijn alleen relatief ten opzichte van de andere weerstanden van hetzelfde kenmerk. Om de weerstanden van verschillende kenmerken te kunnen vergelijken en op te kunnen tellen is het noodzakelijk dat ze eerst worden teruggebracht tot scores binnen een bepaalde bandbreedte. Dit gebeurt met de gewogen-som-methode die ook meestal bij multicriteria-evaluaties wordt gebruikt. Hierbij wordt per kenmerk elke weerstand gedeeld door de maximale weerstand. In figuur 4.1 staat de bijbehorende formule. De reden om op deze manier te standaardiseren wordt behandeld in bijlage V.b.

$$S'_{ic} = \frac{S_{ic}}{\max S_c}$$

S'_{ic} de gestandaardiseerdescore
S_{ic} de oorspronkelijkescore
$\max S_c$ de maximumscore op een criterium

figuur 4.1: formule van de standaardisatie volgens de gewogen-som-methode.

standaardisatie wegingsfaktoren

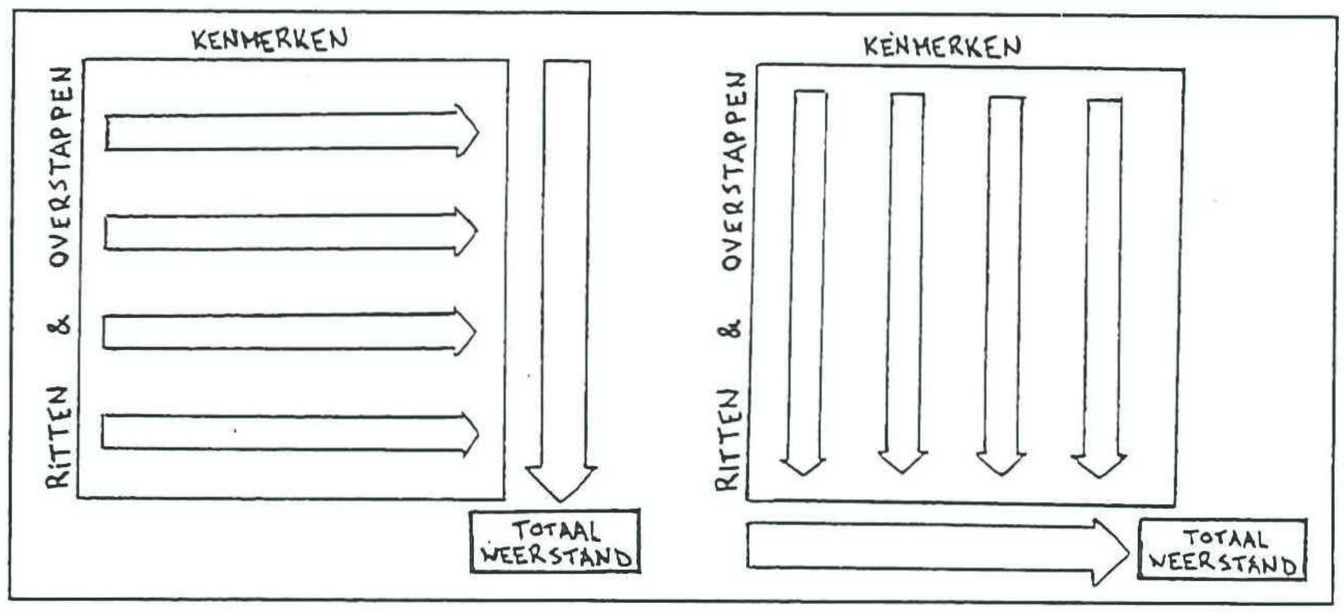
Om ervoor te zorgen dat de weerstanden van de routeonderdelen in de juiste verhouding invloed hebben op de totaalweerstand die met het model wordt uitgerekend moeten ze worden vermenigvuldigd met de wegingsfaktoren van de betreffende groep reizigers. Het is dus wel noodzakelijk dat de reizigers zo zijn ingedeeld dat ze zo homogeen mogelijke wegingsfaktoren hebben.
De wegingsfaktoren die in het model worden ingevoerd worden zo gestandaardiseerd dat de scores van de zeven kenmerken samen 1 zijn. Dit gebeurt om de uitkomsten van de verschillende groepen beter met elkaar te kunnen vergelijken. In bijlage V.b wordt ingegaan op het standaardiseren van de wegingsfaktoren.

Bij het testen ontstond het vermoeden dat bij de door de experts opgegeven wegingsfaktoren het verschil tussen de lage en hoge weerstanden te klein is. Om die reden is ervoor gezorgd dat de verhouding tussen de lage en de hoge scores gevarieerd kan worden. Dit gebeurt door alle weerstanden tot de macht *m* te nemen. Bij *m*=1 verandert er niets en bij een hogere score wordt het verschil tussen de wegingsfaktoren groter. In paragraaf 6.2 wordt het resultaat van deze correctie van de wegingssfaktoren verder besproken.

optellen

Voor het optellen van de ingevoerde weerstandsscores om tot een totaalweerstand per vervoerwijzecombinatie te komen zijn twee verschillende volgorden mogelijk:

- Eerst per rit of overstap de scores van de verschillende kenmerken optellen. Hiervoor moeten alle scores uiteraard wel eerst met een wegingsfaktor worden vermenigvuldigd om ervoor te zorgen dat de kosten, reistijd, comfort en de andere kenmerken in de juiste verhouding meetellen. Hierna worden de totaalweerstanden van de verschillende verplaatsingsonderdelen opgeteld tot de totaalweerstand van de gehele vervoerwijzecombinatie. Met deze volgorde kan van elke rit of overstap worden bekeken wat z'n totaalweerstand is. (zie ook figuur 4.2a)
- Beginnen met het per kenmerk optellen van de weerstandsscores. Dit levert tijdscore, kostenscore, comfortscore en andere scores voor de hele verplaatsing. Daarna wegen en vervolgens de weerstanden van de verschillende kenmerken optellen om tot de gevraagde totaalweerstand te komen. (zie ook figuur 4.2b)



figuur 4.2: mogelijke volgorden om tot een totaalweerstand te komen. a) weerstanden eerst optellen per rit en overstap daarna per kenmerk. b) eerst optellen tot kenmerkscore van de vervoerwijzecombinatie en daarna tot totaal.

Er is hier voor de tweede methode gekozen omdat dit beter aansluit bij het werken met zo homogeen mogelijke categorieën reizigers met bijbehorende wegingsfaktoren. Zo wordt zichtbaar voor welke reizigerscategorieën een vervoerwijzecombinatie mogelijkheden biedt. Een bijkomend voordeel is dat het minder rekenwerk geeft doordat niet elke ingevoerde weerstandsscore voor het optellen gewogen hoeft te worden.

In figuur 4.3 is dit optellen in formulevorm opgeschreven.

figuur 4.3: de formule die van de invoer de totaalweerstand van een vervoerwijzecombinatie berekent.

$$S_{tot} = \Sigma(W_k * \Sigma(S_{rk}))$$

met:

$S_{tot,a}$	=	totaalweerstand van een vervoerwijzecombinatie a
W_k	=	wegingsfakotor van kenmerk k
S_{rk}	=	weerstandsscore van routeonderdeel r voor kenmerk k

De totaalweerstand is weinig anders dan bijvoorbeeld een gegeneraliseerde reistijd (zie bijlage II.3). In dat geval moet de persoonlijke waardering voor de tijd altijd 1 zijn en waarna de andere wegingsfaktoren daaraan worden gerelateerd.
Bij veel huidige modellen telt wachttijd 3 maal zo zwaar mee als de rijtijd. 3 minuten wachten bij een halte telt dan als 9 minuten. In het bovenstaande schema worden dezelfde 9 minuten bijvoorbeeld opgesplitst in 3 minuten tijdweerstand, 3 minuten comfortweerstand, 1,5 minuut veiligheidweerstand en 1,5 minuut stiptheidweerstand.

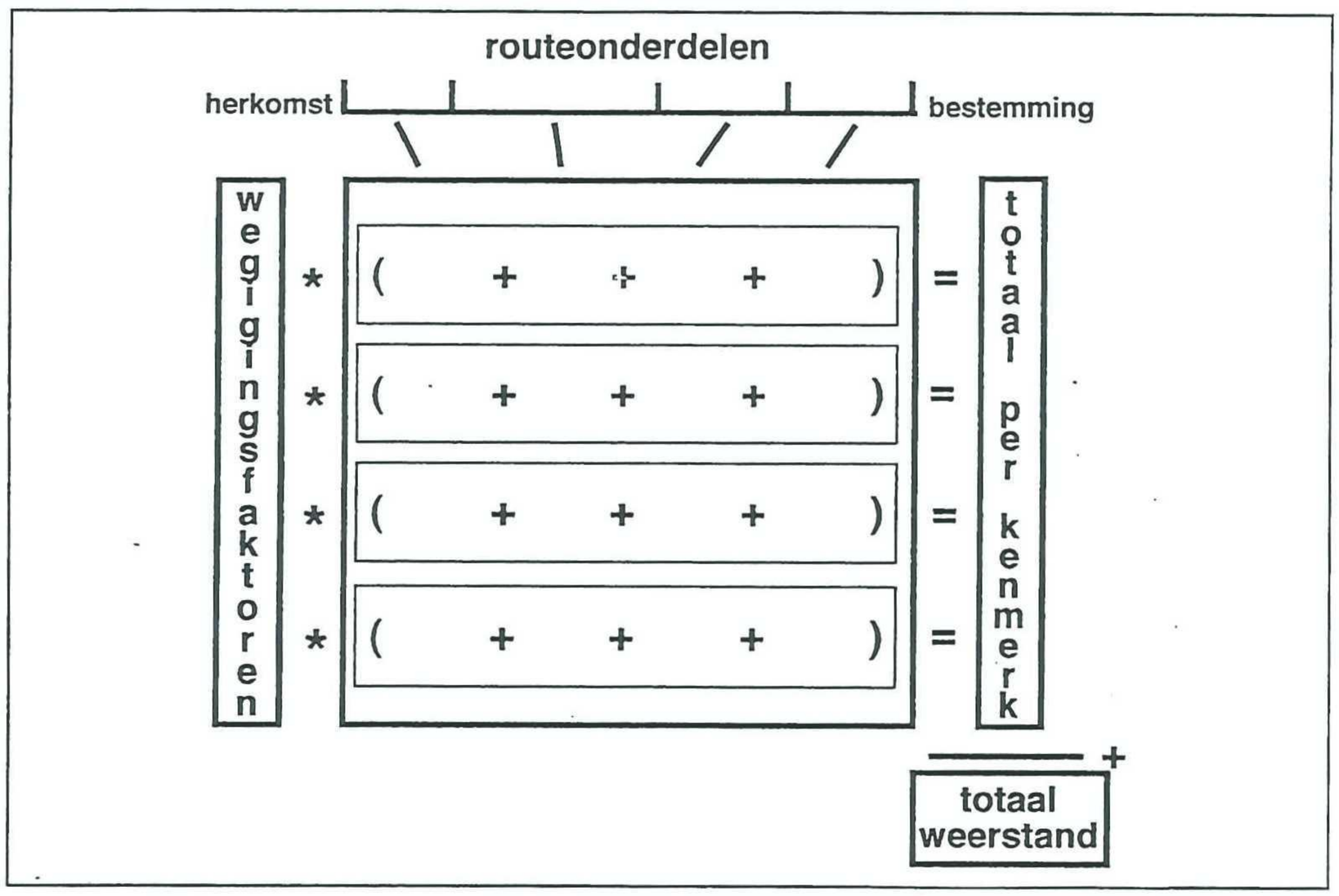
eenvoudig schema

Met de volgorde die volgt uit de vorige paragraaf vinden in het model per vervoerwijzecombinatie de volgende bewerkingen plaats:

1 weerstanden optellen per kenmerk
2 weging van de totaalscore per kenmerk
3 optellen gewogen kenmerktotalen
4 vergelijken met eindscores van de andere vervoerwijzecombinaties

Dit moet uitgebreider worden!

Dit leidt tot het volgende schema:



figuur 4.4: vereenvoudigde modelschema

In bijlage V.a staat een uitgebreider schema afgedrukt. Hierin staan ook bewerkingen van de invoerwaarden tot aan de gezochte totaalweerstanden. De bewerkingen die hier worden uitgevoerd lijken enigszins op een multicriteria evaluatie. Ook daar worden onvergelijkbare grootheden gewogen en vervolgens opgeteld. In bijlage V.d wordt een aantal problemen van multicriteria-evaluaties besproken die ook voor het hier ontwikkelde model relevant zijn.

4.6 implementatie en testen

Nu bekend is wat het model moet doen en hoe het dat moet doen komt de implementatie van het model; het programmeren van het computerprogramma. In bijlage VI staat de keuze tussen een aantal verschillende programma's beschreven. Er is gekozen voor het spreadsheet-programma Excel. Dat programma werkt met verschillende 'bladen' of 'sheets' waarop in tabelvorm berekeningen worden gemaakt. Elke blad is eenvoudig op het scherm te krijgen. Het programma is op te delen in drie onderdelen

1 Het eerste deel berekent uit de gegevens van de experts de gemiddelde weerstanden. Voor elk kenmerk is er één sheet. Naast het gemiddelde wordt ook de afwijking van elke expert en de gemiddelde afwijking hier berekend. Deze waarden zijn in paragraaf 6.1 gebruikt om de kwaliteit en de consistentie van de invoerwaarden te controleren.
2 Het belangrijkste is het tweede deel; het model zelf. Dit voert de werkelijke berekeningen uit om van de invoer tot de keuze van het beste alternatief te komen. De bewerkingen zijn in drie onderdelen te splitsen; weging van de ingevoerde weerstandsscores, optellen om tot de totaalscores voor de verschillende vervoerwijzecombinaties te komen en het in een aantal stadia corrigeren van de waarden van de berekening. Dit laatste gebeurt om de resultaten te verbeteren. In bijlage VI wordt elke rekenstap in het geïmplementeerde model afzonderlijk besproken.
3 Het testen. De laatste bladen van het programma hebben niets met de berekeningen te maken. Hier zijn de resultaten van de belangrijkste testen neergezet.

Tijdens en na het implementeren is een aantal testen uitgevoerd. Het ging hierbij om de volgende vragen:

- Staat er in het programma precies wat er in hoort te staan? Het is namelijk zeer goed mogelijk dat er typefouten en andere slordigheden staan in de formules en andere bewerkingen.
- Zitten er geen denkfouten in de modelstructuur? Het is mogelijk dat de handelingen die het model verricht niet de juiste resultaten geven. Met juiste resultaten wordt bedoeld dat de modeluitkomsten overeenkomen met de keuzes die bij de expertraadpleging werden gemaakt. Hierbij gaat het om de gewenste stappen in de berekeningen en niet de gewenste effecten van bepaalde maatregelen.
- Kloppen de modeluitkomsten met de uitkomsten die verwacht werden naar aanleiding van de antwoorden die de experts bij de controlevragen hebben gegeven? Bij afwijkingen moet worden gezocht naar de oorzaak. Met deze testen zijn de meest optimale waarden van een aantal parameters bepaald. In paragraaf 6.2 is dit beschreven. Ook is onderzocht of maatmaatregelen waarvan de experts aangaven dat ze de vervoerwijzekeuze sterk beïnvloeden ook met het model veel effect hebben. Zie paragraaf 7.2 en bijlage IX.c)

Het testen van de eerste twee punten is gebeurd door te werken met bijzondere invoerwaarden, bijvoorbeeld heel veel nullen en te kijken of de uitkomsten overeenkomen met de verwachtingen. De fouten die op deze wijze, vaak al tijdens de implementatie zijn ontdekt zijn verbeterd. Hier wordt verder niet meer op ingegaan.

presentatie van de resultaten

Een belangrijke doelstelling van het model is het inzichtelijk presenteren van de weerstanden die bij de verschillende kenmerken en routeonderdelen worden berekend. Hoewel dit een onderdeel van de implementatie is wordt het besproken in hoofdstuk 7. Daar worden die presentatie methoden gebruikt bij het zoeken naar de huidige knelpunten en het onderzoeken van de effectiviteit van mogelijke maatregelen.

4.7 mogelijkheden en beperkingen

De hier beschreven methode is betrekkelijk beperkt. Het is geen model dat van een heel gebied het gebruik van de verschillende vervoerwijzen berekent. Er wordt alleen naar een verplaatsing tussen één herkomst-bestemmingspaar gekeken. Ook van deze verbinding levert het geen nauwkeurige cijfers over de verandering van de modal split. Dit zou binnen het tijdsbestek ondoenlijk zijn geweest. Dit model is wel geschikt om de richting van veranderingen aan te geven of om de gevolgen te berekenen uitgaande van bepaalde waarden en bekende of geschatte gewichten. Verder is het model geschikt om de berekende effecten van verschillende mogelijke maatregelen te vergelijken. Behalve de totaalweerstand wordt van de in het model meegenomen vervoerwijzecombinaties ook de weerstandsscore per kenmerk bekeken.

Een groot voordeel van dit model is dat zowel het resultaat van verbeteringen en andere ingrepen in het vervoersysteem als veranderingen van de houding (attitude) van mensen ten opzichte van bepaalde punten kan worden gemodelleerd. Wat is het effect van een verhoging van de benzineprijs gecombineerd met een postbus 51 spotje dat mensen milieubewuster probeert te maken?

Dit model bekijkt alleen de verandering van de vervoerwijzekeuze van bestaande verplaatsingen. Op langere termijn zorgen kwaliteitsverbeteringen voor veranderingen in voertuigbezit, woonplaatskeuze en lokatie van arbeidsplaatsen en op die manier weer voor modal-splitveranderingen. Naar dit soort indirekte effecten wordt verder niet gekeken.

beperkingen

Bij de ontwikkeling van het model kwam een aantal problemen en beperkingen aan het licht. Deze zijn hier op een rijtje gezet:

- Via een kwaliteitsverandering op de bestudeerde verplaatsing worden alleen de gevolgen van een ingreep op de verkeersstromen bepaald. Dit is dus geen geschikte methode om de kosten en baten te vergelijken. Het zou dan ook nodig zijn om te weten wat de kosten van een ingreep zijn. Vervolgens moeten de baten van de berekende modal-splitverandering worden bepaald. Dit zijn echter alleen de baten voor de reizigers op de bestudeerde verbinding. Hiernaast zijn er ook nog baten voor andere reizigers, de maatschappij en de omgeving.
- De weerstandsscores van een aantal kenmerken zijn haast niet te meten. De vraag hoe comfortabel iets is, is moeilijk te beantwoorden en de antwoorden die je krijgt zullen erg persoonlijk zijn. De verkregen weerstanden van verschillende onderdelen voor de verschillende kenmerken zullen dus niet altijd even hard zijn.
- Een kenmerk bestaat uit verschillende onderdelen. Dit maakt het zeer moeilijk om de juiste wegingsfaktor te vinden voor dit kenmerk. Bij comfort zijn bijvoorbeeld zowel beschutting als te leveren inspanning ondergebracht. Het is nu best mogelijk dat iemand (of een hele categorie reizigers) wel waarde hecht aan beschutting maar inspanning niet als een probleem ervaart.
- Een bepaalde weerstand kan soms aan verschillende routeonderdelen worden toegekend. Onbetrouwbare treintijden kunnen zorgen voor een slechte score voor het onderdeel trein. Het is echter ook mogelijk dat dezelfde ergernis zorgt voor een slechte score voor het overstappen en dat het moment waarop de treinrit plaatsvindt geen invloed heeft op de weerstandsscores van de treinrit zelf.
- Bij een lange verplaatsing zijn er erg veel theoretische combinaties mogelijk. Om werk te besparen zal hier vooraf al een selectie uit gemaakt moeten worden. Bij de selectie moet er ook voor gezorgd worden dat de alternatieven die overblijven voldoende van elkaar verschillen.

Het zal vaak voorkomen dat er bij een vervoerwijzecombinatie meerdere voor de hand liggende varianten zijn. Ze kunnen gebruik maken van verschillende routes en overstappunten. Bij die varianten horen dan verschillende loopafstanden, reistijden en ander kenmerken. In bijlage V wordt een manier beschreven om hier rekening mee te houden door steeds de slechtste varianten af te laten vallen. Het is ook mogelijk om met het model eerst te kiezen tussen de verschillende varianten van één vervoerwijzecombinatie. Pas daarna moet dan gekozen worden tussen de verschillende combinaties. Deze methode is hier niet verder uitgewerkt.

5 invoergegevens

Een model doet niets anders dan het bewerken van de ingevoerde data. Zonder de juiste invoergegevens is het dus niet mogelijk tot zinnige resultaten te komen. In dit hoofdstuk wordt op die invoer ingegaan. Het ontwikkelde model is bepalend voor de gegevens die noodzakelijk zijn als invoer. Er is tijdens het ontwikkelen van het model echter wel al enigszins rekening gehouden met de beschikbaarheid van gegevens.

In de volgende paragraaf wordt nog eens op een rijtje gezet wat het model als invoer nodig heeft. In paragraaf 5.3 worden mogelijke informatiebronnen besproken. De keuze tussen een enquête en een expertraadpleging om aan de benodigde informatie te komen is beschreven in paragraaf 5.4. Het werd de raadpleging. Op de te stellen vragen en de manier waarop ze moeten worden gesteld wordt ingegaan in bijlage IIV. In die bijlage is ook ingegaan op de resultaten van de raadpleging.

5.1 benodigde informatie voor het model

De benodigde invoer van het model is op te splitsen in de volgende drie onderdelen:

- **wegingsfaktoren**. Van elke onderscheiden reizigerscategorie moet bekend zijn wat de bijbehorende wegingsfaktoren voor de verschillende kenmerken zijn. Bij het bepalen van de wegingsfaktoren is het belangrijk dat uitgegaan wordt van gelijke weerstanden voor de verschillende kenmerken. Dit om te voorkomen dat een kenmerk een zwaardere wegingsfaktor krijgt omdat een alternatief slecht scoort op dit punt.
- **weerstandsscores**. Van alle routeonderdelen, dus zowel de ritten als de overstappen, die onderdeel zijn van één van de meegenomen vervoerwijzecombinaties moeten de scores voor de verschillende kenmerken bekend zijn. Het gaat hierbij om de 7 kenmerken uit paragraaf 3.2. Vaak zullen er voor een zelfde vervoerwijze tussen twee overstappen meerdere mogelijke routes te volgen zijn. De weerstanden van het maatgevende route-alternatief, dus meestal degene met de laagste weerstanden, moeten bekend zijn. Het bepalen van de weerstandsscores levert vrij veel problemen op. Die problemen en de wijze waarop ze in dit projekt zijn opgelost of omzeild komen in de paragraaf hieronder aan bod.
- **cijfers over de werkelijke keuze**. Het model bevat een aantal parameters en constanten. De optimale waarden hiervan moeten door middel van schatten of kalibreren worden bepaald. Als het model eenmaal het teststadium voorbij is en werkelijk gebruikt wordt om de effectiviteit van maatregelen te meten dan blijven ze in principe constant. Door veranderende omstandigheden en gewoonten zal wel altijd in de gaten gehouden moeten worden of ze nog wel voldoen. Een probleem bij cijfers over de keuze van de fiets als vervoermiddel is dat fietstellingen in het algemeen is dat ze een zeer grote spreiding vertonen. Tussen tellingen van verschillende maanden of dagen zit vaak zo'n 30% verschil (DHV 1992). De reden hiervoor is dat de aantrekkelijkheid van de fiets sterk afhankelijk is van de schommelende weersomstandigheden als regen, temperatuur en wind. Ook de tijd dat het licht is, is van invloed.

Om te controleren of de resultaten van het model overeenkomen met de werkelijkheid en om inzicht te krijgen in eventuele minimale waarden waar onderdelen van een vervoerwijzecombinatie aan moet voldoen is het zinvol om te weten wat er moet veranderen voor dat de ondervraagde persoon een andere route kiest. Deze kenmerken of veranderingen moeten ook in het model een grote invloed op de keuze hebben.

Vaak zal het de bedoeling zijn de modeluitkomsten te gebruiken om iets te weten te komen over de effecten van maatregelen in het algemeen of in elk geval voor een groter gebied dan die ene herkomst-bestemmingscombinatie. Het moet dan bekend zijn hoe de onderzochte groep reizigers en de verplaatsing zich verhouden tot de algemene situatie in het onderzochte gebied. Het model moet geschikt zijn om maatregelen te toetsen die de fiets- en de openbaar-vervoerverplaatsingen verbeteren.

5.2 bepalen weerstandsscores

Een methode om aan de benodigde weerstandsscores voor de verschillende kenmerken te komen is het direkt vragen aan reizigers hoe zij de weerstanden per onderdeel en per kenmerk ervaren. Dit zal, en dit bleek ook bij de expertsraadpleging, in een aantal gevallen vrij wisselende en dus onnauwkeurige antwoorden opleveren. Deze fout zal in de praktijk echter in veel gevallen worden afgezwakt doordat de nauwkeuriger vast te stellen waarden voor reistijd en kosten zwaarder worden meegenomen dan de overige kenmerken. Dit houdt uiteraard ook in dat in specifieke gevallen waar onnauwkeurige weerstanden een grote wegingsfaktor hebben de fout veel groter dan is gemiddeld.

Het zoeken naar de scores levert verder nog de volgende problemen op:

- Bij het huidige schema van de mogelijke vervoerwijzecombinaties gaat het om een enkele verplaatsing van een herkomst naar een bestemming. Dit levert als probleem op dat als kostenweerstand van een rit vaak de helft van een de prijs van een retourtje zal moeten worden genomen. Het is ook mogelijk om wel uit te gaan van een heen- en een terugreis. In dat geval moet of het aantal overstappen en ritten in het schema en het model worden verdubbeld of bij elke rit moet de som van de weerstanden van de heen- en de terugreis worden ingevoerd. Het huidige schema met de enkele reis verdient de voorkeur omdat de heen- en terugreis vaak niet hetzelfde zullen zijn terwijl de meeste weerstanden die voor een hele tour gelden, zoals stallingskosten en prijs retourtje, vrij eenvoudig door twee te delen zijn. Er moet wel rekening mee worden gehouden dat de terugreis de vervoerwijzekeuze bij de heenreis kan beïnvloeden. Dit geldt ook omgekeerd.
- Er is vaak een verschil tussen de werkelijke, objectieve waarde en de door de reiziger ervaren, subjectieve waarde. Dit verschil is heel duidelijk aanwezig bij veiligheid. Sommige punten zijn in werkelijkheid veiliger dan een verkeersdeelnemer ervaart of omgekeerd. Dat iemand een iets onveiliger ervaart dan het in werkelijk is, is niet hetzelfde als een zwaardere weging; dezelfde persoon kan een ander gevaarlijk punt over het hoofd zien.
  Omdat dit projekt gaat over de vervoerwijzekeuze door de reiziger is hier de ervaren weerstandsscore gevraagd.
- Een mogelijk probleem bij de scores voor reistijd is dat iemand die veel waarde aan tijd hecht gemiddeld harder loopt, fietst of auto rijdt, zodat zo'n persoon een lagere reistijd heeft op de ritten. Dit zorgt vervolgens voor een hoger aandeel van de individuele vervoerwijzen. Een zelfde probleem bestaat bij betrouwbaarheid; door extra onderhoud is er voor te zorgen dat een fietsrit betrouwbaarder wordt. Wie hier relatief veel waarde aan hecht zal dus ook een lagere betrouwbaarheidsweerstand hebben. Mogelijk wordt zo'n afwijking grotendeels teniet gedaan doordat bij het bepalen van de juiste parameters hier impliciet rekening mee wordt gehouden. Dit zou verder onderzocht kunnen worden.
- Bij het optellen van de scores om tot een totaalscore te komen kunnen problemen ontstaan als er combinaties met verschillende aantallen overstappen en ritten zijn zoals het geval is bij de combinatie van fiets en collectief openbaar vervoer tot aan de deur. Dit maakt het extra belangrijk dat de 'rapportcijfers' per kenmerk over alle overstappen en ritten tegelijk worden bepaald en in de goede verhouding ten opzichte

van elkaar staan. Dit kan grote problemen opleveren; hoe verhoudt zich de comfortweerstand van het wachten bij een halte zich tot de comfortweerstand van een rit over een nieuw, vlak fietspad? Hoe verhoudt de comfortweerstand van 3 minuten op een zitplaats wachten zich tot die van 12 minuten wachten op een zitplaats? Vanwege dit probleem zal het aantal alternatieven, overstappen en ritten beperkt moeten blijven.

Het is vaak moeilijk om een grens aan te geven tussen sommige kenmerken. Bijvoorbeeld betrouwbaarheid en comfort; wordt wachten niet als oncomfortabel ervaren vanwege de onzekerheid (= onbetrouwbaarheid)?

5.3 informatiebronnen

Een deel van de benodigde informatie is makkelijker te verkrijgen dan een ander deel. Wat voor problemen kan zorgen is dat informatie compleet moet zijn. Je hebt weinig aan uitgebreide informatie over de eerste helft van een route als van het tweede deel niets bekend is. Als verschillende vervoerwijzen worden vergeleken moet bepaalde informatie van elk alternatief bekend zijn. Dit houdt ook in dat van verschillende alternatieven dezelfde informatie bekend moet zijn omdat er anders appels met peren worden vergeleken.
Hier worden een aantal mogelijke bronnen besproken die bruikbare gegevens kunnen leveren. Uiteindelijk bleek dat bij geen van die bronnen de benodigde weerstanden en waarderingen al bekend zijn. Het is echter nog wel interessant om van de te bestuderen voorbeeldroute de werkelijke model split te weten.

OVG
De gegevens van het Onderzoek Verplaatsings Gedrag zouden informatie kunnen geven over de keuze van mensen in bepaalde bestaande situaties. Van een verplaatsingsketen zijn de verschillende vervoerwijzen en de herkomst en bestemming bekend. Het is voor dit projekt echter een groot probleem dat niet bekend is wat de opstapstations van de verschillende vervoerwijzen zijn. Een ander probleem is dat er geen informatie is over de kenmerken die hier worden onderscheiden.

NS, afdeling MRO
Voor veel stations heeft de NS precieze data met daarin onder meer herkomst, bestemming, overstapstation, vervoermiddel voortransport, uitstapstation, vervoermiddel natransport. In cycli van een aantal jaren worden alle NS-stations in Nederland geënquêteerd. Gegevens over andere vervoerwijzen, in gevallen dat ze niet als voor- of natransportmiddel van de trein fungeren, ontbreken hier uiteraard. (BGC 1995) Met deze informatie kan van een relatie niets gezegd worden over de reizigers die geen gebruik maken van de trein. Een ander probleem is dat lang niet alle informatie die ze hebben openbaar is en beschikbaar voor dit projekt.

ITS
Het Instituut voor Toegepaste Sociologie heeft veel onderzoek gedaan naar het verplaatsingsgedrag van reizigers. Ook van enquêtes en tellingen die ze niet zelf hebben uitgevoerd zullen ze meestal het bestaan wel weten. Hoewel ze op dit moment wel met iets soortgelijks bezig zijn als dit projekt hebben ze geen informatie over de kenmerken die hier gebruikt worden.

overheden
gemeenten, provincies en de verschillende afdelingen van Rijkswaterstaat hebben eigen tellingen voor de gebieden waar ze over gaan. Veel gemeentes hebben eigen vervoerscoördinatoren. Het is hun taak om te proberen de gewenste verschuiving van de modal split te bewerkstelligen. Voor nader eigen onderzoek is het handig dat ze veel contacten met grote bedrijven binnen hun gebied. Er is geen informatie beschikbaar over

verplaatsingen tussen een zeer klein herkomst en bestemmingsgebied zoals dat in dit projekt noodzakelijk is. Een ander probleem is dat er geen informatie beschikbaar is die bruikbaar is bij de hier gemaakte indeling van de weerstand in zeven kenmerken.

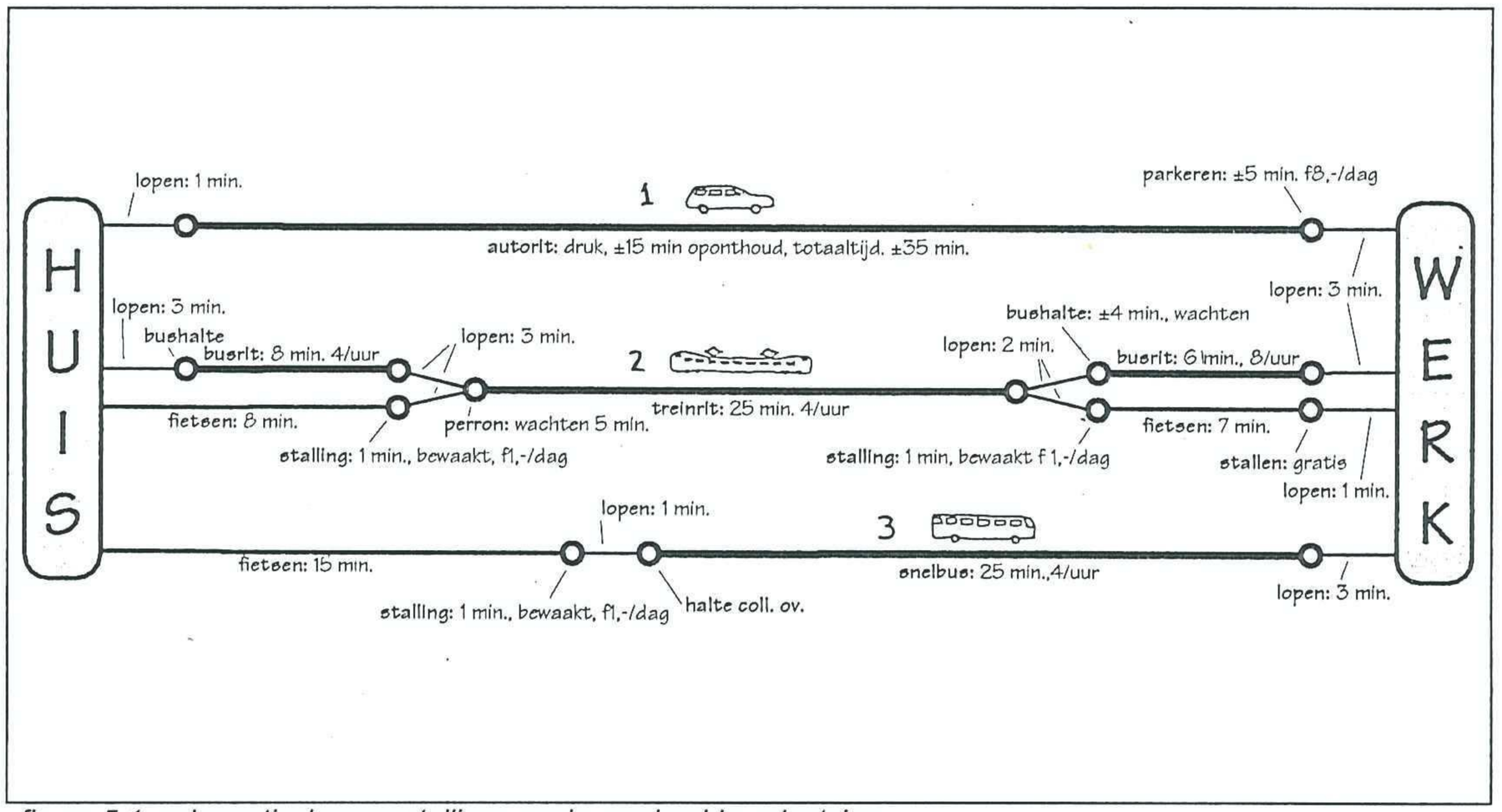
ingenieursbureaus
Bij onderzoek naar de verkeerssituatie in een bepaald gebied worden vaak ingenieursbureau's ingezet. Ook zijn ze vaak bezig met eigen verkeersmodellen. Het is mogelijk dat ze daar soortgelijke informatie voor hebben verzameld.
Mu-consult gaat zich bezig houden met het modelleren van het keuzeproces van de reiziger. Hierbij zal naast de gebruikelijke reistijd en kosten ook, net als in dit projekt, naar meerdere kenmerken gekeken worden. Ze weten vrij zeker dat de voor dit projekt gezochte gegevens nog niet bekend zijn.

5.4 enquête of raadpleging

Omdat bleek dat de benodigde gegevens nog nergens bekend zijn is gekeken naar mogelijkheden om ze zelf te verkrijgen. Er zijn twee mogelijkheden om de benodigde ervaren weerstanden en waarderingen te verkrijgen:

- De eerste mogelijkheid is een enquête onder reizigers op een bepaalde relatie. Deze relatie moet dan wel voldoen aan een aantal andere eisen zoals een goede afstand en de mogelijkheid om van verschillende vervoerwijzen gebruik te maken. Het doel van de enquête is uit te vinden welke vervoerwijzecombinaties de geselecteerde reizigers gebruiken en hoe ze zelf de weerstanden van verschillende onderdelen van de verplaatsing ervaren. Hiernaast moet gevraagd worden welke gewichten ze in het algemeen bij een verplaatsing aan de verschillende kenmerken geven. Hier gaat het dus niet om de hier gemaakte verplaatsing.
  Het nadeel van een enquête is dat van elk alternatief een vrij groot aantal formulieren moet zijn ingevuld voordat de gegevens voldoende betrouwbare resultaten geven. Het vormt een probleem om voldoende mensen te vinden die dezelfde verplaatsing maken en een ander probleem is dat een voldoende uitgebreide enquête in het tijdbestek van dit projekt niet mogelijk is.
- Een alternatief voor een enquête is het raadplegen van experts. Ongeveer dezelfde vragen die in een enquête zouden zijn gesteld worden dan gesteld aan een aantal personen die in het vakgebied van de vervoerwijzekeuze werkzaam zijn. Zij moeten niet hun eigen mening geven maar de weerstanden en gewichten zoals de gemiddelde reiziger die ervaart proberen te voorspellen. Die experts zullen niet exact dezelfde antwoorden geven maar met het gemiddelde van een aantal geraadpleegde personen geeft het een goede indicatie van werkelijk ervaren weerstanden.

Er is voor gekozen om met experts te werken omdat het vergeleken met het zoeken van de benodigde personen voor een enquête het eenvoudiger is om aan de TU en eventueel in de direkte omgeving voldoende bereidwillige experts te vinden. Ook het afnemen van voldoende enquêtes kost te veel tijd. Verder is het eenvoudiger om experts duidelijk te maken waar het om gaat en ze de juiste antwoorden op de vragen te laten geven. In bijlage VII worden de voorbeeldverplaatsing en de gestelde vragen besproken en staan de acht geraadpleegde experts kort beschreven. Er is daar ook een stukje over het verloop van de raadpleging afgedrukt. In figuur 5.1 op de volgende pagina is wel al de schematische beschrijving van de voorbeeldverplaatsing afgedrukt.



figuur 5.1: schematische voorstelling van de voorbeeldverplaatsing.

5.5 resultaten raadpleging

De expertraadpleging leverde de volgende gegevens op:

- **weerstandsscores voor de routeonderdelen**. De experts hebben per kenmerk en van elk routeonderdeel voor de gemiddelde reiziger geldende weerstandsscores gegeven. Hiervan worden in model de gemiddelde scores van de acht experts gebruikt.
- **wegingssets van de experts**. Elk expert heeft zowel voor een algemene als voor een specifieke woon-werk verplaatsing een voor zichzelf geldende set wegingsfaktoren voor de zeven kenmerken gegeven.
- **lijst met effectieve maatregelen**. Ter controle van de modeluitkomsten is gevraagd welke maatregelen veel invloed zullen hebben op de vervoerwijzekeuze van zichzelf of van de gemiddelde reiziger. Hierbij is zowel gevraagd naar push- als naar pullmaatregelen. Dit leverde redelijk wat verschillende antwoorden op (zie paragraaf 7.3).

6 schatten van het model

Na het implementeren en testen is het model gekalibreerd. Hierbij zijn de optimale waarden van de parameters bepaald. In dit hoofdstuk worden die testen die hiervoor zijn gedaan en de resultaten die dit opleverde één voor één beschreven. Zowel in dit hoofdstuk als tijdens het testen zelf is voor de verschillende onderdelen de volgorde aangehouden waarin ze in het model voorkomen. Er heeft wel altijd een terugkoppeling plaatsgevonden zodat de testen zijn uitgevoerd met de optimale waarden voor de andere coëfficiënten. Zo is eerst met geschatte waarden voor de correctiefaktoren *c* en *h*, respectievelijk 0,2 en 5, geëxperimenteerd met verschillende waarden voor m. Nadat hiervoor een optimum was vastgesteld zijn met deze *m* de waarden voor *c* en *h* waarmee het model de beste uitkomsten lijkt te geven bepaald. Tot slot is met de gevonden waarden gekeken of de eerder gevonden *m* nog optimaal is. Dit bleek zo te zijn.

Na een beschrijving van de testen volgt aan het eind van dit hoofdstuk een conclusie. Hierin wordt ingegaan op de mogelijkheden die dit model heeft en op de punten waarop nog verder onderzoek en verbeteringen nodig zijn.

6.1 selecteren en verbeteren invoerwaarden

De 'expertraadpleging' leverde een grote hoeveelheid gegevens op. Hiermee is het ontwikkelde vervoerwijzekeuzemodel getest. De gegevens zijn niet altijd direkt geschikt om te gebruiken. In deze paragraaf staat beschreven op welke wijze de verkregen data wel, of juist niet, zijn aangepast voor ze in het model zijn gebruikt.

uitrekken opgegeven weerstanden

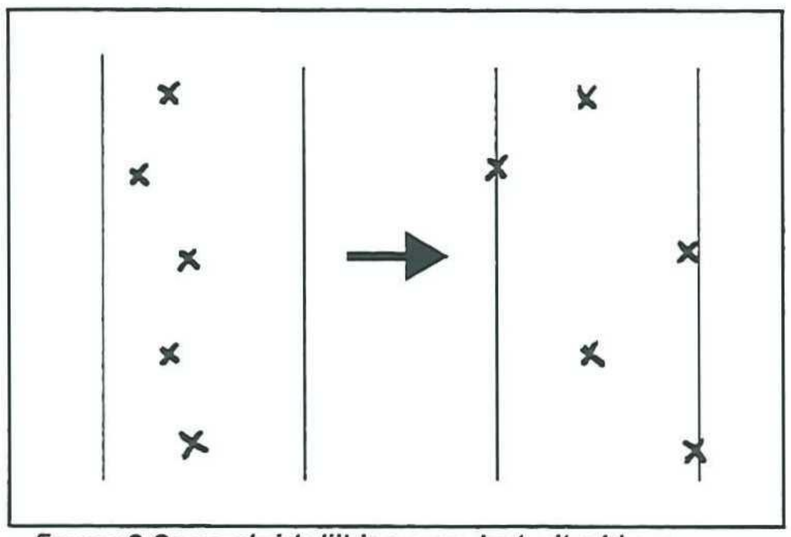
Het was de bedoeling dat de experts bij elk kenmerk de weerstanden tussen 0 en 10 zouden laten lopen. Dit is lang niet door iedereen consequent gedaan. Om hier rekening mee te houden is het mogelijk om de opgeven weerstanden zo uit te rekken dat ze allemaal met gelijk blijvende verhoudingen exact tussen de 0 en de 10 komen te liggen. Dit is in het rechter figuur hieronder (6.2) schematisch weergegeven. De formule die hiervoor gebruikt is staat in het linker figuur.

$S'_{ik} = (S_{ik}-S_{min,k})/(S_{max,k}-S_{min,k})$.

met:

S_{ik}	=	oorspronkelijke weerstand bij onderdeel *i* en kenmerk *k*
S'_{ik}	=	uitgerekte weerstand bij onderdeel *i* en kenmerk *k*
$S_{min,k}$	=	minimale weerstand bij kenmerk *k*
$S_{min,k}$	=	maximale weerstand bij kenmerk *k*

figuur 6.1: formule voor uitrekken weerstandsscores



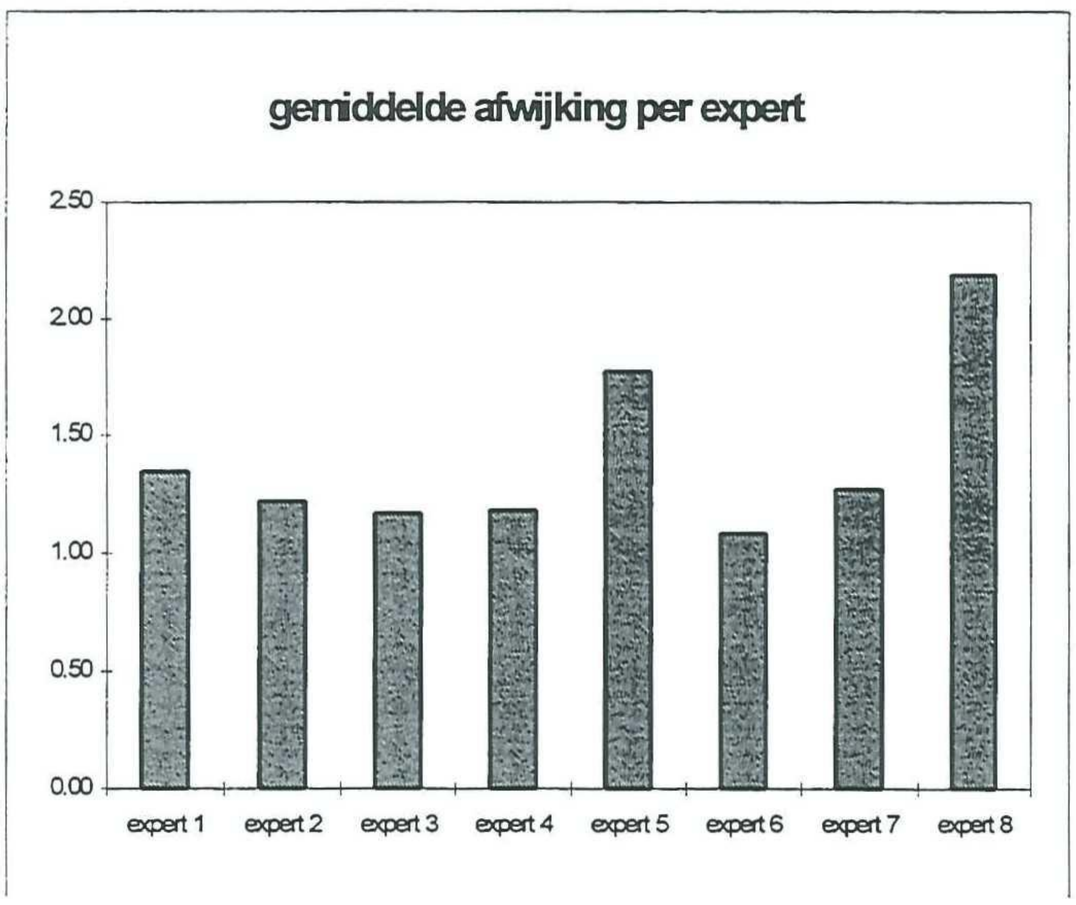
figuur 6.2: verduidelijking van het uitrekken van de scores tot waarden tussen een bandbreedte

De verwachting was dat dit tot betere resultaten zou leiden. De weerstanden die dit oplevert blijken echter een grotere gemiddelde afwijking van het gemiddelde te hebben; zonder correctie 1,53 ten opzichte van 1,63 met correctie. Hierbij is de afwijking het verschil tussen de weerstandsscore die één expert gaf bij een routeonderdeel en het gemiddelde van de

weerstandsscores van de 8 experts bij dat onderdeel. De hier gebruikte gemiddelde afwijking is het gemiddelde van de afwijkingen van alle experts. Bij de rest van de testen zijn daarom de oorspronkelijke weerstanden gebruikt.
Waarschijnlijk zijn de resultaten wel te verbeteren door de weerstanden van sommige experts wel uit te rekken en van die van andere niet. Dit is niet gedaan omdat dan bekend zou moeten zijn welke expert wel en welke niet op de juiste manier heeft geantwoord. Dit valt niet altijd uit de antwoorden op te maken. Een andere reden waarom dit niet is geprobeerd is dat er in dit projekt als opgelegde beperking alleen met algemeen geldende coëfficiënten is gewerkt.

weglaten onbetrouwbare gegevens

Om een indruk te krijgen van de betrouwbaarheid van elke expert is onderzocht of de gegevens van een bepaalde experts een grotere gemiddelde afwijking van het gemiddelde hebben dan die van de andere. De gegevens zijn verkregen door middel van het raadplegen van slechts acht experts en is geen enquête bij een voldoende grote groep 'echte' reizigers. Statistische rekenregels zijn daarom niet geschikt om iets te zeggen over de nauwkeurigheid van de uitkomsten. Er moet maar op worden vertrouwd dat de experts het weten. De weerstanden van één geraadpleegde expert wijken echter aanzienlijk meer af van de gemiddelde scores dan die van de overige experts (zie figuur 6.3).



figuur 6.3: de gemiddelde afwijkingen van de gemiddelde weerstanden met alle experts.

Tijdens het beantwoorden van de vragen leek het er al op dat deze persoon vaak zijn eigen mening gaf over de weerstanden van de routeonderdelen in plaats van de mening van de gemiddelde reiziger.
Indien de weerstandsscores van deze expert buiten de berekeningen worden gehouden daalt de gemiddelde afwijking van 1,53 naar 1,37. Voor deze 'slechte' expert komt nu echter wel weer een nieuwe in de plaats wiens weerstanden ongeveer evenveel afwijken van de rest. Het weglaten van zijn weerstanden zorgt voor een verlaging van de gemiddelde afwijking van 1,37 naar 1,21 (zie figuur 6.4).

figuur 6.4: gemiddelde afwijkingen van de gemiddelde weerstanden indien expert 8 niet is meegenomen.

Er is vervolgens onderzocht wat de uitkomsten van het model zijn als de weerstanden van de afwijkende expert zijn weggelaten. Dit leverde de volgende resultaten:

- Het totaal aantal goede keuzes is bij de tabel met en zonder de afwijkende expert ongeveer even groot; 30,5 om 31.
- Bij de twee varianten waar de weerstandsscores tijdafhankelijk zijn gecorrigeerd worden de resultaten zelfs iets slechter. Dit is een groot nadeel omdat de op deze wijze gecorrigeerde scores normaal de beste uitkomsten lijken te geven.

Aan het weglaten van de weerstanden van de meest afwijkende expert kleven verder nog twee nadelen:

- Het aantal overgebleven scores daalt. Dit vermindert de betrouwbaarheid van de raadpleging.
- Bij het raadplegen van experts in plaats van het houden van een voldoende grote enquête wordt aangenomen dat zij het wel weten. Het is dan vreemd om de antwoorden van een persoon weg te laten omdat zij afwijken van de antwoorden van een klein aantal anderen.

Omdat het weglaten van de weerstandsscores van de expert met de grootste afwijking geen voordelen en wel nadelen blijkt te hebben is besloten om het niet te doen.

overige onnauwkeurigheden

Verschillen tussen de door de experts gegeven weerstanden kunnen ook een gevolg zijn van door het anders interpreteren van de grens tussen de routeonderdelen. Een voorbeeld hiervan is dat een onbetrouwbare aankomst- en vertrektijd van een trein vaak als weerstand bij het trein-onderdeel wordt meegenomen, maar dat deze weerstand door anderen als onderdeel van het overstappen wordt gezien. Dit probleem is minder groot dan het lijkt omdat de totaalweerstand van een vervoerwijzecombinatie er niet door hoeft te veranderen. Het heeft wel als nadeel dat dit het inzicht in de problemen vertroebelt doordat zo minder duidelijk is waar de problemen zich bevinden en waar ze door veroorzaakt worden.
Verdere verschillen tussen de door de experts gegeven weerstanden komen door verschillen van mening tussen de experts en onnauwkeurigheid.

6.2 bepalen invloed en optimale waarde van constanten

In het model zitten een aantal constanten die invloed hebben op de hoogte van de verschillende totaalweerstanden. Daarom is onderzocht wat bij de beschikbare invoer de meest geschikte waarden voor die constanten zijn. Als graadmeter om de kwaliteit van de antwoorden te meten is gekeken naar het aantal goede antwoorden. Hierbij is een antwoord goed als in een bepaald geval de keuze van het model met de wegingsfaktoren van een

expert gelijk is aan de bij de raadpleging opgegeven keuze van diezelfde expert. Er is aangenomen dat de waarden van de constanten voor alle kenmerken, wegingsfaktoren of weerstanden gelijk blijven. Door coëfficiënten voor verschillende onderdelen te variëren valt misschien wel tot betere resultaten te komen maar het was hier de bedoeling om alleen met algemeen geldende waarden te werken.

wisselende *m* bij de wegingsfaktoren.
De verwachting bestond dat in de opgegeven wegingssets de verschillen tussen de hoge en de lage wegingsfaktoren te klein zijn. Dit omdat kenmerken waarvan tijdens de raadpleging een expert zei dat ze erg onbelangrijk waren bijvoorbeeld een 3 kregen terwijl de belangrijkste kenmerken een 8 kregen. Het verschil hiertussen is nog geen faktor 3 en dat lijkt weinig. Om te onderzoeken of dit verschil groter moet zijn, zijn de wegingsfaktoren in het model tot een bepaalde macht, m, genomen. Naast *m*=1 (dus de oorspronkelijke waarde) zijn de waarden *m*=1,5 en *m*=2 geprobeerd. De volledige uitkomsten hiervan staan in figuur VIII.2 in bijlage VIII.b. In de tabel hieronder (figuur 6.5) zijn de belangrijkste resultaten samengevat. Bij een hogere *m* verslechterde de uitkomsten, al was het verschil vrij klein. Dit geldt zowel voor de waarden van *c* en *h* waarmee het testen begonnen is, respectievelijk 0,2 en 5, als met de waarden die bij andere testen de beste resultaten bleken te geven.

aantal goede antwoorden:			
	m=1	*m*=1,5	*m*=2
tijdonafhankelijk	3	2,5	2,5
lineair (*c*=0,2)	11	11	11
omgekeerd exp. (*h*=5)	4,5	4,5	4,5
totaal	**18,5**	**16,5**	**16,5**
tijdonafhankelijk	3	2,5	2,5
lineair (c=0,6)	15	15	13
omgekeerd exp. (*h*=5)	12,5	11,5	10
totaal	**30,5**	**29**	**25,5**

figuur 6.5: aantal met de met de opgegeven keuzes overeenkomende antwoorden bij verschillende waarden voor m

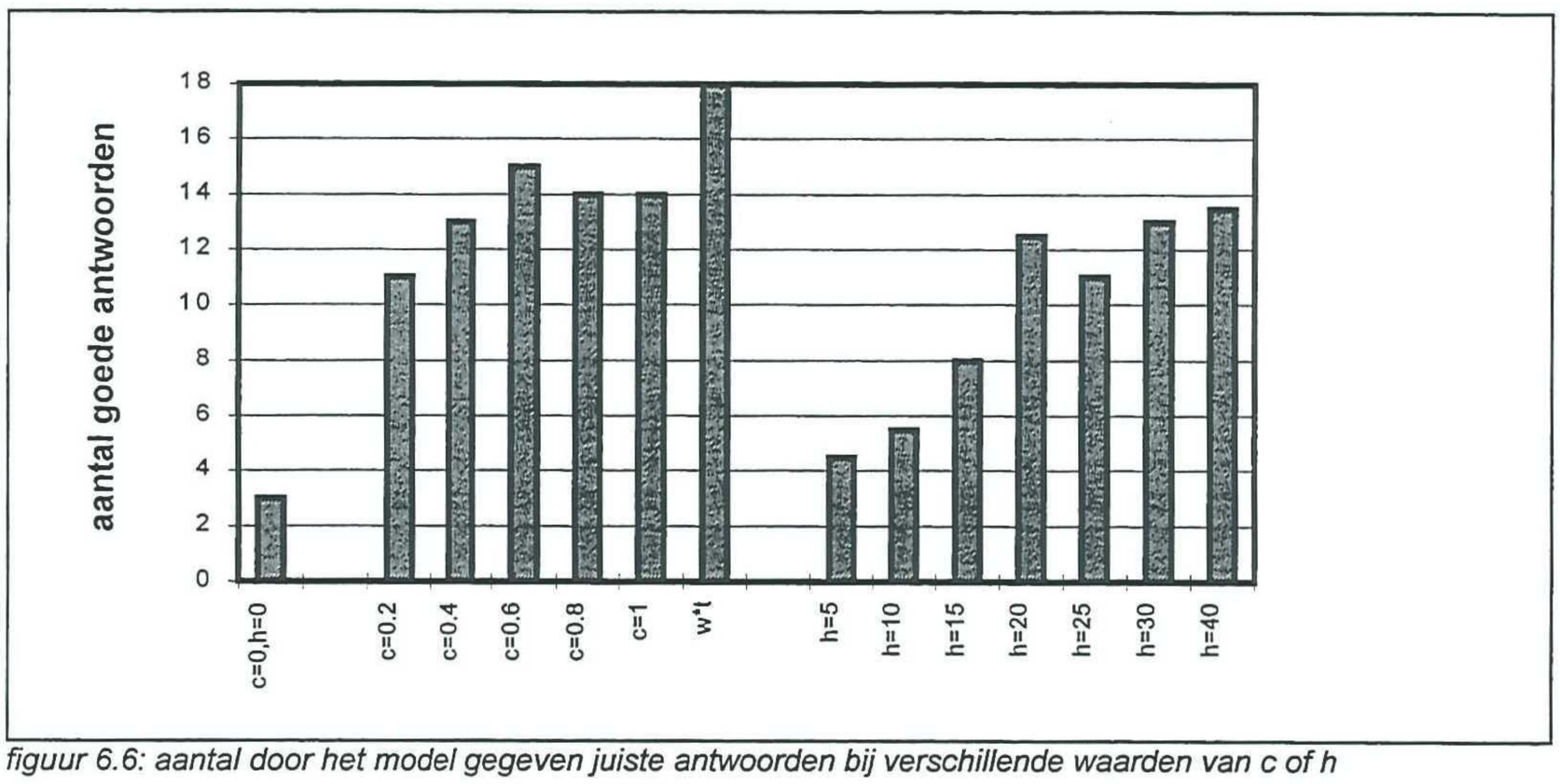
Uit het feit dat weerstanden met meestal een lage weging, zoals veiligheid, bagagecapaciteit, comfort en milieuvriendelijkheid, niet minder zwaar mee blijken te tellen dan de bij de raadpleging is aangegeven valt te concluderen dat maatregelen die andere kenmerken dan tijd en kosten beïnvloeden wel degelijk effect moeten hebben.

afhankelijkheid weerstanden van tijdsduur routeonderdelen
Tijdens het beantwoorden van de vragen bestond verwarring over de weerstanden die bij onderdelen horen. Het was de bedoeling dat de experts uit de beschrijving opmaakten hoe lang een bepaald onderdeel duurt en daarmee rekening hielden bij het bepalen van de weerstand van dat onderdeel. Het bleek achteraf dat, al dan niet bewust, niet altijd rekening is gehouden met die tijdsduur. Zo krijgt bijvoorbeeld 8 minuten fietsen dezelfde weerstandsscores als 15 minuten fietsen. Om deze reden zijn er twee methoden om de weerstanden van de onderdelen tijdafhankelijk te maken in het model ingebouwd. Deze zijn beschreven in bijlage V.b. Bij de ene methode werkt de tijdsduur van een onderdeel lineair door in de weerstand en bij de andere is de weerstand omgekeerd exponentieel afhankelijk van de tijd.

De werking van deze constanten wordt duidelijk zichtbaar in de figuur VIII.1 in bijlage VIII.a. Hier staan per kenmerk de ongewogen totalen van de verschillende vervoerwijzecombinaties bij elkaar. Zo is te zien wat de sterke en de zwakke punten zijn van de alternatieven. Als de (lineaire) afhankelijkheid van de tijd verandert heeft dit duidelijke gevolgen voor de sterke en zwakke punten van een onderdeel.

Zowel als de weerstand lineair afhankelijk is van de tijdsduur als bij de omgekeerd exponentiële variant levert een hogere constante, waarbij het corrigerende effect zwaarder is, meer uitkomsten op die overeen komen met wat de experts over hun eigen keuze gezegd hebben. Dit komt deels doordat veel van de geraadpleegde personen de fiets en het openbaar vervoer gebruiken om naar hun werk te gaan. Als korte routeonderdelen worden vermenigvuldigd met de tijdsduur van die onderdelen tellen de kort durende delen zoals de

overstappen en het voor- en het natransport minder zwaar mee. Dit is in het nadeel van het autoalternatief en in het voordeel van het bestaande openbaar vervoer. Om die reden is gekozen voor de waarden bij de plaatselijke maxima (zie figuur 6.6). De waarden c=0,6 en h=20 lijken een goed compromis tussen de verbetering en de storende faktor.



figuur 6.6: aantal door het model gegeven juiste antwoorden bij verschillende waarden van c of h

De eenvoudige, lineaire methode levert van de twee methoden de beste resultaten en is daarom bij het vervolg van dit projekt gebruikt.

6.3 keuze correctietechniek

Zoals bij de beschrijving van het model al is vermeld worden de totaalweerstanden per kenmerk gecorrigeerd om het mogelijk te maken ze met de weerstanden van de andere kenmerken vergelijkbaar te maken (zie paragraaf 3.5). Bij alle hiervoor beschreven testen zijn zowel de resultaten met de evamix- als met de gewogen-som-methode uitgevoerd. Dit leverde de volgende resultaten op:

- Bij de test met het weglaten van de expert met de grootste afwijking bleek dat tussen de resultaten met de gewogen-som- en met de evamix-methode weinig verschil bestaat (paragraaf 6.5).
- Bij een test waar gekeken wordt naar de uitkomsten bij elke expert indien alleen de weerstanden die door de betreffende expert zijn opgegeven worden gebruikt, bestaat er weinig verschil tussen de kwaliteit van de resultaten met de beide methoden. In een aantal gevallen levert de gewogen-som-methode betere resultaten. De resultaten van de evamix-methode zijn nooit beter dan die van de gewogen-som-methode.
- Bij het zoeken naar de beste waarden voor *c* en *h* zijn beide correctie technieken meegenomen. De resultaten staan in figuur 6.7. Ook hier was geen groot verschil te ontdekken.

In de tabellen op de volgende pagina staan een aantal totalen afgedrukt waaruit blijkt hoe klein het verschil is.

aantal juiste antwoorden bij m=1 en c=0,6	
evamix	**7.5**
gew.som	**7.5**

aantal goede antwoorden bij c=0.6, h=20 en een wisselende m:				
m:	1	1.5	2	totaal
evamix	15	13	12	**39.5**
gewogen-som	13	14	11	**37.5**

aantal juiste antwoorden bij m=1 en wisselende waarden voor c en h:			
	ongecor.	lineair	omg.exp
evamix	**2**	**42.5**	**33.5**
gew.som	**1**	**42.5**	**34.5**

figuur 6.7: resultaten met de gewogensom- en de evamix-methode bij de verschillende testen.

Veel verschil in kwaliteit tussen de uitkomsten met de beide correctietechnieken is er niet. Bij de waarden van de overige faktoren die de beste resultaten geven maakt het niets uit (zie linker tabel). Bij waarden die vrijwel even goede resultaten geven (c=0,8 en c=1) doet de gewogen-som-methode het iets beter. Dit is zwaarder mee gewogen dan een aantal andere gevallen waarin de evamix-methode het beter doet zoals met verschillende waarden voor m (zie middelste figuur).
Dat in deze situatie de gewogen-som-methode iets betere resultaten geeft wil niet zeggen dat hij in het algemeen beter bij dit modeltype past. Het is heel goed mogelijk dat als de in te voeren weerstanden meer uit onderzoek volgen en niet alleen de ervaren weerstandsscores zijn, de correctie methode uit de evamix-methode het beter doet. Het zou ook mogelijk zijn om bij meerdere onderdelen verschillende methoden te gebruiken of om met combinaties van beide antwoorden te werken. Dit is in dit projekt allemaal buiten beschouwing gebleven.

6.4 bestuderen afwijkingen per expert

Voor elke expert is bestudeerd wat de afwijking van de verwachte uitkomsten is en is geprobeerd te achterhalen wat de redenen van deze afwijking zijn. Dit is gebeurd met de coëfficiënten en instellingen van het model die gemiddeld de beste uitkomsten geven. Dit zijn m=1, lineaire correctie van de tijdafhankelijke weerstanden met c=0,6 en een correctie van de totaalweerstanden per kenmerk met de gewogen-som-methode. Mogelijke redenen voor afwijkingen zijn bij de raadpleging opgegeven inconsequente weerstanden, 'vreemde' wegingsfaktoren, verschillend uitgelegde kenmerken of uiteraard een afwijking in het model. Gelijktijdig met dit zoeken naar afwijkingen is al gekeken welke onderdelen belangrijk zijn in een bepaald geval, dus bij een bepaalde set wegingsfaktoren. Hoe meer dit overeen komt met de door de experts bij de raadpleging opgegeven cruciale onderdelen, de zogenaamde ja-nee-schakels van de vervoerwijzecombinaties, hoe beter. Dit zoeken naar de voor de keuze belangrijke onderdelen van de reis is wat er uiteindelijk met het model moet gebeuren. Zo moet het mogelijk zijn om voor verschillende, zo homogeen mogelijke, reizigerscategorieën te bepalen welke maatregelen het meeste kans hebben om hun vervoerwijzekeuze in een gewenste richting te laten veranderen. Hier wordt in het volgende hoofdstuk verder op ingegaan.

In bijlage VIII.d staan de resultaten per expert beschreven. Hieronder wordt ingegaan op de drie belangrijkste afwijkingen:

- Een aantal keer heeft het model als uitkomt vervoerwijzecombinatie 2ff (trein met fiets als voor- en natransport) terwijl de keuze van de expert de trein met bus als voor- of natransport is. Het probleem hier is dat het kenmerk comfort te veel verschillende onderdelen bevat. Een mogelijkheid om dit probleem te voorkomen is het maken van een onderscheid tussen inspanningsweerstand en de weerstand tegen situaties als staan, opgepropt zitten, geschud worden. Op vrijwel alle andere kenmerken dan comfort scoort de fiets beter dan de bus. Dit probleem wordt duidelijk zichtbaar in figuur 7.1.
- Modeluitkomst 2ff of 3, terwijl in werkelijkheid de auto wordt gekozen. Dit komt waarschijnlijk doordat de auto vaak betrouwbaarder wordt gevonden dan het openbaar vervoer terwijl dit in het model andersom is.

De modeluitkomst is het autoalternatief terwijl de expert bij de raadpleging aangaf met het openbaar vervoer te zullen gaan. Dit zou er op kunnen wijzen dat de routeonderdelen met een geringe lengte of duur toch nog te zwaar mee worden genomen. Dit is in het voordeel van de autoverplaatsing die uit aanmerkelijk minder onderdelen bestaat.

6.5 drempelwaarden

Mogelijk kunnen de resultaten worden verbeterd door te werken met drempelwaarden voor de kwaliteit van bepaalde onderdelen. Bij een te slechte score voor één onderdeel kan een combinatie in dat geval niet gekozen worden, ondanks dat dit voor de totaalweerstand gecorrigeerd wordt door goede scores op andere punten. Drempelwaarden zouden zowel kunnen gelden voor de score bij één routeonderdeel of per totaalscore van een vervoerwijzecombinatie voor een kenmerk.
Bij de modeluitkomsten voor de vervoerwijzekeuze van de experts is gekeken of het gebruik van drempelwaarden fouten zouden kunnen voorkomen. Indien het verschil tussen de totaalweerstanden van de keuze van de expert en de keuze van het model erg klein is, ligt het minder voor de hand om naar een drempelwaarde te zoeken. Hier is alleen gekeken naar de gevallen met de grootste fouten; de gevallen waar de experts voor het openbaar vervoer en het model voor de fiets als voor- of natransportmiddel kiest. Het grootste verschil tussen de totaalweerstanden zit bij expert 3. Een drempelwaarde voor de lengte van de fietsverplaatsing is hier geen verbetering omdat alternatief 3 met de lange fietsrit tot aan het collectief vervoer door expert 3 wel wordt gekozen indien het tot de mogelijkheden behoort. Voor expert 4 zou wel een drempelwaarde voor de maximaal te fietsen afstand kunnen gelden; voor kort voortransport is de fiets een alternatief, maar bij het natransport of als het voortransport te lang is zouden is de fiets geen optie.
Het blijkt niet mogelijk om een algemeen geldende drempelwaarde te vinden. Met de beperkte invoergegevens bij dit projekt is niets te zeggen over drempelwaarden voor bepaalde reizigerscategorieën. Hier kunnen pas uitspraken over worden gedaan na onderzoek met die categorieën en meerdere relaties. Het zou veel werk zijn om voor elk routeonderdeel te onderzoeken of er drempelwaarden voor zouden moeten gelden. Het is zinvoller om alleen te zoeken naar de belangrijkste drempels.
Het is ook mogelijk om bij elke onderscheiden reizigerscategorie maximale of minimale weerstanden voor bepaalde routeonderdelen en kenmerken te gebruiken. Deze waarden moeten dan wel allemaal met een uitgebreid onderzoek zijn vastgesteld.
Een nadeel van het gebruik van drempelwaarden is dat het afbreuk doet aan de eenvoudige keuze met behulp van één totaalweerstand voor elke vervoerwijzecombinatie.

6.6 resultaten en opmerkingen

Het huidige programma werkt naar behoren en voert de in de modelstructuur in bijlage V vermeldde stappen goed uit. Als een wegingsfaktor of kenmerkscore van een rit of overstap verandert, wordt dit direkt doorgerekend voor het hele model. Dit is geen probleem omdat de benodigde rekentijd hiervoor kort genoeg is. Het heeft als voordeel dat van elke verandering ook direkt het resultaat zichtbaar is.

Het model heeft (nog) niet de mogelijkheid om automatisch per vervoerwijzecombinatie eerst van verschillende varianten diegene met de minste weerstand te bepalen. Indirekt is het wel mogelijk door de scores per rit en overstap apart in de invoertabel te zetten en elke variant als een aparte combinatie in te voeren. In dat geval moeten eerst alle andere combinaties uit worden gezet. Het programma bepaalt nu de beste variant. De varianten met een hogere

totaalscore worden nu uitgezet en buiten de rest van de modellering gehouden. Dit hele proces zou bij verdere uitwerking van het model geautomatiseerd kunnen worden.

Het percentage goede antwoorden:
Bij m=1 en c=0,6 en de gewogen-som-methode geeft het model in 7,5 van de 16 gevallen de goede keuze. Dit is 47 procent. Voor een eerste proef met dit modeltype en rekening houdend met de beperkte kwaliteit van de invoergegevens is dit een redelijk resultaat.
De verschillen tussen de totaalweerstanden zijn meestal klein. De grootste fouten worden doen zich voor in de gevallen dat het model kiest voor alternatief 2ff, de trein met fiets als voor- en natransport, terwijl de expert voor de trein met een ander voor- of natransport heeft gekozen. Op dit probleem is in de vorige paragraaf al besproken.

woon-werk versus algemeen
Bij de raadpleging is zowel gevraagd naar de wegingsfaktoren voor een woon-werk-verplaatsing als voor een algemene verplaatsing. De wegingsfaktoren die bij de woon-werk-verplaatsing horen leiden tot iets betere resultaten. Dit is niet verwonderlijk aangezien de voorbeeldsituatie een woon-werk-verplaatsing is. Dat het verschil niet groot is komt doordat het verschil tussen de wegingsset ook vrij klein was.

Mogelijke verbeteringen aan het model
Naast dat bij een verdere uitwerking van het model de optimale waarden van de verschillende parameters nader moeten worden onderzocht en de drempelwaarden die in vorige paragraaf zijn besproken wordt hier nog een mogelijke meer structurele verandering van het model genoemd:
De kwaliteit van een route voor een kenmerk zou bepaald kunnen worden met behulp van een beperkt aantal subkenmerken. De subkenmerken moeten dan wel duidelijk meetbaar zijn. Betrouwbaarheid zou bijvoorbeeld bepaald kunnen worden door:

- mogelijk alternatief,
- frequentie en
- gemiddelde vertraging

Dit houdt in dat het aantal kenmerken dat gebruikt wordt bij de reizigersindeling beperkt blijft. In praktijk zal het ook bij subkenmerken in veel gevallen onmogelijk zijn om meetbare grootheden te vinden. Verder blijft zo het probleem bestaan dat bepaalde maatregelen geen van de subkenmerken beïnvloeden waardoor het effect dus niet met het model te meten is.

7 effectiviteit maatregelen

Het doel van het model is er achter te komen welke maatregelen de vervoerwijzekeuze in de gewenste richting beïnvloeden. De gewenste richting is in dit geval van het autoalternatief naar één van de andere vervoerwijze-combinaties. In dit hoofdstuk wordt onderzocht of de mogelijkheden om met het model maatregelen te beoordelen ook naar verwachting functioneren. Voor de mogelijkheden van het model is de volgende tweedeling mogelijk:

- Inzicht krijgen in de weerstanden en knelpunten van de vervoerwijzecombinaties in de huidige situatie.
- Bepalen wat het effect is van bepaalde maatregelen op de totaalweerstanden van de vervoerwijzecombinaties.

Deze mogelijkheden komen in de volgende twee paragrafen aan de orde. Er moet niet worden vergeten dat dit projekt gaat om het ontwikkelen van het model. Het bestuderen van de effectiviteit van verschillende maatregelen gebeurt meer als een test van het model dan om werkelijk tot een advies over te nemen maatregelen te komen.

7.1 analyse huidige situatie en problemen

Met behulp van het model kunnen de sterke en zwakke punten van een vervoersysteem of vervoerwijzecombinatie zichtbaar worden gemaakt.
In de onderstaande tabel staan de weerstandsscores van de verschillende combinaties voordat ze worden vermenigvuldigd met de wegingsfaktoren. Deze scores gelden dus voor elke categorie reizigers.

c=0.6	tijd	betrouwba	comfort	veiligheid	bagageca	milieuvrien	kosten
alt.1	**0.71**	0.78	**0.43**	1.00	**0.20**	1.00	0.87
alt. 2ff	0.85	**0.60**	0.69	0.80	0.89	**0.24**	0.75
alt. 2fb	0.92	0.77	0.83	0.74	0.92	0.30	0.85
alt. 2bf	0.94	0.84	0.86	0.76	0.98	0.32	0.91
alt. 2bb	1.00	1.00	1.00	**0.70**	1.00	0.38	1.00
alt. 3	0.77	0.63	0.69	0.89	0.93	0.27	**0.70**

figuur 7.1: totaalweerstanden per kenmerk voor de weging.

alt 1. = autoverplaatsing
alt 2ff = trein met fiets als voor- en als natransport
alt 2fb = trein met fiets als voor- en bus als natransport
alt 2bf = trein met bus als voor- en fiets als natransport
alt 2bb = trein met bus als voor- en als natransport
alt 3 = combinatie van fietsrit met collectief vervoer tot aan de bestemming

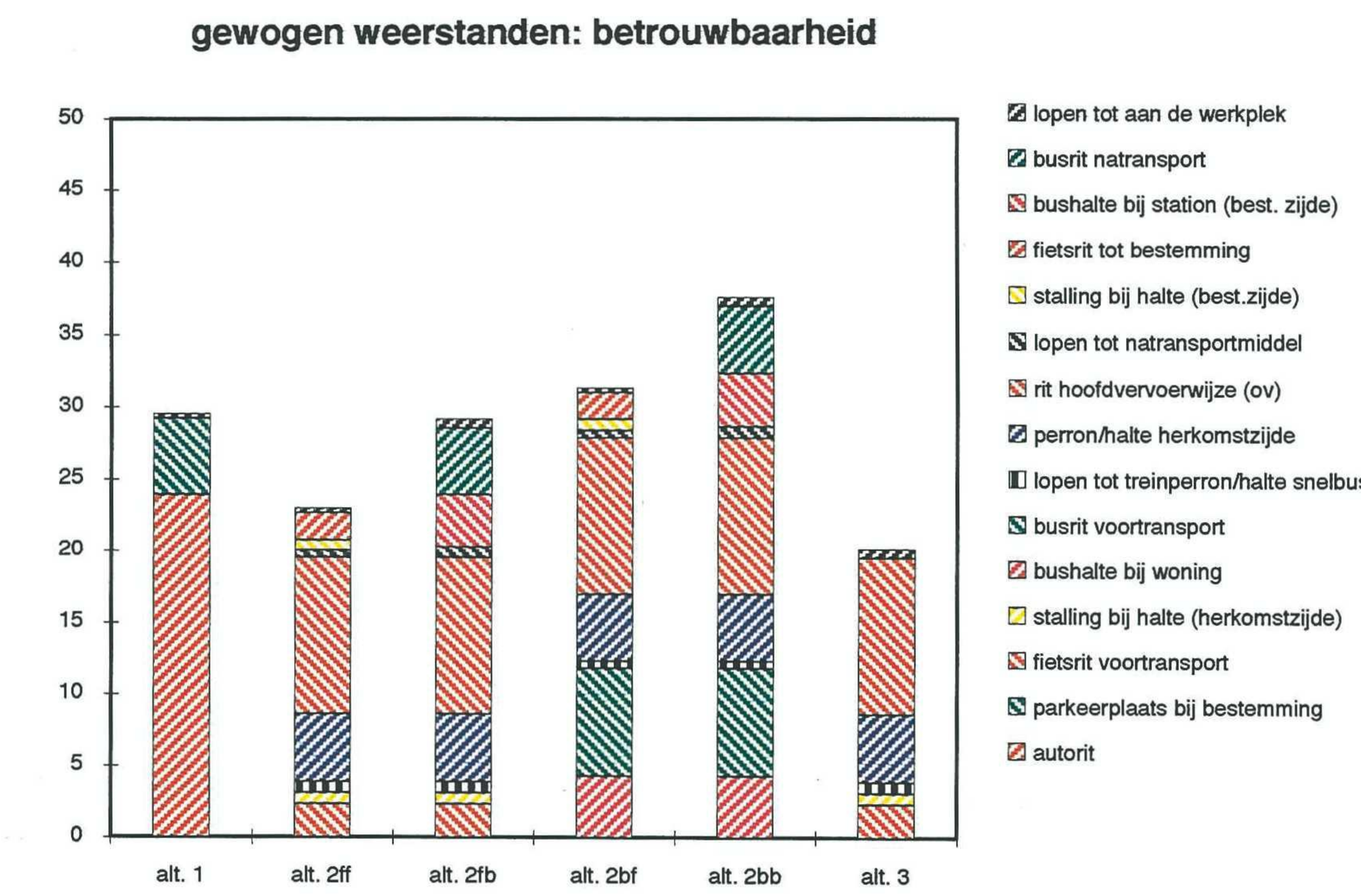
Van de alternatieven valt het volgende te zeggen:

- de auto scoort het slechtst bij veiligheid en milieuvriendelijkheid. Bij bagagecapaciteit is de auto verreweg het beste en ook bij tijd en comfort komt de heilige koe er het beste af.
- De trein met de fiets als voor- en natransport scoort beter dan de auto op betrouwbaarheid, veiligheid, kosten en vooral milieuvriendelijkheid.
- alternatief 2fb (met de fiets naar de trein en met de bus naar de bestemming) wint op dezelfde punten als 2ff van de auto, maar is alleen op veiligheid iets beter dan 2ff.
- het alternatief met de bus als voortransport en de fiets als natransport is altijd slechter dan 2fb. Het zou ten opzichte van de auto kunnen scoren op veiligheid en milieu.

- de bus als voor- en natransport levert het veiligste alternatief, verder is het alleen op mileuvriendelijkheid niet de slechtste.
- de combinatie van fiets en collectief vervoer scoort beter dan de auto op betrouwbaarheid, veiligheid, milieuvriendelijkheid en kosten. Dit alternatief is significant beter dan 2ff op tijd en kosten.

De volgorden bij de kenmerken lijken redelijk plausibel. Het is moeilijker om wat over de grootte van de verschillen te zeggen.

Om in alle mogelijke situaties per kenmerk duidelijk te kunnen zien welke onderdelen een grote bijdrage leveren aan de totaalweerstand van een vervoerwijzecombinatie presenteert het excel-programma de weerstandswaarden zoals in figuur 7.2. Van een opvallend grote weerstand in de grafiek is in de legenda direkt te zien om welk onderdeel het gaat. Nadat bij de invoer een weerstand of een wegingsfaktor is aangepast, veranderen in het model de grafieken automatisch en is direkt het verschil te zien. Hier zijn de weerstandsscores van de, in de volgende paragraaf beschreven 'gemiddelde reiziger' gebruikt. In bijlage IX.b staat per vervoerwijzecombinatie een grafiek afgedrukt waarin op een zelfde wijze de gewogen weerstanden van de verschillende kenmerken worden vergeleken. Ook die grafieken worden in het programma automatisch na elke verandering bijgewerkt.



figuur 7.2: histogram met de gewogen weerstanden van het kenmerk betrouwbaarheid zoals dat in het programma na elke verandering van de invoer direkt wordt gemaakt.

7.2 maatregelen bij verschillende reizigerscategorieën

Voor verschillende categorieën reizigers is gekeken welke keuze ze met de door de experts gegeven weerstanden zouden maken en met welke maatregelen dit te is beïnvloeden. Eerst is geschat wat de wegingsfaktoren van 'de gemiddelde reiziger' zouden zijn. Hierbij is uitgegaan van de gemiddelde wegingsfaktoren van de experts. Vervolgens is beredeneerd

op welke wijze de gemiddelde reiziger afwijkt van het gemiddelde van die experts. Dit leverde de volgende veranderingen op:

- Omdat bij de experts geen mensen zitten met lichamelijke gebreken en ze ook niet al te oud zijn is de wegingsfaktor voor comfort verhoogd.
- Werknemers aan de TU hoeven meestal geen grote hoeveelheden bagage mee te nemen. De gemiddelde reiziger heeft daarom een hogere wegingsfaktor voor bagagecapaciteit gekregen.
- De experts zijn allemaal hoger opgeleid dan de gemiddelde reiziger. Dit geeft een hogere weerstand voor milieuvriendelijkheid.
- De experts hebben een betrekkelijk goed betaalde baan. De gemiddelde reiziger heeft om die reden een hogere waardering voor kosten gekregen.

kenmerk	gem. expert	gem. reiziger
tijd	8,0	9
betrouwbaarheid	7,6	7
comfort	6,5	8
veiligheid	4,0	3
bagagecapaciteit	3,6	5
milieuvriendelijkheid	5,8	2
kosten	5,3	7

figuur 7.3: de wegingsfaktoren van gemiddelde experts en de hieruit voortgekomen wegingsfaktoren van de gemiddelde reiziger.

Een aantal andere kenmerken zijn vervolgens zo aangepast dat de gemiddelde reiziger in de voorbeeldsituatie voor het autoalternatief kiest zoals door de experts is voorspeld. De resultaten staan in figuur 7.3.
De reden dat bij de expertraadpleging niet direkt gevraagd is naar de wegingsfaktoren van de gemiddelde reiziger is dat het eigenlijk niet de bedoeling is om met gemiddelde wegingsfaktoren te werken. Naast de gemiddelde weerstandsscores van de verschillende routeonderdelen moet gewerkt worden met de wegingsfaktoren van specifieke reizigerscategorieën.
Uit andere modellen en onderzoeken is wel wat bekend over de waarde die men aan de verschillende kenmerken hecht. Dit is echter meestal niet in cijfers uitgedrukt. De waarden van de weerstanden hierboven en bij de reizigerscategorieën hieronder zijn daarom maar aannames. De reizigerscategorieën zijn alleen gebruikt om de effecten van maatregelen bij verschillende wegingssets te vergelijken en om te laten zien op welke wijze dit model gebruikt kan gaan worden als er wel voldoende invoergegevens aanwezig zouden zijn.

	gemiddelde		zakenman		student		werkend met kind		bejaarde		werkloze	
motief van de verplaatsing	werk		werk		college		werk (met crèche)		helpen bij familie		vrijwilligers-werk	
kenmerken model												
tijd		9	↑	11		9		9	↓	6		9
betrouwbaarheid		7	↑	9	↓	5		7		7		7
comfort		8		8	↓	6		8	↑	10	↓	6
veiligheid		3	↓	3		3	↑	6	↑	6	↓	1
bagage capaciteit		5		5		5	↑	7		5		5
milieuvriendelijkheid		2		2		2	↓	1		2	↑	6
kosten		7	↓	5	↑	9		7		7	↑	9

figuur 7.4: de gemiddelde wegingsfaktoren en de vijf fictieve reizigerscategorieën met eigen wegingsfaktoren. De pijltjes geven aan op welke kenmerken ze hoger of lager dan de gemiddelde reiziger scoren.

Naast de gemiddelde reiziger zijn er nog 5 reizigerscategorieën met bijbehorende wegingsfaktoren bedacht. Ook deze staan in figuur 7.4. Dit zijn slechts voorbeelden en welk deel van de reizigers hier in werkelijkheid enigszins op lijkt en wat voor categorieën er nog meer zijn is onbekend. Reizigers zouden in werkelijkheid bijvoorbeeld ingedeeld kunnen worden met behulp van de kenmerken die gebruikt worden bij het Onderzoek Verplaatsings Gedrag. Hierbij is de bevolking ingedeeld aan de hand van vele persoonskenmerken en kenmerken van huishoudens. Bij dit model zouden vooral de persoonsgebonden indelingen en motieven zinvol zijn om te gebruiken. Bij de indeling hieronder is het begrip woon-

werkverplaatsing dat is gebruikt bij de voorbeeldrelatie van expertraadpleging iets ruimer opgevat.
Omdat het in dit projekt om het simuleren van de vervoerwijzekeuze gaat is ervan uitgegaan dat de personen in alle vijf de voorbeeldcategorieën de mogelijkheid hebben om van alle alternatieve vervoerwijzecombinaties gebruik te maken. Er zijn dus geen categorieën met autolozen, kinderen zonder rijbewijs en invaliden zonder fiets meegenomen. De gemiddelde reiziger en de vijf categorieën staan in de figuur 7.4 kort beschreven.

Bij de expertraadpleging is aan de expert gevraagd om bij elk kenmerk een score tussen 0 en 10 in te vullen. Het was beter geweest indien gevraagd was om een totaal aantal punten tussen de kenmerken te verdelen. In dat geval zou nu makkelijker iets gezegd kunnen worden over het deel van de keuze waarvoor bepaalde faktoren verantwoordelijk zijn. Voor de berekeningen in het model maakt het niets uit omdat elke weerstand daar toch wordt gedeeld door het totaal (zie paragraaf 4.5 en bijlage V.b) Aangezien het alleen om de verhoudingen gaat is er ook geen probleem als er wegingsfaktoren van boven de 10 worden gebruikt.
Ondanks dat de bovenstaande gemiddelde wegingsfaktoren niet zo hard zijn blijkt er wel uit dat reistijd en kosten maar verantwoordelijk zijn voor een beperkt deel van keuze. In dit geval voor 16 van de 41 punten oftewel 39 procent. Met betrouwbaarheid erbij komt het op 56 procent. Ook indien deze cijfers na vervolgonderzoek aan de lage kant blijken te zijn blijft een groot deel van de vervoerwijzekeuze afhankelijk van kenmerken die bij de huidige modellen niet expliciet worden meegenomen.
In de volgende paragraaf is voor de hier beschreven groepen aangegeven wat de keuze zou zijn in huidige situatie en met welke kwaliteitsverbeteringen (in model + aangeven wat dat in de praktijk ongeveer inhoud) elke groep van gedachten is te veranderen (aandacht vooral op auto nu en openbaar vervoer dan.

Voor de hier onderscheiden reizigerscategorieën is onderzocht wat volgens het model het effect is van de maatregelen die door de experts het meest effectief werden geacht. De resultaten van deze tests staan uitgebreid beschreven in bijlage IX.c. Van een groeiende congestie en het vergroten van de betrouwbaarheid van het openbaar vervoer is het effect zowel volgens de experts als het model erg groot. Het verhogen van het parkeergeld en het zorgen voor meer comfort en zitplaatsgarantie hebben volgens de experts wel veel effect, maar dit blijkt niet duidelijk uit het model. De meest waarschijnlijke verklaring voor dit verschil zijn te lage weerstandsscores voor de betreffende onderdelen in de voorbeeldsituatie.
De richting van de veranderingen komt altijd overeen met de verwachtingen. Het is moeilijker om iets te zeggen over de grootte van de veranderingen van de totaalweerstanden. Nu leverde de extra congestie meer resultaat op dan het verbeteren van de betrouwbaarheid. Als de reistijd in plaats van met 15 minuten met 8 minuten toeneemt, de betrouwbaarheid van de autoverplaatsing met de helft toeneemt en de betrouwbaarheid van het openbaar vervoer maar met de helft afneemt verhouden de resultaten zich heel anders tot elkaar.

8 conclusies en aanbevelingen

Het doel van dit afstudeerprojekt was het ontwikkelen van een model dat beter dan de bestaande modellen in staat is om het effect te beoordelen van maatregelen die het openbaar-vervoerverplaatsingen, fietsverplaatsingen en de combinatie van die twee verbeteren. Om meer soorten veranderingen door te laten werken in de totale kwaliteit van een relatie maakt het model gebruik van zeven kwaliteitskenmerken in plaats van het gebruikelijke aantal van twee of drie. Die zeven kenmerken zijn reistijd, betrouwbaarheid, comfort, kosten, bagagecapaciteit, veiligheid en milieuvriendelijkheid. Bij deze kenmerken horen in het ontwikkelde model eigen wegingsfaktoren. Verder is ervoor gekozen om het ontwikkelde model te laten kiezen tussen een beperkt aantal alternatieve vervoerwijzecombinaties. Die combinaties bestrijken de relatie van de herkomst tot aan de bestemming. Hierbij wordt de relatie opgedeeld in ritten en overstappen waarbij loopverplaatsingen ook tot de ritten gerekend worden. Het blijkt mogelijk om een model te ontwikkelen dat met behulp van ingevoerde weerstandsscores voor de routeonderdelen en wegingsfaktoren voor de kenmerken tot een totaalweerstand komt. Het grootste probleem ligt bij het verkrijgen van de juiste invoerwaarden. Alle mogelijke verplaatsingen zijn in principe in het model in te voeren. In dit projekt is als voorbeeld een relatie genomen waar de combinatie van fiets met openbaar vervoer kansrijk is.

Met het model kunnen zowel het resultaat van verbeteringen en andere ingrepen in het vervoersysteem, als veranderingen van de houding (attitude) van mensen ten opzichte van de onderscheiden kenmerken worden bestudeerd. Ook het effect van de combinatie van deze twee typen maatregelen is te modelleren.

Voor het inzichtelijk maken van de problemen in het vervoersysteem is het zeker zinnig om de hier gebruikte zeven kwaliteitskenmerken mee te nemen. De eerste reden is het bij dit projekt allemaal begonnen; als bepaalde kenmerken weggelaten worden hebben bepaalde maatregelen om bijvoorbeeld fiets en openbaar vervoer op elkaar af te stemmen geen invloed op de totaalweerstand van een vervoerwijzecombinatie. Het effect van die veranderingen is dan niet te meten. De andere reden is dat zo gedetailleerder te zien is welke onderdelen het meeste invloed hebben op de totaalweerstand. Er is zo dus ook te zien waar een vervoerwijzecombinatie ten opzichte van andere combinaties goed scoort op een bepaald kenmerk. Door de zwakke schakels in die combinatie vervolgens te verbeteren zou de combinatie voor de categorie reizigers die veel waarde aan het betreffende kenmerk hechten, als beste uit de bus kunnen komen.
Ondanks de beperkte invoergevens werd door het model in 47 procent van de gevallen dezelfde keuze gemaakt als bleek uit de expertraadpleging. Dit biedt perspectief voor verdere uitwerking van dit modeltype.

Het grote probleem bij het ontwikkelde model ligt dus bij het verkrijgen van de benodigde informatie. Voor het informatieprobleem bestaan twee redenen: Ten eerste is er vrij veel informatie nodig; naast wegingsfaktoren voor alle zeven kenmerken moet voor alle meegenomen routeonderdelen de weerstandsscores voor die kenmerken worden ingevoerd. Ten tweede gaat het vaak om moeilijk meetbare, zachte waarden. Veel weerstanden zullen meer onbewust dan bewust iemands keuze beïnvloeden. In een ideale situaties zou het model slechts moeten werken met de informatie die het ter beschikking heeft; als de weerstandsscores van een bepaald kwaliteitskenmerk zijn te bepalen wordt het kenmerk meegenomen en als het niet mogelijk om aan die gegevens te komen wordt hij weggelaten.

In tegenstelling tot de grootte van de verandering van de verschillende totaalweerstanden is met het huidige model de richting waarin de weerstanden veranderen wel goed te voorspellen.

beperkingen
Het model blijkt verder de volgende beperkingen te hebben:

- Het zal vaak moeilijk zijn om tot één representatieve ritketen te komen voor de combinatiekeuze. Dit wordt bij de openbaar-vervoerverplaatsingen veroorzaakt door de keuze tussen meerdere mogelijke overstapstations, bij de autoverplaatsing door de aanwezigheid van verschillende mogelijke routes.
- De hier beschreven methode is betrekkelijk simpel. Het is geen model dat van een heel gebied het gebruik van de verschillende vervoerwijzen berekent. Er wordt naar één relatie, dat wil zeggen een verplaatsing tussen één herkomst-bestemmingspaar, gekeken. Ook van deze verbinding levert het geen nauwkeurige cijfers over de verandering van de modal split. Dit zou binnen het tijdsbestek ondoenlijk zijn geweest. Dit model is wel geschikt om de richting van veranderingen aan te geven of om gevolgen te berekenen uitgaande van bepaalde waarden en bekende of geschatte gewichten. Verder is het mogelijk om de berekende effecten van verschillende mogelijke maatregelen te vergelijken.
- Voor de uiteindelijke beleidsbeslissing is ook de kwaliteitsverandering voor reizigers op de bestudeerde corridor die niet van vervoerwijze veranderen van belang. Er moet ook rekening mee worden gehouden dat de maatregelen ook zorgen voor verbeteringen of verslechteringen voor de overige reizigers. Een tunneltje bij een station is bijvoorbeeld ook in het voordeel van andere fietsers.
- Er bestaat verschil tussen de baten voor de reiziger, de maatschappij en de omgeving van de maatregel. Dit geldt uiteraard ook voor de moeilijker te bepalen indirekte kosten. Voor elke groep geldt ook weer een aparte weging van (geld)kosten, milieu, verbeterde kenmerken of omstandigheden. De waarde die wordt gehecht aan de berekende modal split is een politieke keuze.

verder volgen uit het projekt een aantal **subconclusies**:

- Bij de experts, die in de huidige situatie al voor een groot deel het openbaar vervoer gebruiken is minder animo voor de combinatie van iets verder fietsen + collectief vervoer tot aan de bestemming dan vooraf was verwacht.
- Ondanks de beperkte invoerwaarden kan worden gesteld dat een groot deel van de keuze niet door de gebruikelijke kosten, tijd en betrouwbaarheid wordt bepaald.
- Het leek er even op dat de wegingsfaktoren van relatief onbelangrijke kenmerken bij de expertsraadpleging te hoog werden ingeschat. Testen wezen echter uit dat dit niet het geval was. De weerstandsscores van de kortst durende onderdelen van de verschillende routes werden bij de expertraadpleging daarentegen wel te hoog ingeschat. Er is geen reden om aan te nemen dat dit bij een enquête van 'echte' reizigers anders zal zijn.
- Door de weerstanden bij de verschillende kenmerken en routeonderdelen grafisch weer te geven is tot een beter inzicht in de sterke en zwakke punten van de verschillende vervoerwijzecombinaties te komen.

aanbevelingen:

Dit afstudeerprojekt is nu afgerond. Voor dat een werkelijk eindoordeel over het ontwikkelde model kan worden gegeven en voor het in de praktijk gebruikt kan worden is echter nog wel enig vervolgonderzoek nodig. Hieronder staan twee belangrijke punten die daarbij aan bod zouden moeten komen:

uitgebreidere gegevensverzameling noodzakelijk voor de invoer.
De kwaliteit van de modeluitkomsten is tot nu toe vrij beperkt. Dit komt deels door het beperkte aantal invoergegevens waar in dit projekt mee is gewerkt. De uitkomsten kunnen nooit nauwkeuriger zijn dan de waarden die het model in gaan. Door uitgebreider onderzoek te doen naar hoe de gemiddelde reiziger de verschillende weerstanden ervaart kunnen de uitkomsten worden verbeterd. Pas als met die betere invoergegevens weer is getest valt te zeggen of het gedrag van reizigersgroepen te vangen is met constante weerstanden van de verschillende routeonderdelen. Het blijft mogelijk dat naast een verschillende weging de verschillende reizigers ook verschillende meningen hebben over wat vervelend is. Dit zou betekenen dat er binnen de kenmerken, zoals die in dit projekt zijn gebruikt, ook nog wegingsfaktoren nodig zouden zijn. Het model wordt dan wel erg complex.

mogelijke verbeteringen aan het model
Het is de vraag of betere invoergegevens de kwaliteit van de uitkomsten voldoende zullen kunnen verbeteren. In paragraaf 6.5 zijn daarom al de volgende mogelijke aanpassingen genoemd om model te verbeteren:

- comfort moet misschien worden opgesplitst in omgeving en inspanning. De waarde die mensen in verder redelijk homogene reizigerscategorieën aan die twee onderdelen hechten kan sterk uiteenlopen.
- opsplitsen van sommige weerstandswaarden bij bepaalde routeonderdelen om beter meetbare eenheden te verkrijgen.
- het doen van onderzoek naar het bestaan van drempelwaarden voor bepaalde kenmerken. Het idee hierachter is dat onderdelen met een te lage drempelwaarde nooit gecompenseerd kunnen worden door andere goede punten van een vervoerwijzecombinatie.

Tot slot
Deze methode is een zinnig hulpmiddel om het effect van verschillende mogelijk maatregelen te vergelijken. De eerste resultaten zijn hier gepubliceerd. Ze hebben vooralsnog een beperkte nauwkeurigheid en er is nog vervolgonderzoek nodig om te kijken of met verbeterde invoerwaarden de modeluitkomsten wel van voldoende kwaliteit zijn. Uiteraard mag niet worden vergeten dat er bij de afweging een maatregel wel of niet te nemen meer faktoren een rol spelen dan alleen de berekende vervoerwijzekeuze van de reiziger.

bijlage I: verkenning

inhoud:

I.a maatschappelijke kosten en baten **43**
milieu 43
ruimte 46
economie 47
sociaal-cultureel 47
huidige ontwikkelingen 48
I.b verkeers- en vervoerbeleid **48**
I.c mogelijke maatregelen **50**

bijlage I: verkenning

Aan het begin van dit projekt is uitgebreid onderzoek gedaan naar de kosten en baten van verkeers- en vervoersysteem voor de maatschappij, het huidige beleid van de overheid en de mogelijkheden om de vervoerwijzekeuze van mensen te sturen. De belangrijkste resultaten staan in deze bijlage. Het onderzoek naar de kosten en baten voor de reiziger is voor de ontwikkeling van het vervoerwijzekeuzemodel direkter van belang en in daarom verwerkt in het hoofdrapport

I.a maatschappelijke kosten en baten

Niet alle vervoerwijzen zijn even efficiënt. Vervoerwijzen zijn inefficiënt als ze meer ruimte en geld kosten, het milieu zwaarder belasten en meer energie en grondstoffen verbruiken dan nodig of beschikbaar is. Op lange termijn kan technische vooruitgang voor verbeteringen zorgen, maar op korte termijn is de kwaliteit hierdoor nauwelijks te beïnvloeden. In het onderstaande wordt ingegaan op deze maatschappelijke kosten en baten.

De baten zijn de redenen dat infrastructuur voor een vervoersysteem wordt aangelegd en gebruikt. De baten uit aanleg en gebruik moeten hoger zijn dan de direkte kosten aan middelen (geld, grond). Daarnaast zijn er maatschappelijke kosten, die voortvloeien uit de middelen die worden ingezet voor een vervoersysteem en uit de neveneffecten van aanleg en gebruik van het systeem. Eigenlijk zou het saldo tussen de maatschappelijke kosten en de baten ook positief moeten zijn. Dit is nu nog niet het geval. In het kort kan gesteld worden dat die neveneffecten van de verkeers- en vervoersector bijdragen aan het broeikaseffect, verspilling, smog, verzuring, geluid- en stankhinder, luchtverontreiniging (met name binnensteden) en versnippering van landschappelijke eenheden. De verkeers- en vervoersector draagt bij aan (en heeft last van) de eindigheid van de beschikbare ruimte, grondstoffen en fossiele brandstoffen (Schrijnen 1995).

De overheid vertaalt deze neveneffecten in randvoorwaarden: zij bepaalt hoeveel geld, ruimte of milieubelasting De verkeers- en vervoersector mag kosten. Zo zijn er randvoorwaarden op het gebied van ruimte, milieu, economie en op sociaal-cultureel gebied. In deze paragraaf worden nu deze vier categorieën van randvoorwaarden en de neveneffecten waar ze van afhankelijk zijn behandeld.

milieu

In de jaren zeventig en tachtig werden steeds meer mensen zich ervan bewust dat aan economische groei, technologische ontwikkeling en bijbehorend consumptiegedrag ook nadelen kleven. Vooral de milieuvervuiling wordt door veel mensen als ernstige bedreiging voor mens, dier en ecosysteem gezien. Als antwoord hierop zou een duurzaam beleid gevoerd moeten worden.

De definitie van duurzame ontwikkeling zoals geformuleerd in het rapport Our Common Future van de World Commission on Environment and Development (commissie Brundtland): 'duurzame ontwikkeling is een proces van verandering waarin de benutting van natuurlijke hulpbronnen, de richting van investeringen, de oriëntatie van technologische ontwikkeling en de institutionele veranderingen met elkaar in harmonie zijn en zowel de huidige als de toekomstige mogelijkheid vergroten om aan de menselijke behoeften en aspiraties tegemoet te komen.'

Deelvorm van de vervoerswijze	vervoer per trein			openbaar stads- en streekvervoer		
	Binnenlands treinvervoer	Internationaal treinvervoer	Hoge snelheidstrein	Bus	Tram	Metro/ sneltram
Gemiddeld aantal (zit)plaatsen	330	360	400	60 [1]	120 [1]	180 [1]
Bezettingsgraad (%)	40	60	65	20 [2]	25 [2]	25 [2]
Gemiddeld aantal passagiers	132	216	260	12	30	45
Gemiddelde snelheid (km/u)	75	90	145	25	15	30
Beladingsgraad (%)	100	100	100	100	100	100
Aan- en afrijden (%)	0	0	0	7	4,5	3
Omwegfactor (coëfficiënt)	1,1	1,1	1,1	1,25	1,1	1,1
energieverbruik:						
- Kwu per voertuigkm	12,0	11,7	18,5	0,363	2,6	4,5
- mln. J per voertuigkm	43,7	42,7	66,6	13,0	9,4	16,2
- mln. J per reizigerskm	0,91	0,54	0,70	1,54	0,90	1,02
emissies: (gr./reiz.km)						
- kooldioxide (CO_2)	66	39	50	114	68	78
- koolmonoxide (CO)	0,002	0,001	0,002	0,6	0,003	0,003
- vluchtige organische stoffen (VOS)	0,02	0,01	0,01	0,4	0,02	0,02
- stikstofoxiden (NO_x)	0,12	0,07	0,09	2,0	0,13	0,14
- aërosolen	–	–	–	0,18	–	–
- zwaveldioxide (SO_2)	0,08	0,05	0,06	0,12	0,08	0,10
- lood	–	–	–	0,00	–	–

[1] gewogen gemiddelde met betrekking tot voertuiggrootte; plaatsen per voertuigtype volgens Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
[2] raming

figuur I.1: Energieverbruik en emissies van het vervoer per trein en van het openbaar stads- en streekvervoer (Tensen 1996)

Deelvorm van de vervoerwijze	taxivervoer		personenauto			
	Straattaxi-vervoer	Geregeld vervoer per minibus	woon-werk verkeer	zakelijk verkeer	soc. en recr. verkeer	gemidd.
Gemiddeld aantal zitplaatsen	4 [1]	8 [1]	4,5	4,5	4,5	4,5
Bezettingsgraad (%)	30	50	26,2	24,9	40,9	36,4
Gemiddeld aantal passagiers	1,2	4	1,18[2]	1,12[2]	1,84[2]	1,64[2]
Gemiddelde snelheid (km/u)	25	35	55	75	65	65
Beladingsgraad (%)	55	70	100	100	100	100
Aan- en afrijden (%)	510	0	0	0	0	0
Omwegfactor (coëfficiënt)	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
energieverbruik:						
- liter per voertuigkm	1,101	0,108	0,90	0,075	0,080	0,082
- mln. J per voertuigkm	3,4	3,9	2,9	2,3	2,6	2,6
- mln. J per reizigerskm	5,74	1,78	2,61	2,18	1,49	1,68
emissies: (gr./reiz.km)						
- kooldioxide (CO_2)	411	130	190	161	110	120
- koolmonoxide (CO)	2,3	0,4	5,4	0,9	3,1	3,1
- vluchtige organische stoffen (VOS)	0,6	0,1	1,1	0,3	0,5	0,5
- stikstofoxiden (NO_x)	0,4	0,1	1,5	0,8	0,9	1,0
- aërosolen	0,4	0,1	0,03	0,11	0,01	0,03
- zwaveldioxide (SO_2)	0,3	0,1	0,03	0,10	0,01	0,03
- lood	0,00	0,00	0,020	0,00	0,01	0,0009

[1] voor passagiers, excl. chauffeur
[2] incl. chauffeur
Bron: CBS Luchtverontreiniging door het wegverkeer

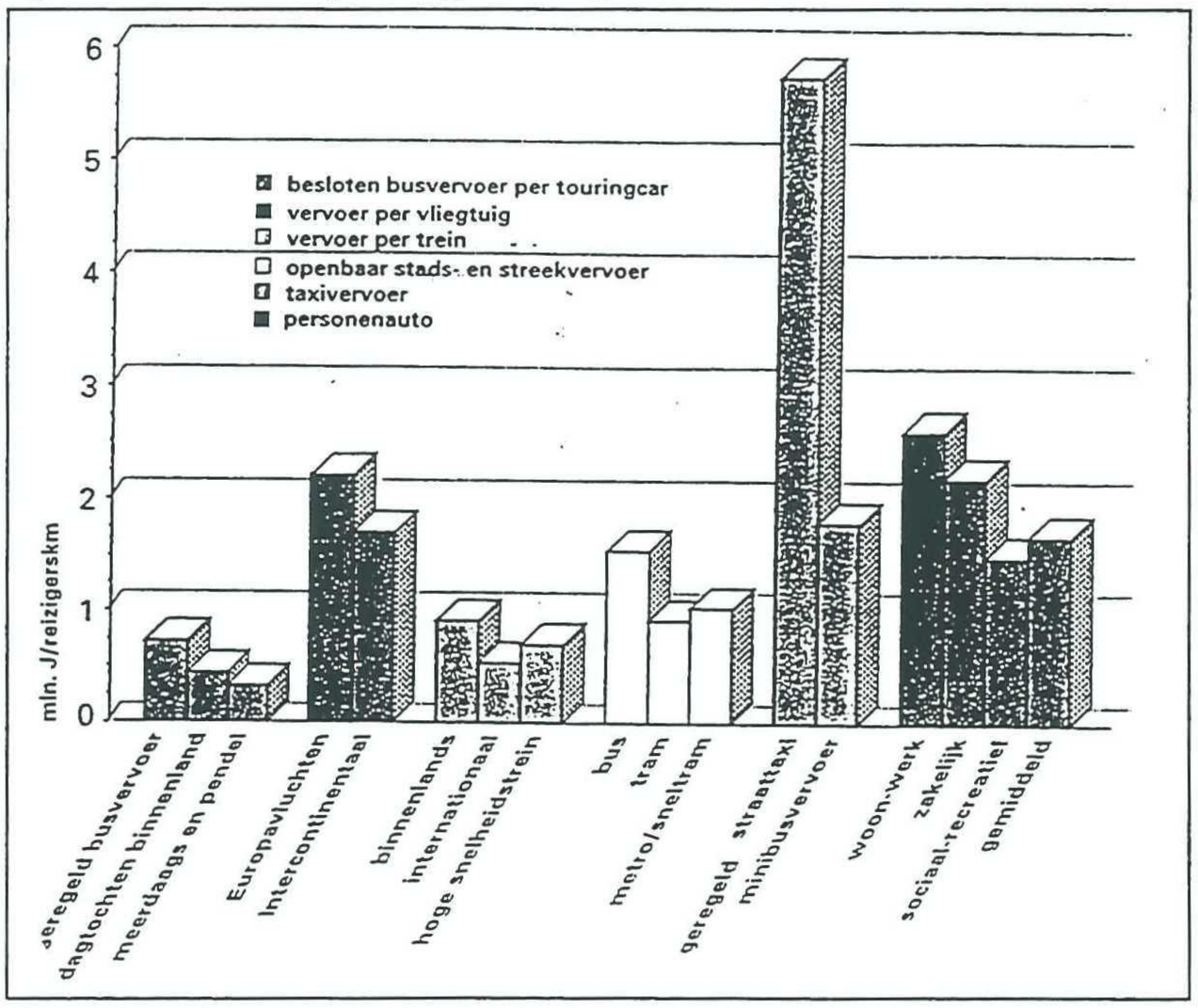
figuur I.2: Energieverbruik en emissies van het taxivervoer en het vervoer per personenauto (Tensen 1996)

In het Nationaal Milieubeleidsplan (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, 1989) wordt het begrip duurzame ontwikkeling uitgelegd als 'een ontwikkeling die voorziet in de behoefte van de huidige generatie zonder daarmee voor toekomstige generaties de mogelijkheid in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien.' Deze definitie is minder breed dan de oorspronkelijke. Er staat niets meer in over de aspiraties van de huidige en toekomstige generatie.

De definitie uit het NMP is uitgangspunt voor het overheidsbeleid in Nederland en heeft als consequentie dat iets aan de omvang van de het huidige grondstoffengebruik, het groeiende ruimtegebruik en de vervuiling moet worden gedaan. Het verkeer is samen met de industrie, de landbouw en de huishoudens in Nederland een belangrijke oorzaak van de vervuiling. Volgens het NMP moeten de industrie, de landbouw en het binnenlandse verkeer en vervoer een evenredige bijdrage aan het beperken van de milieuvervuiling leveren. Voor de luchtvaart en de zeevaart geldt dit echter niet.

Een breed scala aan oorzaken is verantwoordelijk voor de aantastingen van het milieu. In de verkeers- en vervoersector zijn de aanleg van infrastructuur en de produktie, het onderhoud en het gebruik van voertuigen verantwoordelijk voor de emissie van schadelijke stoffen, verbruik van grondstoffen, energiegebruik, aantasting van het landschap en visuele- en geluidshinder (Vleugel 1991).

In figuur I.3 is het gemiddelde energieverbruik per reizigerskilometer in 1994 gegeven. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde bezettingsgraad en het gemiddeld verbruik voor een voertuigcategorie. Een volle zuinige auto of bus komt er dus veel beter af dan de waarde in figuur I.3 en een bijna leeg voertuig met verouderde motor slechter. Figuren I.1 en I.2 bevatten de gemiddelde bezettingsgraad, snelheid, omwegfaktor en het gemiddeld aantal zitplaatsen per voertuig waar van uit is gegaan (Tensen 1996). Het hierboven en in de tabel genoemde energieverbruik bevat alleen de brandstofkosten van de verplaatsing zelf. Ook de produktie van de vervoermiddelen en de infrastructuur kost veel energie.



figuur I.3 gemiddeld energieverbruik per reizigerskilometer (Tensen 1996)

De belangrijkste schadelijke emissiestoffen die door de verschillende vervoerwijzen worden uitgestoten zijn:

- kooldioxyde (CO_2): Vrijwel iedereen is het er over eens dat deze stof medeveroorzaker van het broeikaseffect is.
- koolmonoxyde (CO), vluchtige organische stoffen en aërosolen. Deze stoffen zijn schadelijk voor de gezondheid van de mens.

- stikstofoxyden (NO_x) en zwaveldioxide (SO_2). Zij zijn van invloed op de verzuring van de bodem en het grondwater.

In de figuren I.1 en I.2 staat ook de gemiddelde uitstoot van deze stoffen door de verschillende vervoermiddelen. Hiervoor geldt in grote lijnen hetzelfde als voor het energieverbruik. Het railvervoer scoort beter dan de personenauto. De emissiewaarden van de bus zitten er tussen in. Het taxivervoer komt er per reizigerskilometer zeer slecht af. Het wegverkeer is uiteraard niet de enige veroorzaker van schade aan het milieu. Het railverkeer is ook niet geheel schoon maar bij gelijke vervoerprestatie komt het personenautoverkeer er aanmerkelijk slechter af. Een korte rit met een personenauto kost bijvoorbeeld drie keer zoveel energie als een zelfde rit met het openbaar vervoer (Tensen 1996).

ruimte

De verkeers- en vervoersector heeft ruimte nodig. In het ruimtelijk beleid en voor het ruimtebeslag moet deze infrastructuur voor de schaarse ruimte concurreren met andere sectoren als de landbouw, milieu, recreatie, bedrijfsleven en huisvesting. Het direkte ruimtebeslag van infrastructuurvoorzieningen voor verkeer is groot, maar indirekt ruimtebeslag speelt vaak een grotere rol: geluidszones, risico contouren, barrière-werking en visuelehinder. Het stedelijk ruimtegebruik neemt toe door bevolkings- en welvaartsgroei. Daardoor wordt de ruimte beschikbaar voor de aanleg van infrastructuur steeds schaarser. In 1990 was 550.000 hectare, dat is 14% van Nederland, verstedelijkt (Schrijnen 1995).

Het direkte ruimtebeslag van een vervoerwijze bestaat uit de verbindende infrastructuur en de parkeer- of overstap-voorzieningen. Niet alle vervoerwijzen gaan even efficiënt met de ruimte om. Bovendien is de bezettingsgraad van een vervoermiddel meestal geen 100%. Om een bepaald aantal personen te kunnen vervoeren heeft een vervoersysteem een bepaalde hoeveelheid ruimte nodig. Voor de ene is dat veel meer dan voor de andere. De verschillende waarden voor vervoermiddelen staan in figuur I.4.

	statisch ruimtebeslag per persoon (m^2)	gemiddelde bezettingsgraad (%)	dynamisch ruimtebeslag p.p. (m^2) bij	
			bezettingsgraad100%	gem. bezettingsgraad
voetganger	-	100	0,5	0,5
fiets	1,2	100	7,0	7,0
auto	8,0	36	50	140
autobus	0,8	20	7,5	38
metro	0,6	25	2,5	10
trein	1,0	40	4,0	10

figuur I.4: Ruimtebeslag per vervoerwijze per persoon

In de bovenstaande tabel is het dynamische en het statisch ruimtebeslag van verschillende vervoermiddelen gegeven. Het statisch ruimtebeslag betreft de ruimte die door het voertuig zelf wordt ingenomen. Het dynamisch ruimtebeslag houdt ook rekening met de gevolgen van rijsnelheid en is gebaseerd op volledige benutting van de capaciteit van de weg. De gegevens komen uit (Van Witsen 1990) en uit (Tensen 1996).

Van Witsen is uitgegaan van een bezettingsgraad van 100%, ook voor de auto en het openbaar vervoer. In de werkelijkheid ligt deze alleen voor de voetganger en op de fiets op 100%. In de rechter kolom is uitgegaan van de gemiddelde bezettingsgraad van de voertuigen uit (Tensen 1996), zie ook tabellen I.1 en I.2.

Basisgebonden vervoersystemen (vervoersystemen waarbij de reiziger een eigen vervoermiddel gebruikt) zoals het fiets- en het autosysteem hebben bovendien parkeervoorzieningen nodig en die nemen ook weer ruimte in beslag. Bij het loop-systeem is er geen extra ruimtegebruik voor parkeren. Het openbaar vervoer heeft naast stallingen voor als voertuigen buiten gebruik zijn nog extra ruimte nodig voor haltes. Deze kunnen echter meer functies bevatten dan alleen maar de overstapfunctie. Vooral parkeerplaatsen voor de

auto leggen een groot beslag op de (schaarse) ruimte. Voor iedere auto zijn gemiddeld drie parkeerplaatsen beschikbaar. De ruimte die een geparkeerde auto nodig heeft inclusief rijwegen op een parkeerterrein is 20 à 25 m^2 (Van Witsen 1990). Dit betekent dat er in Nederland voor het hele wagenpark van 5,9 miljoen personenauto's (CBS 1994) en zo'n 0,7 miljoen bedrijfswagens (CBS 1994) ongeveer 200 vierkante kilometer parkeerruimte in beslag wordt genomen (Parkeer management Nederland 1996).

economie

Aanleg, onderhoud, gebruik en exploitatie van vervoersystemen kosten geld. Er is een evenwicht gewenst tussen de financiële kosten en baten. Probleem bij infrastructuur is dat de kosten en de baten niet allemaal bij dezelfde partij terecht komen. Vaak komen de kosten voor rekening van de overheid doordat zij de investeringen doet in infrastructuur of de exploitatietekorten dekt. De baten zijn voor bedrijven of individuele burgers. Via belastingen en andere inkomsten van de staat moeten die baten dan indirekt bij de overheid terugkomen (Schrijnen 1995). Hoewel de grens tussen uitgaven en investeringen moeilijk te trekken is, worden investeringen gedaan met de verwachting dat het geld, direkt of indirekt, ook weer zal worden terugverdiend. Uitgaven zullen in ieder geval niet direkt geld opleveren, maar kunnen worden beschouwd als investeringen die maatschappelijke baten opleveren.

Er zijn drie soorten baten waardoor de overheid kan kiezen geld te investeren of uit te geven aan aanleg, exploitatie of onderhoud van vervoersystemen (Schrijnen 1995):

- direkte opbrengsten van de investeringen; bijvoorbeeld sommige investeringen in Schiphol of de haven van Rotterdam,
- maatschappelijke baten in termen van geld; bijvoorbeeld busbanen om de exploitatielasten van het openbaar vervoer terug te dringen,
- maatschappelijke baten in andere termen; bijvoorbeeld het exploitatietekort van het openbaar vervoer wordt (nog) gedekt om een minimale mobiliteit van mensen zonder auto of fiets veilig te stellen.

Als de overheid voldoende geld heeft, loont het in direkte economische zin om de eerste twee soorten investeringen te doen. De derde soort investeringen is niet direkt financieel lonend. Hoe groter de welvaart, hoe makkelijker het is voor de overheid om te investeren.

Op economisch gebied rijdt het auto-systeem op het moment zichzelf in de wielen. Tegelijk met het autogebruik is de congestie fors gegroeid, vooral in het westen van Nederland. De kans om op de belangrijkste rijkswegen in een file terecht te komen is gestegen van 14% tot 34% (MIT 1995-1999, aangehaald in Schrijnen 1995). Personen en materiaal die stilstaan kosten het bedrijfsleven alleen maar geld. Investeringen in het auto-systeem worden als batig beschouwd, omdat zij tot doel hebben de congestie terug te dringen.

De subsidie aan de Nederlandse Spoorwegen wordt afgeschaft, en de kostendekkingsgraad van het andere openbaar vervoer moet naar 50%. Het derde type uitgaven wordt dus verminderd.

sociaal-cultureel

De vergrote mobiliteit heeft veel sociaal culturele processen mogelijk gemaakt of vergemakkelijkt. Die processen zorgen er op hun beurt weer voor dat de mobiliteit en het afgelegde kilometrage groeien. Vooral de opkomst van de auto heeft ervoor gezorgd dat men zich steeds sneller kan verplaatsen. Als gevolg hiervan stijgt de gemiddelde afstand tussen de woning, het werk en andere bezigheden. Het mobiele deel van de bevolking kan ook voor voorzieningen zoals winkels en diensten grotere afstanden afleggen. Dit leidt tot schaalvergroting en dus tot gebieden waar bepaalde voorzieningen ontbreken. Het is de taak van de overheid om ervoor te zorgen dat die delen van de bevolking die niet over eigen

vervoer beschikken ten minste een bepaald mobiliteitsniveau hebben. Er zal dus overal een voldoende dicht openbaar vervoersysteem moeten blijven bestaan.

Andere sociaal culturele veranderingen die invloed hebben op de mobiliteit en die deels mogelijk gemaakt zijn door de vergrote mobiliteit zijn (Schrijnen 1995):

- gezinsverdunning en de groei van het aantal huishoudens
- emancipatie, hogere deelname van vrouwen aan het arbeidsproces wat leidt tot meer economische onafhankelijkheid.
- taakcombinatie; meer dan vroeger combineren mensen arbeid, studie, zorg en huishoudelijke taken.
- grotere diversificatie in de vrijetijdsbesteding door de grotere welvaart.

Dit zijn echter geen nadelige gevolgen van de mobiliteitsgroei te noemen.

Infrastructuur kan door fysieke belemmeringen of drukte een barrière vormen tussen de gebieden aan weerszijden. Vooral nieuwe infrastructuur kan sociale verbanden van buurten, dorpen en steden drastisch veranderen.

huidige ontwikkelingen

Zowel met de huidige trend als na het doorvoeren van de in de volgende paragraaf beschreven overheidsbeleid zal de milieu-aantasting door het verkeer voorlopig blijven toenemen. Hiervoor zijn een aantal faktoren verantwoordelijk

- De vervanging van oude, meer vervuilende verbrandingstechnieken door schonere zal naar schatting zeker 14 tot 20 jaar in beslag nemen doordat oude auto's niet van de weg hoeven.
- Energiebesparing door verbeteringen aan de voertuigen wordt deels teniet gedaan door een groeiend aandeel van luxere auto's met een groter vermogen en een hoger energieverbruik.
- Het gemiddeld aantal per auto gereden kilometers is de laatste jaren redelijk constant (CBS 1996). Doordat het aantal auto's groeit blijft ook het aantal gereden kilometers voorlopig stijgen. Er zijn een aantal faktoren verantwoordelijk voor het groeiende kilometrage (Schrijnen 1986, Bovy 1995):
  - demografische ontwikkelingen
  - voortgaande economische groei (toenemende werkgelegenheid en inkomen)
  - stijging aantal huishoudens door gezinsverdunning
  - groeiende arbeidsmarktparticipatie van vrouwen
  - de groei van het aantal 'snelweglokaties'
  - een (zeker relatief) geringe verbetering van het openbaar vervoer, of zelfs verslechtering
- Nog steeds worden nieuwe wegen aangelegd waardoor de automobiliteit verder wordt bevorderd.
- De afstand tussen veel (nieuwe) woon- en werklokaties is niet efficiënt zonder auto af te leggen. Alternatieve vervoermiddelen zijn vaak niet beschikbaar of hebben om diverse redenen weinig aantrekkingskracht op de automobilist.

I.b verkeers- en vervoerbeleid

Bij het verminderen van de huidige ongewenste gevolgen van de mobiliteit is de regering er in het algemeen wel van overtuigd dat het (ook) een taak van de overheid is om daar wat aan te doen, getuige het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV II) en het Nationaal Milieu Beleidsplan Plus (NMP+). Het beleid van de regering is gebaseerd op een aantal nota's. Naast het NMP+ waaruit het hiervoor genoemde begrip duurzame ontwikkeling komt zijn nog twee rapporten van groot belang:

de Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening Extra (VINEX)
Vanwege de groei van het autoverkeer vermindert de bereikbaarheid van de economische centra. Er wordt daarom gepoogd om het niet noodzakelijke verkeer in de steden en stadsgewesten terug te dringen. Als maatregelen om dat te bewerkstelligen worden genoemd:
Het voeren van een lokatiebeleid zodat het aantal autoverplaatsingen en de lengte daarvan zoveel mogelijk worden beperkt.
Het door middel van parkeerbeleid beïnvloeden van verkeersstromen.
Door middel van doelgroepenbeleid de doorstroming van bepaalde categorieën weggebruikers op het hoofdwegennet waarborgen.
Het tot stand brengen en in stand houden van hoogwaardige voorzieningen voor langzaam verkeer en openbaar vervoer.

het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV II, Min van V&W)
Het Rijk wil de groei van het autogebruik tussen 1986 en 2010 beperken tot 35% in tegenstelling tot de groei van 70% die verwacht werd voor 2010 bij ongewijzigd beleid. Dit dient te gebeuren door met een prijsbeleid en lokatiebeleid de aantrekkelijkheid van de auto te verminderen. Hiernaast is het de bedoeling dat door te zorgen voor meer en kwalitatief beter openbaar vervoer er een alternatief komt dat kan concurreren met de auto. Ook voorzieningen voor de fiets en carpoolen moeten worden verbeterd.
In het SVV II zijn concrete streefbeelden voor 2010 uitgewerkt waaraan plannen van lagere overheden en vervoerregio's en de uitvoering daarvan kunnen worden getoetst. In de bijlage zijn deze streefbeelden opgenomen.

Het kabinet heeft zich, ondanks de verdergaande stijging van de CO_2-uitstoot van de laatste jaren, nog steeds ten doel gesteld om in 2000 op het niveau van 1986 te houden en in 2010 een reductie van 10 procent bereikt te hebben (Milieuprogramma 1995-1998). Ook voor het bereiken van de meest recente milieudoelstellingen voor andere stoffen moet op z'n minst de groei van het autogebruik omlaag.

het Masterplan Fiets
Om extra aandacht aan de fiets en het fietsbeleid te geven is als onderdeel van het SVV het Masterplan Fiets uitgekomen. Hierin staan de volgende doelen voor het fietsbeleid:

- Het aantal fietskilometers zal tot het jaar 2010 niet dalen maar met 30% stijgen.
- De reistijd per fiets zal in 2010 ten opzichte van 1986 met 20% afnemen.
- De reistijd per fiets zal voor wat betreft afstanden tot 5 kilometer in de stedelijke gebieden gelijk of kleiner zijn dan die per auto.
- In 2010 is het aantal woon-werkverplaatsingen per fiets met 50% toegenomen ten opzichte van 1986.

Het Masterplan Fiets heeft vijf speerpunten met bijbehorende streefbeelden. Twee daarvan zijn zeer belangrijk voor dit projekt. Het eerste speerpunt is de vervoerketen; de overstap van auto naar openbaar vervoer + fiets. Door verbetering van de vervoerketen fiets + openbaar vervoer is in 2015 het aantal reizigerskilometers per openbaar vervoer hoger. Hiermee wordt een alternatief geboden het autogebruik. Een ander speerpunt is stalling en diefstalpreventie: het jaarlijks aantal gestolen fietsen is in 2000 substantieel lager dan in 1990.

trendbreuk
Omdat niet iedereen het overheidsbeleid ver genoeg vindt gaan en er twijfels zijn of dit wel leidt tot een duurzame samenleving zijn er alternatieven voor de visie die in het SVV II is uitgewerkt ontstaan. Op initiatief van de Vereniging Milieudefensie en de Initiatiefgroep Wijs op Weg is het trendbreukscenario ontwikkeld. Hierbij was het doel om inzicht te krijgen in de vorm en capaciteit van een vervoer- en verkeerssysteem dat voldoet aan de volgende eisen:

- terugdringen van energieverbruik en aantasting van het milieu
- garanderen van een voldoende mate van mobiliteit

De hierin voorgestelde maatregelen gaan aanzienlijk verder dan die uit het SVV II (Schoemaker 1988).

I.c mogelijke maatregelen

Als naar het trendbreukscenario of een soortgelijke toekomstvisie wordt toegewerkt vereist dat grote veranderingen in het verkeers- en vervoersysteem. Twee strategieën zijn mogelijk om dit te bereiken: oplossingen zoeken binnen de mobiliteit zonder deze te beperken, of het beperken van de mobiliteit.

Bij de ruimtelijke inrichting zal er functiemenging op een lager schaalniveau zijn (wonen, werken, recreëren) zodat de verplaatsingsafstanden korter worden en met de fiets en te voet een groter deel van de verplaatsingen afgelegd kan worden. Goede fiets- en voetgangersvoorzieningen komen ook de veiligheid ten goede. Hierbij kan gedacht worden aan het compacte-stad-idee, waarbij van belang is op welk schaalniveau de stad compact is. Is de compacte stad alleen voor wonen, voor wonen en werken of zelfs inclusief recreatie?

Als men het autoverkeer wil beperken op bepaalde plaatsen moet er wel een goed alternatief zijn. Hoe beter het alternatief voor de auto, hoe minder noodzakelijk het is om verplaatsingen met de auto te maken.

Autoverplaatsingen zijn noodzakelijk als de reistijd van eventuele alternatieven te hoog is of reizigers invalide zijn en hun auto nodig hebben. Er wordt gedacht dat op het moment van alle autogebruik een derde van de verplaatsingen per auto noodzakelijk is, een derde is nu al vermijdbaar en nog eens een derde van de verplaatsingen per auto is vermijdbaar als er goede alternatieven voorhanden zijn (Schrijnen 1995). Dat goede alternatief is bijvoorbeeld fiets en openbaar vervoer als systeem.

Deze vermijdbare verplaatsingen kunnen beperkt worden 'push- en pullmaatregelen'. De push-maatregelen zorgen ervoor dat de autobestuurders de auto laat staan, de pull-maatregelen trekken de autobestuurder naar het gewenste verplaatsings-alternatief.

Het doel van push-maatregelen is om (bepaalde onderdelen van) het autoverkeer minder aantrekkelijk maken. Dit kan door middel van regelgeving (bijvoorbeeld vermindering van het aantal parkeerplaatsen, tijds- of plaatsgebonden rijverbod of aanpassing van de verkeersregels) of door financiële maatregelen. Bij de laatste soort maatregelen is het verhogen van de variabele kosten van het autogebruik (tolheffing, rekening rijden, verhoging motorrijtuigenbelasting, verhoging brandstofprijzen, parkeerheffingen of afschaffing reiskostenvergoedingen voor de auto).

Als de autoreiziger veel knelpunten tijdens zijn rit tegenkomt, zoals files, tolwegen en verkeerslichten kunnen dat motieven zijn om de overstap naar fiets en openbaar vervoer te maken. Naast al genoemde maatregelen, kan met parkeerbeleid het parkeren bij de activiteitenzijde moeilijker gemaakt worden. Het is dan wel zaak, dat niet de activiteit zich naar een voor de auto beter bereikbare lokatie verplaatst.

Pull-maatregelen zijn bedoeld om de aantrekkelijkheid van de alternatieven verbeteren. Hier valt te denken aan het terugdringen van de vraag naar vervoer (bijvoorbeeld door het stimuleren van thuiswerken of een stringenter vestigingsbeleid) of het aantrekkelijker maken van meer milieuvriendelijke vervoerwijzen zoals lopen, fietsen en het reizen per openbaar vervoer.

Mogelijke maatregelen voor het openbaar vervoer zijn hogere frequenties, tariefsaanpassingen, stiptheid en aparte openbaar vervoerstroken en -banen.
Fietsmaatregelen zijn bijvoorbeeld een aanpassing van de wetgeving zodat de fiets voorrang krijgt in de bebouwde kom, en het verbeteren van fietsverbindingen. Combinatie-maatregelen zijn het verbeteren van stallingsvoorzieningen bij stations en het vergemakkelijken van het meenemen van de fiets in de trein.
De maatregelen die in een onderzoek van de TU Delft (Van Goeverden 1993) zijn meegenomen in de berekeningen staan in figuur I.5.

push	pull	
auto	openbaar vervoer	fiets
langere reistijd minder parkeerplaatsen hogere parkeerkosten	kortere reistijd lagere reiskosten	vlotte en veilige routes betere stalling
	goede overstap	

figuur I.5: Push en pull maatregelen onderzocht in Van Goeverden 1993

Uit een studie uit 1995 van Hague Consulting Group naar kansrijke ov-relaties bleek dat op een aantal ov-relaties bij stringente beleidsmaatregelen substitutie van autokilometers door het openbaar vervoer mogelijk is. Verder bleek dat stringente parkeermaatregelen meer effect hebben dan reistijdverkorting van het openbaar vervoer (De Boer 1995).

Ondanks al deze mogelijke maatregelen moet niet worden vergeten dat automobilisten vaak gewoonterijders zijn en niet altijd de voor- en nadelen van alternatieve vervoerwijzen tegen elkaar af wegen. In veel gevallen zijn ze alleen met zeer ingrijpende maatregelen uit de auto uit te krijgen (Aarts 1996).

De conclusie uit beide onderzoeken is dat push-maatregelen effectiever zijn om het autogebruik te beperken dan pull-maatregelen. Wel hebben de push-maatregelen geen zin als er niet een goed alternatief wordt geboden voor het autogebruik.

bijlage II: modellen, hoe en wat

inhoud:

II.a modellen algemeen **55**
evaluatie-/prognosemodel 55
doel van model 55
weerstand en kwaliteit 56
II.b invoer **57**
onderscheid vervoerwijzen 57
indeling reizigers 58
indeling verplaatsingen 58
netwerk 58
gebiedsindeling 58
II.c bepaling verplaatsingsweerstanden **58**
II.d verdelingsformules **59**
deterministisch/stochastisch 59
alles of niets 59
capacity-restraint 59
multiflow 60
probabilistische routekeuzemodel 60
logit-formule 60
zwaartekracht model 61
II.e keuzevolgorde **61**
produktie/attractie 63
distributie 63
keuze hoofdtransportmiddel 63
keuze voor- en natransportmiddel 63
gelijktijdige keuze voor- en hoofdtransportmiddel 65
toedeling 65
multimodaal netwerk 66
II.f wegingsfaktoren **68**
II.g uitvoer **68**
II.h toekomstmuziek **68**

Bijlage II modellen, hoe en wat

In deze bijlage worden de verschillende onderdelen waar het modelleren uit bestaat behandeld. De modellen worden bekeken vanuit het oogpunt van dit projekt; hoe worden de kwaliteiten van de fiets, het openbaar vervoer en de combinatie van die twee beoordeeld en hoe wordt de modal split tussen de verschillende vervoerwijzen bepaald. Per modelonderdeel worden wel eerst iets algemener de stand van zaken en de mogelijkheden besproken. Daarna worden de plus- en minpunten ten aanzien van dit projekt behandeld. Aan het eind van de volgende bijlage, waarin tien bestaande modellen worden behandeld, staat een conclusie waarin alle bruikbare onderdelen die het modelonderzoek heeft opgeleverd nog eens op een rijtje staan.

II.a modellen algemeen

Een model is een vereenvoudigde weergave van de een proces, systeem of object. Het gebruik van een model kan nuttig zijn als de werkelijkheid te complex, te groot of te klein is of zich op een andere plaats of in een andere tijd bevindt. In de verkeerskunde maakt het gebruik van modellen het gemakkelijker om bepaalde kenmerken en onderdelen in een groot geheel te bestuderen of om te kijken naar toekomstige of anderszins fictieve situaties. Het gaat hierbij vrijwel altijd om het vergelijken van verschillende alternatieven. Dit geldt niet alleen voor kwalitatieve modellen, maar ook voor kwantitatieve modellen. Bij de uitkomsten zal vaak rekening moeten worden gehouden met aanzienlijke foutenmarges. Belangrijker zijn echter vaak de verhoudingen tussen de verschillende alternatieven.

evaluatie-/prognosemodel

Er valt onderscheid te maken tussen een evaluatie- en een prognosemodel. Een evaluatiemodel kijkt naar de kwaliteit van een huidige of eventueel toekomstige situatie. Het kan hierbij gaan om één verbinding of om een bepaald gebied. Er kan bijvoorbeeld het aantal overstappen, omrijfaktoren of wachttijden worden bekeken. En evaluatiemodel is geschikt om knelpunten te vinden, om de bereikbaarheid van een lokatie of te bepalen of om de veiligheid van een bepaalde situatie te voorspellen.
Bij een prognosemodel gaat het meestal om het aantal verplaatsingen tussen twee zones of op bepaalde routes. Aan de hand van gegevens over de huidige en vroegere situatie wordt een voorspelling van het aantal verplaatsingen tussen zones (HB-matrix) voor een fictieve situatie gemaakt. Ook de huidige HB-matrix wordt, omdat volledige telgegevens ontbreken, meestal geschat met bepaalde gegevens. Aan de hand van de HB-matrix worden vervolgens de reizigers toegedeeld aan de verschillende vervoerwijzen en routes. Veranderingen van reizigersaantallen kunnen ontstaan door het doortrekken van trends of door het veranderen het netwerk en de kenmerken van het netwerk.

De meeste bestaande modellen zijn zowel voor prognose als voor evaluatie bruikbaar.

doel van model

Er moet meestal zowel naar de bereikbaarheid van een lokatie als naar de grootte van de verschillende verkeersstromen gekeken worden. Bij verschillende doelstellingen ontstaan wel verschillende accenten; voor de milieudoelstellingen zijn cijfers over de stijging of daling van het absolute aantal kilometers van de verschillende vervoerwijzen van belang. Voor het plaatselijk milieu is de verdeling van het verkeer met de bijbehorende emissies over de verschillende routes belangrijk om te weten. Als het om bereikbaarheidsdoelstellingen gaat is het van belang dat er op tijdstippen met congestie alternatieven komen voor de vastzittende autoverbinding. Dat dit extra verkeer genereert dat de 'vrijgekomen' plaatsen in de file

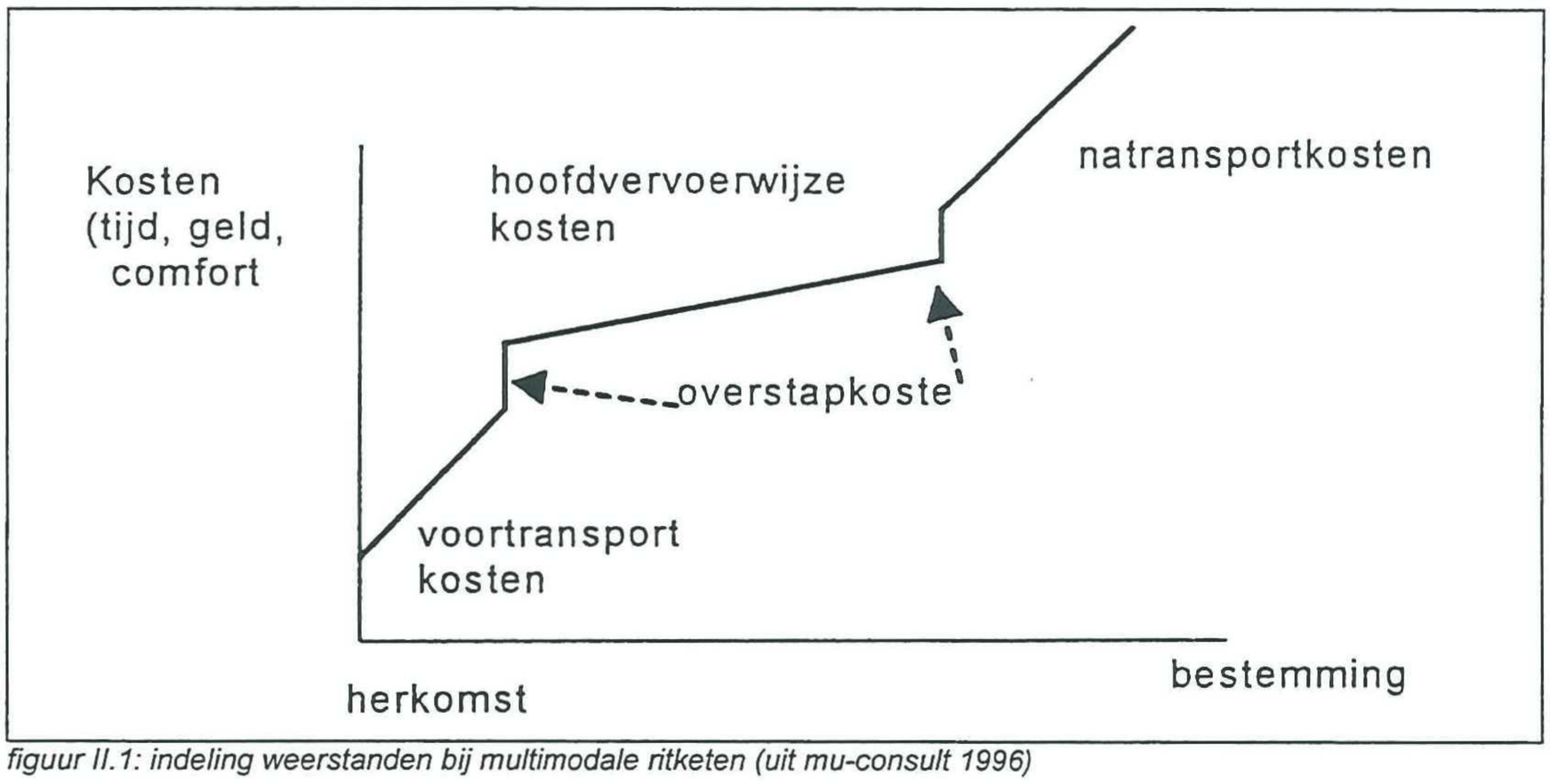
inneemt is dan minder problematisch. In het eerste geval moet worden gekeken naar een (gemiddeld) etmaal terwijl voor de bereikbaarheid de spitsuren van groter belang zijn. In dit rapport zal het vooral gaan over aantallen voertuig- en reizigerskilometers. Over bereikbaarheidsmodellen zal in 6.11 echter toch in het kort wat gezegd worden.

Modellen voor het fiets-, openbaar vervoer- en autoverkeer kunnen bij dit projekt de volgende wijzen van nut zijn:

- Met een model kunnen knelpunten in het huidige netwerk worden opgespoord. Waar zijn verbeteringen aan het fiets- en openbaar vervoernetwerk mogelijk?
- Uit het patroon van herkomsten en bestemmingen kunnen op grond van afstanden en reizigersaantallen kansrijke relaties worden gehaald.
- Het effect van maatregelen op de vervoerwijze keuze en op de aantallen reizigerskilometers per vervoerwijze kunnen worden bepaald.

weerstand en kwaliteit

Een verplaatsing heeft voor de reiziger een aantal kosten en baten. De verplaatsing wordt alleen gemaakt als de baten, of het nut, groter de zijn dan de kosten, of het disnut. De baten bestaan uit de voordelen die de bestemming biedt boven de herkomst.



figuur II.1: indeling weerstanden bij multimodale ritketen (uit mu-consult 1996)

Bij een multimodale ritketen zijn de weerstanden schematisch als volgt te splitsen (zie ook figuur II.6 Mu-consult 1996):

- opstapkosten die men heeft voordat men van het eerste vervoermiddel gebruik maakt. Hieronder vallen verborgen wachttijden, het lopen naar de fiets, de auto, opstapplaats van taxi of andere autobestuurder of ontsluitende halte en de kosten en tijd die het kost om aan de benodigde informatie te komen. Dit kan door middel van een constante tot uitdrukking komen in een model.
- de weerstand van de eerste vervoerwijze. De weerstand per afgelegde kilometer verschilt per vervoerwijze. Bij ontsluitend openbaar vervoer geldt over het algemeen een grotere weerstand per afgelegde kilometer dan verbindend, hoogwaardiger, openbaar vervoer. Dit komt door de lagere snelheid en een vaak lager comfortniveau. Hier gaat het vaak om weerstanden die lineair afhankelijk zijn van de afstand en/of de rijtijd van het voortransport.
- overstapweerstand. Wachttijd weegt zwaar mee en de reiziger komt niet dichter bij z'n bestemming.
- weerstand van de tweede vervoerwijze. Hiervoor geldt hetzelfde als voor de eerste vervoerwijze.

- weerstand van het natransport. Vanaf de laatste halte, fietsenstalling of parkeerplaats moet men nog bij de uiteindelijke bestemming zien te komen. Bij een weinig bezochte bestemming betekent dit dat de reiziger er minder vaak een eigen vervoermiddel tot z'n beschikking heeft. Dit kan tot een hogere vermenigvuldigingsfaktor leiden. Bij onbekende bestemmingen komt daar nog een extra weerstand bij voor de onzekerheid en het tijdverlies vanwege zoeken.

Uiteraard is dit rijtje uit te breiden met extra overstappen en vervoerwijzen. In hoofdstuk 3 zijn al die weerstanden nader.

II.b invoer

De benodigde invoer hangt af van het doel van een model. Als het om de modellering van de vervoerwijzekeuze gaat, worden de volgende variabelen vaak gebruikt (Bovy 1993):

- reisafstand
- reistijden
- reiskosten
- parkeerkosten
- rijbewijs- en autobezit
- persoonstype (beroep e.d.)

Hiernaast zijn er cijfers nodig over reizigersaantallen in de bekende, liefst recente situatie. Er bestaan verschillende manieren om aan de geschikte informatie te komen (DHV 1984):

- intensiteitsmetingen van verkeer,
- huis-, straat- en cordonenquêtes,
- tellingen van openbaar vervoerbedrijven
- kentekenonderzoek en parkeerwaarnemingen

Een probleem is dat verschillende waarnemingen niet altijd vergelijkbaar zijn. Dit kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden doordat:

- er wordt uitgegaan van steekproeven in plaats van de gehele populatie,
- verschillende tellingen betrekking hebben op verschillende delen van de populatie en
- de resultaten betrekking hebben op verschillende perioden van de dag, seizoenen of jaren.

Bij enquêtes bestaat er verschil tussen 'revealed preference' en 'stated preference' Bij de eerste gaat het om het werkelijke gedrag en bij de tweede om de vraag wat iemand zou doen in een bepaalde, nieuwe situatie.

Het komt vaak voor dat gegevens als invoer gebruikt kunnen worden als ze aanwezig zijn, maar dat als dit niet het geval is een vaste, gemiddelde waarde wordt genomen.

onderscheid vervoerwijzen

In de meeste huidige verkeersmodellen wordt onderscheid gemaakt tussen de auto, het openbaar vervoer en de fiets. Verder wordt bij de auto vaak onderscheid gemaakt tussen bestuurders en passagiers. Bij het openbaar vervoer worden treinpassagiers, en bus-, tram- en metropassagiers onderscheiden. Fietsers en voetgangers worden wel eens samen genomen als langzaamverkeer.
Omdat het bepalen van het aandeel van de fiets en het openbaar vervoer bij bepaalde maatregelen het doel van dit projekt is, is het noodzakelijk dat onderscheid gemaakt wordt tussen de auto, de fiets, lopen en openbaar vervoer. Openbaar vervoer moet liefst uitgesplitst zijn in verschillende typen met verschillende snelheden en functies.

indeling reizigers

De reiziger bestaat niet. Iedereen is anders en maakt ook andere beslissingen als het gaat om vervoerwijzekeuze. Omdat in een model niet iedereen apart kan worden meegenomen, het is niet voor niks een model, is het van belang om de reizigers op een zinnige manier in te delen. De verschillende groepen moeten zo homogeen mogelijk zijn op die punten die in het model van belang zijn voor de vervoerwijzekeuze.
Verder is een indeling alleen zinnig als het mogelijk is om van de verschillende categorieën, de voor het model benodigde, gegevens te verkrijgen.

indeling verplaatsingen

Voor het verplaatsingsgedrag is het van belang wat het motief van een verplaatsing is. Bij een dagelijkse verplaatsing naar het werk zijn heel andere dingen belangrijk dan bij een familiebezoek aan oma. Een vaak gehanteerde indeling is: woon-werk, zakelijk, winkelen, toeren, school en sociaal/recreatief.

netwerk

Voor het bepalen van de weerstand tussen een herkomst en bestemming is het van belang dat de autowegen, openbaar-vervoerverbindingen en fietsvoorzieningen in een model aanwezig zijn. De uitgebreidheid en nauwkeurigheid die het netwerk moet hebben hangt af van de gewenste precisie en schaal van de uitkomsten. Als de invloed van maatregelen om het fiets als voor- en natransportmiddel te bevorderen moet worden gemeten is het noodzakelijk dat het fietsnetwerk voldoende nauwkeurig in het model zit. Aangezien de omrijfaktor voor de fiets een belangrijk kwaliteitskenmerk is moet hij ook in het netwerk tot uitdrukking komen.

Binnen de duur van dit afstudeerprojekt zou het te veel tijd kosten om een voldoende gedetailleerd netwerk in te voeren. Er moet om die reden gewerkt worden met één eenvoudige relatie.

gebiedsindeling

Het is van belang om te weten van welke herkomst naar welke bestemming mensen reizen. Deze gegevens worden per gebied (zone) bepaald. Het is van belang dat er een goede indeling wordt gekozen. Niet te fijn omdat dit te veel tel- en rekenwerk vergt, maar voor het modelleren van voor- en natransport moet de indeling zeker niet te grof zijn. Het aantal te hanteren zones staat in nauw verband met de ritlengtes van de toe te delen ritten. Intrazonale verplaatsingen, dat wil zeggen verplaatsingen binnen een zone, worden meestal niet toegedeeld. Hoe groter de zones hoe groter hun aantal. Het wordt aangeraden om als grenzen van de zones het wegennetwerk te nemen. Het aantal zonegrenzen kan eventueel worden uitgebreid om voor homogenere zones te zorgen. (Bovy 1993)

II.c bepaling verplaatsingsweerstanden

De hoofdtaak van een model is het verwerken van de door de gebruiker ingevoerde gegevens en de resultaten als uitvoer aan de gebruiker te presenteren. Op die verwerking wordt in deze en de volgende paragrafen ingegaan.

Als er op het gebied van mobiliteit een keuze gemaakt moet worden zijn de verschillende verplaatsingsweerstanden van belang. In bijna alle gevallen gaat het om de weerstand van de totale verplaatsingsketen. De kwaliteit van een vervoerwijze en dus ook de kwaliteit van een gehele relatie is onder te verdelen in verschillende kenmerken. Dit is behandeld in de verkenning. De weerstand van een verplaatsing is ook onder te verdelen in verschillende onderdelen. Om uiteindelijk tot een algemene waardering voor de verschillende mogelijke verplaatsingen te komen worden meestal alle kenmerken uitgedrukt in tijd of kosten. Dit

levert de gegeneraliseerde reiskosten of gegeneraliseerde reistijd op (Bovy 1993). Sommige kenmerken, zoals comfort of informatie voorziening zijn lastig te vertalen naar tijd of kosten. Een probleem dat hier mee te maken heeft is dat voor elk persoon andere wegingsfaktoren zouden moeten worden genomen. Vaak is alleen een gemiddelde faktor mogelijk. Het is niet mogelijk om elk kenmerk expliciet mee te nemen. Omdat de waarden van de parameters van de wel in het model opgenomen kenmerken aan de hand van tel- en meetgegevens worden bepaald, hebben andere kenmerken indirekt wel invloed op de resultaten.

II.d verdelingsformules

In een verkeersmodel moet voor de reizigers een aantal keuzes gemaakt worden tussen alternatieven. Het kan hier gaan om verschillende activiteiten, reistijden, bestemmingen, vervoerwijzen en routes. Er zijn meerdere methoden ontwikkeld om in een model een keuze tussen meerdere alternatieven, met de bijbehorende weerstanden te maken. De belangrijkste worden hier onder behandeld.

deterministisch/stochastisch

Verdelingsformules zijn onder te verdelen in deterministische en stochastische. Bij een deterministische formule wordt altijd de kortste route gekozen. Als alles in een keer wordt toegedeeld heet dit de Alles-of-niets-verdeling. Dit wordt hieronder. Het is ook mogelijk dat dit, als iteratief proces, in meerdere stappen met steeds aan de nieuwe situatie aangepaste weerstanden gebeurt. Omdat meestal gestopt wordt als het verschil tussen de laatste twee stappen klein genoeg is wordt dit vaak een evenwichtstoedeling genoemd. Bij een stochastische verdeling wordt ervan uitgegaan dat niet iedereen weet welk alternatief de laagste weerstand heeft of dat men door een persoonlijke weging tot verschillende beste alternatieven komt. Er wordt dan ook in een stap al een verdeling gemaakt over meerdere alternatieven, waarbij het alternatief met de laagste weerstand uiteraard wel het grootste deel krijgt. Ook hier is het mogelijk om de formule te herhalen met bij de nieuwe situatie horende weerstanden en er zo een iteratief proces van te maken.

alles of niets

(voor distributie, toedeling) Alle verplaatsingen tussen herkomst- en bestemmingspunt of -zone worden toegedeeld aan de route met de minste weerstand. De weerstand kan, zoals bij elke methodiek, zijn samengesteld uit tijd, kosten en andere faktoren die de keuze beïnvloeden. Deze methode is zinvol als het gaat om de keuze van een niet al te grote groepen reizigers. Als meerdere van die groepen reizigers op deze wijze worden verdeeld kan een redelijke verdeling over de alternatieven ontstaan. De fouten middelen zich dan uit.

capacity-restraint

(toedeling) Als de intensiteit van de weg de capaciteit nadert neemt de snelheid waarmee kan worden gereden af. Hiervoor is het nodig dat aan alle voor de afwikkeling van het verkeer belangrijke wegvakken capaciteiten en de relatie snelheid-intensiteit worden vastgesteld en toegekend.
(In Noordvleugelmodel en model Den Haag:) 60% van de verplaatsingen wordt aan de onbelaste kortste routes toegedeeld. Hierna worden de nieuwe reisweerstanden uitgerekend. 30% van de toegedeelde verplaatsingen wordt terug genomen en vervolgens wordt 45% volgens de nieuwe kortste routes toegedeeld. Dit gaat in steeds kleinere stappen door tot alles is verdeeld. Zie figuur II.2.

	% erbij	% eraf	%
stap 1	60	30	30
stap 2	45	20	25
stap 3	35	15	20
stap 4	22	7	15
stap 5	10	0	10
		totaal:	100

figuur II.2: stappen bij capacity restraint toedeling

multiflow

(toedeling) Bij deze in het verkeers- en vervoermodel van 's-Gravenhage gebruikte methode wordt door middel van loting variatie aangebracht in een aantal tijden. Dit is gedaan bij:

- de wachttijd bij de instaphalte
- de looptijd tussen twee haltes
- de looptijd tussen herkomst- en bestemmingsadres en de halte

Voor de variatie wordt verondersteld dat ze een spreiding heeft die gelijk is aan de wortel van de ingelezen tijd in minuten:

$$t' = t + \sqrt{(t)} * (f_i * \tau)$$

τ = een getal dat standaardnormaal verdeeld is met een gemiddelde van nul en standaardafwijking van een. t wordt door loting voor iedere tijd die moet worden gevarieerd opnieuw bepaald.

f_i = een faktor waarmee de afwijking kan worden afgezwakt of versterkt

probabilistische routekeuzemodel

(vervoerwijzekeuze/toedeling) Verwant aan de vorige is het probabilistische routekeuzemodel waarbij wordt uitgegaan van de random-nutstheorie. Hierbij wordt aan elk alternatief op basis van de individuele voorkeuren van de reiziger een totaal-nut toegekend. Vervolgens kiest de reiziger het alternatief met het grootste nut.
Voor de kans dat een willekeurige reiziger van alle m routes route n kiest geldt dus een formule in de probit-vorm waarbij de kans op een bepaalde nutswaarde een normale verdeling volgt:

$P_n = P\{U_n = \max U_m\} = P\{U_n > U_m\}$
$_m$ = alle alternatieven
U = nut
P = kans

Dit lijkt een bruikbare methode door dat hij gebruik maakt van de eenvoudige en inzichtelijke alles-of-niets-toedeling. Door het gebruik van variërende waarden heeft het als resultaat toch een verdeling over meerdere, zinnige, alternatieven.

logit-formule

(distributie, vervoerwijzekeuze, toedeling) De term logit komt van de wiskundige gedaante van de functie die zorgt voor de keuze tussen twee of meer alternatieven. Een logit-model werkt met e-machten, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld een probit-model waarbij een normaal verdeelde kansverdeling wordt gebruikt. Het logit-model is goed hanteerbaar en onder andere daarom het meest toegepast in verdelings-functies voor de vervoerwijzekeuze, de distributie of de toedeling. (Hamerslag 1987) (Hamerslag 1992)

De logit-formule ziet er als volgt uit:

$$P_i = e^{-c*Wi} / \Sigma e^{-c*W}$$

P_i = kans alternatief i
Wi = weerstand alternatief i
c = een constante

Door de negatieve weerstanden in de e-macht levert de kleinste weerstand de grootste kans op. Het totaal van de kansen is altijd één.

Een bezwaar van het logit-model is, dat bij gegeven absolute verschillen in gegeneraliseerde tijden een zelfde verdeling tussen alternatieve vervoerwijzen voor korte en lange afstanden wordt berekend. Logit-modellen hebben daarom een waardebereik van maximaal 15 kilometer. Door het weerstandsverschil te delen door de wortel van de totale weerstand neemt het waardebereik toe tot ongeveer 30 kilometer. Voor verschillende afstandsklassen moeten verschillende functies worden gebruikt. (Hamerslag 1987)
Een ander probleem met het logit-model is 'blauwe-rode-bus-probleem'; twee (bijna) identieke alternatieven krijgen samen een veel groter aandeel dan een enkel alternatief. Om deze reden moet het logit-model bij een keuze uit meer dan twee alternatieven alleen gebruikt worden als er een duidelijk onderscheid is tussen de verschillende alternatieven. Dit probleem kan worden opgelost door een geneste logit-structuur te gebruiken; er vindt dan, zoals in de meeste bestaande modellen ook gebeurt, een trapsgewijze keuze plaats.
Een voordeel van het logit-model is dat in een rekenronde de aandelen van alle alternatieven in een keer worden berekend.

zwaartekracht model
(distributie, vervoerwijzekeuze) Dit houdt in dat het aantal verplaatsingen van een zone naar een andere zone met de in aanmerking komende vervoerwijzen af hangt van het aantal vertrekken in de ene zone (Q_i), het aantal aankomsten in de andere zone (X_j) en de weerstand tussen beide zones met elk van de voorkomende vervoerwijzen (F_{ijv}). De weerstand wordt bepaald met een voor de verbinding geschikte functie. De berekening vindt plaats in twee fasen. Eerst wordt voor elk tweetal zones het aantal vertrekken uit de herkomst zone vermenigvuldigd met het aantal aankomsten in de bestemmingszone en de weerstand tussen de twee zones (b.v. 5000 * 800 * 0.784). De waarden die dit oplevert voor elke verbinding geven de verhouding tussen de werkelijke verkeersstromen weer. Door middel van een iteratieve techniek wordt er in de tweede fase voor gezorgd dat het aantal vertrekken (V_i) en aankomsten (A_j) naar en vanuit alle andere zones even groot is als het exogeen geraamde totaal aantal vertrekken en aankomsten. Dit levert de evenwichtsfaktoren l_i en m_j en de absolute groottes van de verplaatsingen. (DHV 1984) In formulevorm ziet het er als volgt uit:

$$P_{ijv} = l_i Q_i m_j X_j F_{ijv}$$

$$\Sigma_{jv} P_{ijv} = V_i$$

$$\Sigma_{iv} P_{ijv} = A_j$$

met:

P_{ijv} = stroom tussen i en j met vervoerwijze v
F_{ijv} = weerstand tussen i en j bij vervoerwijze v
V_i = aantal vertrekken
A_j = aantal aankomsten

Het is mogelijk om dit voor verschillende categorieën reizigers apart te doen. Elke groep heeft dan zijn eigen weerstandsfunctie F.
Het zwaartekrachtmodel is bruikbaar als een verbinding bestudeerd wordt waarvan het aantal verplaatsingen niet bekend is. Vaak zal dit het geval zijn als het om een toekomstige situatie gaat die dusdanig afwijkt van de huidige situatie dat niet uit mag worden gegaan van

II.e keuzevolgorde

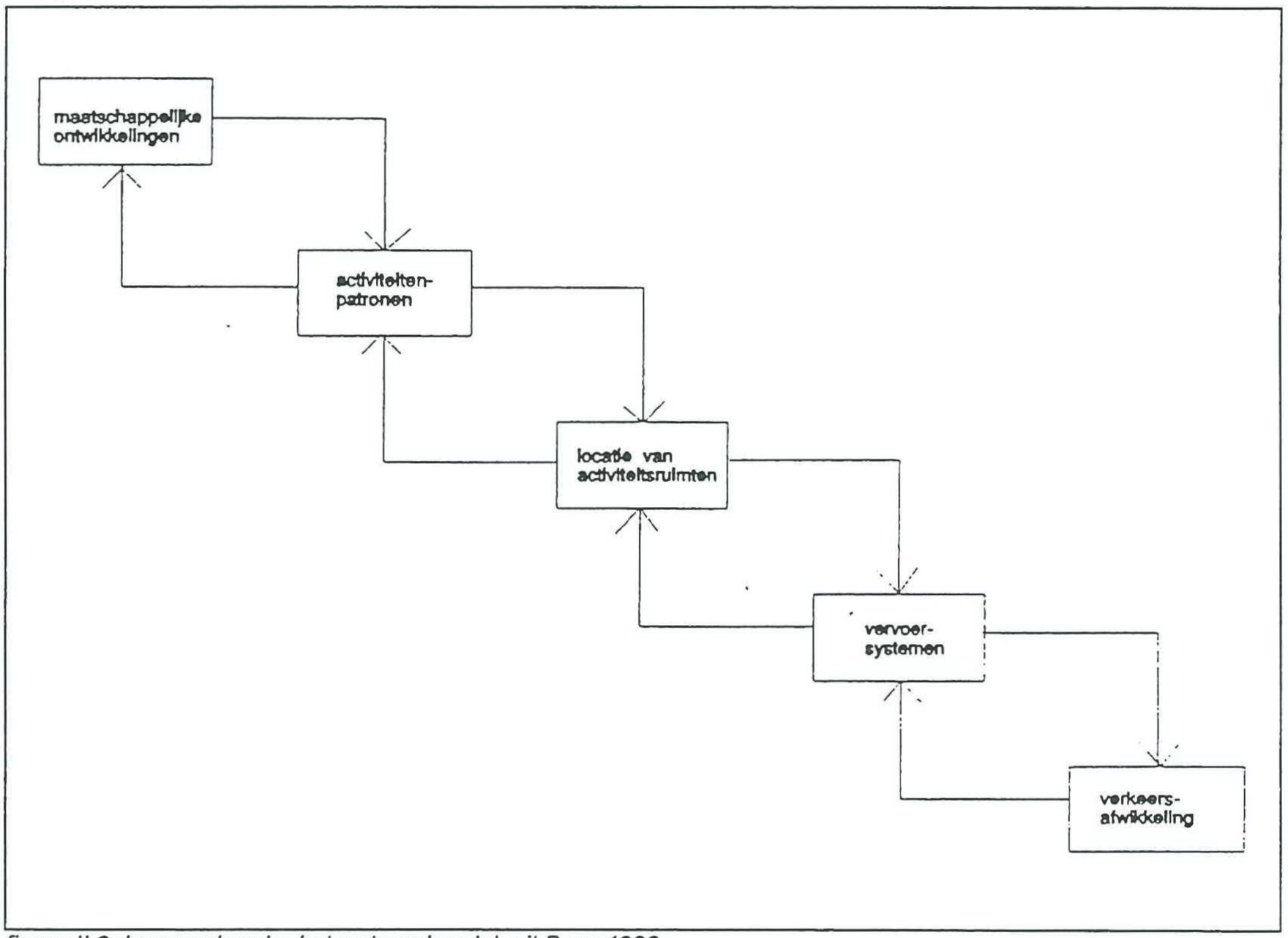
In een (verkeers-)model moeten een aantal keuzes gesimuleerd worden; ga ik iets doen? Waar ga ik iets doen? Wanneer? Hoe ga ik daar heen? Welke route? De meeste van die

keuzes houden verband met elkaar; Je gaat niet met de auto als je besloten hebt om naar de buren te gaan en op de fiets neem je niet de snelweg. In een model worden die keuzes meestal in een bepaalde volgorde gemaakt. Dit levert een bepaalde hiërarchie of 'geneste structuur'. Dit gebeurt om de complexiteit te beperken, rekenwerk te besparen en de mogelijkheid om te een keuze te maken te verbeteren. Bij zo'n volgorde is soms wel een terugkoppeling mogelijk.

Vooral de laatste jaren is veel gebruik gemaakt van 'discrete keuzemodellen'. Hier is de keuze van de reiziger in de volgende vier stappen opgedeeld:

- activiteitenkeuze/verplaatsingsfrequentie (nut versus disnut)
- bestemmingskeuze en vervoerwijzekeuze
- tijdstipkeuze
- routekeuze

Er kan begonnen worden met de modellering van maatschappelijke ontwikkelingen, zoals bevolkingsopbouw en autobezit, rijbewijsbezit, en activiteitenpatronen (produktie- en attractiemodel) maar vaak vormen de bestemmingskeuze (distributiemodel) en de vervoerwijzekeuze de eerste stap. Vervolgens komt de routekeuze (toedelingsmodel) aan bod. Met iets andere woorden is dit door Bovy weergegeven in figuur II.3. Hier is ook de mogelijke terugkoppeling te zien.



figuur II.3: keuzevolgorde; het watervalmodel. uit Bovy 1993

Er is op deze manier dus altijd een hoofdtransportmiddel waar eventueel voor- en natransport aan worden gehangen. Als lapmiddel is het wel mogelijk om de invloed van het voor- en het natransport in deze keuzemodellen te verbeteren. Dit wordt verderop bij het stukje over gelijktijdige keuze van voor- en hoofdtransport besproken.
Varianten op de hier boven genoemde volgorde zijn de integrale simultane modellen, de integrale sequentiële modellen (modal-split-modellen) en de direkte vraagmodellen (Hamerslag 1987).

Integrale simultane modellen houden de hierboven genoemde volgorde aan. De distributie en de vervoerwijzekeuze vinden hier echter afzonderlijk plaats.
Ook modal-split-modellen houden de hierboven genoemde volgorde aan met als enige verschil dat de vervoerwijzekeuze en de toedeling gelijk plaats vinden. Het voordeel, ook voor dit projekt, is dat kwaliteitsverschillen en -verbeteringen direkt van invloed zijn op de modal split. Een nadeel hiervan, en van de integrale simultane modellen is dat verondersteld wordt dat de keuze van de vervoerwijze de bestemmingskeuze en het aantal verplaatsingen niet beïnvloedt. In de praktijk gaat dit vaak niet op.
Bij direkte vraagmodellen wordt voor elke vervoerwijze het aantal verplaatsingen en de toedeling afzonderlijk gemodelleerd. Het is zo ook mogelijk om maar een vervoerwijze te bestuderen. Een nadeel is dat weinig gezegd kan worden over verschuivingen tussen verschillende vervoerwijzen terwijl het daar bij dit projekt juist om gaat.

Het type alternatieven waar het bij verplaatsingen steeds om gaat wordt 'discreet' genoemd. Hiermee wordt bedoelt dat het onvergelijkbare grootheden zijn die niet op één schaal kunnen worden vergeleken. Je kiest of de ene route of bestemming en de andere en niet van beide een deel.

produktie/attractie
Bij de produktie wordt gemodelleerd hoeveel mensen vanuit een zone vertrekken. Het attractiemodel berekent het aantal aankomsten in een zone. Dit kan voor elke tijdseenheid. Vaak zijn gegevens per uur of dag gewenst. Dit gaat meestal uit van aantallen inwoners, arbeidsplaatsen en diensten per zone. De bevolking en de arbeidsplaatsen kunnen worden uitgesplitst in verschillende, zoveel mogelijk homogene, categorieën. Van elke categorie zijn, bij een goede indeling, cijfers beschikbaar, of is het mogelijk om aan cijfers te komen, over het verplaatsingsgedrag.

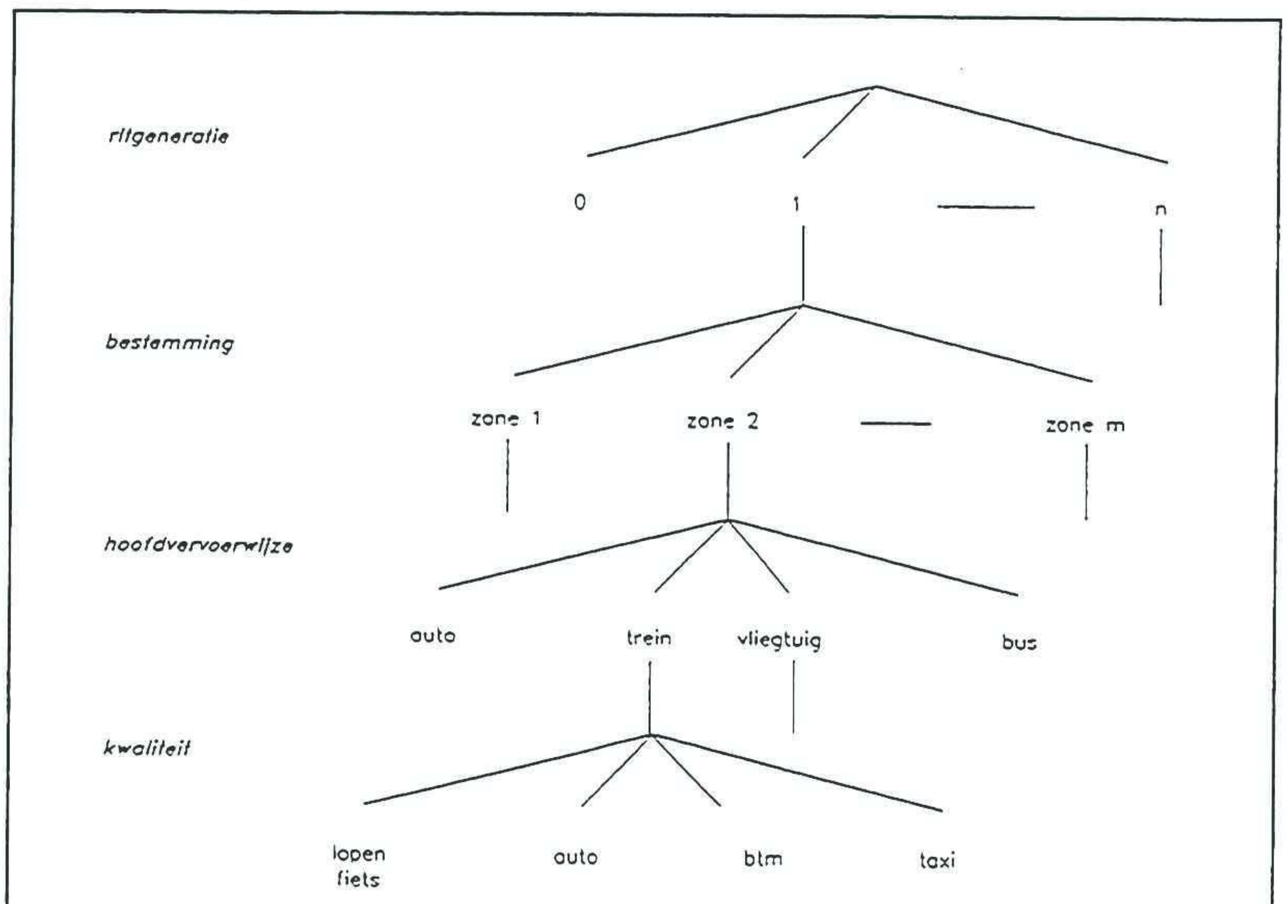
distributie
Het distributiemodel maakt van alle in het produktie/attractiemodel gegenereerde vertrekken en aankomsten verplaatsingen tussen een herkomst en een bestemming. Het aantal berekende vertrekken komt meestal niet exact overeen met het aantal berekende aankomsten. Bij het berekenen van de verplaatsingen kunnen ze beide vastgehouden worden; model met twee harde randvoorwaarden (ook wel harde randen genoemd), een van de twee kan losgelaten worden; een harde randvoorwaarde of ze kunnen beide worden losgelaten; model zonder harde randvoorwaarden. Er zijn ook waarden mogelijk tussen vast (1) en los (0). Bij losse randen beïnvloeden het netwerk en de congestie het grondgebruik. Zoals ook bij de in paragraaf II.d beschreven formules wordt voor de distributie vaak gebruik gemaakt van algebraïsche, exponentiële of log-normale functies (Hamerslag 1987). Deze functies zullen monotoon dalen; hoe groter de weerstand, hoe minder relaties.

keuze hoofdtransportmiddel
Vaak vindt de vervoerwijzekeuze gelijk plaats met de bestemmingskeuze (distributie). Als de vervoerwijzekeuze na de distributie plaatsvindt wordt hij meestal voor elke relatie afzonderlijk berekend. De hiervoor meest gebruikte wiskundige verdelingen zijn de normale- of probit-verdeling of de logit verdeling (Hamerslag 1987). De logit- en probit-verdeling zijn in de vorige paragraaf besproken.
Evenals bij de toedeling wordt de gegeneraliseerde reistijd meestal als eenheid genomen.

keuze voor- en natransportmiddel
In dit projekt wordt bekeken hoe, met behulp van het verbeteren van de fiets als voor- en natransportmiddel van het openbaar vervoer, de concurrentiekracht van deze combinatie verbetert ten opzichte van de auto. Het is daarom van belang dat het model de mogelijkheid biedt om meerdere vervoerwijzen in een rit te gebruiken (multimodaal model). Op dit moment

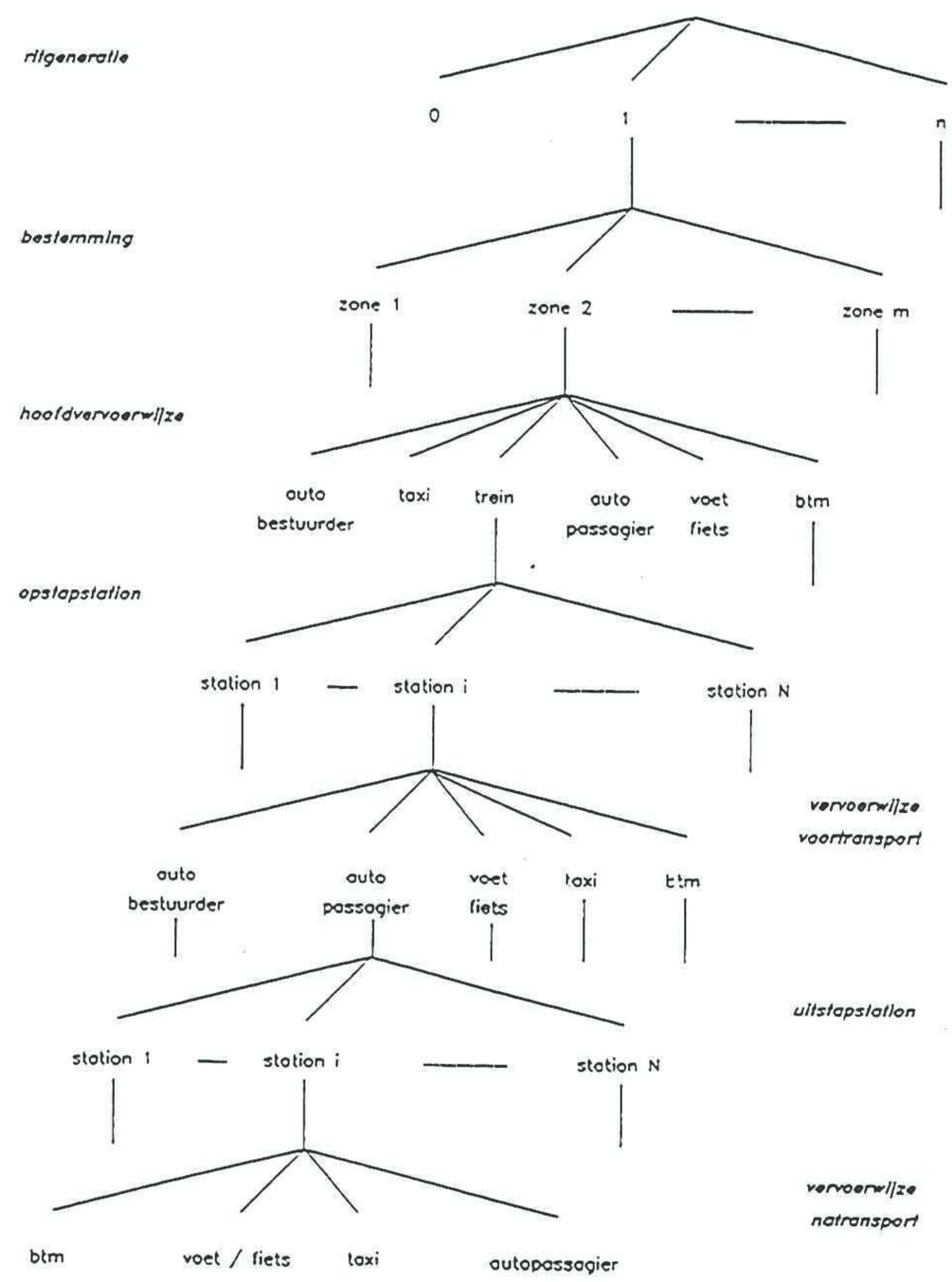
bestaan er nog geen modellen waarin dit goed mogelijk is. Vaak is het ontbreken van een uitgesplitst voor- en natransport niet zo'n groot probleem omdat onnauwkeurigheden in het veel groter aantal autoverplaatsingen en -kilometers een grotere fout in de voorspelling geven. Voor dit projekt is deze mogelijkheid echter cruciaal.

De huidige modellen gaan meestal uit van een hoofdvervoerwijze. Er wordt een modal split tussen die verschillende vervoerwijzen berekend. Voor- en natransport zitten als vaste extra tijden aan het hoofdtransportmiddel vast. Deze tijd is een gemiddelde of een kortste tijd van de verschillende mogelijkheden zoals fiets, openbaar vervoer of lopen. Door middel van een wegingsfaktor wordt er vervolgens voor gezorgd dat voor- en natransporttijd zwaarder meegerekend worden.



figuur II.4: structuur volgens Algers. uit: BGC 1995

Algers heeft een methode ontwikkeld waar het voor- en het natransport wel een expliciete rol spelen. De keuze hiervan vindt plaats na de keuze van het hoofdtransportmiddel. De bij behorende structuur hiervan staat in figuur II.4. Wanneer deze structuur zou worden gebruikt bij een complete integratie van het voor- en het natransport in de uitgebreidere structuur verkregen die figuur II.5 staat (BGC 1995). Na de keuze van het



figuur II.5: algemene structuur na integratie van voor- en natransport. uit BGC 1995

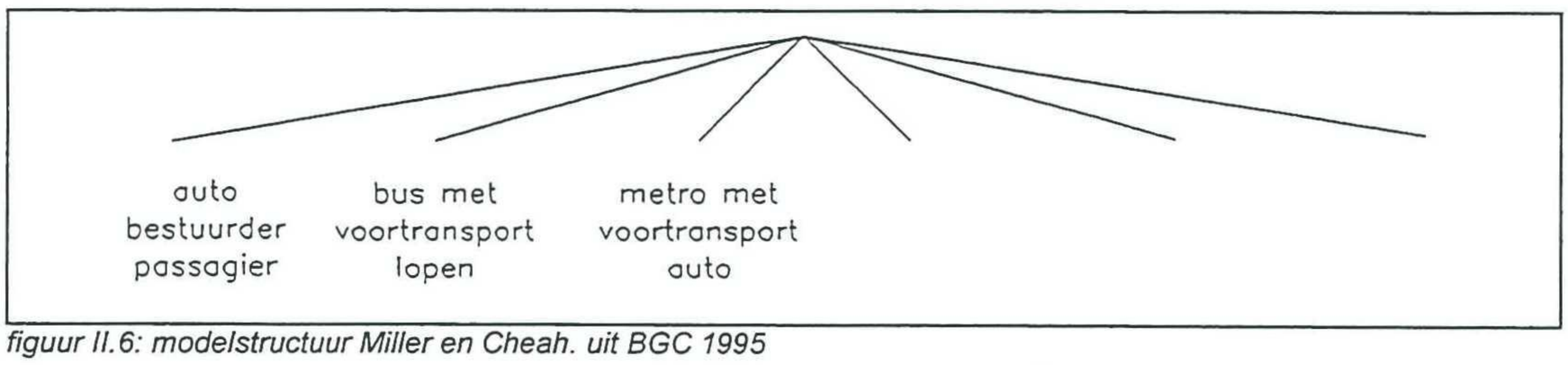
hoofdtransportmiddel wordt voor de trein en bus/tram/metro nog gekozen tussen de verschillende mogelijkheden voor het opstapstation, voortransportwijze, uitstapstation en natransportwijze.

In theorie zijn er voor het voor- en het natransport dezelfde mogelijkheden en vereist het de een zelfde werkwijze. In praktijk zijn er wel grote verschillen tussen het voortransport (bekend terrein, vaak een vervoermiddelen aanwezig) en het natransport. Voor het natransport wordt er om die reden in modellen meestal van uitgegaan dat de afstand tussen de eindhalte van het openbaar vervoer en de bestemming lopend wordt afgelegd. Hierbij wordt meestal gewerkt met de hemelsbrede afstand in plaats van een netwerk.

Er zijn een aantal onderzoeken gedaan naar de mogelijkheden om het voor- en het natransport apart te modelleren. Talvitie heeft bijvoorbeeld gekeken naar de keuze van het opstapstation en de mogelijke voortransportmiddelen bij de metro in San Fransisco (BGC 1995). Dit geeft echter geen antwoord op de vraag of, in dit gebied, het metrogebruik toeneemt bij een verbetering van een van de voortransportmogelijkheden.
Een probleem dat bij een soortgelijk onderzoek door Fan in Toronto naar boven kwam, is dat er ook bij het voortransport twee keuzevolgorden mogelijk zijn; eerst de keuze van het opstapstation van het hoofdtransportmiddel en daarna het vervoermiddel voor het voortransport of andersom. In dit projekt speelt ook mee dat in de gaten moet worden gehouden dat de verbeteringen aan een deel van het systeem ook de haltekeuze beïnvloeden.

gelijktijdige keuze voor- en hoofdtransportmiddel

Er bestaan een aantal modellen waar de keuze van de hoofdtransportwijze en de vervoerwijze van het voortransport in een keer plaatsvindt. Een voorbeeld hiervan is de aanpak van Miller en Cheah voor Toronto en omstreken (BGC 1995). Er wordt gekozen tussen 6 alternatieven, zie figuur II.6 hier onder.



figuur II.6: modelstructuur Miller en Cheah. uit BGC 1995

Er wordt aangenomen dat het maximaliseren van het totale nut bepalend is voor de keuze van het voortransportstation.
Ondanks dat met deze methode problemen zijn te verwachten met het eerder genoemde 'blauwe-rode-bus-probleem' (BGC 1995) biedt hij ook mogelijkheden voor dit projekt.

toedeling

Het verdelen van de verplaatsingen van een bekende HB-tabel over de verschillende mogelijke routes gebeurt met een toedelingsmodel. Dit kan op een stochastische of deterministische wijze gebeuren, zoals beschreven is in paragraaf II.d
bij modellen met een netwerk, zoals de meeste die in het volgende hoofdstuk staan beschreven, is de toedeling een iteratief proces. Zo wordt, net als reizigers ook in werkelijkheid in veel gevallen doen, rekening gehouden met congestie. Op drukke routes wordt de reistijd en dus de reisweerstand verhoogd zo dat bij de volgende toedelingsronde meer reizigers langs alternatieve routes zullen gaan. Hierdoor ontstaat een gebruikers optimum; geen enkele gebruiker kan door het nemen van een andere route z'n reisweerstand verlagen. Dit heeft te maken met het eerste principe van Wardrop: Het verkeer

verdeelt zich zodanig over de schakels van een netwerk dat een evenwicht ontstaat waarin geen individuele verkeersdeelnemer zijn reistijd kan verbeteren door een andere route te kiezen. (Hamerslag 1995)
Het gebruikersoptimum is meestal iets anders dan het systeemoptimum waarbij de totale weerstand van alle reizigers het laagst is. In een congestievrij netwerk zijn deze twee wel identiek.

$g_r(\alpha) = c_r + \alpha tt_r$

met:

c_r	=	de kosten van route r
tt_r	=	de reistijd van route r
α	=	de *value of time*

Kans op route r $= Prob(\alpha_1 \leq \alpha \leq \alpha_2)$
$= {}_{\alpha 1}\int^{\alpha 2} f_{ij}(a)da$
$= F_{ij}(\alpha_2) - F_{ij}(\alpha_1)$

figuur II.7: formules aanpak van Dial

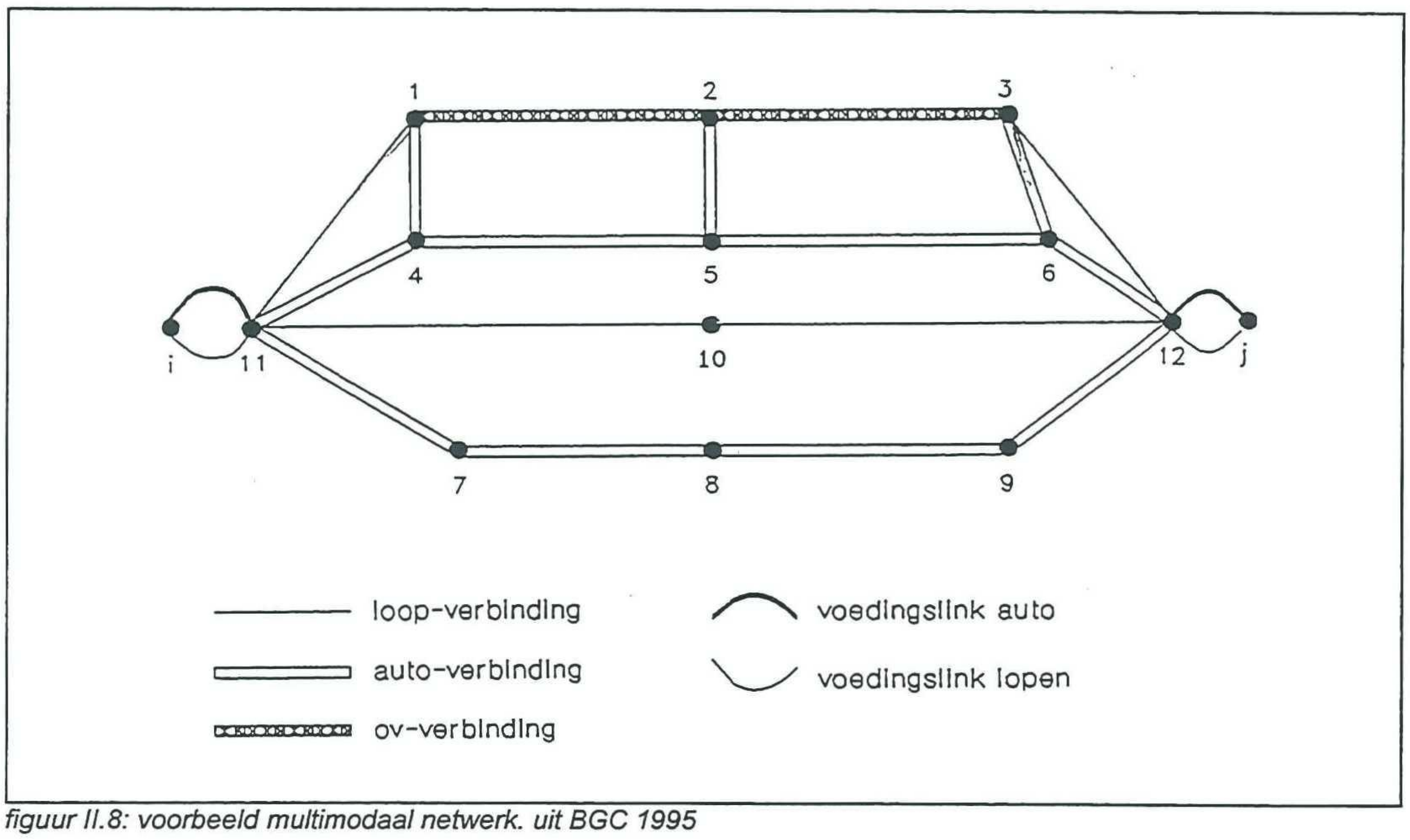
Als gewerkt wordt met verschillende waarden voor de wegingsfaktoren is de aanpak van Dial (BGC 1995) eventueel bruikbaar. Hier wordt de weerstand van een route bepaald met de standaard gegeneraliseerde kostenfunctie. Vervolgens wordt bepaald wat de kans is dat α in het interval ligt waarbij de route de kortste gegeneraliseerde tijd heeft en dus wordt gekozen (zie figuur II.7).

Het is interessant om te weten bij welke waarden van een wegingsfaktor een bepaald alternatief wordt gekozen. Bij dit projekt is het echter de bedoeling om met meerdere kenmerken van alternatieven en bijbehorende wegingsfaktoren te werken. Het is de vraag of de aanpak van Dial ook bruikbaar is als bij de bepaling van de totaalweerstand meer dan twee kenmerken een rol spelen. Dit zal nog verder onderzocht moeten worden.

multimodaal netwerk

De Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) heeft BGC onderzoek laten doen naar de mogelijkheden om het voor- en het natransport in het 'Landelijk Model Systeem' (LMS) en het 'Nieuw Regionaal Model' (NRM) te verbeteren (BGC 1995). In dit onderzoek is onder andere gekeken wat voor typen modellen er bestaan. Voor het onderzoek naar de aanwezigheid en mogelijkheid van voor- en natransport in een multimodaal netwerk is het onderscheid tussen de netwerkaanpak en de discrete keuze modellen van belang. De netwerkaanpak gaat, in tegenstelling tot het hierboven beschreven discrete keuzemodel, uit van een multimodaal netwerk waar de vervoerwijzekeuze plaatsvindt als onderdeel van de routekeuze. Met een evenwichtstoedeling worden de reizigers verdeeld over de verschillende onderdelen van het gehele multimodale netwerk. Het combineren van het autonetwerk en het openbaar-vervoernetwerk tot één netwerk is populair geworden in het eind van de jaren 70 en het begin van de jaren 80 (BGC 1995). Deze aanpak maakte het mogelijk om op dezelfde manier als in een traditionele evenwichtstoedeling een evenwicht te berekenen tussen de vervoerwijzen. Er moest echter aan het begin van de rit worden gekozen voor een vervoerwijze. Multimodale verplaatsingen waren niet mogelijk.

Het is in een netwerk niet altijd mogelijk om de overstap van de ene naar de andere schakel te maken. Vooral de verbinding tussen een openbaar-vervoerrit en een schakel waar een eigen, basisgebonden voertuig gebruikt wordt is vaak onmogelijk. In verband met dit probleem moet voor het modelleren van de terugreis bekend zijn hoe de heenreis heeft plaatsgevonden.
In figuur II.8 is als voorbeeld een multimodaal netwerk met openbaar vervoer-, auto- en loopverbindingen gegeven. Er is een ritketen met meerdere vervoerwijzen mogelijk waarbij men keus heeft uit verschillende begin- en eindhaltes en vervoerwijzen voor het voor- en het natransport (BGC 1995).



figuur II.8: voorbeeld multimodaal netwerk. uit BGC 1995

Uit dat onderzoek van BGC komt naar voren dat, zeker voor de toekomst, modellen met een multimodale netwerkaanpak de voorkeur verdienen. Dit gaat ook op voor het gebruik van modellen bij dit projekt; Om het verbeteren van de overstappen en het op elkaar afstemmen van vervoerwijzen te kunnen beoordelen is een model dat multimodale verplaatsingen volwaardig bekijkt zeer gewenst. Dit punt vormt echter bij vrijwel alle huidige modellen een probleem. Vanwege de nu algemeen gebruikte keuzevolgorde wordt er uitgegaan van een hoofdtransportmiddel waar het voor- en het natransport aan wordt gehangen. Dit maakt het moeilijker om verbeteringen aan dat voor- en natransport en de overstappen te modelleren. Een model, dat uit gaat van een multimodaal netwerk waar de route en de vervoerwijzekeuze in een keer plaatsvindt, verdient hiervoor de voorkeur. Dit heeft als probleem dat het bij veel verdelingsformules (waaronder de veel gebruikte logit-formule) een voorwaarde is dat alternatieven onafhankelijk en onderscheidbaar zijn. Dit om te voorkomen dat twee bijna identieke alternatieven een onevenredig groot aandeel krijgen.
Een mogelijke andere volgorde is eerst kiezen tussen alle mogelijke vervoerwijze-combinaties. De hierbij gebruikte weerstand van een vervoerwijzecombinatie is bijvoorbeeld de laagste van alle alternatieven met diezelfde combinatie. Het is ook mogelijk om in plaats van de laagste weerstand een gemiddelde van de laagste drie te nemen of om de laagste te verhogen met een faktor afhankelijk van de spreiding. Hierna wordt met de aparte weerstanden per combinatie de spreiding van de reizigers over de verschillende alternatieven van die combinatie uitgerekend. Het accent ligt zo meer op een (type)overstap. Dit is een beter alternatief voor de huidige keuzevolgorde en houdt voldoende rekening met de onderscheidbaarheidseis.

Een interessante netwerk-aanpak is van Boile die de vervoerwijzekeuze als routekeuze gemodelleerd en het combineert met discrete keuzemodellen. Hij onderscheidt drie momenten waarop de verdeling over het multimodale netwerk met een routekeuzeproces kan plaatsvinden (BGC 1995):

- De gehele vervoersvraag wordt direkt met een routekeuzemodel verdeeld over het vervoersaanbod.
- Er vindt eerst een binomale keuze plaats tussen auto en de rest. De verdere verdeling gebeurt met het routekeuzemodel

- Na de keuze tussen auto en rest vindt ook nog een keuze tussen openbaar vervoer en gemengd plaats. Hierna wordt alles pas toegedeeld over het netwerk.

De tweede aanpak is in de VS gebruikt om in een studie met 5 herkomsten en een bestemming verschillende beleidsmaatregelen door te rekenen.

II.f wegingsfaktoren

Om verschillende alternatieven te kunnen vergelijken is het noodzakelijk om voor elk alternatief één totaal waarde te verkrijgen. Hiervoor moeten de rijtijden, kosten, comfort en de andere kenmerken van een alternatief worden vermenigvuldigd met bepaalde wegingsfaktoren en bij elkaar worden opgeteld. Een aantal modellen (onder andere Quovadis) geeft de gebruiker de mogelijkheid om gewichten aan te geven; Kiezen op basis van reistijdverschillen, veiligheid en dergelijke. Er is een behoefte aan uitbreiding van de mogelijkheden om de waarde van aantrekkelijke fietsroutes (weinig blik om je heen) mee te kunnen wegen. (Louisse 1995)

Voorbeelden wegingen in verschillende modellen:

bij de evaluatie fietsnetwerk Delft bleek dat het de fietser voornamelijk gaat om reistijdminimalisatie. Dit geldt als het motief school of werk is nog iets meer dan bij andere bestemmingen. Wegdekkwaliteit heeft ook nog enige invloed. Fietspadtype en verkeersdrukte zijn vaak niet significant (Gommers 1987).

II.g uitvoer

De laatste jaren is de presentatie (en ook de gebruiksvriendelijkheid) van modelleringsprogramma's sterk verbeterd. Door windows(-achtige) programma's zijn veel veranderingen gemakkelijker grafisch weer te geven. Dit is deels het gevolg van de voortgaande verbeteringen van de computer. Een andere reden is dat de programma's steeds meer gebruikt worden door beleidsmedewerkers bij diverse overheden, terwijl het vroeger voornamelijk 'deskundigen' van de ingenieursbureau's waren.
Voor dit projekt is de gebruiksvriendelijkheid niet zo belangrijk. Zeker als er gebruik gemaakt moet worden van een eigen programma dat bepaalde berekeningen uitvoert zal dit vrij primitief gebeuren.

II.h toekomstmuziek

De NS wil een eigen model opzetten. Hier zal het voor- en het natransport wel een zeer belangrijke rol gaan spelen. Ook Rijkswaterstaat zal bij de ontwikkeling van dit model betrokken zijn.

Veel ambitieuzer is men in de VS waar men bezig is met TRANSIMS (TRanspotation Analysys and SIMulation). Hierbij gaat men nog een stap verder; het model bestaat uit vier modules. In de eerste wordt een bevolking gecreëerd. Vervolgens worden activiteitenpatronen met de lokatie van activiteit en begin- en eindtijden gecreëerd. De tweede module koppelt aan elke reis een route door een multimodaal netwerk. In module drie worden individuele voertuigverplaatsingen gesimuleerd, rekening houdend met voertuigdynamiek en interactie tussen infrastructuur en het voertuig. Omdat in de derde module de snelheden nauwkeurig zullen worden bijgehouden kunnen in de vierde module de milieueffecten zeer nauwkeurig worden bepaald (van Berkum 1996). Omdat dit hele onderzoekprogramma zich nog in een zeer pril stadium bevindt en omdat voor de benodigde berekening zeer snelle computers nodig zijn is dit van geen enkel belang voor dit projekt.

bijlage III: bestaande modellen

inhoud:

III.a Noordvleugelmodel 71
III.b Verkeer en vervoermodel gemeente 's-Gravenhage 74
III.c Quovadis-fiets 78
III.d LMS 80
III.e NRM 83
III.f Uitgebreide VF-model 87
III.g PROFI 90
III.h Klantenbarometer 91
III.i Methode Egeter 91
III.j bereikbaarheidsmodellen 96
III.k overige modellen 96
III.l bruikbare onderdelen 97
III.m modellen vergeleken op de belangrijkste punten 98

bijlage III: bestaande modellen

Er is onderzoek gedaan naar de werking en mogelijkheden van een aantal modellen. Hierbij is vooral gekeken naar de bruikbaarheid van het gehele model of een onderdeel daarvan voor het onderzoeken van de invloed van bepaalde maatregelen op de vervoerwijzekeuze. In het bijzonder gaat het om de invloed van maatregelen die de combinatie van fiets en openbaar vervoer bevorderen. Ook is het wenselijk dat de combinatie van pull- en push-maatregelen onderzocht kan worden.
De onderzochte modellen zijn, aan de hand van de mogelijkheden ingedeeld in een aantal categorieën:

- Netwerk modellen (Noordvleugelmodel paragraaf III.a, Verkeer en vervoermodel gemeente 's-Gravenhage III.b, Quovadis-fiets III.c, LMS III.d, NRM III.e). Dit zijn de meest uitgebreide modellen. Zij bevatten zowel een distributie-, een vervoerwijzekeuze als een distributiemodel.
- Modal-splitmodellen (VF-model III.f, PROFI III.g). Het gaat bij deze prognosemodellen alleen om de vervoerwijzekeuze. Zij gaan uit van een bestaande set verplaatsingen en zeggen niet over de verdeling over verschillende wegvakken.
- Evaluatiemodellen. Het kan hier gaan om het meten van de kwaliteit van een verbinding of systeem voor de reiziger (Klantenbarometer III.h, Methode Egeter III.i), of om de gevolgen voor de omgeving en het milieu zoals Verkeersmilieukaarten (niet beschreven).
- Bereikbaarheidsmodellen (City Management Concept III.j) Dit is in principe ook een soort evaluatiemodel. Hier wordt de kwaliteit van een systeem echter beoordeeld vanuit het economisch functioneren van een gebied.

Aan het eind van deze bijlage staat een tabel waarin de belangrijkste punten van een aantal modellen naast elkaar zijn gezet.

III.a Noordvleugelmodel

Het Noordvleugelmodel is een gezamenlijke studie van Rijkswaterstaat en de Provinciale Waterstaat van Noord-Holland om verkeersprognoses voor het Noordzeekanaalgebied en de Gooi- en Vechtstreek te maken. DHV was erbij betrokken als adviserend ingenieursbureau. Het model is al vrij oud; ontwikkeld in de jaren 70 en om verkeer in 1990 te voorspellen. Het wordt hier echter wel behandeld omdat een aantal technieken en functies later veel gebruikt zijn in andere modellen.

invoer
In het studiegebied is de zone indeling tamelijk fijnmazig, erbuiten zijn de zones groter. Als basis zijn de gemeentegrenzen aangehouden. In het studiegebied en verder bij een aantal grote steden is een verdere indeling in wijken gemaakt. In totaal gaat het om 397 gebieden binnen het studiegebied en 53 er buiten (Provinciale Waterstaat 1979).

Van elke zone is het aantal inwoners, de omvang van de beroepsbevolking, het aantal arbeidsplaatsen in winkels (in het centrum) en overige arbeidsplaatsen als invoer gegeven.

Het autonetwerk binnen het studiegebied is opgebouwd uit alle primaire, secundaire en tertiaire wegen. Buiten het studiegebied zijn die wegen opgenomen die van belang zijn voor de ontsluiting van het studiegebied. Het fietsnetwerk is afgeleid van het autonetwerk. Alle snelheden zijn op 15 kilometer per uur gesteld en op een aantal punten zijn schakels aangepast. Bij de openbaar vervoerverplaatsingen wordt naast lopen ook met de fiets en de auto rekening gehouden als voortransportmiddel. Er wordt uitgegaan van een maximale

voortransporttijd van tien minuten. Met de vaste snelheden hangt het gekozen vervoermiddel af van de afstand:

0-700 meter	lopen
700 meter-2,5 kilometer	fiets
>2,5 kilometer	auto

model

Het Noordvleugelmodel is net als het hierna behandelde Verkeers- en vervoermodel gemeente 's-Gravenhage gebaseerd op het simultane model voor distributie en vervoerwijzekeuze. Een schema van de werking van het model bevindt zich aan het eind van deze paragraaf. Zoals in onderstaande figuur III.1 te zien is wordt het aantal verplaatsingen per vervoerwijze tussen een herkomst en een bestemming direkt afgeleid van het aantal vertrekken uit de herkomstzone en het aantal aankomsten in de bestemmingszone:

$$P_{ijv} = V_i I_i \{A_j^{ab} m_j^{ab} F_v^{ab}(C_{ijv}) + A_j^{nab} m_j^{nab} F_v^{nab}(C_{ijv})\}/P_{tot}$$

P_{ijv}	=	aantal personenverplaatsingen van herkomstgebied i naar bestemmingsgebied j met vervoerwijze v
V_i	=	aantal personenvertrekken uit herkomstgebied i
A_j^{ab}	=	aantal personenaankomsten in bestemmingsgebied j waarvoor in beginsel over een auto beschikt kan worden. (A_j^{nab}: idem voor niet autobeschikbaar)
$F_v^{ab}(C_{ijv})$	=	weerstandsfunctie afhankelijk van de gegeneraliseerde tijden tussen i en j per vervoerwijze
P_{tot}	=	totaal aantal verplaatsingen
I_i, m_j^{ab}, m_j^{nab}	=	evenwichtsfaktoren die in het kalibratieproces iteratief zijn bepaald.

figuur III.1: distributie en vervoerwijzekeuze in Noordvleugelmodel

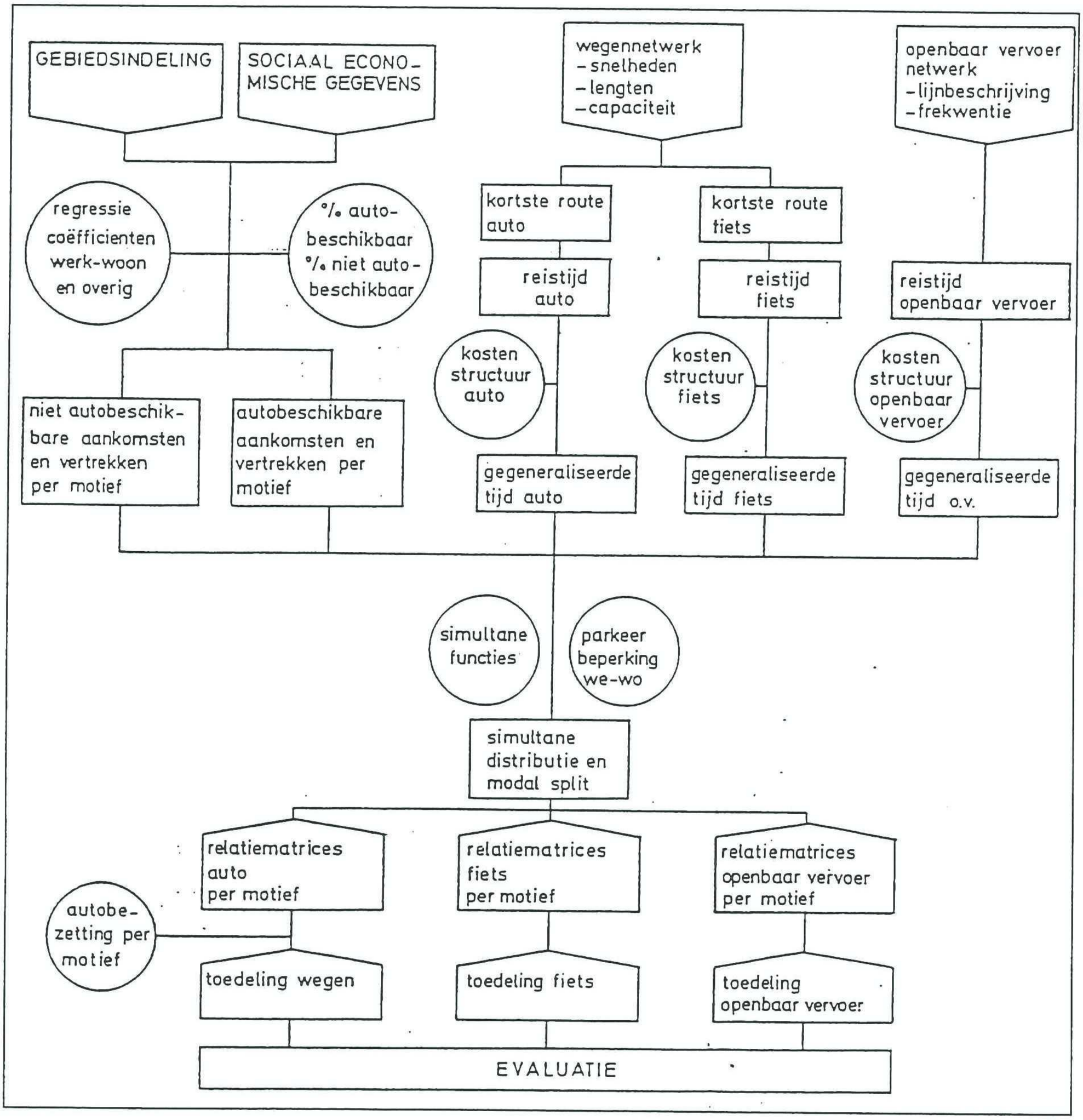
De weerstanden van auto, fiets en openbaar vervoer voor de verschillende routes tellen mee voor de distributie en vervoerwijzekeuze.

Als maat voor de weerstanden van een verplaatsing worden de gegeneraliseerde tijden genomen. De weging van tijd en kosten verschilt per vervoerrelatie en vervoerwijze. De tijd in een voertuig, wachttijd, looptijd en dergelijke worden ook verschillend gewogen. Bij een fietsverplaatsing worden kosten en wachttijden verwaarloosd en hangt de weerstand alleen af van de reistijd. Het gebruik van een gegeneraliseerde tijd is vrij algemeen en ook bij dit projekt een bruikbare methode. Welke faktoren worden meegenomen en wat voor wegingsfaktoren worden gebruikt hangt af van de beschikbare gegevens en de gewenste complexiteit.

Zowel bij auto-, openbaar vervoer- als bij (brom)fietsverplaatsingen is de 'reële reistijd' een onderdeel van de reisweerstand. Deze wordt bepaald aan de hand van totale afstand van begin- tot eindpunt. Extra tijd voor het zoeken van een parkeerplaats zit hier in bepaalde drukke zones bij. Bij de auto komen er nog kosten bij die deels afhangen van de afstand van de verplaatsing. Voor het openbaar vervoer is de reistijd uitgesplitst; de looptijd naar de halte, bij de overstap en naar de bestemming tellen twee keer mee, de wachttijden drie keer en de tijd in het openbaar vervoer één keer. Ook dit is vrij algemeen aanvaard. Of de waarden exact twee en drie zijn is discutabel, maar de methode werkt simpel en inzichtelijk. De reisweerstand bevat verder een vaste faktor (α) die geheel los staat van de afstand en snelheid. Bij het openbaar vervoer zitten hier ook de vaste kosten al in verwerkt. In deze faktor is bij de auto ook een weerstand van het parkeren en voor- en natransport mee te nemen.

nut voor het projekt
Het Noordvleugelmodel is niet te gebruiken voor dit projekt en heeft ook weinig direkt bruikbare onderdelen. Het (fiets-)netwerk is te grof. Wel zinnig is het systeem van gegeneraliseerde tijd. Dit is eventueel uit te breiden met extra kenmerken van de verplaatsing.

structuurschema Noordvleugelmodel:



III.b Verkeer en vervoermodel gemeente 's-Gravenhage

Het verkeers- en vervoerprognosemodel voor de agglomeratie 's-Gravenhage uit 1981 is gebaseerd op het simultane model voor distributie en vervoerwijzekeuze dat door DHV is ontwikkeld voor de Provinciale Waterstaat Zuid-Holland.

gebiedsindeling
Het model beschouwt het studiegebied dat de gemeenten 's-Gravenhage, Rijswijk, Voorburg, Leidschendam, Wassenaar en Delft omvat en het buitengebied. (Stadsontwikkeling 's-Gravenhage 1973) De gebiedsindeling van het studiegebied, is ontleent aan de indeling in volkstellingswijken die het CBS, en de statistische afdelingen van Den Haag en Delft gebruiken. De zones hebben een oppervlakte van ongeveer een kwart vierkante kilometer. Op een aantal plaatsen is de indeling verfijnd op zodanige wijze dat het aantal inwoners en arbeidsplaatsen eenvoudig is tellen of te schatten. Voor het buitengebied is een grovere indeling gemaakt. Voor dit projekt is het ook aan te raden om een indeling te gebruiken waarvoor cijfers bekend zijn.

distributie
Het uitgangspunt is een HB-matrix met de aantallen verplaatsingen voor de te onderscheiden vervoerwijzen. Er is onderscheid gemaakt tussen de auto, de fiets en het openbaar vervoer. Voor het berekenen van de aantallen aankomsten en vertrekken in het prognosejaar zijn een aantal methoden toegepast. Een, vanwege zijn eenvoud vermeldenswaardige, is de ritproduktie met behulp van lineaire ritproduktiecoëfficiënten. Deze methode is in het begin van de jaren zeventig ook al gebruikt bij het Algemeen Verkeers- en Vervoersonderzoek in Den Haag. Het aantal vertrekken uit en het aantal aankomsten in een bepaalde zone worden uitgerekend met de volgende formules:

$$V = \alpha_v I + ß_v W_t + \tau_v W_w$$

$$A = \alpha_a I + ß_a W_t + \tau_a W_w$$

waarin:

V =	aantal vertrekken van personen vanuit een bepaald gebied in het avondspitsuur
A =	aantal aankomsten van personen vanuit een bepaald gebied in het avondspitsuur
I =	aantal inwoners in een bepaald gebied
W_t =	aantal werkzame personen in een bepaald gebied
W_w =	aantal werkzame personen in winkels in een bepaald gebied
α_v t/m τ_a =	produktie- en attractiecoëfficiënten

figuur II.2: distributie Verkeer en vervoermodel gemeente 'sGravenhage in formulevorm.

De produktie- en attractiecoëfficiënten worden bepaald door een meervoudige lineaire regressie-analyse met als invoer het aantal aankomsten en vertrekken van een aantal gebieden. Er bleek in Den Haag dat de verschillende gebieden in te delen waren in drie groepen met een vrijwel gelijk gedrag en coëfficiënten. Deze vereenvoudiging is, indien mogelijk, ook aan te raden voor dit projekt. Het aantal inwoners en werkzame personen in het prognosejaar wordt geschat door uit te gaan van het laatste jaar waar gegevens van zijn en de groei die bekend is van de voorafgaande jaren constant te veronderstellen.

netwerken
De drie onderscheiden vervoerwijzen hebben elk ook hun eigen netwerk. Het autonetwerk bestaat voornamelijk uit de hoofdwegen en de wijkontsluitingswegen. Wegen van een lagere orde zijn toegevoegd als voedingslink tussen de zones en de rest van het netwerk. De

snelheden van de wegvakken zijn ontleend aan snelheidsmetingen. Aan de wegvakken en de knooppunten zijn ook capaciteiten meegegeven. Het fietsnetwerk is rechtstreeks afgeleid van het autonetwerk. Er zijn een aantal fietsverbindingen toegevoegd, elke verbinding is in twee richtingen te berijden en de snelheid is op 15 kilometer per uur gesteld. In de evaluatie van het fietsroutenetwerk Delft (Gommers 1987) wordt die vaste snelheid die onafhankelijk is van het wegtype, in twijfel gebracht; 'Rijsnelheden kunnen wel degelijk variëren tussen diverse trajecten als gevolg van de bouwkundige vormgeving, de toestand van de weg, de hinder van andere verkeersdeelnemers, etc.'
Het openbaar vervoernetwerk is opgesteld aan de hand van de dienstregelingen van de HTM, streekvervoer en NS.
Bij de netwerken horen de berekende kortste routebomen en reistijd-weerstanden.

distributie en vervoerwijzekeuze
De distributie- en de modal-splitberekening gebeurt simultaan met het zwaartekrachtmodel zoals dat beschreven is in paragraaf 5.4.8. Als eenheid voor de weerstand tussen twee zones wordt de gegeneraliseerde kostenminuut gebruikt. Het aantal verschillende functies om de weerstand tussen twee zones te berekenen is beperkt tot acht; twee groepen bestemmingsgebieden (binnenstad en overig), twee motieven (werk-woon en overig) en wel of niet autobeschikbaar. (DHV 1984) Dit modeltype is voor dit projekt niet erg geschikt omdat het vanwege de beschikbare tijd noodzakelijk is om uit te gaan van een verbinding/corridor met de bijbehorende verplaatsingen als vast gegeven.

toedeling
Het Haagse model werkt met een alles of niets of capacity-restraint toedeling. Deze laatste is uit te breiden met een kruispuntvertraging. In plaats van kruispuntvertragingen zijn op deze manier misschien ook andere belemmeringen van het autoverkeer te toetsen.

De toedeling van het fietsverkeer gebeurt met de alles of niets methode. Er wordt dus van uitgegaan dat er geen congestie voorkomt of dat de fietser daar geen rekening mee houdt. Er wordt alleen gekeken naar de rijtijd van een fietser. Aangezien uitgegaan wordt van een fietssnelheid van 15 kilometer per uur is alleen de afstand van invloed op de fietsweerstand.

Voor het toedelen van de openbaar vervoerreizigers zijn alles-of-niets, multiflow en de multi-routing methode toegepast. Net als bij het Noordvleugelmodel wordt de weerstand van de openbaar vervoerroutes bepaald uit een combinatie van tijd, afstand en een constante volgens de formule:

$$\alpha + ß*\text{tijd} + \tau*\text{afstand}$$

In het model uit 1981 hebben de coëfficiënten de volgende waarden:

$\alpha_{(\text{tram/bus})} = 3{,}78$	$\alpha_{(\text{trein})} = 16{,}17$
$ß_{(\text{tram/bus})} = 1{,}0$	$ß_{(\text{trein})} = 1{,}0$
$\tau_{(\text{tram/bus})} = 0{,}0063$	$\tau_{(\text{trein})} = 0{,}0063$

De reistijd is net als in het Noordvleugelmodel een gewogen som van zowel de looptijd, wachttijd, rijtijd en overstaptijd.

In het eerder genoemde Algemeen Verkeers- en Vervoersonderzoek 's-Gravenhage uit het begin van de jaren zeventig volgde de modal split verandering uit de lineair doorgetrokken cijfers voor de verschillende vervoerwijzen. De modal split is, evenals de totale omvang van de verschillende vervoerwijzen met dit model niet te beïnvloeden. Voor dit projekt is het geheel dus niet geschikt.

voor- en natransport
Het is mogelijk om de weerstand tussen twee zones te verhogen vanwege de zoektijd voor een parkeerplaats. Ook is het mogelijk om een parkeerplafond in te stellen. Het aantal autoverplaatsingen dat die zone als bestemming heeft mag dan niet boven een bepaalde waarde uitkomen.
Er wordt zowel bij de auto als het openbaar vervoer van uitgegaan dat het voor- en het natransport te voet gebeurt.

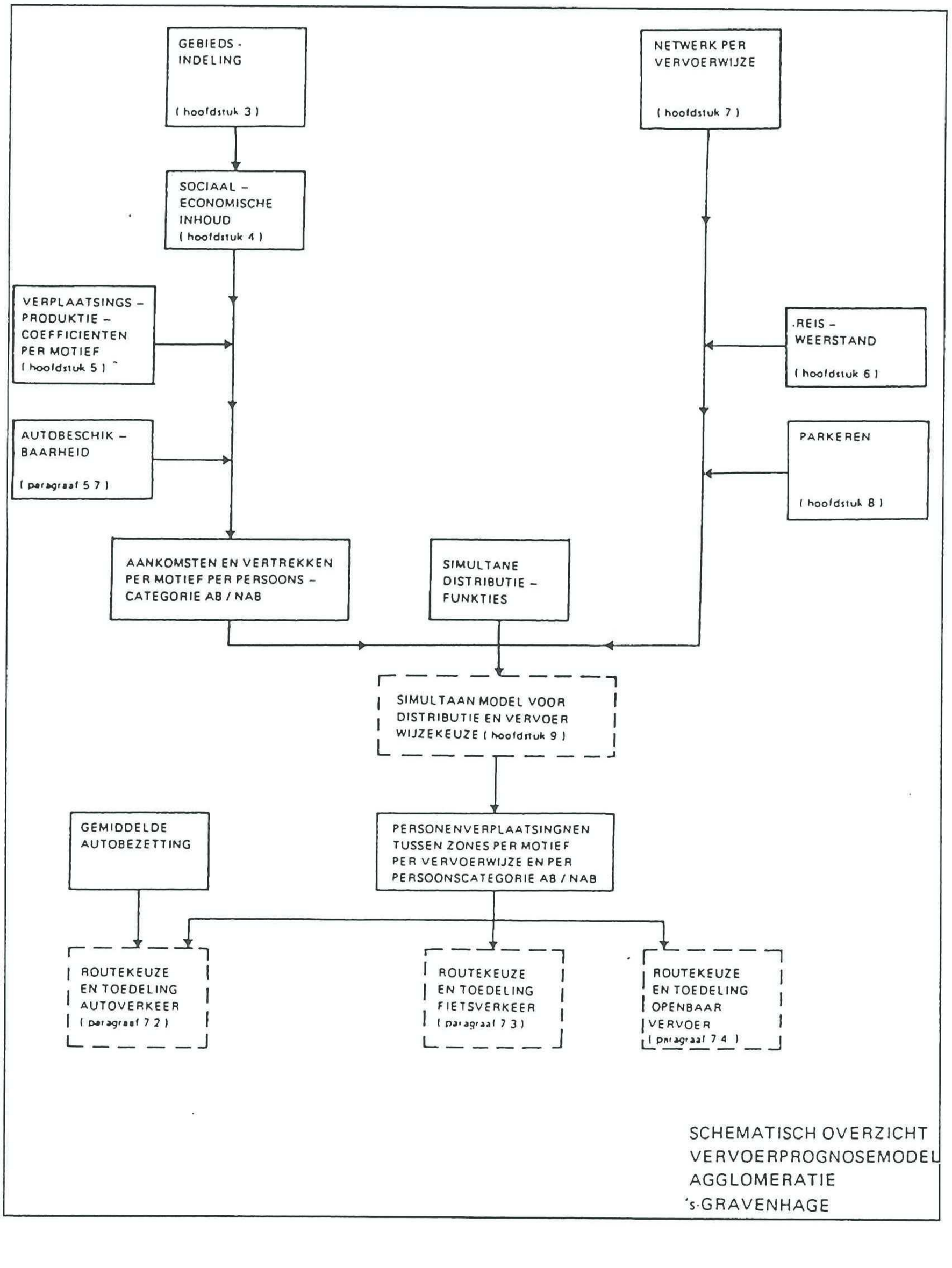
vereenvoudiging
Een volledige run van het Haagse model is zeer kostbaar en tijdrovend. Om die reden is er ook op een versimpelde wijze gebruik gemaakt van het model. Om te onderzoeken wat er zou moeten gebeuren om de steef waarde OV*2 te halen is de regio opgedeeld in 22 gebieden en is het gehele buitengebied als een zone genomen. Alle bestaande verplaatsingen van meer dan 750 meter zijn teruggerekend naar deze 23 gebieden. De distributie is gelijk gelaten, wat verondersteld dat de wijzigingen in het netwerk niet tot andere bestemmingskeuzes lijdt. Hierna werd met het model de nieuwe vervoerwijzekeuze berekend. De volgende verbeteringen werden gemodelleerd:

- verkorting van de rijtijden op de openbaar-vervoerverbindingen tussen elk paar voedingsgebieden en binnen een zone.
- halvering van de wachttijden op het hele openbaar vervoernet of een deel van het net.
- vermindering van de overstapweerstand van 7 naar 2 minuten.
- vermindering van het aantal overstappen met de bijbehorende wacht- en overstapweerstanden.

Er is van uitgegaan dat de snelheid van het autonetwerk gelijk blijft. Hiernaast is ook nog doorgerekend hoe de modal split veranderd als alleen de kosten van het autogebuik of de snelheid van de autoverplaatsingen veranderen.
Omdat de getoetste veranderingen waarschijnlijk buiten de geldigheid van de elasticiteiten van het model liggen, verwacht men dat de modeluitdraaien niet direkt kunnen worden gebruikt om beleidsconclusies aan te verbinden. De uitkomsten moeten meer worden gezien als een indicatie van de richting en de grootte van veranderingen.

nut voor het projekt
Voor het verkeer en vervoermodel 's-Gravenhage geldt ongeveer hetzelfde als voor het vergelijkbare Noordvleugelmodel. Het netwerk is echter iets gedetailleerder dan dat van het Noordvleugelmodel. Een bruikbaar onderdeel is de ritproduktie met behulp van lineaire ritproduktiecoëfficiënten. Dit werkt eenvoudig en er is maar een beperkt aantal gegevens vereist. Ook de wijze waarop een vereenvoudigde, en dus goedkopere, run mogelijk is gemaakt kan bij dit probleem nuttig blijken te zijn.

structuurschema Verkeer en Vervoermodel gemeente 's-Gravenhage:



SCHEMATISCH OVERZICHT
VERVOERPROGNOSEMODEL
AGGLOMERATIE
's-GRAVENHAGE

III.c Quovadis-fiets

Op initiatief van de ministeries van V&W en VROM is door DHV Milieu en Infrastructuur Quovadis-fiets ontwikkeld. Dit model is bedoeld om lagere overheden bij te staan in het modelmatig omgaan met de fiets op lokaal niveau. Het sluit aan op het meer voor auto- en openbaar vervoerverplaatsingen geschikte Quovadis en de al langer bestaande verkeersmilieukaarten van de gemeentes (Clement 1996).

Quovadis-fiets bevat een verkeersmodel (prognosemodel) en een evaluatiemodel. het eerste berekent hoeveel fietsers zich van de ene zone een andere verplaatsen en van welke wegvakken ze gebruik maken. In het evaluatiemodel wordt onder andere berekend hoever fietsers omrijden ten opzichte van de hemelsbrede afstand. Hieruit kan volgen waar fietsvoorzieningen nodig zijn.

In Quovadis-fiets kunnen vier stappen worden onderscheiden:

- de ritproduktie
- de ritdistributie
- de toedeling
- zo nodig een kalibratie van de resultaten op basis van tellingen

Voor de ritprodukie wordt gebruik gemaakt van tabellen van het CBS waaruit de ritproduktiefaktoren per motief en per periode kunnen worden afgeleid. Hierbij wordt rekening gehouden met de aanwezigheid en lokatie van inwoners, arbeidsplaatsen, voorzieningen en andere bestemmingen. In figuur III.3 staan de onderscheiden categorieën per periode en de standaardwaarden voor de ritproduktiefaktoren van de fiets. Door de vaststaande tabellen is met deze berekeningswijze nooit een stijgend of dalend fietsgebruik of een verandering van de modal split te meten als gevolg van verbeteringen aan het fiets- of het gecombineerde fiets-ov-systeem. Het doel van dit projekt is juist het vinden van een methode om de invloed van maatregelen op de ritproduktiefaktoren te kunnen modelleren. Een eventuele mogelijkheid om dit met Quovadis-fiets te bereiken is het terug gaan naar Quovadis met de nieuwe fietstijden en aantallen.

klasse km			fiets werken	fiets winkelen	fiets onderwijs	fiets overig
0.00	-	0.50	0.00140	0.01980	0.00190	0,01270
0.50	-	1.00	0.00810	0.04650	0.00590	0,04710
1.00	-	1.50	0.02253	0.05397	0.01287	0,06290
1.50	-	2.00	0.02313	0.05427	0.01317	0,06350
2.00	-	2.50	0.02253	0.05397	0.01287	0,06290
2.50	-	3.00	0.01748	0.02926	0.01000	0,03920
3.00	-	3.50	0.01415	0.01769	0.00788	0,02614
3.50	-	4.00	0.01188	0.01330	0.00644	0,02102
4.00	-	4.50	0.00961	0.00891	0.00500	0,01562
4.50	-	5.00	0.00801	0.00625	0.00408	0,01228
5.00	-	5.50	0.00720	0.00542	0.00398	0,01091
5.50	-	6.00	0.00653	0.00448	0.00386	0,01008
6.00	-	6.50	0.00587	0.00354	0.00370	0,00980
6.50	-	7.00	0.00533	0.00307	0.00306	0,00758
7.00	-	7.50	0.00480	0.00245	0.00250	0,00591
7.50	-	8.00	0.00407	0.00187	0.00202	0,00426
8.00	-	8.50	0.00347	0.00125	0.00146	0,00287
8.50	-	9.00	0.00300	0.00062	0.00086	0,00259
9.00	-	9.50	0.00267	0.00062	0.00081	0,00176
9.50	-	10.00	0.00240	0.00062	0.00076	0,00176
10.00	-	10.50	0.00209	0.00059	0.00067	0,00163
10.50	-	11.00	0.00184	0.00050	0.00059	0,00163
11.00	-	11.50	0.00154	0.00040	0.00051	0,00149
11.50	-	12.00	0.00125	0.00031	0.00043	0,00135
12.00	-	12.50	0.00094	0.00031	0.00039	0,00131
12.50	-	13.00	0.00081	0.00031	0.00035	0,00121
13.00	-	13.50	0.00074	0.00031	0.00033	0,00121
13.50	-	14.00	0.00068	0.00031	0.00030	0,00111
14.00	-	14.50	0.00061	0.00031	0.00028	0,00101
14.50	-	15.00	0.00054	0.00031	0.00025	0,00091
15.00	-	15.50	0.00050	0.00030	0.00025	0,00079
15.50	-	16.00	0.00045	0.00021	0.00021	0,00069
16.00	-	16.50	0.00038	0.00011	0.00017	0,00059
16.50	-	17.00	0.00032	0.00002	0.00015	0,00049
17.00	-	17.50	0.00026	0.00002	0.00013	0,00039
17.50	-	18.00	0.00024	0.00002	0.00013	0,00029
18.00	-	18.50	0.00021	0.00002	0.00013	0,00019
18.50	-	19.00	0.00017	0.00002	0.00013	0,00009
19.00	-	19.50	0.00013	0.00002	0.00013	0,00004
19.50	-	20.00	0.00013	0.00002	0.00013	0,00000

figuur III.3: ritproduktiefaktoren per motief en afstandsklasse. uit: DHV 1992

Er zijn vier motieven te onderscheiden:

- woon/werk
- onderwijs volgen
- winkelen, boodschappen doen
- sociaal, recreatief en overig

Deze indeling sluit aan bij de het Nieuw Regionaal Model en het Landelijk Model Systeem die in de volgende twee paragrafen staan beschreven. De in die modellen onderscheiden motieven home-based zakelijk verkeer en non-home-based zakelijk verkeer zijn hier echter weggelaten. Dit omdat er bijna geen fietsverplaatsingen worden gemaakt met die motieven.

Het netwerk bestaat uit een gedetailleerd fietsnetwerk van schakels en overstappunten met verschillende kenmerken zoals rijsnelheid, wel/geen vrijliggend fietspad, wel/geen suggestie strook, de kwaliteit van de weg en vertraging op de kruispunten. Die kenmerken kunnen per schakel of overstappunt apart worden ingevoerd. Dit is een goede methode om plaatselijke verbeteringen aan een netwerk in een model door te laten werken. Het is echter de vraag of in dit projekt voor een heel netwerk zo gedetailleerd kan worden gewerkt. Ook voor de gebieden waar het model draait is dit meestal niet gedaan. Zo is in de pilotstudie in Breda de rijsnelheid overal op 15 kilometer per uur gesteld. Er zal gekozen moeten worden tussen weinig gedetailleerde routes en een uitgebreider vereenvoudigd netwerk.

De periode van de dag waarover het fietsmodel in Breda de verplaatsingen berekend loopt van 7^{00} tot 19^{00} uur. In deze periode vindt ongeveer 82% van de fietsverplaatsingen plaats. Er zijn voor een fietsmodel een aantal redenen om niet naar het avondspitsuur te kijken zoals bij veel automodellen gebeurt (DHV 1992):

- bij fietsers speelt het capaciteitsprobleem minder. (In de spits moet wel rekening gehouden worden met een lagere gemiddelde fietssnelheid vanwege het overige verkeer.)
- in de avondspitsuur worden de scholieren gemist en
- voor veel beleidsdoelen is de totale omvang van het fietsverkeer van belang.

Als de modal split tussen auto en fiets + openbaar vervoer gemodelleerd moet worden is het echter wel van belang dat de weerstand van de fiets (+ ov) met de juiste, van het tijdstip afhangende, autoweerstand wordt vergeleken.

Er vindt in het model een stochastische toedeling plaats. Dit betekent dat meerdere routes met vergelijkbare kwaliteiten allemaal gebruikt worden. Zo wordt rekening gehouden met individuele wegingsfaktoren van onder andere reistijd, comfort en veiligheid en het verschil tussen werkelijke waarden en ervaren waarden.

Als uitkomst geeft het model een verdeling van het totaal aantal fietsers over de verschillende schakels in het netwerk. Met deze netwerkbelastingen kunnen verdere analyses worden uitgevoerd.

nut voor het projekt

Quovadis-fiets bevat het meest geschikte fietsnetwerk. Vrijwel elke verbetering die bij een fietsnetwerk in de praktijk is aan te brengen valt ook in het programma te modelleren. Omdat het totaal aantal fietsers in dit model alleen bepaald wordt door het aantal in de beginsituatie te vermenigvuldigen groeifaktoren die onafhankelijk zijn van te toetsen maatregelen is model niet geschikt voor dit projekt. Alleen het onderdeel dat de weerstanden voor de verschillende routes uitrekent zou bruikbaar kunnen zijn als het mogelijk is om is om die uitkomsten als voor- of natransportweerstand in een ander vervoermodel in te voeren.

III.d LMS

Het Landelijk Model Systeem is vanaf 1984 in opdracht van de Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat ontwikkeld door Hague Consulting Group (Basis matrices door BGC). Het model is bedoeld als lange-termijnmodel voor de verkeer- en vervoersontwikkeling. Meestal gaat het om prognoses over een termijn van 20 à 25 jaar (Rijkswaterstaat 1990). Het model gaat uit van de verschillende beleidsopties en scenario's met de bijbehorende inkomens- en bevolkingsgroei van het CPB.

Nederland is ingedeeld in 345 zones, die op zes gevallen na uit een op meerdere hele gemeenten bestaan. Bij de vervoerwijzekeuze wordt uitgegaan van 1132 subzones.

Voor de routekeuze worden in het LMS twee netwerken onderscheiden:

- het autonetwerk. Dit is een gedetailleerd netwerk met de hoofdwegen en de belangrijkste overige wegen;
- het openbaar vervoernetwerk. Hierin zit het treinnet en een aantal bus/tram/metro-verbindingen die van belang zijn, zoals de busverbinding over de afsluitdijk. (BGC 1995)

De analyse vindt plaats in de volgende stappen:

- model voor rijbewijsbezit en autobezit
- reisfrequentie model
- model voor de gelijktijdige vervoerwijzekeuze en reisbestemming
- routekeuze model waarmee de keuze uit de routes in het wegen- en openbaar vervoer netwerk wordt berekend.

verklarende variabele:	motieven 1	2	3	4	5
Bereikbaarheidskwaliteit:					
- reistijd per auto	x	x	x	x	x
- reistijd per openbaar vervoer (incl. looptijd en wachttijd)	x	x	x	x	x
- reiskosten per auto (incl. parkeerkosten) en per openbaar vervoer	x	x	x	x	x
- reisafstand voor lopen, fietsen	x	x	x	x	x
Attractievariabelen (kenmerken van de bestemming):					
- bevolkingsomvang		x		x	x
- totale werkgelegenheid	x	x			
- plaatsen in onderwijs			x		
- werkgelegenheid in diensten				x	x
- werkgelegenheid in detailhandel				x	
- bevolkingsdichtheid			x		x
- werkgelegenheidsdichtheid	x	x			
- aanwezigheid Central Business District				x	x
Overige kenmerken van reis en/of persoon:					
- indicatie van de kans op het krijgen van een lift (alleen voor auto-passagiers)	x	x	x	x	x
- rijbewijs- en autobezit in het huishouden	x	x	x	x	x
- geslacht van de persoon		x	x	x	
- leeftijdsgroep van de persoon			x		
- de reis vindt wel of niet in de spits plaats	x				
- aanpassing voor reizen binnen de zone zelf	x	x	x	x	x
- aanpassing voor zeer korte reizen per auto	x	x	x	x	x
Constante termen:					
- constante voor autobestuurder	x	x	x	x	x
- constante voor auto-passagier	x	x	x	x	x
- constante voor openbaar vervoer	x	x	x	x	x

Nummering van de motieven:
1: woon-werk
2: overig werk
3: onderwijs
4: winkelen, enz.
5: sociaal

figuurIII.4: verklarende variabelen in de vervoerwijze- en bestemmingskeuze-modellen. uit RWS 1990.

Voor de gelijktijdige vervoerwijze- en bestemmingskeuze wordt een logit-model gebruikt. Welke variabelen hiervoor gebruikt worden verschilt per reismotief. In figuur III.4 staat aangeven welke motieven voor welke variabelen gevoelig zijn in het model. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de volgende vijf mogelijkheden:

- woon-werkverkeer
- overig met het werk verbonden verkeer
- onderwijs
- winkelen, boodschappen doen
- sociaal, recreatief en overig

Er kan gekozen worden uit de volgende vier vervoerwijzen:

- autobestuurder; alleen mogelijk voor rijbewijsbezitters met auto beschikbaar.
- autopassagier; voor iedereen.
- openbaar vervoer; mogelijk bij die verplaatsingen waarvoor een openbaar vervoerverbinding bestaat.
- langzaam vervoer; lopen en fietsen is voor iedereen mogelijk.

Zoals uit de figuur III.4 blijkt zijn van de verplaatsing alleen de reistijd, reiskosten inclusief parkeren en de loop- en fietsafstand van invloed op de vervoerwijzekeuze.

Omdat er geen fietsnetwerk in het LMS zit wordt bij fietsverplaatsingen tussen zones alleen naar de hemelsbrede afstand gekeken. Ook bij een verplaatsing van een (sub-)zone naar een knooppunt in het auto- of openbaar vervoernetwerk wordt uitgegaan van de hemelsbrede afstand.
Bij de toedeling van de openbaar-vervoerreizigers wordt onderscheid gemaakt tussen de tijd in het voortransport, natransport, wachttijd en het openbaar vervoer zelf. Hiernaast is het aantal keren dat wordt overgestapt van belang.

Als tijdens een verplaatsing van meerdere vervoerwijzen gebruik wordt gemaakt, wordt de gehele rit toegekend aan de 'hoofdvervoerwijze'. Dit is de vervoerwijze die het hoogst staat in de prioriteitenvolgorde die ook in het OVG gebruikt wordt:

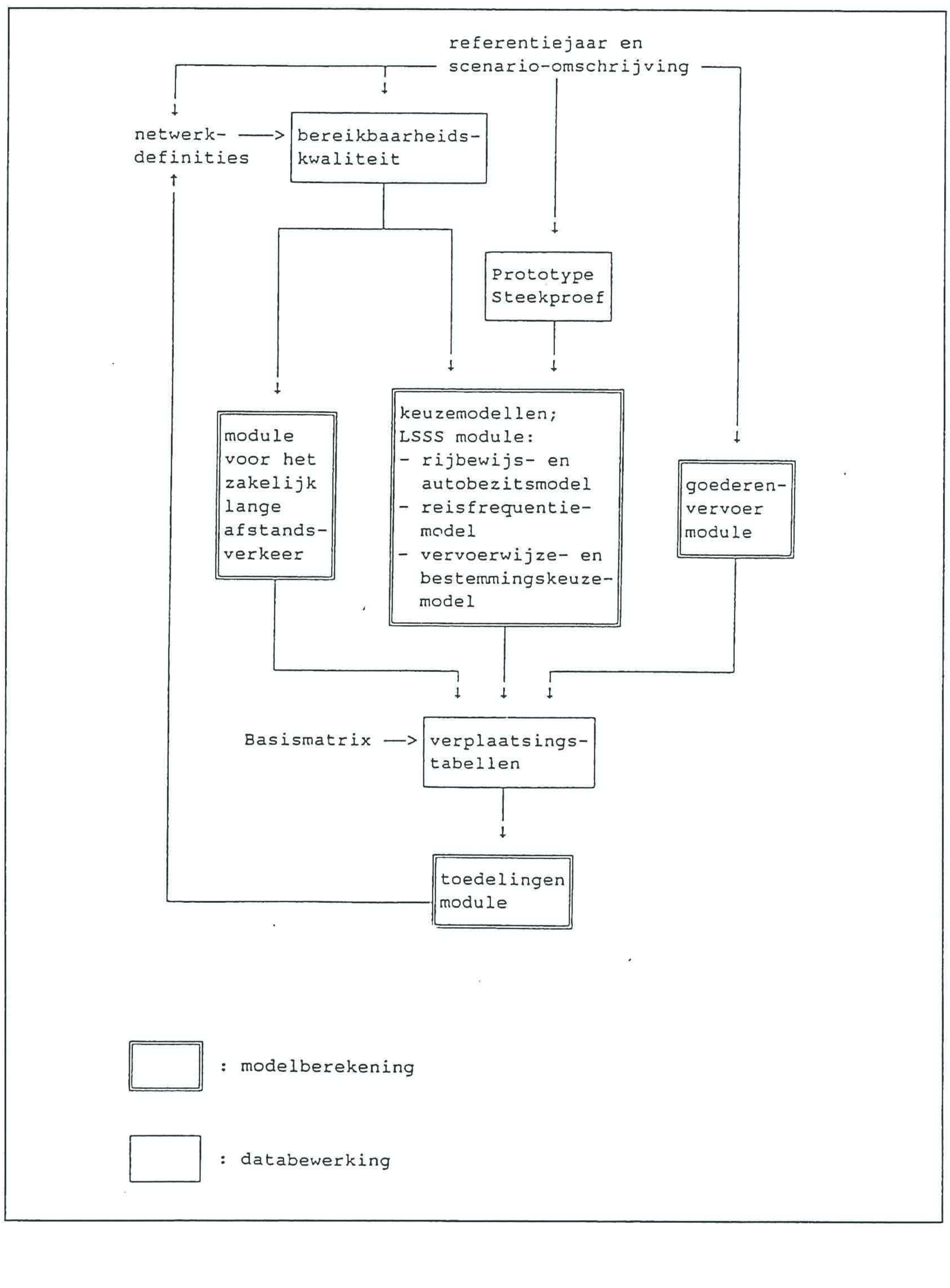
1 trein
2 bus/tram/metro
3 autobestuurder
4 autopassagier
5 langzaam verkeer

Dit is en groot nadeel als het gaat om het modelleren van het voor- en het natransport. Uit een onderzoek van BGC naar de mogelijkheden om het voor- en het natransport in het LMS en het Nieuw Regionaal Model (NRM) te verbeteren bleek dat zo'n volgorde ook het verbeteren van het voor- en het natransport in modellen in de weg staat. (BGC 1995)

Bij auto verplaatsingen wordt ervan uitgegaan dat het voor- en het natransport lopend gebeurt. De tijd die men kwijt is tussen de herkomst en het netwerk of het netwerk en de bestemming hangt af van de urbanisatiegraad en de hemelsbrede afstand tot een knooppunt in het net. Bij het openbaar vervoer wordt op basis van tijd gekozen tussen bus-tram-metro of langzaam verkeer. De ov-tijd hangt af van de hemelsbrede afstand en de urbanisatiegraad, de reistijd van het langzaam verkeer is alleen afhankelijk van de hemelsbrede afstand.

nut voor het projekt
Vanwege het vertroebelde beeld door de hoofdtransportwijze en omdat voornamelijk gekeken wordt naar landelijke ontwikkelingen op het hoofdwegennet en het onvolledige openbaar vervoernet is dit model niet geschikt voor het inventariseren van bepaalde parkeerbeperkingen en fietsvoorzieningen.

structuurschema LMS:



III.e NRM

Verwant aan het LMS is het voor een nauwkeurigere bestudering van kleinere gebieden bedoelde Nieuw Regionaal Model. Dit is, in opdracht van het AVV, gemaakt door BGC, TNO, NEI en Bureau Hofstra.

De zones zijn bij voorkeur de vier-cijferige postcodegebieden of aggregaten daarvan. Uitzonderingen zijn mogelijk; in dat geval worden gemeentegrenzen of geografische elementen als grenzen aangehouden.
Per zone dienen voor zowel het basisjaar als het toekomstjaar de volgende gegevens ingevoerd te worden:

- aantal arbeidsplaatsen in de landbouw, de dienstensector, de detailhandel,
- totaal aantal arbeidsplaatsen,
- aantal leerlingplaatsen,
- omvang mannelijke en omvang vrouwelijke werkzame beroepsbevolking,
- aantal mannen, aantal vrouwen (vier leeftijdscategorieën),
- aantal huishoudens,
- aantal personen,
- parkeercapaciteit voor werkgebonden autoverplaatsingen (A-, B- en C-lokaties),
- gemiddelde parkeerkosten per uur (in en buiten de spits),
- wel of geen aanwezigheid van een 'Central Business District'.

De volgende gegevens zijn alleen voor het basisjaar nodig:

- aantal personen auto's,
- urbanisatieklasse,
- aantal autoparkeringen.

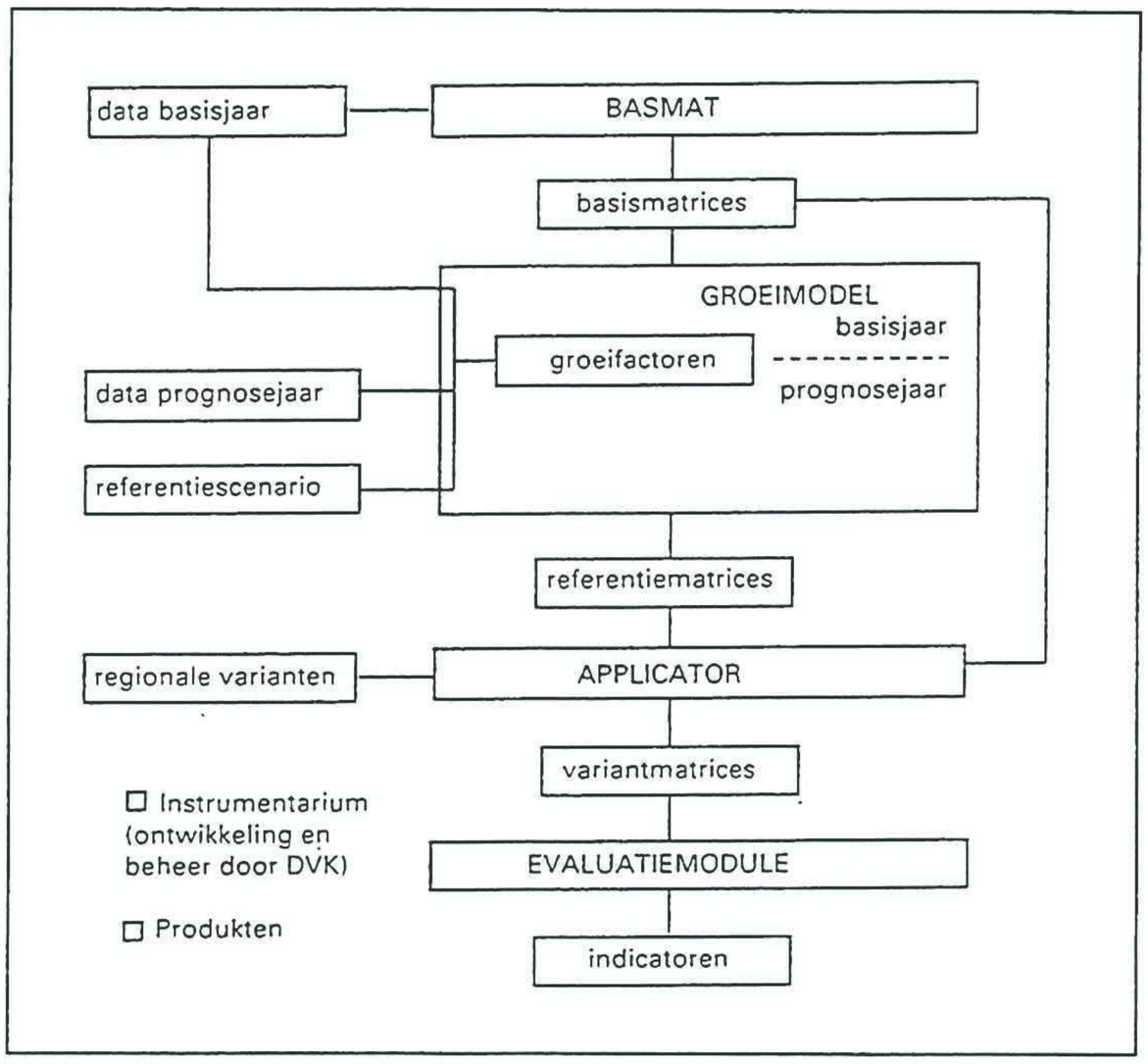
In het Nieuw Regionaal Model worden de volgende drie netwerken onderscheiden:

- het autonetwerk;
- het openbaar vervoernetwerk. Hierin zit het treinnet en de bus/tram/metro-verbindingen;
- langzaam verkeer.

De netwerken sluiten aan bij de LMS-zonering en zijn van een hoog detailniveau. In het NRM-netwerk voor Noord-Brabant zijn bijvoorbeeld alle treinverbindingen, streek-, stads- en buurtbuslijnen opgenomen. In het NRM kan ook het voor- en het natransport worden gecodeerd. Dit geldt echter niet als dit de auto is.

Het Nieuw Regionaal Model maakt onderscheidt tussen de vervoerwijzen autobestuurder, autopassagier, trein, bus-/tram-/metro en langzaam verkeer. Verder worden vier motieven onderscheiden; woon-werk, woninggebonden zakelijk, niet-woninggebonden zakelijk en overig. Per vervoerwijze en per motief worden met het Groeimodel voor iedere relatie de groeifaktoren berekend. De groeifaktoren en de oorspronkelijke HB-matrix leveren de referentiematrix.

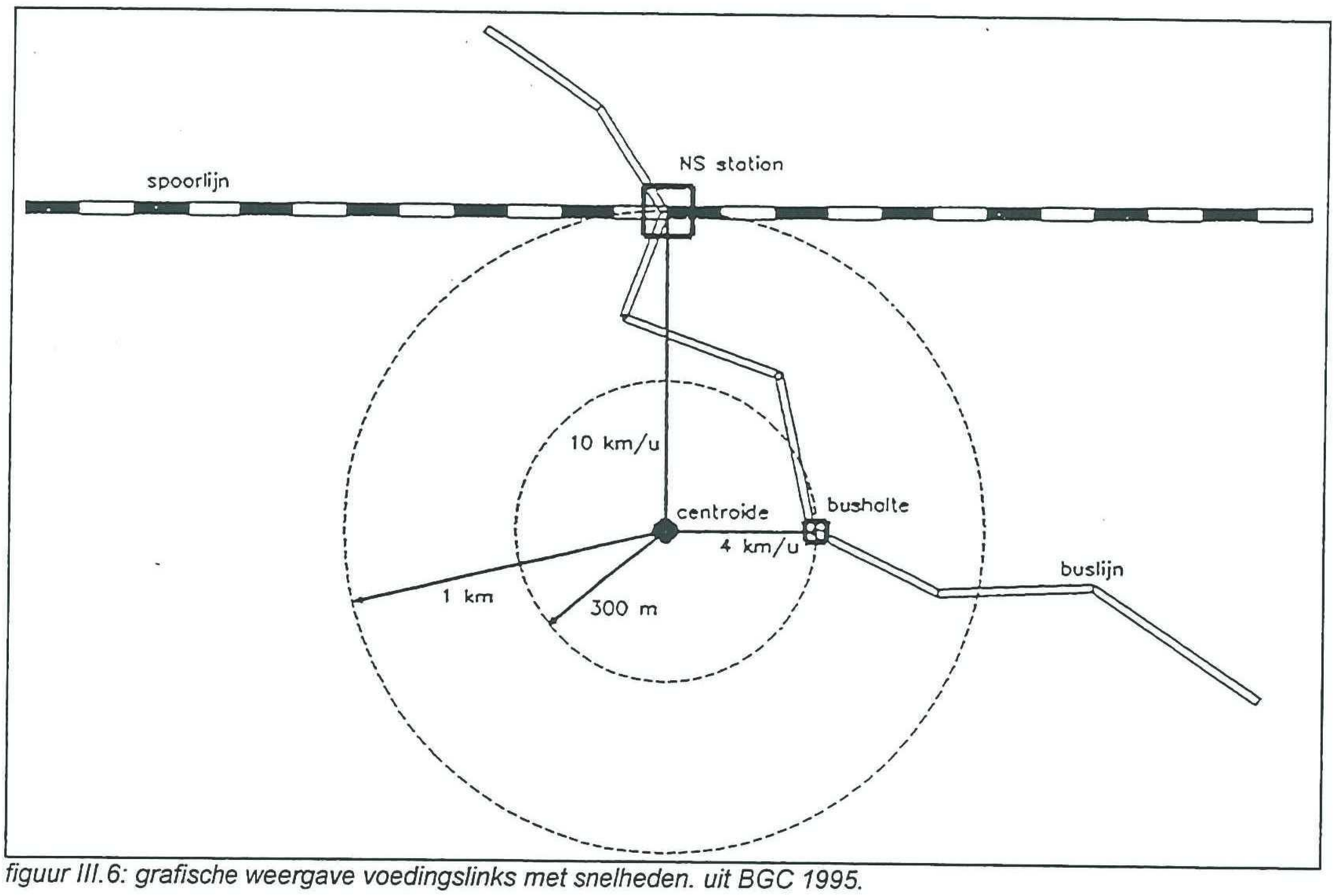
Voor het doorrekenen van kleine wijzigingen in de plannen is het vervolgens voldoende om veranderingen ten opzichte van de referentiematrix te bepalen. Bij grotere wijzigingen is het noodzakelijk om het groeimodel opnieuw te draaien. Zie figuur III.5 (Evert 1992).



figuur III.5: structuur NRM met volgorde basismatrix → referentiematix → variantmatrix. uit Evert 1992.

Voor het fietsdeel van het Nieuw Regionaal Model (NRM) is het noodzakelijk om een basismatrix met de herkomsten en bestemmingen van het fietsverkeer te hebben. Het beïnvloeden de modal split gebeurt (voornamelijk) door middel van het veranderen van de reistijden, autobezit en reiskosten. Voor de vervoerwijzekeuze wordt een logit-formule gebruikt.

Bij een autoverplaatsing wordt ervan uitgegaan dat het voor- en het natransport altijd met het langzaamverkeer plaatsvindt. Het lopen als voor- en natransport wordt in de voedingslinks gemodelleerd door middel van een lage snelheid. Bij het openbaar vervoer wordt een keuze gemaakt tussen bus-tram-metro, fiets en lopen. Er wordt als volgt te werk gegaan: Het zwaartepunt van een zone wordt aangegeven door een centroïde. Bij elk soort voedingslink (halte) van het ov-netwerk hoort een bepaalde straal. Bijvoorbeeld 1500 meter voor de trein en 500 meter voor de bus). Elke zone waarvan de centroïde binnen de cirkel ligt is via de voedingslink aangesloten op het netwerk. Het type voortransport (fiets of lopen) en de bijbehorende snelheid op de hemelsbrede verbinding tussen de centroïde en de halte is afhankelijk van de afstand. Bij lange verbindingen wordt ervan uitgegaan de fiets genomen wordt, op kortere (loop-)verbindingen wordt een lagere snelheid verondersteld. Zie onderstaand figuur III.6.

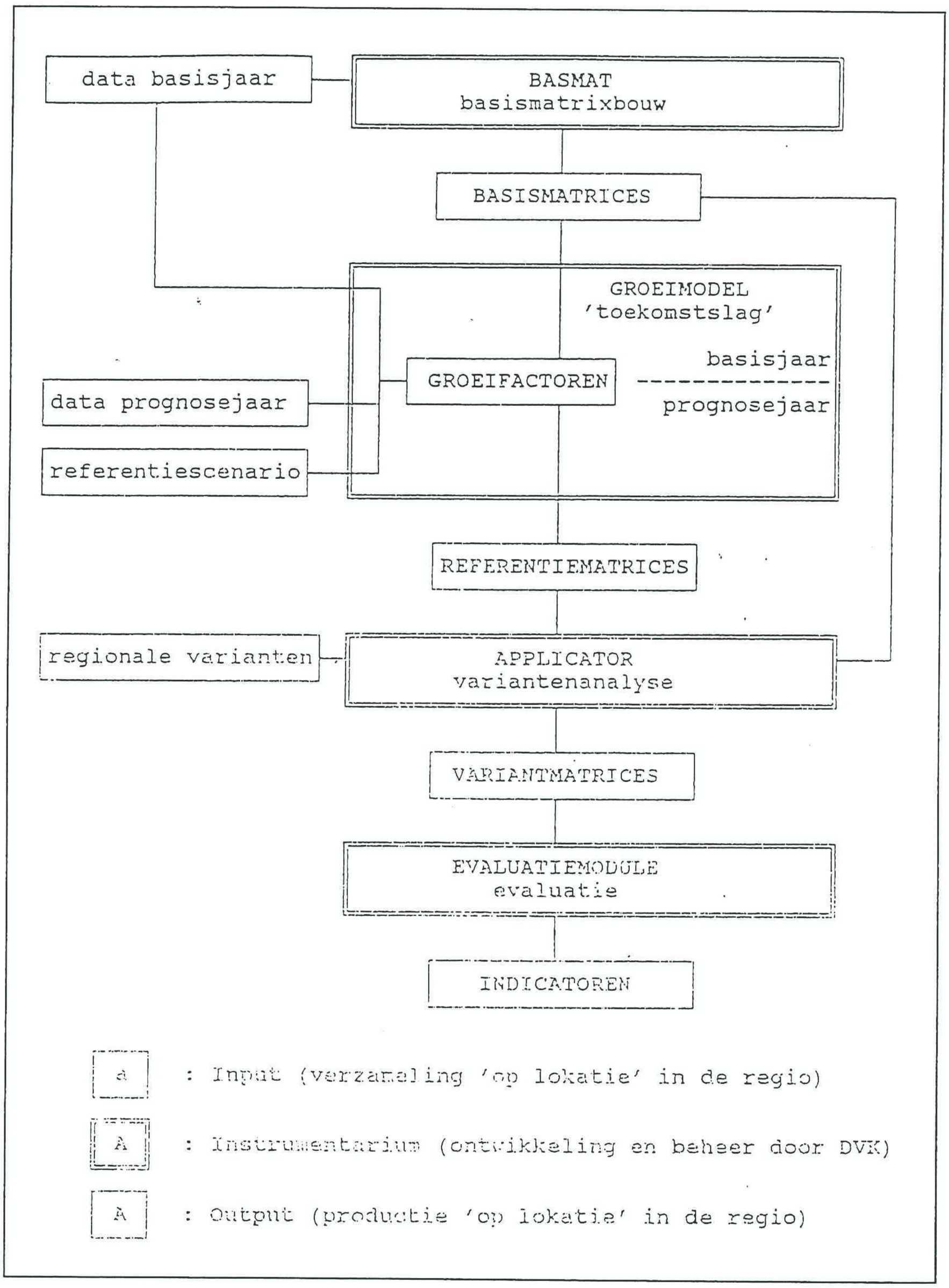


figuur III.6: grafische weergave voedingslinks met snelheden. uit BGC 1995.

nut voor het projekt

De manier waarop de zones met de bij verschillende snelheden horende centoïden op alle binnen het bereik liggende knopen in het openbaar vervoernetwerk zijn aangesloten is een goede wijze om verschillende voor- en natransport mogelijkheden mee te nemen in de keuze van vervoermiddel, route of beide tegelijk.

structuurschema NRM:



III.f Uitgebreide VF-model

Van Goeverden en Egeter hebben aan de TU-Delft onderzocht hoe het aandeel van het openbaar vervoer zou veranderen bij een optimale fietsbeschikbaarheid (Goeverden 1993). Zij ontwikkelden hiervoor het Uitgebreide VF-model. Dit is een verbeterde versie van het VF-model. Het VF-model bepaalt de model split tussen de auto en het openbaar vervoer aan de hand van de VF-curve. Dat is een grafiek waarin de modal split is uitgezet tegen de verhouding van de reistijd per openbaar vervoer en de reistijd per auto (de verplaatsingstijdfaktor VF). De reistijden gelden van deur tot deur. Ook de frequentie van een openbaar vervoerlijn wordt meegenomen doordat een derde van het interval als (verborgen)wachttijd wordt meegenomen. Dit model bekijkt dus alleen de vervoerwijzekeuze. De distributie en toedeling worden buiten beschouwing gelaten. Met extra verplaatsingen en capaciteitsproblemen door veranderde omstandigheden wordt geen rekening gehouden.

In de volgende formule, die bij het uitgebreide VF-model hoort is de grafiek in formulevorm gezet. De VF-faktor staat als kwadraat in de exponent van een e-macht.

$$A_{ov} = \exp(a_1 * VF^2 + a_2 * N_o + A_3 * F^{-1} + a_4) + a_5$$

waarin:

A_{ov}	= aandeel openbaar vervoer
VF	= VF-faktor
N_o	= aantal overstappen
F	= frequentie
$a_{1..5}$	= parameters

De uitgebreide versie is verbeterd ten opzichte van het oude VF-model doordat het aantal overstappen en de frequentie een expliciet worden meegenomen en er bij verschillende reizigersgroepen en motieven met verschillende parameters wordt gewerkt.

keuzevolgorde

In het bovengenoemde onderzoek naar het gebruik van fiets en ov bij volledige fietsbeschikbaarheid heeft men een getrapt keuzeproces gebruikt. Eerst bij elke verplaatsing het voor- en het natransportmiddel, met de bijbehorende reistijd, bepaald indien het openbaar vervoer als hoofdvervoerwijze wordt gekozen. Er moet worden gekozen tussen voor-/natransport te voet, per fiets, met ontsluitend openbaar vervoer, als autobestuurder of als autopassagier. Vervolgens wordt met de 'intermodale keuzefaktoren' een keuze gemaakt tussen het openbaar vervoer en de auto (zie figuur III.7). Dit houdt in dat wordt aangenomen dat bij de keuze tussen fiets + openbaar vervoer en de auto geen andere faktoren een rol spelen dan bij de keus tussen openbaar vervoer alleen en de auto.

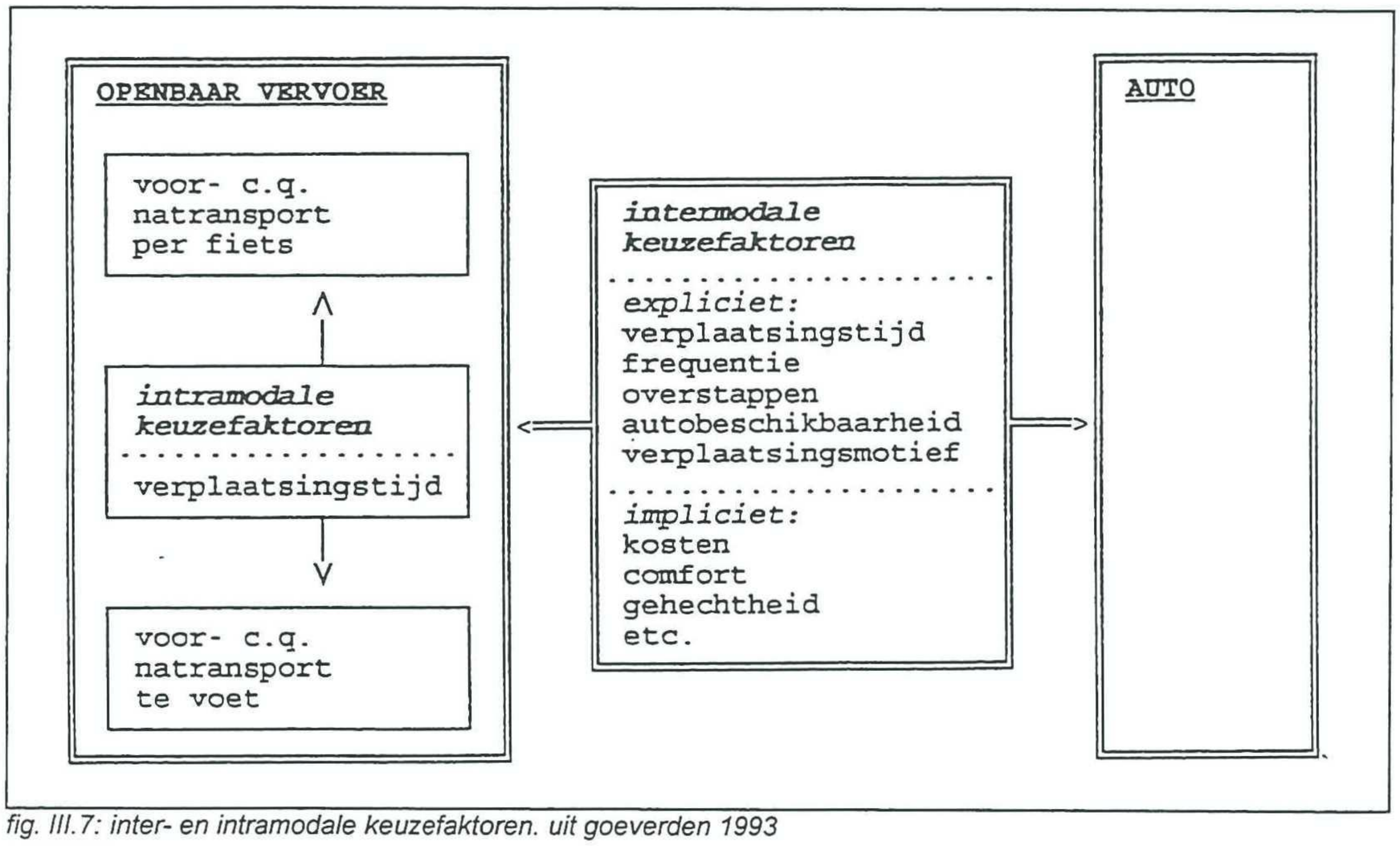


fig. III.7: inter- en intramodale keuzefaktoren. uit goeverden 1993

reistijdwinst

Voor het bepalen van de nieuwe VF-faktor is het eerst nodig om er achter te komen op welke verplaatsingen door een verbeterde fietsbeschikbaarheid reistijdwinst is te behalen. Met behulp van de onderstaande formules wordt berekend wat het verschil is tussen de reistijd van een looprit en een fietsrit naar de halte van de eerste openbaar vervoerverplaatsing.

looptijd + wachttijd: $d/V_l + T_{w1}$

fietstijd + stallingstijd + wachttijd: $d/V_f + T_{stal} + T_{w1}$

Voor het saldo geldt dus: $S = d(1/V_l - 1/V_f) - T_{w1}$

met:
d = de afstand
V_l = loopsnelheid
V_f = fietssnelheid
T_{w1} = wachttijd bij de eerste halte
T_{stal} = stallingstijd

voor- en natransport

Voor het voor- en het natransport is uitgegaan van cijfers uit het OVG. Van de huidige situatie is dus bekend welke vervoerwijzen de reizigers voor het voor- en het natransport gebruiken. Van reizigers die in een nieuwe situatie overstappen op het openbaar vervoer lijkt de voor- en natransportkeuze op die van de bestaande openbaar vervoerreizigers. Ook hier wordt onderscheid gemaakt naar woning- en activiteitenzijde, motief, afstandsklasse en verplaatsingstijdverhouding tussen de voor- en natransportmiddelen, frequentie openbaar vervoer in voor- en natransport en autobeschikbaarheid.

Bij het onderdeel waar gekozen wordt tussen lopen en fietsen naar de eerste openbaar-vervoerrit wordt aangenomen dat de keuze van het voortransportmiddel alleen afhankelijk is van de reistijd. Bij een aangenomen loopsnelheid van 4 km/u, een fietssnelheid van 12 km/u,

die voor binnen de bebouwde kom is aangenomen, en een stallingstijd van 2 minuten is boven een voortransportafstand van 200 meter de voortransportijd met de fiets al korter dan de looptijd (en is S dus positief). In praktijk blijkt echter pas bij een kilometer het aandeel van de fiets even groot te zijn als het loopaandeel.

Op een zelfde wijze als hierboven zijn ook formules gemaakt voor het vervangen van loop-, auto- en ontsluitende openbaar vervoerrit in het voor- en het natransport door een fietsrit en het vervangen van de gehele openbaar vervoerrit door een fietsrit. Hierbij is rekening gehouden met een omrijfaktor voor het openbaar vervoer.

reizigerscategorieën
De reizigers worden bij het Uitgebreide VF-model als volgt ingedeeld:

- autobeschikbaar
  - woninggebonden werk, zakelijk en onderwijs
  - nietwoninggebonden werk, zakelijk en onderwijs
  - visite, logeren
  - overig
- niet-autobeschikbaar
  - werk, zakelijk
  - onderwijs
  - visite, logeren
  - overig

De parameters a_1 tot en met a_5 zijn voor deze acht groepen geschat.
Naast deze indeling zijn, in het door van Goeverden en Egeter gedane onderzoek, de niet-relevante verplaatsingen bij voorbaat al buiten het onderzoek gelaten. Het gaat hier om de categorieën waarvoor het volgende geldt:

- voor- en natransport liggen boven een fysiek acceptabele fietsafstand
- ontsluitend openbaar vervoer is sneller dan fiets - openbaar vervoer
- fiets is sneller dan fiets - openbaar vervoer
- fiets is al voor- en natransport
- motief 'eindje toeren'
- de kwaliteit van het verbindend openbaar vervoer is te slecht

Om met het laatste punt rekening te houden geldt als criterium dat de hoofd-openbaar-vervoerverplaatsing met een verbindende lijn moet worden gemaakt. De volgende lijnen worden als verbindend beschouwd:

- alle NS-lijnen
- alle metrolijnen
- een 31-tal snelle buslijnen of delen van buslijnen.

Het vooraf selecteren van kansloze of juist kansrijke verplaatsingen is, gezien de geringe middelen en tijd, ook in dit projekt noodzakelijk.

aanvullende maatregelen
In het genoemde onderzoek is ook gekeken hoe de modal split veranderde al de volledige fietsbeschikbaarheid gecombineerd wordt met aanvullende maatregelen. Die aanvullende maatregelen zijn direkt met het model mee te nemen;

- fietssnelheid 15 of 18 kilometer per uur in plaats van 12,
- operationele snelheid van hoofdtransportmiddel (ov) 10%, 20% of 30% hoger,
- verplaatsingstijd per auto 5% of 10% hoger,
- combinaties van bovenstaande maatregelen.

Maatregelen die het stallen versnellen werken uiteraard door in de stallingstijd. Stiptheid, betrouwbaarheid en kaartintegraties zijn eventueel mee te nemen door wachttijden of parameter a_2 van het aantal overstappen (n_0) te veranderen. Comfort en kosten vormen een groter probleem. Via de parameters a_1 tot en met a_5 is wel invloed op de modal split uit te

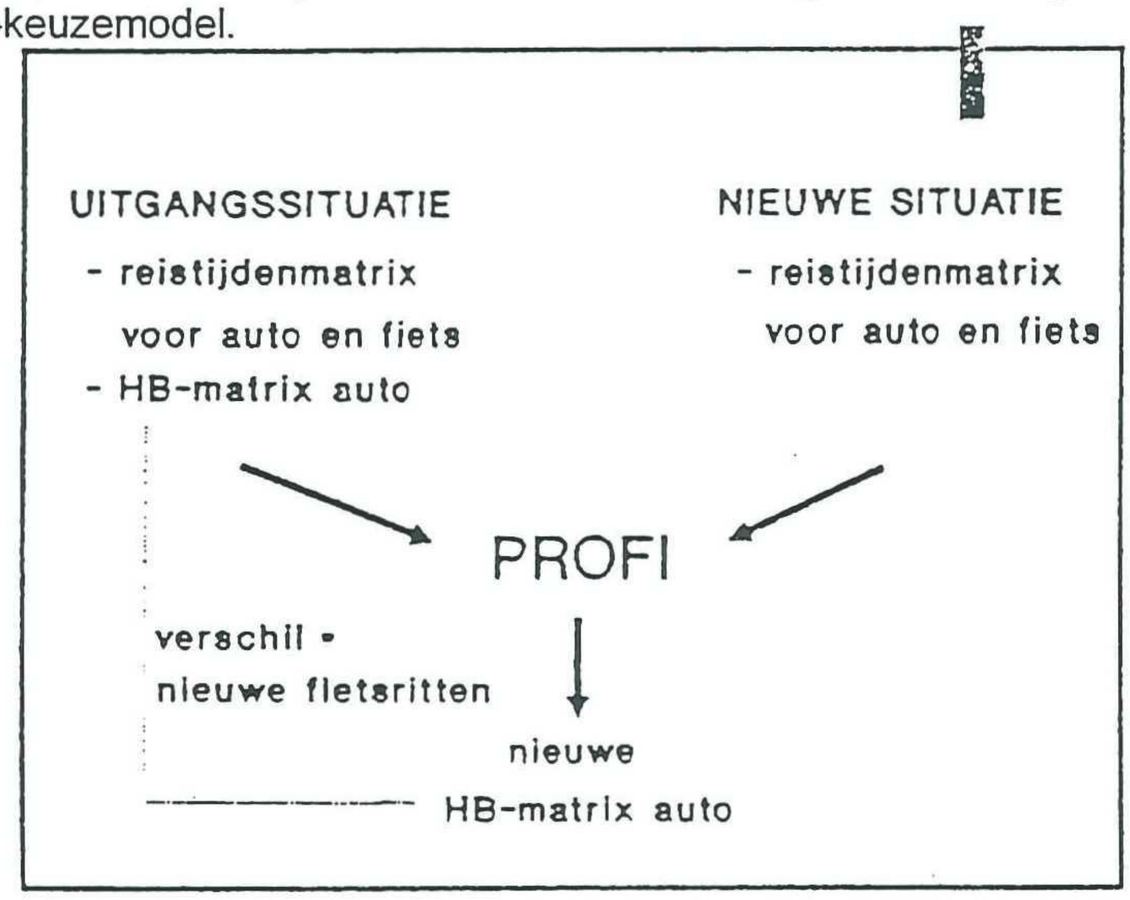
oefenen. Het vergt echter veel telgegevens en tijd om de grootte van de invloed van het comfort en de kosten op die parameters te bepalen.

nut voor het projekt
De manier waarop vooraf kansloze verplaatsingen geselecteerd en buiten beschouwing gelaten worden is een zinnige manier om werk te besparen.
Een nadeel van deze methode is dat bij de keuzes een aantal voor deze studie belangrijke kenmerken niet expliciet meegenomen.

III.g PROFI

PROFI is door DHV in samenwerking BGC aan Quovadis-fiets toegevoegd. Het berekent hoeveel automobilisten overstappen van de auto naar de fiets als gevolg van maatregelen ten gunste van het fietsgebruik of maatregelen ter ontmoediging van het autoverkeer.

Er worden twee situaties onderscheiden; de uitgangspositie en de nieuwe situatie met fietsbevorderende of autobelemmerende maatregelen. De substitutie wordt berekend aan de hand van veranderingen in de reistijden van auto en fiets. Zie figuur III.8. Dit gebeurt aan de hand van een logit-keuzemodel.



figuur III.8: de berekening van aantal overstappers van auto naar fiets in een automodel. uit verkeerskunde 7 1992

Er is uitgegaan van het Longitudinaal Verplaatsings Onderzoek (LVO, meting 10, 1989). De verplaatsingen die uit dit databestand zijn geselecteerd voldoen aan de volgende eisen:

- maximaal de 15 kilometer.
- in de avondspits
- gemaakt met auto of fiets
- gemaakt door mensen die een auto ter beschikking hebben en een rijbewijs hebben.

Het sterke punt van PROFI is dat het op een eenvoudige wijze de invloed van veranderingen in het stedelijk auto- en fietsnetwerk zichtbaar maakt. Het model heeft echter ook een aantal beperkingen: (van der Rest 1994):

- PROFI is alleen geschikt om maatregelen die het netwerk veranderingen te meten. Parkeer- en prijsbeleid valt dus buiten het model.
- In situaties waarin PROFI wordt gebruikt dient het openbaar vervoergebruik geen grote rol te spelen.
- Er wordt geen rekening gehouden met eventuele veranderingen in de bestemmingskeuze.

- Een probleem als PROFI als onderdeel van Quovadis gebruikt wordt is dat het uit gaat van de automatrix voor het avondspitsuur terwijl Quovadis uit gaat van een 12-uurs periode. Het is eventueel wel mogelijk om coëfficiënten voor langere perioden af te leiden.

nut voor het projekt
Alleen in situaties waar een nieuwe fietsverbinding veel tijdwinst oplevert kan PROFI zinvol zijn voor plaatselijk fietsbeleid. Ook omdat PROFI, in tegenstelling tot wat in dit projekt gevraagd wordt, alleen kijkt naar het spitsuur is het niet geschikt.
Het programma zou zinvoller zijn als naast de substitutie tussen auto en fiets ook gekeken werd naar ov-fiets en ov-auto.

III.h Klantenbarometer

Om ervoor te zorgen dat openbaarvervoerbedrijven hun concurrentiekracht ten opzichte van andere vervoerwijzen en ten opzichte van elkaar kunnen meten heeft AGV in opdracht van het AVV de klantenbarometer ontwikkeld. Dit is een methode om de kwaliteitsbeleving bij de huidige openbaar vervoerreizigers te peilen (Korbee 1995).
Alle faktoren die de kwaliteitsbeleving van de reiziger bepalen zijn geclusterd tot vijf kwaliteitsindicatoren. Dit zijn informatie, rijcomfort, tijd, prijs, en faciliteiten. Voor de scores op de vijf punten wordt gekeken naar de verplaatsing van deur tot deur. De totaalscore wordt verkregen door de scores voor de kwaliteitsindicatoren te vermenigvuldigen met een wegingsfaktor en bij elkaar op te tellen. De wegingsfaktoren kunnen verschillen per reismotief of een andere indeling van de reizigers.
De gegevens kan men verkrijgen door middel van het enquêteren van reizigers. Voor voldoende betrouwbare scores en wegingsfaktoren is het noodzakelijk dat de steekproef groot genoeg is. Vooral als de reizigers worden gesplitst in meerdere groepen en er onderscheid wordt gemaakt tussen verschillende momenten van de dag moet hierop worden gelet.

nut voor het projekt
Deze relatief simpele werkwijze waarbij wel veel verschillende kenmerken worden meegenomen is uiteraard niet alleen door een openbaar-vervoerbedrijf te gebruiken. Vooral het gebruik van stated preference gegevens lijkt ook voor dit projekt een oplossing. In plaats van waarderingscijfers van de reizigers kan er eventueel ook worden gewerkt met gemeten of berekende gegevens zoals gemiddelde reistijd, stiptheid en kosten. Het opzetten en uitvoeren van een enquête vergt flink wat tijd. Deze werkwijze zegt niets over de modal-splitverhouding tussen de vervoerwijzen. Eventueel is het mogelijk om de verkregen waarderingscijfers in een verdelingsformule te stoppen.

III.i Methode Egeter

In opdracht van het PbIVVS is door de TU-Delft een verkenning uitgevoerd naar de multimodale opbouw van het personenvervoersysteem. Een van de doelstellingen van de verkenning was het selecteren van een aantal kansrijke vormen van koppeling tussen verschillende deelsystemen, geredeneerd vanuit de sterke en zwakke punten van deze deelsystemen, vanuit het gezichtspunt van de reiziger (Egeter 1994). Voor die selectie staat in het rapport een methode beschreven waarbij onder andere wordt gekeken naar type herkomst- en bestemmingsgebied, afstandsklasse, reizigerstype (lifestyle), soort activiteit (activity-style) en tijdstippen. De methode bekijkt vervoerwijze combinaties in theoretische situaties en bevat dus geen netwerk of zone-indeling.
Omdat deze methode goed aansluit bij dit projekt en een aantal zeer bruikbare onderdelen bevat is hij hier vrij uitgebreid beschreven.

vervoerwijzen
De verkenning van het multimodale personenvervoersysteem (Egeter 1994) bevat een uitgebreide studie naar de kenmerken van alle soorten vervoerwijzen. Bij de bepaling van de kwaliteit en de verdere evaluatie zijn de volgende deelsystemen meegenomen:

basisgebonden	fiets
	auto
niet-basisgebonden	voet
	vraagafhankelijk openbaar vervoer (taxi, belbus)
	laagfrequent ontsluitend openbaar vervoer (streekbus)
	hoogfrequent ontsluitend openbaar vervoer (stadsbus, tram)
	stedelijk verbindend openbaar vervoer (snelbus, sneltram, metro)
	niet-stedelijk verbindend openbaar vervoer (snelbus, trein)

Omdat dit van belang is voor de vervoerwijzekeuze en het mogelijk zijn een overstap, is onderscheid gemaakt tussen vervoermiddelen die terug moeten keren naar hun herkomst, de zogenaamde basisgebonden vervoerwijzen (fiets en auto) en de niet-basisgebonden vervoerwijzen. Huurauto's en -fietsen en 'witte' fietsen zijn niet altijd basisgebonden maar worden niet in het onderzoek betrokken.

kwaliteitskenmerken
Elke verplaatsing heeft bepaalde kwaliteitskenmerken. Bij deze methode worden de volgende kenmerken onderscheiden:
- snelheid en betrouwbaarheid
- comfort
- goedkoopte
- bagagecapaciteit

deelmarkten
De totale vervoervraag is opgedeeld in deelmarkten. De kenmerken van die deelmarkten zijn te onderscheiden in:
- lifestyle (type reiziger) Hierbij horen persoonlijke kwaliteitseisen die onafhankelijk zijn van de te verrichten activiteit.
- activitystyle (motief)
- activiteiten-configuratie (kenmerken verplaatsing)

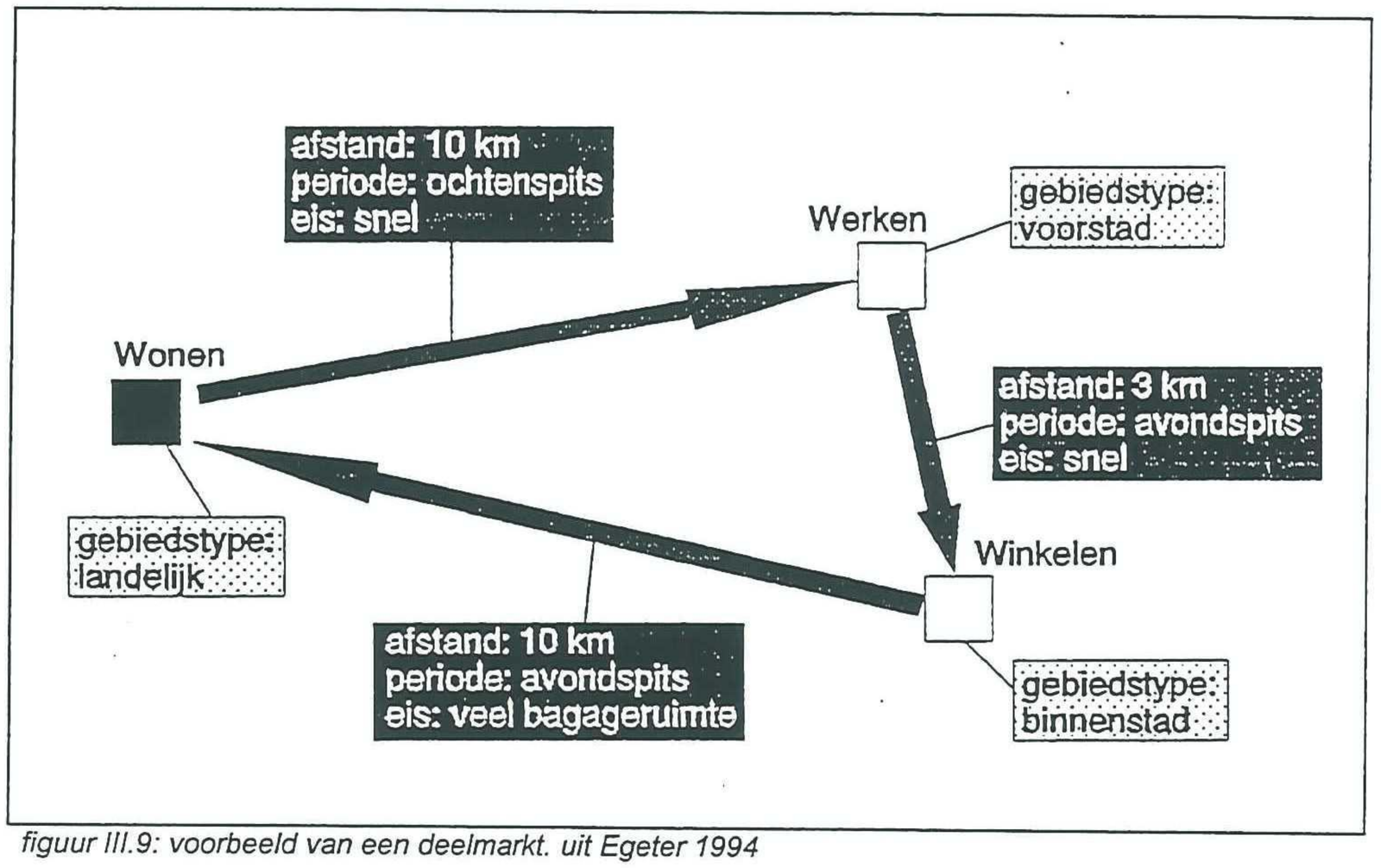
De lifestyle en activitystyle zijn gecombineerd en na clustering zijn vier verschillende styles met bijbehorende eisen onderscheiden:

style	eisen aan		
	snelheid en betrouwbaarheid	comfort	goedkoopte
A	hoog	hoog	laag
B	hoog	laag	laag
C	laag	hoog	hoog
D	laag	laag	hoog

Er is aangenomen dat de style op de gehele tour gelijk blijft.

activiteiten-configuratie
De verplaatsingen worden onderscheiden op de volgende kenmerken:
- gebiedstype van de plaats waar de activiteit wordt verricht,
- de afstand tussen twee opeenvolgende activiteiten,
- de periode van de dag waarin deze afstand wordt afgelegd.

De kenmerken zijn verdeeld in een aantal klassen. In figuur III.9 is een voorbeeld gegeven van een deelmarkt.



figuur III.9: voorbeeld van een deelmarkt. uit Egeter 1994

gebiedstypen

Er is een uitgegaan van zes gebiedstypen die weer zijn onderverdeeld naar beschikbaarheid van het openbaar vervoer. De hier gehanteerde afstanden (zie tabel op de volgende pagina) van 1 kilometer en 10 kilometer zijn zeer arbitrair. Het valt te betwijfelen of een streekbushalte op een kilometer afstand invloed heeft op automobilisten. Hier staat tegenover dat de halteafstand ook wat zegt over andere kenmerken van een gebied die op deze manier impliciet worden meegenomen.

gebiedstype			beschikbaarheidszone
A	grote steden Randstad	A1	binnen 1 km van een station
		A2	binnen 1 km van stedelijk verbindend openbaar vervoer
		A3	buiten 1 km van stedelijk verbindend openbaar vervoer
B	voorsteden Randstad	B1	binnen 1 km van een station
		B2	binnen 1 km van stedelijk verbindend openbaar vervoer
		B3	buiten 1 km van stedelijk verbindend openbaar vervoer
C	overige steden Randstad	C1	binnen 1 km van een station
		C2	buiten 1 km van een station
D	Rest Randstad	D1	binnen 10 km van een station en binnen 1 km van een streekbushalte
		D2	binnen 10 km van een station en buiten 1 km van een streekbushalte
		D3	buiten 10 km van een station en binnen 1 km van een streekbushalte
		D4	buiten 10 km van een station en buiten 1 km van een streekbushalte
E	steden buiten Randstad	E1	binnen 1 km van een station
		E2	buiten 1 km van een station
F	rest buiten Randstad	F1	binnen 10 km van een station en binnen 1 km van een streekbushalte
		F2	binnen 10 km van een station en buiten 1 km van een streekbushalte
		F3	buiten 10 km van een station en binnen 1 km van een streekbushalte
		F4	buiten 10 km van een station en buiten 1 km van een streekbushalte

afstandsklassen

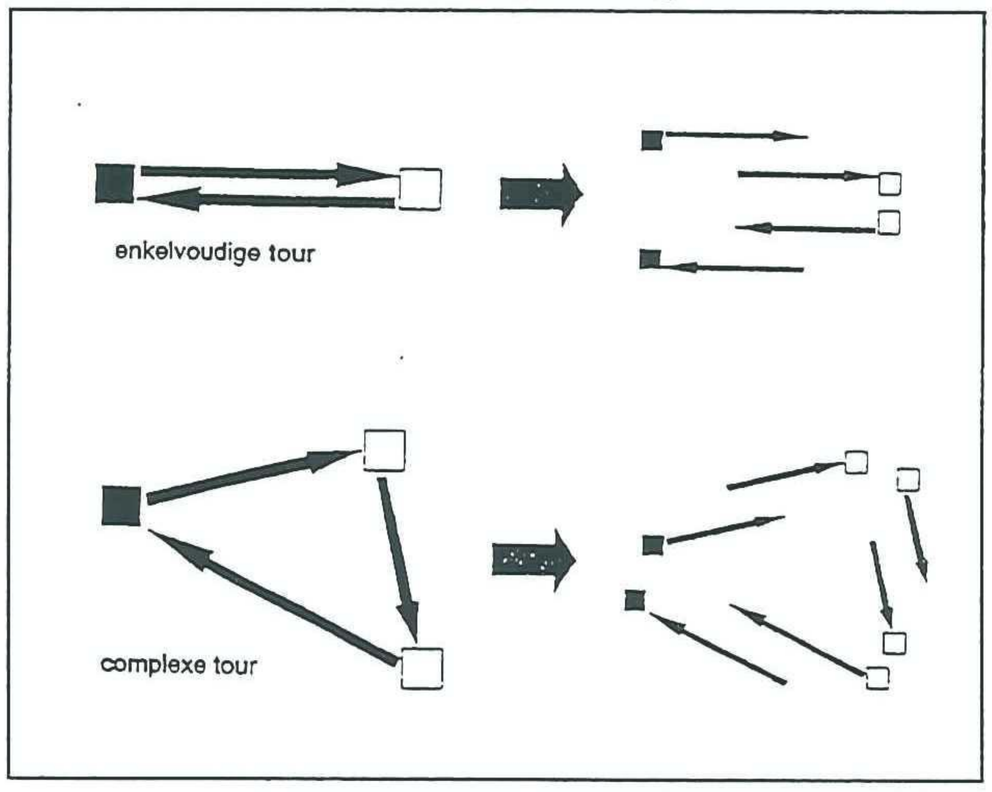
De methode onderscheidt voor de verplaatsing tussen twee bestemmingen de zes afstandsklassen die hiernaast onder elkaar staan. Ondanks dat er hierbij op is gelet dat de indeling aansluit bij de hiërarchie in het openbaar vervoersysteem (Egeter 1994) zijn de grenzen vrij willekeurig.

0,3	-	1 km
1	-	3 km
3	-	10 km
10	-	30 km
30	-	100 km
100	-	300 km

periode van de dag
Er worden vier perioden onderscheiden:

periode	tijdvak
spits	ma t/m vr 7.00 - 9.00 (aankomst) ma t/m vr 16.00 - 18.00 (vertrek)
dag	ma t/m vr 9.00 - 16.00 za 9.00 - 18.00
avond	ma t/m za 18.00 - 24.00 zo 9.00 - 24.00
nacht	ma t/m vr 0.00 - 7.00 za, zo 0.00 - 9.00

de tour
Kenmerkend voor de methode is dat er wordt uitgegaan van een tour. Dit is een opeenvolging van verplaatsingen die weer bij het uitgangspunt uitkomt. In de studie worden alleen tours geanalyseerd met een herkomst en één activiteit (enkelvoudige tour) of herkomst en twee activiteiten (complexe tour). Dit is verduidelijkt in figuur 6.9. De verplaatsingen binnen een tour kunnen plaats vinden tijdens verschillende perioden van de dag en in verschillende gebiedstypen. Ook kan het reismotief per verplaatsing verschillen. Vanwege deze voor de beoordeling belangrijke verschillen wordt een tour opgesplitst in partiële tours. In zo'n partiële tour komt elk vraag-kenmerk slechts eenmaal voorkomt. Zie voor de opsplitsing het rechter deel van figuur III.10. De overstappen horen niet bij de partiële tours. Dit houdt in dat de overstapweerstanden niet worden meegenomen. Het idee hier achter is dat wordt onderzocht wat de mogelijkheden van een systeem zijn bij een ideale overstap. Voor het beoordelen van verbeteringen aan de overstap is deze methode dus ongeschikt.



figuur III.10: Opdelen van een tour in partiële tours. uit: Egeter 1994

Het is wel mogelijk dat binnen een partiële tour van meerdere vervoerwijzen gebruik wordt gemaakt. Dit lijkt in strijd met het zorgen dat binnen een partiële tour elk kenmerk maar één keer voor komt.

Naast de drie bestemmingen is er in het model nog de mogelijkheid om één of twee transferpunten aan te doen. In praktijk kan een transferpunt overal liggen, maar bij deze methode zijn ze gekoppeld aan een activiteitenpunt.

deelmarkt
Een tour met een bepaalde combinatie van kenmerken wordt een deelmarkt genoemd. Theoretisch zijn er net zo veel deelmarkten als het produkt van het aantal mogelijke alternatieven van elk kenmerk. Een groot aantal combinaties is echter onmogelijk en valt dus bij voorbaat af (Egeter 1994).

beoordeling
Voor elke deelmarkt wordt gekeken of een multimodale combinatie van deelsystemen beter scoort dan een unimodale tour. Vervolgens wordt onderzocht met welke kenmerken de deelmarkten vaak beter scoren. Dit levert de kansrijke multimodale combinaties.

nut voor het projekt
De manier waarop bij de methode Egeter verschillende theoretische verplaatsingen worden beoordeeld lijkt zeer bruikbaar voor dit projekt. Er wordt een zinnige indeling van de reizigers, kenmerken, vervoerwijzen, gebiedstypen en verplaatsingen gebruikt, hoewel er voor dit projekt wel een aantal dingen aangepast zouden moeten worden. Om maatregelen die andere kwaliteitskenmerken beïnvloeden dan snelheid, comfort, goedkoopte en bagagecapaciteit te beoordelen zouden andere kenmerken kunnen worden toegevoegd. Dit vergroot echter wel het benodigde aantal styles en het aantal benodigde gegevens als invoer. Een ander probleem is dat er bij een beetje complex systeem al snel zeer veel mogelijkheden zijn die moeten worden langs gegaan. Een derde nadeel is dat de methode geen kwantitatieve resultaten oplevert; hoe kansrijk zijn de combinaties en hoe vaak komen ze voor? Hier staat tegenover dat het een goede indicatie geeft van kansrijke gebieden zonder dat er exacte gegevens nodig zijn.

III.j bereikbaarheidsmodellen

Bereikbaarheidsmodellen zijn ontwikkeld om de, vooral economische, effecten op gebieden te meten. Een voorbeeld hiervan is het City Management Concept dat dient om (de invloed van maatregelen op) de bereikbaarheid van binnensteden te meten (Hakkesteegt 1990). Dit beschouwt de binnenstad als één bedrijf en drukt het functioneren uit in aantallen gebruikers van voorzieningen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar deelfuncties van de stad en verschillende doelgroepen. Voor de bereikbaarheid wordt apart gekeken naar verschillende vervoerwijzen en verschillende herkomstgebieden.
Voor de bereikbaarheid wordt voor de autoverplaatsingen uitgegaan van een netwerk met verschillende snelheden en parkeer-restricties en kosten bij de bestemmingen. Bij het openbaar vervoer is de route van de lijnen, de snelheid en de frequentie maatgevend. Voor het fietsverkeer is echter verondersteld dat de afstanden over de weg en de verplaatsingstijden tussen alle herkomst- en bestemmingszones een vaste relatie hebben met de hemelsbrede afstand. Dit betekent dat het vrijwel onmogelijk is om verbeteringen aan de fietsverplaatsing van invloed te laten zijn op de bereikbaarheidsscore van de binnenstad. Zoals al eerder is opgemerkt zijn bereikbaarheidsmodellen niet geschikt om veranderingen in de modal split en het totaal aantal reizigers en voertuigkilometers te modelleren.

III.k overige modellen

De hierboven beschreven modellen zijn slechts een selectie van alle verkeer en vervoermodellen. Een aantal modellen die wel zijn bestudeerd maar zijn weggelaten vanwege gebrek aan relevantie voor dit onderwerp zijn:

- verkeersmilieukaarten: Alle plaatsen met meer dan 40.000 inwoners hebben subsidie gekregen om een verkeersmilieukaart te laten maken. Die modellen zijn gemaakt door diverse consultant bureaus, waaronder BGC. Dit bevat een relatief eenvoudig automodel en de mogelijkheid om aan de hand van de berekende autostromen op het netwerk de plaatselijke milieubelasting uit te rekenen. Het gaat in dit geval voornamelijk om geluids- en stankoverlast. Vanwege het ontbreken van de andere vervoerwijzen is dit modeltype niet geschikt voor dit projekt. Soms is een verkeersmilieukaart meegenomen in een uitgebreider model zoals Quovadis.
- TFTP: Een aan de TU-Delft voor onderwijs doeleinden ontwikkeld model.

- Questor: (DHV milieu en infrastructuur) Dit is een combinatie van de grote op mainframes draaiende verkeersmodellen en het gebruiksvriendelijke, op een PC draaiende Quovadis.
- TRIPS: (AGV) Het programma is gebruikt voor de vervoerregio Westelijk Noord-Brabant.
- OVTRIPS: (AGV) Programma voor het efficiënt inbrengen van ov-lijnen in TRIPS.

III.I bruikbare onderdelen

Door te kijken naar de manier waarop de vervoerwijzekeuze, en het voor- en het natransport zijn gemodelleerd; met welke formules, kenmerken en indelingen, heeft de modelstudie de volgende bruikbare onderdelen opgeleverd:

- probabilistische routekeuzemodel; een alles-of-niets-toedeling die een betrekkelijk goed beeld geeft doordat hij in stapjes met (random) variërende waarden plaatsvindt.
- het logit-model; Een voordeel hiervan is dat in een rekenronde de aandelen van alle alternatieven worden berekend.
- de door BGC beschreven netwerkaanpak. Hierbij moet een model een keuze maken tussen alle manieren om van de herkomst bij de bestemming te komen. Er is in principe geen verschil tussen een aaneenschakeling van autoritten en een verplaatsing die uit meerdere delen bestaat.
- het overeen laten komen van de zones met de indeling van de beschikbare informatie. Dit gebeurt onder andere bij het Noordvleugelmodel.
- de ritproduktie met behulp van lineaire ritproduktiecoëfficiënten uit het Haagse model. Dit werkt eenvoudig en er is maar een beperkt aantal gegevens vereist.
- de wijze waarop in het Haagse model vereenvoudigde, en dus goedkopere, runs mogelijk zijn gemaakt.
- De manier waarop in het uitgebreide VF-model vooraf kansloze verplaatsingen worden geselecteerd en buiten beschouwing worden gelaten, is een zinnige manier om werk te besparen.
- de wijze waarop bij de Klantenbarometer de kwaliteit van een verplaatsing van deur tot deur wordt bekeken door meerdere kenmerken mee te nemen en voor verschillende groepen reizigers verschillende sets wegingsfaktoren te gebruiken.
- het uitgebreide VF-model is misschien een geschikt model voor het bepalen van de modal-splitverdeling tussen de auto en het openbaar vervoer. Omdat het om soortgelijke verplaatsingen gaat is er een mogelijkheid dat parameters in het model ook bruikbaar zijn voor de modellering in dit projekt.
- De manier waarop in de methode Egeter de kwaliteit van een hele verplaatsing wordt bepaald en van invloed is op de vervoerwijzekeuze.

Bij het hierna besproken eigen model wordt slechts een deel van deze modelonderdelen gebruikt. Bij een ander, uitgebreider, model zouden waarschijnlijk andere onderdelen uit het bovenstaande rijtje en de rest van de onderzochte verkeersmodellen geschikter zijn gebleken.

		Noordvleugelmodel	model 's-Gravenhage	Quovadis-fiets	LMS	NRM	uitgebreide VF-model
zonering	grootte zone	klein in studiegebied, groter er buiten	± 0,25 km²	variabel, bij Breda zones van 1000 à 1500 inwoners	groot; 345 zones in NL, voor vervoerwijzekeuze 1132 subzones	klein	n.v.t.
	soort indeling	gemeente grenzen, soms wijk of buurt	volkstellingswijken	aansluitend op Quovadis. indeling met bekende sociaal econominsche gegevens	op zes plaatsen na worden de gemeentegrenzen gerespecteerd	meestal postcodegebieden	binnen randstad en buiten randstad
netwerk	onderscheid		auto, openbaar vervoer, fiets	fiets [3]	auto en ov	auto, ov en fiets	n.v.t.
	autonetwerk	alle primaire, secundaire en tertiaire wegen. Buiten het studiegebied die wegen die van belang zijn voor de ontsluiting van het studiegebied	hoofdwegen en wijkontsluitingswegen	[3]	hoofdwegen + belangrijkste overige wegen.	sluit aan op LMS-net maar gedetailleerder	n.v.t.
	openbaar vervoernetwerk		dienstregelingen van de HTM, streekvervoer en NS.	[3]	trein + aantal btm verbindingen	sluit aan op LMS-net maar gedetailleerder: alle ov-lijnen	n.v.t.
	fietsnetwerk	afgeleid v auto, alles 15km/u, enkele speciale fietsvoorzieningen	afgeleid v auto, alles 15km/u, enkele speciale fietsvoorzieningen	grote fijnmazigheid, individule snelheden en vertragingen op schakels en knopen mogelijk	ontbreekt. wordt alleen naar hemelsbrede afstand gekeken	?	n.v.t.
(mogelijke)invoer		per zone het aantal inwoners, de omvang van de beroepsbevolking, het aantal arbeidsplaatsen in winkels (in het centrum) en overige arbeidsplaatsen	HB-matrix of inwoners, werkgelegenheid, vaste groeicijfers, netwerk met kruispuntvertraging, parkeerzoektijden en parkeerplafond	lengte van de routes/omrijfaktor, type weg/fietspad, de kwaliteit van de weg, aanwezigheid voorzieningen, lokatie inwoners, arbeidsplaatsen en andere bestemmingen, drukte en wachttijden bij kruispunten	bij beleidsopties horende gegevens van CPB over inkomensgroei, bevolkingsgroei e.d.	veel invoer per zone. o.a.: arbeidsplaatsen per sector, leerlingplaatsen, omvang beroepsbevolking, mannen en vrouwen (4 leeftijdsgroepen), parkeerkosten per uur, urbanisatieklasse	VF-faktor, aantal overstappen, frequentie, motief, autobeschikbaarheid
onderscheid vervoerwijzen[1]		a,ov,(b)f	a,ov,f	fiets [3]	ab,ap,tr,btm,lv	ab,ap,tr,btm,lv	auto, ov, fiets
indeling reizigers		niet naar motief	wel/niet binnenstad w/n woon-werk w/n autobeschikbaar	woonwerk, onderwijs, winkelen, sociaal/recreatief/overig	type huishoudens: grootte, leeftijd hoofd, aantal werkzame pers. motief: woon/werk, zakelijk, onderwijs, winkelen, sociaal/recreatief/overig	woon-werk, woninggebonden zakelijk, niet woninggebonden zakelijk, overig	autobeschikbaarheid, wel/niet woninggebonden, werk/zakelijk/ onderwijs/visite/ logeren/overig
volgorde keuze[2]		(di,vk)/td	(di,vk)/td	di/td	rb/ab/rf/(di,vk)/td		vervoerwijze: eerst auto-ov, daaarna keuze voortransport ov
vervoerwijze keuze	type	zwaartekrachtmodel met splitsing tussen wel en niet autobeschikbaren	zwaartekrachtmodel	alleen groei fietsgebruik wordt berekend	logit	logit	exponentieel
	functie	$P_{ijv} = V_i I_i \{A_j^{ab} m_j^{ab} F_v^{ab}(C_{ijv}) + A_j^{nab} m_j^{nab} F_v^{nab}(C_{ijv})\}/P_{tot}$	$P_{ijv} = I_i Q_i m_j X_j F_{ijv}$	n.v.t.			$A_{ov} = \exp(a_1 * VF^2 + a_2 * N_o + A_3 * F^{-1} + a_4) + a_5$
eenheid weerstand		gegeneraliseerde tijd	gegeneraliseerde tijd; kostenminuut	tijd (minuten)	gegeneraliseerde reistijd		voornamelijk verplaatsingstijdfaktor
voor-/ natransport auto	mogelijke vervoermiddelen	lopen	lopen	n.v.t.	langzaamverkeer	langzaamverkeer	niet
	keuze vervoermiddel	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t
	bepaling voortransport-weerstand	extra tijd in bepaalde zones voor het zoeken van parkeerplaats	extra tijd in bepaalde zones	n.v.t.	aan de hand urbanisatiegraad en hemelsbrede afstand tot knooppunt in net	looptijd in natransport wordt weergegeven met lage snelheid op schakel bij bestemming	niet
voor-/ natransport openbaar vervoer	mogelijke vervoermiddelen	lopen, fiets en auto	lopen	n.v.t.	btm of langzaamverkeer	auto, langzaamverkeer (gesplitst in fiets en lopen)	lopen, fiets en ontsluitend openbaar vervoer
	keuze vervoermiddel	0-700 meter: lopen 700 m-2,5 km: fiets >2,5 km: auto	n.v.t.	n.v.t.	laagste van fietstijd, looptijd en ov-tijd	laagste weerstand	laagste verplaatsingstijd
	bepaling voortransport-weerstand	gewogen totaal van lopen, wachten, rijden	gewogen totaal van lopen, wachten, rijden	n.v.t.	fiets- en looptijd: hemelsbrede afstand ov-tijd: afhankelijk is urbanisatiegraad en hemelsbrede afstand	afhankelijk van de loop- of fietssnelheid en de afstand tussen mogelijke haltes en het centrum van de herkomst- of bestemmingzone	looptijd + wachtijd of fietstijd + stallingstijd + wachttijd

[1] a = auto, ab = auto-bestuurder, ap = autopassagier, ov = openbaar vervoer, tr = trein, btm = bus/tram/metro, f = fiets, (b)f = (brom-)fiets
[2] rb = rijbewijsbezit, ab = autobezit, rf = reisfrequentie, di = distributie, vk = vervoerwijzekeuze, td = toedeling,
[3] Quovadis-fiets is afgeleid van en in combinatie te gebruiken met Quovadis dat wel een auto en openbaar-vervoernetwerk bevat

bijlage IV: schematisering

inhoud:

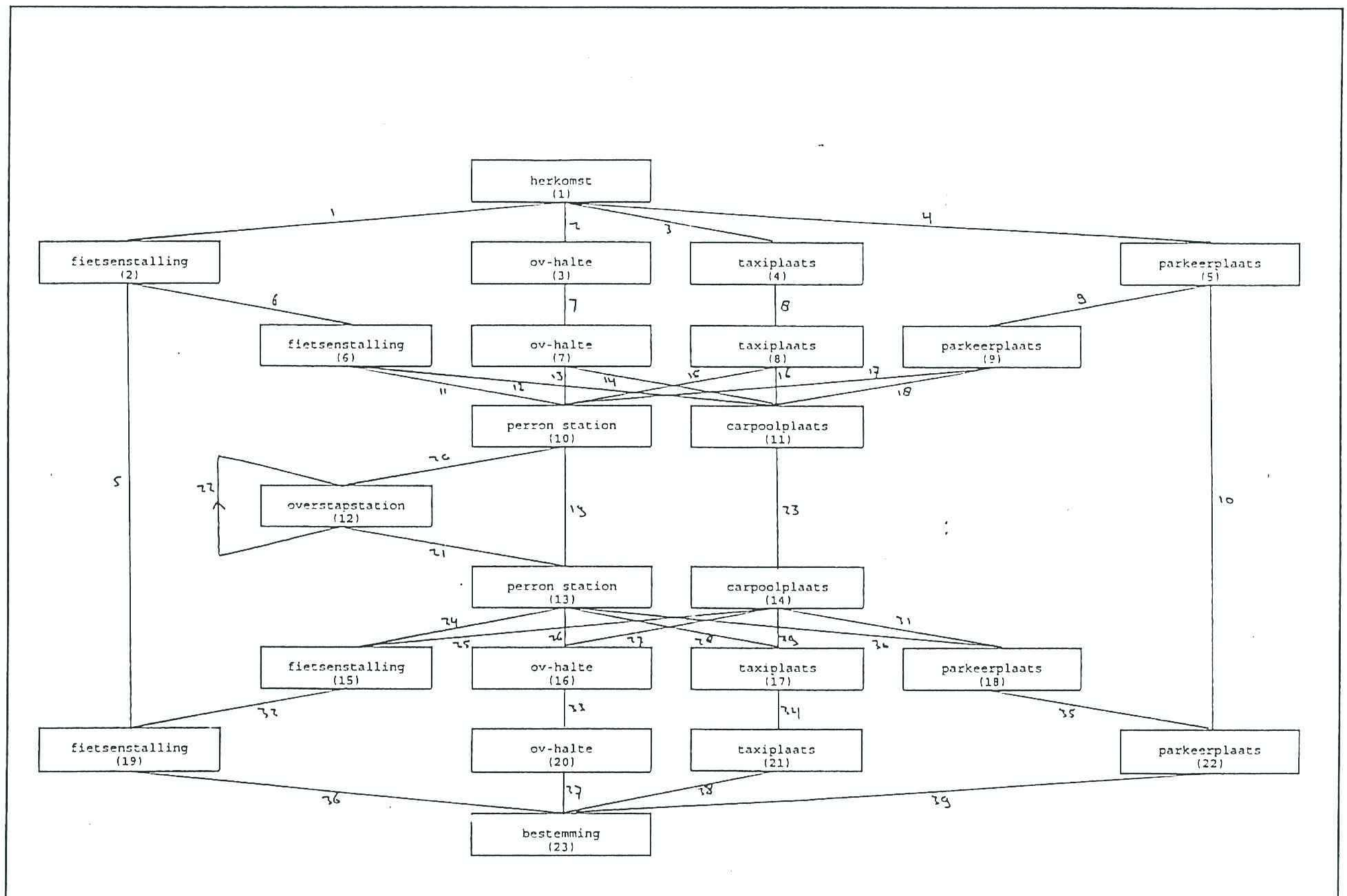
IV.a het uitgebreide schema 101
IV.b vereenvoudigingen 103
IV.c zones 103
IV.d kenmerken van Voigt 104

bijlage IV: schematisering

Om de verplaatsingen tussen twee punten te kunnen modelleren is het noodzakelijk dat de relatie op een zinnige wijze wordt opgedeeld in onderdelen die in het model kunnen worden gestopt. Dit kan op vele manieren met meer of minder onderscheiden routeonderdelen en mogelijke vervoerwijzen. In deze bijlage staat het proces beschreven dat leidde tot de alternatieven waar het in dit projekt ontwikkelde model tussen kan kiezen.

IV.a het uitgebreide schema

Er is begonnen met het maken van een uitgebreid schema van de verplaatsingsmogelijkheden tussen een willekeurige herkomst en bestemming. Er is uitgegaan van twee soorten routeonderdelen: ritten en overstappen. Hierbij vallen de loopverplaatsingen, bijvoorbeeld tussen bus en trein onder de ritten. Bij overstappen wordt dus alleen het wachten, instappen en uitstappen bedoeld. Er is aangenomen dat de kwaliteit of de weerstand van een routeonderdeel niet wordt beïnvloed door de onderdelen ervoor en erna. Een winderig station verslechterd dus niet de treinrit zelf. Met dit onderscheid tussen overstappen en ritten is in eerste instantie tot het onderstaande schema gekomen. Dit is in dit projekt het uitgebreide schema genoemd



figuur IV.1: het uitgebreide schema van de verplaatsing

Over de typen overstappen in het uitgebreide schema valt het volgende te zeggen:

- **herkomst** (1): indien dit het woonadres is, is men meestal redelijk voorzien van informatie en comfort. Op een andere lokatie is men soms minder op de hoogte van de situatie en de vervoersmogelijkheden
- **fietsenstalling** (2,6,15,19): vele vormen mogelijk: thuis in de gang, tegen een boom, simpele klem, kluis of bewaakte stalling
- **ov-halte** (3,7,16,20): hier gaat het om een halte van ontsluitend openbaar vervoer dat als voor- of natransport gebruikt wordt.
- **taxiplaats** (4,8,17,21): mogelijk speciaal voor taxi's ingerichte standplaats maar kan ook trottoir voor herkomst of bestemming zijn.
- **parkeerplaats** (5,9,18,22): kan variëren van, al dan niet betaald, voor de deur, in een garage, op of in grotere parkeervoorziening.
- **station/halte** (10,13): op- of uitstappplaats van verbindend openbaar vervoer zoals trein, sneltram, metro of shutllebus. Verderop alleen station genoemd.
- **carpoolplaats** (11,14): mogelijk speciaal daarvoor bedoeld terrein, maar kan elk afspraakpunt zijn.
- **overstaphalte/-station** (12): plaats waar men van het ene op het andere verbindende openbaar vervoermiddel overstapt
- **bestemming** (23): hiervoor geldt hetzelfde als voor de herkomst

Ook de **ritten** zijn onder te verdelen in een aantal categorieën:

- **lopen** (1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 36,37, 38, 39): individueel eigen vervoer zonder vervoermiddel. Is gratis, kan op elk moment en bijna overal (heeft dus een hoge dekkingsgraad). Nadelen zijn de lage snelheid en de gevoeligheid voor weersinvloeden.
- **fietsen** (5, 6, 32): individueel eigen vervoer met een basisgebonden voertuig. Ook zo goed als gratis en sneller dan lopen maar ook gevoelig voor het weer.
- **verbindend openbaar vervoer** (19, 20, 21, 22): collectief openbaar vervoer, weinig stations en daardoor lage dekkingsgraad. Meestal betrekkelijk snel en comfortabel.
- **ontsluitend openbaar vervoer** (7, 33): collectief openbaar vervoer met een redelijke dekkingsgraad. Meestal niet snel en minder comfortabel dan verbindend openbaar vervoer.
- **auto** (9, 10, 23, 35): individueel eigen vervoer. basisgebonden; het vervoermiddel moet weer terug komen. In geval van bestuurder ook zelf verantwoordelijk voor rijgedrag en route. Eventueel is een splitsing te maken tussen de automobilist en de carpooler.
- **taxi** (8, 34): individueel openbaar vervoer. snel, comfortabel en zeer hoge dekkingsgraad. Wel erg duur

opmerkingen

- Ook bij verplaatsingen over wat langere afstanden zal het regelmatig voorkomen dat de herkomst en de bestemming dicht bij een station van het verbindend openbaar vervoer of een carpoolplaats liggen. In deze gevallen is alleen lopen als voor- en natransport nodig. Het beter op elkaar afstemmen van fiets en openbaar vervoer is hier niet erg zinvol.
- Ook de metro, een sneltram of een snelbus kan dienst doen als verbindend openbaar vervoer. Het station en het perron kunnen dus ook bij deze vervoerwijzen horen. Andersom is ook mogelijk dat een korte rit met de trein meer voor- of natransport is dan (een onderdeel van het) hoofdtransport.
  In de praktijk is er meestal een vrij groot verschil tussen een station en een halte van het ontsluitende openbaar vervoer. In theorie kan een bushalte dezelfde voorzieningen, maar ook trappen en loopafstanden hebben als een treinstation, terwijl het verbindende vervoer per snelbus het soms moet doen met een paal langs de weg.

- In het uitgebreide schema in deze bijlage is wel de mogelijkheid van een overstap in het verbindende openbaar vervoer meegenomen. Overstaphaltes bij het voortransport zijn weggelaten omdat in dat geval een verplaatsing toch te slecht zal zijn om te kunnen concurreren en bij dit projekt niet interessant is om te bestuderen.

IV.b vereenvoudigingen

Het bovenstaande schema geldt heel algemeen voor een verplaatsing over een wat langere afstand. Om een, voor de toetsingsmethode gewenst, eenvoudig netwerk met een beperkt aantal ritten, overstappunten en daaruit voortvloeiende vervoerwijzecombinaties te verkrijgen is het aantal meegenomen routeonderdelen sterk terug gebracht. Hier volgen een aantal mogelijke vereenvoudigingen met de bijbehorende argumentatie:

- Dit verhaal gaat op voor een willekeurige verplaatsing tussen een herkomst en een bestemming. Het kan dus zowel gaan om een verplaatsing tussen de woning en een activiteit, een activiteit en de woning als tussen twee activiteiten. Een belangrijk onderscheid dat in praktijk is te maken is het voor- en het natransport aan de woningzijde en dat aan de activiteitenzijde. Als de heenreis of een deel daarvan met een basisgebonden voertuig, zoals een eigen fiets of auto, is gemaakt zal men ervoor moeten zorgen dat het vervoermiddel terug komt bij z'n basis. Omdat de reiziger hier terug moet komen wordt plaats waar het op de heenreis gebruikte basisgebonden voertuig is achter gelaten door Egeter de virtuele basis genoemd (Egeter 1994).
  Voor de routekeuze geldt niet dat de heen- en terugreis sterk van elkaar afhankelijk zijn. Redenen dat heen- en terugreis sterk kunnen verschillen zijn het verschil in tijdstip, dienstregeling en congestie tussen de heen en de terugreis. Een andere oorzaak is dat veel verplaatsingen onderdeel zijn van een verplaatsingsketen; de herkomst van de ene verplaatsing is niet altijd de bestemming van de volgende.
  Het verderop besproken vereenvoudigde schema gaat wel uit van een woning aan de herkomstzijde en een activiteit bij de bestemming.
- Het meenemen van carpoolen geeft een aantal problemen; Hoe veranderen de kosten van iemand die carpoolt? Geeft het samen rijden een extra weerstand vanwege de verminderde privacy of pluspunten vanwege de gezelligheid?
  Dit projekt gaat over het op elkaar afstemmen van de fiets en het openbaar vervoer. Hierbij is het wel zinvol om bepaalde push-maatregelen voor de auto mee te kunnen nemen, maar maatregelen die het carpoolen bevorderen worden, hoe zinvol ze misschien ook zijn, hier niet behandeld. Dat onderdeel van het proces en de bijbehorende ritten en overstappen kunnen als vereenvoudiging hier dus weg gelaten worden.
- In het geval van een corridor van minstens 15 à 20 kilometer kan het aandeel van de direkte fietsrit worden verwaarloosd. Deze wordt daarom verder niet meegenomen.
- Als vereenvoudiging zijn ook de auto aan de bestemmingszijde en de taxi aan de woningzijde weggelaten. Er is van uit gegaan dat het meenemen van deze twee mogelijkheden de nauwkeurigheid niet verbetert omdat het aantal alternatieven te groot wordt.

Dit leidt dit tot het schema in paragraaf 3.1.

IV.c zones

Als een model gebruikt moet worden voor grote groepen reizigers, wijken of steden is het al snel noodzakelijk dat wordt gezorgd voor een onderverdeling in homogenere categorieën. Een mogelijkheid is een geografische splitsing van het herkomst- en het bestemmingsgebied. Het aantal zones aan de herkomst- en bestemmingzijde van de te onderzoeken corridor dat met de hier gebruikte methode kan worden onderscheiden is

beperkt. Voor de zones zijn verschillende typen indelingen mogelijk. De eerste mogelijkheid is nu om de hele herkomst- of bestemmingszijde van de corridor op te delen in zo'n drie zones. Voor elke zone moeten gemiddelde waarden voor kenmerken als autobezit, aanwezigheid openbaar vervoer en reistijd tot verbindend openbaar vervoer gevonden worden. Die onderscheiden zones moeten zo veel mogelijk verschillen op punten die in de gebruikte methode van invloed zijn op de vervoerwijzekeuze. Bijvoorbeeld onderscheid tussen wel/geen parkeerproblemen, hoog/laag inkomen, hoogwaardig openbaar vervoer binnen/buiten 200 meter. Een andere criterium is het aanwezig zijn van de benodigde informatie. Om deze rede is het zinvol dezelfde zonegrenzen aan te houden als de instanties die de gewenste data kunnen leveren.
Een andere mogelijkheid is het bekijken van één of meer specifieke links waarvoor de benodigde informatie betrekkelijk eenvoudig is te verkrijgen. Op deze manier hoeft niet gewerkt te worden met vertroebelende gemiddelde waarden. Er wordt dan gekeken hoe bepaalde veranderingen de vervoerwijzekeuze tussen een herkomstpunt en een bestemmingspunt beïnvloeden. Hierna kan dan de stap volgen waarbij bekeken wordt wat de uitkomsten zeggen over andere delen van de onderzochte stad en of er iets te zeggen valt over de verandering van het totale verplaatsingsgedrag tussen de twee steden of zelfs tussen andere steden. Het voordeel van deze methode is dat het aantal onderzochte relaties/gevallen desgewenst uitgebreid kan worden. Bij de eerste methode moet bij een andere zone-indeling een deel van de informatie opnieuw worden verzameld en de hele berekening opnieuw worden uitgevoerd.
Er is hier gekozen voor de tweede methode omdat zo begonnen kan worden met een veel eenvoudiger model en omdat deze indeling minder gevoelig is voor het ontbreken van cruciale informatie.

IV.d kenmerken van Voigt

Al in de jaren 50 en 60 heeft Voigt een methode ontwikkeld om de kwaliteit van een vervoersysteem te beoordelen. De grote overeenkomst met dit projekt is dat ook hij meerdere kwaliteitskenmerken gebruikte. Hier staan die kenmerken een voor een beschreven. Er staat ook steeds bij in welk kenmerk in dit projekt hij is opgegaan of waarom hij niet is meegenomen.

- **capaciteit:** Indien het netwerk tussen de herkomst en bestemming in kwestie capaciteitsproblemen heeft is dit mee te nemen met de kenmerken snelheid en betrouwbaarheid (vooral bij auto) en comfort (vooral bij openbaar vervoer). Capaciteit kan ook betrekking hebben op de hoeveelheid bagage die vervoerd kan worden. Dit is net als bij de methode Egeter als apart kenmerk beschouwd.
- **snelheid:** Dit kenmerk gaat zonder problemen op in reistijd.
- **mogelijkheid netwerk:** Er wordt slechts gekeken naar de verbinding tussen een herkomst- en een bestemmingsgebied. De mogelijkheden van deze verbinding blijken wel uit de overige kenmerken.
- **stiptheid:** Omdat het verschil tussen stiptheid en betrouwbaarheid vaak moeilijk is aan te geven is het zinvol om deze twee samen te nemen. Egeter meent zelfs dat betrouwbaarheid en stiptheid van invloed zijn op het reiscomfort (Egeter 1994).
- **betrouwbaarheid:** Hiervoor geldt hetzelfde als voor stiptheid.
- **frequentie:** De reistijd van herkomst tot bestemming wordt mede bepaald door de frequentie. De frequentie kan ook terug komen in de wachttijden met bijbehorende weerstanden.
- **comfort:** Comfort kan als apart kenmerk worden meegenomen. Het is ook mogelijk om de comfortwaarde van invloed te laten zijn op de weging van de verschillende tijden zoals nu vaak gebeurt met wachttijd, reistijd, voortransporttijd.

Deze kenmerken beschrijven de baten die een vervoersysteem een reiziger biedt. De kostenkant valt hier helemaal buiten.

bijlage V: modelonderdelen

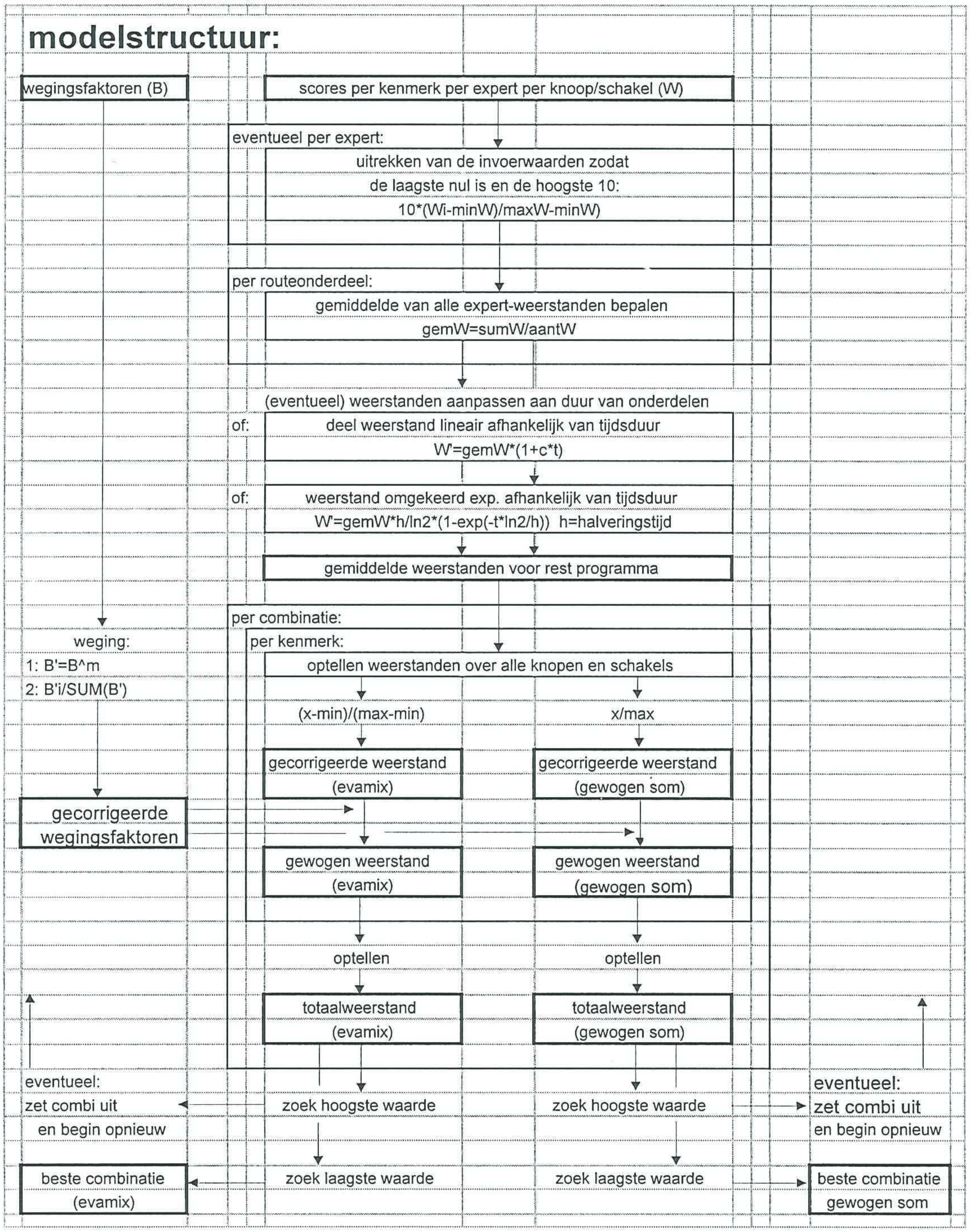
inhoud

V.a modelstuctuur 107
V.b standaardisatie 108
V.c correctie van de weerstanden 109
V.d problemen multicriteria evaluatie 110
V.e modal-splitberekening 111

bijlage V: modelonderdelen

V.a modelstructuur

De werking van het model is het best te begrijpen aan de hand van een structuurschema. Hieronder staan alle stappen van de invoer tot het vergelijken van de totaalweerstanden van de verschillende alternatieven.



V.b standaardisatie

Om de scores voor kosten en reistijd met de andere scores te kunnen vergelijken moeten ze gestandaardiseerd worden. Bij een multicriteria-evaluatie, zoals hier wordt toegepast, gebeurt dat meestal met de gewogen-som-methode waarbij elke score wordt gedeeld door de maximum score op dat criterium. De bijbehorende formule staat in figuur V.1.

$$S'_{ic} = \frac{S_{ic}}{\max S_c}$$

S'_{ic} de gestandaardiseerdescore
S_{ic} de oorspronkelijkescore
$\max S_c$ de maximumscore op een criterium

standaardisatie van scores bij de gewogen-som-methode

$$S'_{ic} = \frac{S_{ic} - \min S_c}{\max S_c - \min S_c}$$

$\min S_c$ is de minimumscore op c
$\max S_c$ is de maximumscore op c

standaardisatie van scores bij de evamix-methode

$$G'_c = \frac{G_c}{\sum_{c=1}^{m} |G_c|}$$

G'_c is het getransformeerde gewicht
G_c is het oorspronkelijke gewicht
$\sum_{c=1}^{m} |G_c|$ is de som van alle afzonderlijke absolute gewichten

standaardisatie van gewichten

figuur V.1: standaardisatie scores en gewichten in formulevorm. uit de Vries 1993.

Het is ook mogelijk om de scores te laten lopen tussen 0 en 1 zoals ook bij de evamix-methode gebeurt. De formule die hierbij hoort staat ook in figuur V.1.

Het verschil in betekenis van de scores na de twee wegingsmethoden is dat bij de gewogen-som-methode naar het verschil in verhouding tot de hoogte van de scores wordt gekeken terwijl bij de evamix-methode alleen het verschil tussen de verschillende scores telt. Dit is verduidelijkt met het extreme voorbeeld in figuur V.2.

	score	na gew. som	na evamix
A	98	0,98	0,0
B	99	0,99	0,5
C	100	1,00	1,0

figuur V.2: voorbeeldweerstanden na standaardisatiemethoden

De standaardisatieformule van de gewogen-som-methode sluit waarschijnlijk beter aan bij de uitkomsten van de expertsraadpleging omdat mensen in dat geval waarschijnlijk meer uit zullen gaan van het verschil tussen alternatieven en minder van de absolute scores op de kenmerken. Dit geldt nog sterker als in de toekomst eventueel enquêtegegevens worden gebruikt. Bij gemeten, absolute waarden zal de evamix-methode het beter doen.

Het is de vraag of de scores tussen 0 en 1 lineair moeten lopen met de verhoudingen van de werkelijke waarden. Als de kosten variëren van 5 tot 25 gulden zou 5 een scores van 0 krijgen en 25 en 1 scoren. Volgens een lineaire schaal zou alternatief van 15 gulden 0,5 moet scoren. Het is misschien beter als het alternatief langs een logaritmische schaal een hogere score krijgt dan 0,5. Hier staat tegenover dat de afweging tussen een alternatief van 15 gulden en een alternatief van 25 gulden voornamelijk gemaakt zal worden door een reizigerscategorie met een lage wegingsfaktor voor de kosten. Zo is het verschil tussen 5 en 15 dus wel belangrijker dan het verschil tussen 15 en 25. Een ander voordeel van een lineaire schaal is de eenvoud.

Voor het vergelijken van de uitkomsten van verschillende situaties of maatregelen is het goed om, naast de scores, ook de wegingsfaktoren te standaardiseren. Dit kan, net als bij de meeste multicriteria-evaluaties gebeurt, door per gewichtenset elk gewicht te delen door de som van alle absolute gewichten zodat de gewichten opgeteld 1 zijn. In figuur V.1 staat dit in formulevorm.

Het is niet noodzakelijk dat de wegingsfaktoren samen 1 zijn. Bij het vergelijken van meerdere routes moet er wel op gelet worden dat voor een bepaald type reiziger steeds dezelfde waarden worden genomen.

V.c correctie van de weerstanden

Bij het testen ontstond de indruk dat de korte onderdelen van de verschillende routes te zwaar werden meegenomen (zie paragraaf 6.2). Daarom is het mogelijk gemaakt om op twee manieren de weerstanden van de onderdelen te corrigeren. In figuur V.3 wordt het principe van deze correctietechnieken duidelijk gemaakt. De weerstand van het routeonderdeel is steeds de oppervlakte van de gearceerde delen.
In de linker grafiek wordt alleen de opgegeven weerstand die niet afhankelijk is van de duur van een weerstand meegenomen. In de tweede grafiek wordt naast de opgegeven weerstand een deel van die weerstand vermenigvuldigd met de duur van het onderdeel. Dit is de horizontale balk. De oppervlakte van beide balken opgeteld is de weerstand die uiteindelijk gebruikt wordt. Bij de testresultaten is deze methode de lineaire correctie genoemd. De bijbehorende formule is:

$S' = S*(1+c*t)$

met:
S = weerstandsscore
c = constante die aangeeft welk deel van de weerstand met de tijd wordt vermenigvuldig
t = tijdsduur van een onderdeel

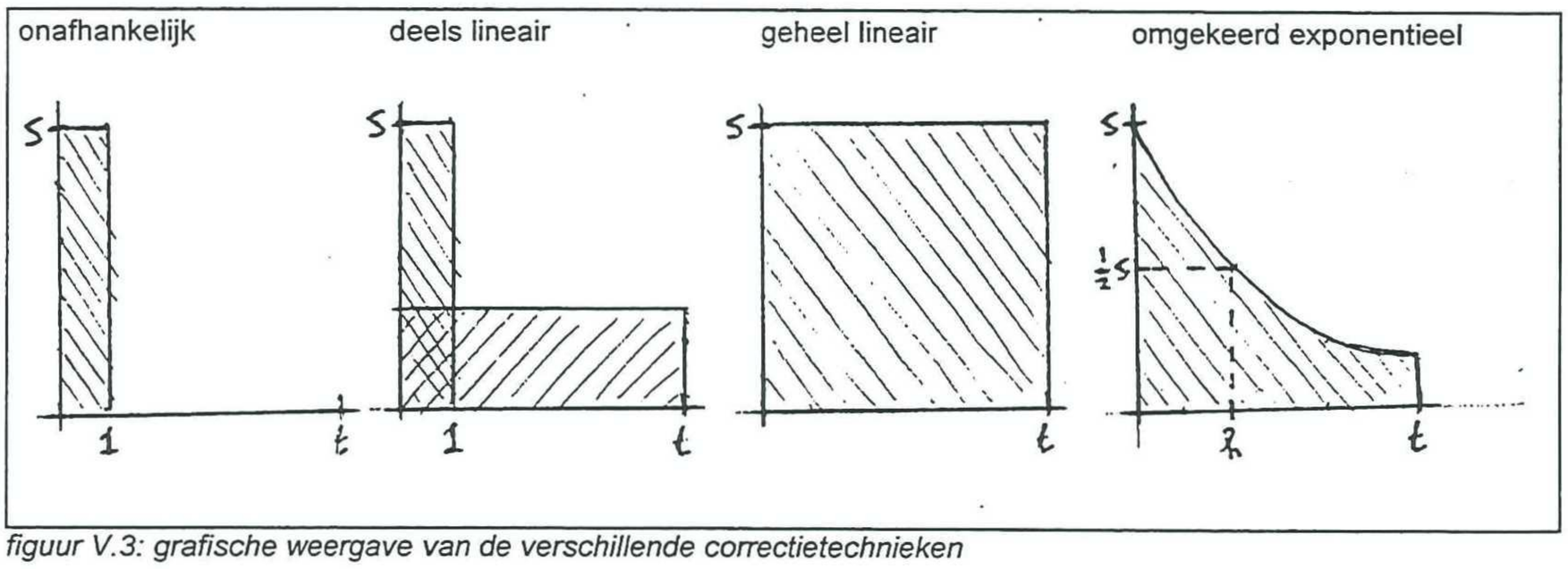
Bij het testen is ook nog gekeken wat het resultaat is indien de door de experts genoemde weerstandsscores worden vermenigvuldigd met de duur van de onderdelen dit levert de derde grafiek. Hiervoor geldt de formule

$S' = S*t$

De rechter grafiek hoort bij de omgekeerd exponentiële correctie. Hierbij tellen de eerste minuten op een onderdeel vrij zwaard mee voor de weerstand. Vervolgens loopt dit geleidelijk af.

$S' = S*h/\ln 2*(1-\exp(-t*\ln 2/h))$

h = halveringstijd. Bij *h* telt de weerstand nog maar half zo zwaar mee als in het eerste deel.



figuur V.3: grafische weergave van de verschillende correctietechnieken

V.d problemen multicriteria evaluatie

Het gewogen optellen van onvergelijkbare grootheden om tot een totaalscore te komen heeft veel overeenkomsten met een multicriteria evaluatie. Ook een aantal problemen die zich bij dit model voor kunnen doen zijn dezelfde als bij een multicriteria evaluatie (de Vries 1993):

- De uitkomsten zijn gevoelig voor het toevoegen van alternatieven. Dit geeft vooral problemen als ze erg hoge of lage scores hebben voor sommige kenmerken. De evamix-methode is gevoeliger voor het toevoegen van een slecht alternatief omdat dit direkt alle scores beïnvloed.
- De uitkomsten zijn gevoelig voor het toevoegen van criteria waarop alle alternatieven een gelijke waarde hebben en die op zich niet discrimineren. De scores komen dan dichter bij elkaar te liggen.
- De uiteindelijke rangordening wordt niet altijd gekenmerkt door transitiviteit. Dit betekent dat indien het nut van A groter is dan het nut van alternatief B en het nut van B groter is dan van C, dit nog niet betekent dat A ook een groter nut heeft dan C. Zolang maar van een standaardisatietechieken tegelijk wordt gebruikt, dus of de evamix of de gewogen-som-methode zoals in dit model, gaat dit punt niet op.

Deze problemen worden groter bij het uitbreiden van het aantal kenmerken en alternatieven. Het is dus noodzakelijk om een tussenweg te vinden tussen de grotere precisie van meenemen van meer kenmerken en de problemen dat dit geeft bij het bepalen van een totaalscore.

Om tot zo betrouwbaar mogelijke uitkomsten te komen zijn de volgende procedures mogelijk (de Vries 1993):

- Verwijder kenmerken die in zo geringe mate differentiëren dat ze nauwelijks een rol spelen. Het aangeven van een discriminatie-faktor voor elk criterium is voor de controleerbaarheid van de resultaten gewenst. De discriminatie-faktor wordt berekend door het verschil tussen het minimum en het maximum van de scores te delen door het gemiddelde. Bij de evamix-methode is deze faktor geen geschikt criterium om dat hij meestal in de buurt van de 2 zal liggen.
- Paarsgewijze evaluatie; elk alternatievenpaar wordt afzonderlijk vergeleken. Nadelen hiervan zijn de bewerkelijkheid, bij n alternatieven zijn er $0{,}5*n*(n-1)$ evaluaties vereist, en het feit dat er niet een rijtje scores uitkomt dat later eventueel als invoer kan worden gebruikt voor een verdeling over de vervoerwijzecombinaties.
- Een alternatief voor de paarsgewijze evaluatie is de stapsgewijze procedure waarbij na elke ronde het slechtste alternatief afvalt. Hier zijn dus n-1 bewerkingen nodig, een aanmerkelijk kleiner aantal dan bij de paarsgewijze evaluatie. De score van een alternatief net voordat het afviel kan later nog wel gebruikt worden voor een verdelingsformule. Het is geen groot probleem dat de minst aantrekkelijke combinaties het minst nauwkeurig zijn berekend. De stapsgewijze evaluatie zou voor dit projekt geschikter zijn dan de paarsgewijze.

Het is mogelijk om in het model bepaalde vervoerwijzecombinaties uit te zetten. Hierdoor zijn de bovengenoemde procedures mogelijk. Ook Indien het model wordt gedraaid voor een reizigerscategorie die geen auto bezit en ook geen auto tot z'n beschikking heeft kunnen de auto-alternatieven worden uitgezet. Als, in plaats hiervan, aan deze alternatieven een zeer zware weerstand zou worden meegegeven vertroebelt dit de keuze tussen de andere alternatieven.
Het is mogelijk om een verbeterde situatie te vergelijken met de huidige. In het model is alternatief 3 zo'n verbetering van het huidige openbaar vervoer. Ook hier kan het hier voor genoemde probleem van te veel op elkaar lijkende alternatieven mee spelen indien alle alternatieven in één keer met elkaar worden vergeleken.

Hiervoor zijn twee oplossingen mogelijk:

1 Vergelijk het huidige openbaar-vervoersysteem met de nieuwe combinatie. De beste van de twee wordt vervolgens vergeleken met de andere combinaties.

2 Vergelijk een keer het huidige openbaar-vervoersysteem met de andere vervoerwijzecombinaties en een keer het nieuwe openbaar-vervoersysteem. Vergelijk vervolgens de twee uitkomsten.

De tweede methode verdient de voorkeur omdat hij meer zegt over de te verwachten veranderingen indien het openbaar vervoer volgens plan wordt aangepast.

V.e modal-splitberekening

Nadat de totaalscores voor de verschillende rit-overstap-combinaties zijn berekend, kan met een verdelingsformule de modal split van de verschillende vervoerwijzecombinaties worden bepaald.

Uit het modelonderzoek kwamen twee bruikbare methoden voor het berekenen van de modal split naar voren. De eerste is de logit-formule. De voor- en nadelen hiervan staan beschreven in bijlage II.d. In een rekenronde worden de aandelen van alle alternatieven berekend. Een probleem van de logit-formule vormt de kalibratie, of te wel het vinden van de parameters waarbij de gevonden uitkomsten voldoende overeenkomen met de werkelijke waarden.
Een andere bruikbare methode is het probabilistische routekeuzemodel. Deze is ook beschreven in bijlage II.d. Er wordt een aantal keer een alles-of-niets toedeling gedaan waarbij de wegingsfaktoren en scores voor bepaalde kenmerken, al dan niet random, worden gevarieerd. Het is in het hier beschreven model niet logisch om de wegingsfaktoren te variëren omdat die juist als uitgangspunt van de hele berekening zijn genomen. Het is wel mogelijk om de waarden van de scores te variëren. De gedachte hierachter is dat niet iedereen volledig is geïnformeerd en dat niet iedereen gegevens hetzelfde interpreteert.
Een probleem bij beide methoden is dat het noodzakelijk is om ervoor te zorgen dat met behulp van de huidige modal split en met de scores van de verschillende combinaties in huidige situatie de juiste waarden van een parameters moeten worden bepaald. Bij de logit-formule moet de optimale hoogte van de constante c (zie bijlage II.d) worden en bij de probabilistische keuze moeten de juiste maximale afwijkingen van de scores worden gevonden.
De logit-formule is eenvoudiger in het model in te voeren.

Als voor meerdere groepen verschillende wegingsfaktoren worden gebruikt en de totaalscores in een logit-verdelingsformule worden gestopt moet er rekening worden gehouden met het feit dat daar de absolute verschillen tussen alternatieven bepalend zijn voor de verdeling.

Door steeds voor kleine groepen een alles of niets toedeling toe te passen en daarbij steeds een verschillende set wegingsfaktoren en een random onzekerheidsfaktor voor de scores te gebruiken kan voorkomen worden dat alternatieven die weinig van elkaar verschillen te veel gekozen worden.

bijlage VI: model implementatie

inhoud:

gekozen programmeertaal 114
programmaonderdelen 115
presentatie uitkomsten 119

bijlage VI: model implementatie

Om het in het hoofdrapport en de vorige bijlage beschreven model te kunnen gebruiken is het noodzakelijk om een programma te ontwikkelen dat na het invoeren van de gegevens alle stappen uitvoert. In dit hoofdstuk wordt eerst de keuze van een programmeertaal/programma beschreven. Vervolgens komen in bijlage VI.b de verschillende programmaonderdelen één voor één aan bod, waarna in paragraaf VI.c de presentatie van de uitkomsten wordt behandeld. Aan het eind van dit hoofdstuk wordt het resultaat besproken.

VI.a gekozen programmeertaal

Er bestaan vele programmeertalen en programma's om modellen in te voeren. Bij het zoeken naar de meest geschikte taal is er gelet op de volgende criteria:

- **mogelijkheden**; het moet mogelijk zijn om de computer de gewenste handelingen te laten verrichten.
- **gebruikersvriendelijkheid**; met de ene taal is het makkelijker werken dan met de andere. Een belangrijk punt is het niveau van de taal. Bij een hogere orde taal zitten meer handelingen standaard ingebouwd. Dit heeft als nadeel dat minder goed te controleren is wat er exact gebeurt en dat er door de computer meer onnodige handelingen worden verricht. Met het sneller worden van de computers speelt dat laatste een steeds kleinere rol.
- **beschikbaarheid**; Bij de TU is maar een beperkt aantal talen met voldoende handleidingen beschikbaar. Soms zal het wel mogelijk zijn om een taal of programma ergens anders vandaan te halen.
- **ervaring**; als een onbekende taal gebruikt wordt kost het extra tijd om hem aan te leren. Hier staat tegenover dat dit ook een extra uitdaging kan zijn.

Er zijn drie (typen) programmeertalen serieus bekeken:

- **Pascal**. Dit is de taal waarin gedurende de studie civiele techniek het meeste les is gegeven. Er is betrekkelijk makkelijk met procedures en functies te werken. Een ander voordeel is de mogelijkheid om bijvoorbeeld voor iteratieve processen grote delen van het programma net zo lang te herhalen tot het gewenste resultaat is verkregen. Resultaten zijn in een spreadsheet programma in te voeren. Vergelijkbare talen zijn C(+) en Basic.
- **Excel**. Dit is een spreadsheet programma. Het werkt tamelijk gebruiksvriendelijk. Er zitten veel formules standaard ingebouwd. Andere berekeningen zijn als functies in te voeren. Er zijn makro's mogelijk als vaker een soortgelijke handeling moet worden verricht. Van elke verandering van ingevoerde scores en parameters is direkt te zien wat het resultaat op de uitkomsten is. Het programma is direkt geschikt om de uitkomsten overzichtelijk te presenteren. Excel bevat wel een solver maar het is niet mogelijk om automatisch programmaonderdelen te herhalen met wisselende invoergegevens. Kopiëren van delen van het programma, waarbij de variabelen automatisch mee veranderen is wel mogelijk.
- **Stella**. Zeer gebruikersvriendelijk. Wel erg geschikt voor iteratieprocessen maar minder om vaak dezelfde handelingen met andere waarden te doen.

Vanwege het programmeergemak en de presentatiemogelijkheden is ervoor gekozen om Excel te gebruiken.

VI.b programmaonderdelen

Bij de implementatie is het modelschema aangehouden dat is behandeld in hoofdstuk 3. De verschillende onderdelen staan in het programma op verschillende bladen en zijn eenvoudig op het scherm te krijgen. Dit houdt in dat op elk moment elke score kan worden veranderd wat naast voordelen ook als nadeel heeft dat per ongeluk oude invoerwaarden en uitkomsten verloren kunnen gaan voordat ze zijn bewaard.

invoer weerstanden

Het programma begint met één tabel per kenmerk. Hier kunnen de opgegeven weerstanden van alle routeonderdelen worden ingevuld (zie figuur VI.1). De door een expert opgegeven weerstandsscores staan in de kolom onder de betreffende expert. Het is mogelijk om in de rest van het model gecorrigeerde scores te gebruiken. Deze staan bij elke expert in de rechter kolom. De weerstanden zijn dan zo aangepast dat ze per expert bij één kenmerk exact tussen de 0 en de 10 liggen. Dit is al uitgebreider beschreven in paragraaf 6.1.

invoer weerstandsscores betrouwbaarheid:						
onderdeel:	expert 7		expert 6		expert 1	
lopen naar de auto	0	0.0	0.5	0.0	0	0.0
autorit	4.9	4.9	3.2	3.0	10	10.0
parkeren	7.3	7.3	5.4	5.5	10	10.0
lopen van auto tot bestemming	0	0.0	1	0.6	0	0.0
lopen naar bushalte	0	0.0	1	0.6	0	0.0
wachten op de bus (voortransport)	10	10.0	8.5	9.0	10	10.0
busrit voortransport	6.2	6.2	7.1	7.4	7.4	7.4
lopen van halte tot perron	0	0.0	1	0.6	0	0.0
fietsrit naar station	2.1	2.1	1	0.6	1.5	1.5
stallen bij station	3.6	3.6	1	0.6	0	0.0
lopen van stalling naar perron	0	0.0	1	0.6	0	0.0
wachten op de trein	10	10.0	8.6	9.1	3.5	3.5
treinrit	8.4	8.4	4	3.9	0	0.0
lopen van trein naar de bushalte	0	0.0	1	0.6	0	0.0
wachten op de bus (natransport)	10	10.0	8.5	9.0	5.5	5.5

figuur VI.1: deel van de invoersheet van het kenmerk betrouwbaarheid.

gemiddelde weerstanden

Na de invoertabellen komt een tabel waar de gemiddelde weerstanden op de verschillende onderdelen worden berekend en neergezet. Dit is een grote matrix met verticaal de overstappen en ritten en horizontaal de kenmerken waarop ze worden beoordeeld. Uit deze tabel haalt een ander blad de voor de berekeningen benodigde weerstanden. Als door maatregelen weerstanden van onderdelen van de verplaatsingen veranderen kunnen de nieuwe waarden direkt in deze tabel worden ingevoerd. Het programma rekent dan vanzelf het model opnieuw door. Op dit blad worden ook de gemiddelde afwijkingen berekend. Dit is gebeurt voor het testen van de modeluitkomsten. Als het model werkelijk gebruikt wordt om maatregelen te testen zijn die afwijkingen niet nodig.
De tabel met de bij de testen gebruikte weerstandsscores is afgebeeld in figuur VI.2.

invoertabel

		weerstanden onafhankelijk van de tijdsduur van het betreffende onderdeel						
	beschrijving	tijd	betr.	comfort	veiligh	bagcap	milieuv	kosten
herkomst	herkomst							
knoop 1	fietsenstalling bij herkomst							
knoop 2	halte ontsluitend-ov bij herkomst	3.0	9.0	8.1	2.6	1.0	0.0	0.0
knoop 3	parkeerplaats bij herkomst							
knoop 4	stalling bij halte collectief vervoer	1.0	2.9	5.1	0.6	1.5	0.0	3.9
knoop 5	stalling bij station	1.0	2.9	5.1	0.6	1.5	0.0	3.9
knoop 6	ov-halte bij station							
knoop 8	halte collectief vervoer aan herkomstzijde	2.0	7.0	7.1	2.6	0.7	0.0	0.0
knoop 9	(perron van) station aan herkomstzijde	5.0	6.9	5.7	2.5	0.4	0.0	0.0
knoop 11	station bij bestemming							
knoop 12	stalling bij station	1.0	2.8	5.5	1.4	1.5	0.0	2.6
knoop 13	ov-halte bij station	4.0	6.4	7.5	2.4	0.9	0.0	0.0
knoop 15	halte collectief vervoer bij bestemming							
knoop 16	fietsenstalling bij bestemming	0						
knoop 17	ov-halte bij bestemming	0						
knoop 19	parkeerplaats bij bestemming	5.0	7.7	6.5	3.3	0.4	3.4	8.5
schakel 1	lopen van herkomst naar stalling	0						
schakel 2	lopen van herkomst naar ov-halte	3.0	1.0	3.1	1.7	6.8	0.0	0.0
schakel 3	lopen van herkomst naar parkeerplaats	1.0	0.6	2.2	0.7	3.7	0.0	0.0
schakel 4	fietsen van stalling naar col. verv. halte	15.0	3.3	4.2	11.4	6.4	0.3	0.5
schakel 5	fietsen van herkomst naar station	8.0	2.4	3.9	10.8	6.5	0.7	0.0
schakel 6	ov-rit van herkomst naar station	8.0	7.6	5.8	2.4	5.8	3.2	4.8
schakel 8	autorit van herkomst naar bestemming	35.0	6.4	2.6	5.0	0.6	7.9	4.1
schakel 9	lopen van stalling naar halte col. vervoer	1.0	0.6	2.2	0.7	3.7	0.0	0.0
schakel 9	lopen van stalling naar perron	3.0	1.6	4.1	2.9	6.2	0.0	0.0
schakel 1	lopen van ov-halte naar perron	3.0	1.1	5.1	3.1	6.1	0.0	0.0
schakel 1	rit met collectief vervoer naar bestemming	25.0	4.9	4.3	2.8	5.0	2.9	5.5
schakel 1	rit met verbindend ov naar station bij best	25.0	4.0	2.8	1.0	3.1	2.5	5.7
schakel 1	lopen van perron naar stalling	2.0	1.3	4.0	2.9	6.2	0.0	0.0
schakel 1	lopen van perron naar ov-halte	2.0	2.0	3.4	3.1	6.2	0.0	0.0
schakel 1	fietsen van station naar bestemming	7.0	2.1	3.7	10.4	6.5	0.4	1.1
schakel 2	ov-rit van station naar bestemming	6.0	5.8	6.7	2.3	5.8	2.9	5.1
schakel 2	lopen van halte collectief vervoer naar best	3.0	1.1	2.8	1.9	6.5	0.0	0.0
schakel 2	lopen van stalling naar bestemming	1.0	1.2	2.2	0.5	4.7	0.0	0.0
schakel 2	lopen van ov-halte naar bestemming	3.0	1.4	2.5	2.1	6.6	0.0	0.0
schakel 2	lopen van parkeerplaats naar bestemming	3.0	0.7	2.6	2.5	5.7	0.0	0.0

figuur VI.2: de tabel met de gemiddelde scores van de acht experts zoals hij in het programma staat. Hij heet invoertabel omdat scores hier ook direkt kunnen worden ingevoerd of veranderd

weging

Op het volgende blad van het programma worden de wegingsfaktoren behandeld. Een deel van dit blad is afgedrukt in figuur VI.3 hieronder. In de linker kolom kunnen de gewichten worden ingevoerd en veranderd. Vervolgens worden ze gestandaardiseerd door de score bij een kenmerk te delen door het totaal dat onderaan de linker kolom staat. Het resultaat, met een som van 1, staat in de rechter kolom. Dit zorgt ervoor dat bij de bij de invoer alleen de verhouding van belang is. Er is een mogelijkheid om de ingevoerde wegingsfaktoren tot een bepaalde macht te nemen. Dit vergroot de zwaarte van de wegingsfaktoren die al hoog waren en vermindert de invloed van de lage. In paragraaf 6.2 is het nut van deze mogelijkheid uitgelegd. In de onderstaande figuur worden de wegingsfaktoren van een reizigerscategorie als voorbeeld tot de macht 1,5 genomen.

wegingsfaktoren:			
	wegingsfaktor	tot macht m	exp. gecor.
kenmerk:	**expert 1** woon/we	1.5	
tijd	8	22.63	0.19
betrouwbaarheid	10	31.62	0.27
comfort	8	22.63	0.19
veiligheid	1	1.00	0.01
bagagecapaciteit	6	14.70	0.12
milieuvriendelijkheid	6	14.70	0.12
kosten	5	11.18	0.09
totaal	44	118.45	1

figuur VI.3: deel van blad met 'weging' met invoer en standaardisatie van de wegingsfaktoren

Links onder op dit blad in het model staan de wegingssets van de experts. Rechts staan de wegingsfaktoren van de gegenereerde reizigerscategorieën (zie paragraaf 7.2) Al deze wegingsfaktoren zijn te kopiëren naar de tabel bovenaan die wordt meegenomen in de berekeningen.

combi's

Het berekenen van de totaalweerstanden van de verschillende vervoerwijzecombinaties gebeurt op het volgende blad. Het bovenste deel hiervan is afgedrukt in figuur VI.4. Per combinatie staat aangegeven welke overstappen en ritten worden meegenomen. In de figuur gebeurt dat voor de autoverplaatsing. De eerste berekening is het per kenmerk optellen van de weerstanden van de meegenomen ritten en overstappen. Dit levert de scores in de bovenste rij bij elke combinatie. Helemaal bovenaan het blad komen dan de maximale en de minimale waarde van de meegenomen combinaties te staan. Deze waarden worden gebruikt bij het standaardiseren van de net berekende weerstanden. Met behulp van twee hulprijen bij elke combinatie wordt ervoor gezorgd dat bij het zoeken van de maxima en minima alleen de weerstanden van de bij een modelleringsronde meegenomen combinaties meetellen.
Hierna worden de weerstanden zowel met de evamix-methode als met de gewogen-som-methode gestandaardiseerd. Deze methoden zijn behandeld in paragraaf VI.b. De resultaten hiervan staan in de vierde en de vijfde rij bij elke combinatie.
Alle volgende stappen gebeuren één keer voor de evamix-methode en één keer voor de gewogen-som-methode. De gestandaardiseerde weerstanden worden vermenigvuldigd met de op het vorige blad berekende wegingsfaktoren en vervolgens worden deze waarden van alle kenmerken bij elkaar opgeteld. Het resultaat, de gezochte totaalweerstand van een vervoerwijzecombinatie, staat rechts onder.

totaalweerstanden per vervoerwijzecombinatie								
weerstand onafhankelijk van tijdsduur onderdeel								
maximale weerstand combinaties	62.00	45.06	50.63	23.70	42.57	11.34	15.57	
min. weerstand meegenomen combi's	44.00	15.40	13.76	11.41	10.36	3.30	9.87	
combinatie 1	**autoverplaatsing**							
meegenomen knopen en schakels: 4, 27, 7, 32, 23 en 51								
	tijd	betrouw	comfort	veiligh.	bag.cap	milieuvr.	kosten	
weerstand (tijdonafhankelijk)	44.00	15.40	13.76	11.41	10.36	11.34	12.55	
hulp bij maximale weerstand	44.00	15.40	13.76	11.41	10.36	11.34	12.55	
hulp bij minimale weerstand	44.00	15.40	13.76	11.41	10.36	11.34	12.55	
gecorrigeerde weerstand (evamix)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.47	
gecorrigeerde weerstand (gew. som)	0.71	0.34	0.27	0.48	0.24	1.00	0.81	
gecorrigeerde weging	0.19	0.27	0.19	0.01	0.12	0.12	0.09	**totalen:**
gewogen weerstand (evamix)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.04	**0.17**
gewogen weerstand (gew. som)	0.14	0.09	0.05	0.00	0.03	0.12	0.08	**0.51**

figuur VI.4: blad 'combi's' met de berekening van de totaalweerstand per vervoerwijzecombinatie

totalen

De net berekende totaalweerstanden voor beide standaardisatietechnieken staan op het blad *totalen* nog eens onder elkaar. Rechts daarvan staat aangegeven welke combinatie de laagste waarde heeft. Dit zou het gekozen alternatief zijn bij een alles of niets verdeling. In de tweede kolom kan worden bepaald welke combinaties buiten de evaluatie worden gelaten door er al dan niet het woord *uit* neer te zetten. Zo is het eenvoudig mogelijk om slechts een deel van de combinaties met elkaar te vergelijken. Ook maakt dit het mogelijk om, zoals in paragraaf VI.d wordt voorgesteld, bij het vergelijken van veel alternatieven steeds de slechtst scorende combinatie af te laten vallen. Op de volgende pagina in figuur VI.5 is dit blad afgedrukt.

totaalscores van de verschillende combinaties:						
			weerst. onafh. v. tijdsduur			
	expert 1 woon/werk	uit/aan	evamix		gew. som	
combinatie 1	autoverplaatsing		0.19	laagste	0.53	laagste
combinatie 2ff	trein, fiets als voor- en natransport		0.49		0.69	
combinatie 2fb	trein, fiets als voortransport, bus als natransport		0.68		0.81	
combinatie 2bf	trein, bus als voortransport en fiets als natransport	uit				
combinatie 2bb	trein, bus als voor- en natransport		0.95		0.97	
combinatie 3	fiets plus collectief vervoer tot aan de bestemming		0.19		0.53	
			weerst. lineair afh. van tijdsduu			
			evamix		gew. som	
		1	0.36		0.67	laagste
		2ff	0.39		0.68	
		2fb	0.58		0.77	
		2bf				
		2bb	0.87		0.91	
		3	0.34	laagste	0.67	
			weerst. omgekeerd exp. afh. v. tijd			
			evamix		gew. som	
		1	0.30	laagste	0.62	laagste
		2ff	0.38		0.66	
		2fb	0.59		0.77	
		2bf				
		2bb	0.87		0.92	
		3	0.35		0.66	

figuur VI.5: vergelijking van de totaalweerstanden

VI.c presentatie uitkomsten

Naast de hierboven beschreven tabellen is het ook mogelijk om een aantal resultaten direkt in een figuur te zien. De weerstanden van de verschillende onderdelen kunnen per kenmerk of per vervoerwijzecombinatie in een histogram worden bekeken. In paragraaf 7.1 bij de analyse van de huidige problemen en in bijlage IX.b zijn voorbeelden hiervan afgedrukt.
Een ander punt op het gebied van de presentatie van de in- en uitvoerwaarden is dat het overzichtelijk zou zijn als de mogelijke routes, te verbeteren knelpunten en de resultaten grafisch kunnen worden weergegeven. Een mogelijke oplossing hiervoor zou de combinatie dit model met een geografisch informatiesysteem (GIS) zijn. Er zijn al een aantal onderzoeken naar deze combinatie gedaan. Hieruit blijkt dat de deze combinatie de presentatie inderdaad kan verbeteren. Bij een onderzoek (de Haan 1994) is een GIS-applicatie gemaakt die diverse sets wegingsfaktoren kan samenstellen en de resultaten daarvan presenteert in tabel- of kaartvorm.
Een ander mogelijk voordeel is dat in het GIS aanwezige gegevens als scores kunnen worden gebruikt bij bepaalde kenmerken.
Op deze combinatie met GIS is in dit projekt verder niet ingegaan.

bijlage VII: de raadpleging

inhoud:

VII.a beschrijving voorbeeldverplaatsing 123
VII.b beschrijving van de vragen 123
VII.c de vragenlijst 125
VII.d de experts 130
VII.e hoe het ging 130

bijlage VII: de raadpleging

In deze bijlage wordt beschreven welke informatie aan de experts is gevraagd, hoe het is gevraagd en hoe de raadpleging verliep. In het kort werd met de raadpleging geprobeerd een antwoord op de volgende vragen te krijgen:

- Wat zijn de gemiddelde weerstanden van verschillende onderdelen van een voorbeeld verplaatsing? Dit moet de vaste weerstanden in het model opleveren.
- Wat zijn de persoonlijke wegingsfaktoren van de experts voor de verschillende kenmerken en wat is hun eigen vervoerwijzekeuze? Zo worden de gegevens van een aantal voorbeeldreizigers verkregen om de werking van het model mee te testen.
- Welke ingrepen in het vervoersysteem hebben veel invloed op de vervoerwijzekeuze. Hiermee kan worden onderzocht of het model aannemelijke antwoorden geeft.

Hiernaast werden bij de raadpleging nog een aantal vragen gesteld om er achter te komen of consequent is geantwoord.
Eerst wordt in de volgende paragraaf de voorbeeldverplaatsing besproken, vervolgens worden de gestelde vragen één voor één behandeld waarna op het eind de experts en het verloop van de raadpleging zelf worden besproken.

VII.a beschrijving voorbeeldverplaatsing

In deze paragraaf wordt ingegaan op de kenmerken die de verschillende vervoerwijze-combinaties, waar de experts hun oordeel over moeten geven, moeten hebben. De situatie moet voldoende uitgebreid zijn beschreven zodat de experts bij de verschillende onderdelen van de routes allemaal hetzelfde beeld hebben. Er moeten echter geen direkte beschrijvingen zijn gedaan van de kenmerken waar ze een oordeel over moeten geven. Als moet worden gevraagd wat de veiligheids-weerstand van de fietsverplaatsing naar het station is, moet de route niet zijn beschreven als een veilig fietspad. De experts moeten naast de beperkte informatie over de verplaatsing uit gaan van hun eigen ervaringen met de verschillende vervoerwijzen. De gegeven weerstanden zullen dus gelden voor een standaard situatie. Indien de verplaatsingsmogelijkheden tussen twee bestaande plaatsen beschreven zou zijn, bestaat er de kans dat mensen die situatie beter kennen en van meer of van andere gegevens uitgaan dan in de beschrijving staan.

eisen aan de voorbeeld verplaatsing
Het in de hoofdstukken 4 beschreven model gaat uit van een verplaatsing tussen één herkomst en één bestemming. Dit is op te vatten als een punt of een gebied waarvoor dezelfde waarden gelden. Bij het verzamelen van de gegevens is ervan uit gegaan dat de bestemming een werkplek is en de herkomst de woning. In werkelijkheid zullen weinig mensen exact dit herkomst- en bestemmingspaar hebben. In het geval van een bedrijf of een aantal bij elkaar gelegen bedrijven is het bestemmingsgebied vrij klein en zullen de weerstandwaarden voor veel mensen gelden. Aan de herkomstzijde is altijd meer variatie.
De beschreven verplaatsing moet wel een corridor zijn die overeen komt met de in paragraaf 2.3 beschreven corridor. In het model zijn uiteindelijk zes vervoerwijzecombinaties ingevoerd. Ze staan beschreven In bijlage VII.c waar de vragenlijst die de experts onder ogen hebben gekregen is afgedrukt.

VII.b beschrijving van de vragen

In deze paragraaf worden één voor één de aan de experts gestelde vragen besproken. De lijst begon met een aantal vragen over de eigen situatie. Bij de eerste vraag werd direkt gevraagd om de persoonlijke wegingsfaktoren bij de zeven kenmerken te geven. Dit moest

gebeuren met een rapportcijfer op een schaal van 0 tot 10, één keer voor een woon-werk verplaatsing en één keer voor een algemene verplaatsing. De verschillende kenmerken werden hierbij kort verklaard. De antwoorden voor de woon-werk verplaatsing zijn het meest van belang omdat de voorbeeldverplaatsing ook een woon-werk verplaatsing is. De algemene wegingen zijn gevraagd om een indicatie te krijgen hoe sterk iemands oordeel over het belang van een kenmerk wisselt in verschillende omstandigheden. Ook de gevoeligheid van de uitkomsten voor wisselingen in de wegingsset konden ermee worden bestudeerd.

De vraag 2 vraagt naar het bezit van een rijbewijs en de beschikbaarheid van een auto. Dit is nodig om het eigen gedrag van de expert te verklaren. Verder bestaat er de kans dat ook uitspraken over een voorbeeldsituatie niet geheel los staan van de eigen situatie.

Vraag 3 gaat in op het verplaatsingsgedrag van huis naar de werkplek in de eigen situatie. Er is gevraagd om de verschillende onderdelen en hun duur te beschrijven. Dit gedrag moet enigszins verklaarbaar zijn met de opgegeven weerstanden en de keuzes die verderop in een fictieve situatie worden gedaan.

Bij 4 wordt gevraagd wat er moet veranderen voordat in de werkelijke woon-werk verplaatsing een andere vervoerwijze gekozen wordt. Dit is net als de vorige twee een controlevraag. Later is in het model onderzocht of de genoemde punten inderdaad belangrijk zijn voor de keuze. Dit is behandeld in paragraaf 7.3.

Nu volgt de beschrijving van de fictieve verplaatsing. Ook dit onderdeel is bij de in de volgende paragraaf, bij de vragen, afgedrukt. Het schema was er los bij gegeven zodat dat bij elke vraag erbij te houden was. Er wordt zowel een keuze gevraagd voor de situatie met als zonder het derde alternatief met het lange stuk fietsen gecombineerd met collectief vervoer tot aan de bestemming. Dit zijn de vragen 5 en 6.

Vraag 7 is de belangrijkste vraag; bij elk onderdeel van de fictieve route wordt voor elk kenmerk een weerstandsscore gevraag. Het gaat nu over de gemiddelde reiziger in plaats van de eigen situatie, zoals bij de vragen hiervoor het geval was. Voor elk kenmerk is er een apart blad waar alle onderdelen onder elkaar opstaan. Rechts van elk onderdeel staat een balkje waar op het juiste punt tussen *laagste weerstand* en *hoogste weerstand* een kruisje kan worden gezet. Het gaat hierbij om de verhoudingen tussen de verschillende onderdelen. Die verhoudingen waren voor de experts tijdens het invullen goed zichtbaar omdat alle balkjes recht onder elkaar staan.

Vraag 8 lijkt op vraag 6. Nu moet echter voorspeld worden van welk alternatief het meeste reizigers gebruik zullen maken. Hierop volgen de vragen wat er moet verbeteren aan de andere alternatieven om ze voor veel reizigers aantrekkelijker te maken en wat er aan het gekozen alternatief moet verslechteren voordat veel mensen een andere keuze zullen maken. Ook dit zijn controlevragen om te kunnen vergelijken of de hier gegeven antwoorden in het model ook een belangrijke rol spelen bij de keuze.

Tot slot is nog gevraagd of men er bezwaar tegen heeft om nog een keer en paar vragen te beantwoorden. ondanks dat niemand hier bezwaar tegen had is dit toch niet meer gebeurd.

VII.c de vragenlijst

de vragen:

1 Er is bij dit onderzoek vanuit gegaan dat bij de vervoerwijzekeuze van een reiziger 7 kenmerken een rol spelen. In de tabel hieronder staan ze beschreven. Geef in de derde kolom van die tabel met een cijfer tussen 0 en 10 aan hoe belangrijk u die kenmerken bij een woon-werkverplaatsing vindt. In de vierde kolom kunt u dezelfde waarderingen geven voor een verplaatsing in het algemeen.

kenmerken	beschrijving/voorbeelden	cijfers	
		woon/werk	algemeen
tijd	werkelijke of door reiziger ervaren reistijd		
betrouwbaarheid	kans om niet aan te komen, te vroeg te komen of te laat te komen, kans op diefstal of vandalisme.		
comfort	zitplaats, inspanning, beschutting, privacy, rijcomfort, informatievoorziening .		
kosten	alleen direkte kosten voor een rit		
bagagecapaciteit	hoeveelheid bagage die zonder al te veel moeite is mee te nemen		
veiligheid	kans op een verkeersongeluk, sociale onveiligheid		
milieuvriendelijkheid	emissies, geluid en energiegebruik.		

Eerst komen een aantal vragen over uw eigen vervoerwijzekeuze van huis naar het werk:

2 Heeft u een rijbewijs? ja/nee

Zo ja, heeft u een auto tot uw beschikking? ja/soms/nee

3 Beschrijf de verplaatsingsketen die u het meest gebruikt om van huis naar de werkplek te komen en geef overal de geschatte tijd dat het onderdeel kost aan. Bijvoorbeeld: 5 minuten met de fiets naar station Heemstede, stallen fiets in bewaakte stalling, lopen naar perron, 30 minuten met de trein naar station Delft, 4 minuten wachten op een bus, busrit naar TU-wijk, 3 minuten lopen tot werkplek.

.....

.....

.....

4 Indien u gewoonlijk met de auto gaat, wat moet er minimaal veranderen om van fiets en/of openbaar vervoer gebruikt te maken?
Indien u niet met de auto gaat, bij welke veranderingen zou u wel van de auto gebruik gaan maken?

.....

.....

.....

Hier volgt een beschrijving van een fictieve verplaatsing met de verschillende alternatieven. Het gaat hier om een verplaatsing van huis naar het werk. Zie ook het schema op het losse velletje.

alternatief 1 auto
Van huis 1 minuut lopen naar de auto. Rijden tot aan de bestemming. Het is overal druk op de weg. De gemiddelde rittijd is 35 minuten, dit is inclusief gemiddeld 15 minuten oponthoud door congestie. Vervolgens ongeveer 5 minuten zoeken naar parkeerplaats en parkeren. De parkeerkosten voor een dag zijn 8 gulden. Daarna nog 3 minuten lopen tot aan de werkplek.
De gemiddelde totaaltijd is 44 minuten.

alternatief 2_{bb} bus, trein, bus
Van huis 3 minuten lopen naar de halte van een ontsluitende bus. Na het wachten 8 minuten rijden met de bus (frequentie 4/uur) tot aan het station. 3 minuten lopen van de bushalte tot het perron. Vervolgens zo'n 5 minuten wachten. De trein (frequentie 4/uur) doet er 25 minuten over. Daarna 2 minuten lopen naar de bushalte, ±4 minuten wachten en 6 minuten met de bus (frequentie 8/uur) tot aan de bestemming. Tot slot nog 3 minuten lopen naar werkplek.
De geschatte totaaltijd, exclusief het wachten op de eerste bus, is 59 minuten.

alternatief 2_{fb} fiets, trein, bus
Eerst 8 minuten fietsen van huis naar het station. Het stallen van de fiets in de bewaakte stalling duurt ongeveer 1 minuut en kost 1 gulden per dag). 3 minuten lopen van de stalling tot het perron. Het vervolg van de reis is gelijk aan 2_{bb}.
De geschatte totaaltijd, exclusief het wachten op de trein, is 52 minuten.

alternatief 2_{bf} bus, trein, fiets
Deze verplaatsing is tot en met de trein gelijk aan 2_{bb}, maar gaat ervan uit dat de reiziger voor een fiets aan de bestemmingszijde heeft gezorgd. Na de trein 2 minuten lopen naar de fietsenstalling, 1 minuut wachten op de fiets en 7 minuten fietsen tot aan de bestemming. Snel en gratis stallen en tot slot nog 1 minuut lopen tot aan de werkplek.
De geschatte totaaltijd, exclusief het wachten op de bus, is 55 minuten.

alternatief 2_{ff} **fiets, trein, fiets**
Dit en een combinatie van 2_{fb} en 2_{bf} met zowel voor als na de trein een fietsrit.
De geschatte totaaltijd, exclusief het wachten op de trein, is 48 minuten.

alternatief 3 **fiets, collectief vervoer**
Eerst 15 minuten fietsen van huis naar het verzamelpunt van het collectief vervoer. Vervolgens bent u 1 minuut kwijt met het stallen (bewaakt, 1 gulden per dag) en 1 minuut met het lopen naar de halte van het collectief vervoer. Hierna 25 minuten rijden met een snelbus (type shuttlebus, frequentie 6/uur) tot bij de bestemming en uiteindelijk nog 3 minuten lopen tot aan de werkplek.
De geschatte totaaltijd, exclusief het wachten op het collectief vervoer, is 45 minuten.

Bij de onderdelen van de verplaatsing die hier niet zijn beschreven moet u zich een 'gemiddelde' situatie voorstellen. Ook kunnen reistijden per dag wat afwijken van de hierboven gegeven waarden.
Het gaat om een dag zonder regen of storm, het weer is echter ook niet extreem mooi. U heeft een rijbewijs en een auto tot uw beschikking.

5 Als u kunt kiezen tussen de alternatieven 1, 2_{bb}, 2_{fb}, 2_{bf} en 2_{ff}, hoe zou u de verplaatsing maken?

6 Indien ook alternatief 3 tot de mogelijkheden behoort, zou u hem dan kiezen?

ja/nee

7 Vul per kenmerk in de schema's op de volgende pagina's bij onderdelen van de routes de **door de gemiddelde reiziger ervaren weerstanden** in. Het gaat om de verhouding van de weerstanden per kenmerk. Dit moet u dus geheel los zien van de eerder gegeven wegingsfaktoren. Vaak zijn niet alle onderdelen relevant.
Geef als het even kan een weerstandswaarde bij de onderdelen waar een pijltje voor staat. Indien u andere onderdelen relevant vindt bij het betreffende kenmerk kunt u ook daarbij een weerstandswaarde geven.

betrouwbaarheid:

		laagste weerstand	hoogste weerstand
	lopen naar de auto	x	x
→	autorit	x	x
→	parkeren	x	x
→	lopen van auto tot bestemming	x	x
	lopen naar bushalte	x	x
→	wachten op de bus (voortransport)	x	x
→	busrit voortransport	x	x
	lopen van halte tot perron	x	x
→	fietsrit naar station	x	x
→	stallen bij station	x	x
	lopen van stalling naar perron	x	x
→	wachten op de trein	x	x
→	treinrit -	x	x
	lopen van trein naar de bushalte	x	x
	wachten op de bus (natransport)	x	x
→	busrit natransport	x	x
	lopen van halte naar de werkplek	x	x
	lopen van de trein naar de stalling	x	x
	fiets uit stalling halen	x	x
→	fietsrit van station tot bestemming	x	x
	lopen van stalling tot werkplek	x	x
→	fietsrit naar halte coll. verv.	x	x
→	wachten op bus collectief vervoer	x	x
→	busrit collectief vervoer	x	x
	lopen van coll. verv. tot bestemming	x	x

Voor comfort, kosten, veiligheid, bagagecapaciteit en milieuvriendelijkheid is er net zo'n invullijst.

8 Van welk alternatief zullen het meeste reizigers gebruik maken?

1, 2_{bb}, 2_{fb}, 2_{bf}, 2_{ff} of 3

9 Op welke punten moeten de niet gekozen alternatieven verbeterd worden om ze voor veel reizigers aantrekkelijker te maken dan het oorspronkelijke voorkeursalternatief?

.....

.....

10 Bij welke verslechteringen van het meest gekozen alternatief bij de voorbeeldverplaatsing zullen veel reizigers overstappen op een andere vervoerwijzecombinatie?

.....

.....

11 Heeft u er bezwaar tegen als ik, naar aanleiding van alle gegeven antwoorden, over een paar weken nog een aantal vragen kom stellen?

ja/nee

VII.d de experts

Er zijn acht personen geraadpleegd:

- Sanders, hoogleraar bij de sectie Infrastructuur-planning
- Schrijnen, wetenschappelijk medewerker bij Infrastructuur-planning
- de Boer, wetenschappelijk medewerker bij Infrastructuur-planning
- Schaeffer, afstudeerder bij Infrastructuur-planning
- van Goeverden, wetenschappelijk medewerker bij Verkeerskunde
- Egeter, wetenschappelijk medewerker bij Verkeerskunde
- Westland, wetenschappelijk medewerker bij Verkeerskunde
- Botma, wetenschappelijk medewerker bij Verkeerskunde

VII.e hoe het ging

Het heeft enige tijd geduurd voordat het was gelukt om met alle geselecteerde experts een afspraak te maken. Het beantwoorden zelf verliep vrij soepel. De geschatte tijd, 20 à 30 minuten bleek aan de krappe kant. De tijd die men gebruikte voor het invullen varieerde van 20 minuten tot een uur. Dit kwam ook doordat veel van de geraadpleegde personen regelmatig afweken van de vragen en hun eigen verhaal gingen vertellen. Dit was echter geen bezwaar.
De vragen bleken wel een aantal moeilijke punten te bevatten:
Het leek erop dat bij vraag 7 om veel te veel informatie in een keer werd gevraagd. Men bladerde eerst beangstigd naar achteren om te zien hoe ver het door liep. Als eenmaal begonnen was met invullen bleek het toch vrij vlot te gaan.
Het was voor de meeste experts moeilijk om niet steeds terug te vallen op de eigen mening op plaatsen waar het ging om de weerstanden zoals ze worden ervaren door de gemiddelde reiziger. Zo'n zelfde fout werd gemaakt door de eigen situatie en de in de vragen geven fictieve voorbeeld situatie door elkaar te halen. Waarschijnlijk hebben deze verwarringen wel tot enige afwijkingen in de antwoorden geleid. Hoe groot deze afwijking is valt moeilijk te achterhalen. Er is geen reden om te verwachten dat het feit dat de vragen niet anoniem zijn afgenomen invloed heeft gehad op de antwoorden.

bijlage VIII: testresultaten

inhoud

VIII.a variërende *c* en *h* 132
VIII.b variërende *m* 132
VIII.c ongewogen totalen 134
VIII.d resultaten per expert 135

bijlage VIII: testresultaten

Het testen leverde een grote hoeveelheid informatie op. Het meeste staat in tabellen die gemaakt zijn in Excel. Hier zijn er een aantal afgedrukt en van commentaar voorzien. De belangrijkste conclusies die uit het testen volgen staan in hoofdstuk 6.

VIII.a variërende *c* en *h*

Door het model zowel met de lineaire als met de omgekeerd exponentiële correctie-methode te draaien en de coëfficiënten *c* en *h* te variëren is onderzocht hoe het model de beste resultaten geeft. De resultaten van de testen staan hieronder. In paragraaf 6.2 is dit probleem verder behandeld.

Vergelijking werkelijke keuzes experts met modeluitkomsten I

weging lineair		expert 1		expert 2		expert 3		expert 4		expert 5		expert 6		expert 7		expert 8					
		w-w	alg.	w-w	alg.	w-w	alg.	w-w	alg.	w-w	alg.	w-w	alg.	w-w	alg.	w-w	alg.				
keuze 1 en 2		2ff		2ff		2bb,2fb		2fb		1		2fb		2ff		2ff					
keuze 1, 2 en 3			2ff		2ff		3, soms 2		2fb		1		3		2ff,3		2ff			totaal aantal	
weerstand onafhankelijk van de tijdsduur																				goed:	
	evamix	1	1	1	1	1	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1	3			2	3
	gew. som	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	3			1	
weerstand lineair afhankelijk van de tijdsduur																					
	evamix	1	3	1	3	1	3	2ff	3	1	3	1	3	1	3	2ff	3	c=0.2		5.5	
c=0.2	gew. som	1	1	1	1	1	3	2ff	3	1	3	1	3	1	3	2ff	3			5.5	11
	evamix	1	3	1	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	c=0.4		6.5	
c=0.4	gew. som	1	1	1	1	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3			6.5	13
	evamix	1	3	1	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	2ff	c=0.6		7.5	
c=0.6	gew. som	1	1	1	1	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	2ff			7.5	15
	evamix	1	3	1	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	2ff	c=0.8		7.5	
c=0.8	gew. som	1	1	1	1	2ff	2ff	2ff	3	2ff	2ff	2ff	3	2ff	2ff	2ff	2ff			6.5	14
	evamix	1	3	1	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	2ff	c=1		7.5	
c=1	gew. som	1	1	1	1	2ff	2ff	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	2ff	2ff	2ff			6.5	14
	evamix	2ff	2ff	1	2ff	2ff	2ff	2ff	3	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	w*t		8	
w*t	gew. som	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff			10	18
weerstand omgekeerd exponentieel afhankelijk van de tijdsduur																					
h=5	evamix	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	h=5		2	
	gew. som	1	1	1	1	1	1	2ff	3	1	1	1	1	1	1	1	3			2.5	4.5
h=10	evamix	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	h=10		2	
	gew. som	1	1	1	1	1	1	2ff	3	1	1	1	1	1	1	2ff	3			3.5	5.5
h=15	evamix	1	1	1	1	1	1	2ff	3	1	1	1	1	1	1	2ff	2ff	h=15		4.5	
	gew. som	1	1	1	1	1	1	2ff	3	1	1	1	1	1	1	2ff	3			3.5	8
h=20	evamix	1	1	1	1	1	3	2ff	3	1	3	1	3	1	1	2ff	2ff	h=20		5.5	
	gew. som	1	1	1	1	2ff	3	2ff	3	1	1	1	3	1	1	2ff	2ff			7	12.5
h=25	evamix	1	1	1	1	2ff	3	2ff	3	1	3	2ff	3	1	1	2ff	2ff	h=25		6.5	
	gew. som	1	1	1	1	2ff	2ff	2ff	3	2ff	2ff	2ff	3	1	1	2ff	2ff			4.5	11
h=30	evamix	1	1	1	1	2ff	3	2ff	3	2ff	3	2ff	3	1	2ff	2ff	2ff	h=30		6.5	
	gew. som	1	1	1	1	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff			6.5	13.0
h=40	evamix	1	3	1	1	2ff	2ff	2ff	3	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	h=40		6.5	
	gew. som	1	1	1	1	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff	2ff			7	13.5

figuur VIII.1: de resultaten van de testen met verschillende waarden voor de coëfficiënten c en h.

VIII.b variërende *m*

In het model is het mogelijk om de wegingsfaktoren tot een bepaalde macht (*m*) te nemen. Op deze wijze worden, indien m groter is dan 1, de kenmerken met een hoge wegingsfaktor nog zwaarder meegeteld dan die met lage wegingsfaktoren. Er zijn een drie verschillende

waarden voor *m* uitgeprobeerd. De resultaten van deze test staan in figuur VIII.2. De belangrijkste uitkomsten en conclusies staan in paragraaf 6.2.

Vergelijking werkelijke keuzes experts met modeluitkomsten I

			expert 1		expert 2		expert 3		expert 4		expert 5	
			w-w	alg.	w-w	alg.	w-w	alg.	w-w	alg.	w-w	alg.
keuze tussen 1 en 2			2ff		2ff		2bb,2fb		2fb		1	
keuze tussen 1, 2 en 3				2ff		2ff		3, soms 2		2fb		1
weg. lin.	weerst. lin.	evamix	1	3	1	3	**2ff**	**3**	**2ff**	3	2ff	3
m=1	c=0.6	gew. som.	1	1	1	1	**2ff**	**3**	**2ff**	3	2ff	3
	omgek. exp.	evamix	1	1	1	1	1	**3**	**2ff**	3	**1**	3
	h=20	gew. som.	1	1	1	1	**2ff**	**3**	**2ff**	3	**1**	**1**
weg. lin.	weerst. lin.	evamix	1	3	1	1	**2ff**	**3**	**2ff**	3	2ff	3
m=1.5	c=0,6	gew. som.	1	1	1	1	**2ff**	**3**	**2ff**	3	2ff	3
	weerst. omgek. exp.	evamix	1	1	1	1	1	**3**	**2ff**	3	**1**	3
	h=20	gew. som.	1	1	1	1	**2ff**	**3**	**2ff**	3	**1**	3
weg. lin.	weerst. lin.	evamix	1	3	1	1	**2ff**	**3**	**2ff**	3	2ff	3
m=2	c=0,6	gew. som.	1	1	1	1	**2ff**	**3**	**2ff**	3	2ff	3
	weerst. omgek. exp.	evamix	1	1	1	1	1	**3**	**2ff**	3	**1**	3
	h=20	gew. som.	1	1	1	1	1	**3**	**2ff**	3	2ff	3

			expert 6		expert 7		expert 8					
			w-w	alg.	w-w	alg.	w-w	alg.				
keuze tussen 1 en 2			2fb		2ff		2ff					**aant.**
keuze tussen 1, 2 en 3				3		2ff,3		2ff				**goed:**
weg. lin.	weerst. lin.	evamix	**2ff**	**3**	**2ff**	**3**	**2ff**	**2ff**	m=1	c=0.6	7.5	15
m=1	c=0.6	gew. som.	**2ff**	**3**	**2ff**	**3**	**2ff**	**2ff**			7.5	
	omgek. exp.	evamix	1	**3**	1	1	**2ff**	**2ff**		h=20	7	12.5
	h=20	gew. som.	1	**3**	1	1	**2ff**	**2ff**			5.5	
weg. lin.	weerst. lin.	evamix	**2ff**	**3**	**2ff**	**3**	**2ff**	**2ff**	m=1.5	c=0.6	7.5	15
m=1.5	c=0,6	gew. som.	**2ff**	**3**	**2ff**	**3**	**2ff**	**2ff**			7.5	
	weerst. omgek. exp.	evamix	1	**3**	1	1	**2ff**	**2ff**		h=20	5.5	11.5
	h=20	gew. som.	1	**3**	1	1	**2ff**	**2ff**			6	
weg. lin.	weerst. lin.	evamix	**2ff**	**3**	1	**3**	**2ff**	**2ff**	m=2	c=0.6	6.5	13
m=2	c=0,6	gew. som.	**2ff**	**3**	1	**3**	**2ff**	**2ff**			6.5	
	weerst. omgek. exp.	evamix	1	**3**	1	1	**2ff**	**2ff**		h=20	5.5	10
	h=20	gew. som.	1	**3**	1	1	**2ff**	**2ff**			4.5	

weg. lin.	= weging lineair	**1**	= autoverplaatsing		
weerst. lin.	= weerstand lineair afhankelijk	**2ff**	= trein met fiets als voor- en natransport		
	van de tijdsduur	**2fb**	= trein met fiets als voortransport		
omgek. exp.	= weging omgekeerd		en bus als natransport		
	exponentieel afhankelijk van	**2bb**	= trein met bus als voor- en natransport		
	de tijdsduur	**3**	= collectief vervoer tot aan de		
w-w	= woon-werk		bestemming met langer stuk fietsen		
alg.	= algemeen		als voortransport		

figuur VIII.2: testresultaten met een variërende waarde voor m.

VIII.c ongewogen totalen

Voor een aantal verschillende waarden van de correctiefaktoren zijn per kenmerk de weerstanden van de verschillende vervoerwijzecombinaties in een tabel gezet. Bij elk kenmerk is de laagste weerstand dik gedrukt. Deze tabellen maken inzichtelijk wat de sterke en zwakke punten van het ene alternatief ten opzichten van een ander alternatief zijn.

ongecorrigeerd		tijd	betrouwb.	comfort	veiligheid	bag.cap.	milieuvr.	kosten
	alt.1	**0.71**	**0.34**	**0.27**	**0.48**	**0.24**	1.00	0.81
	alt. 2ff	0.85	0.56	0.73	0.97	0.86	0.31	0.85
	alt. 2fb	0.92	0.74	0.82	0.94	0.87	0.54	0.94
	alt. 2bf	0.94	0.82	0.90	1.00	0.99	0.54	0.91
	alt. 2bb	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	0.76	1.00
	alt. 3	0.77	0.44	0.51	0.60	0.56	**0.29**	**0.63**

Indien de weerstanden niet gecorrigeerd worden met de tijdsduur van elk onderdeel scoort de auto wel erg goed. De trein-alternatieven die uit meer onderdelen bestaan scoren hopeloos slecht ten opzichten van alternatief 3 en vooral het autoalternatief

c=0.6		tijd	betrouwb.	comfort	veiligheid	bag.cap.	milieuvr.	kosten
	alt.1	**0.71**	0.78	**0.43**	1.00	**0.20**	1.00	0.87
	alt. 2ff	0.85	**0.60**	0.69	0.80	0.89	**0.24**	0.75
	alt. 2fb	0.92	0.77	0.83	0.74	0.92	0.30	0.85
	alt. 2bf	0.94	0.84	0.86	0.76	0.98	0.32	0.91
	alt. 2bb	1.00	1.00	1.00	**0.70**	1.00	0.38	1.00
	alt. 3	0.77	0.63	0.69	0.89	0.93	0.27	**0.70**

c=0,6 is de waarde die uiteindelijk de beste resultaten lijkt te geven en gebruikt wordt bij het zoeken naar kansrijke maatregelen. De volgende tabellen horen bij de andere coëfficiënten die bij de test zijn vergeleken met *c*=0,6.

c=0.4		tijd	betrouwb.	comfort	veiligheid	bag.cap.	milieuvr.	kosten
	alt.1	**0.71**	0.74	**0.41**	1.00	**0.20**	1.00	0.87
	alt. 2ff	0.85	0.60	0.69	0.85	0.89	**0.24**	0.76
	alt. 2fb	0.92	0.76	0.83	0.79	0.91	0.31	0.85
	alt. 2bf	0.94	0.84	0.86	0.81	0.98	0.33	0.91
	alt. 2bb	1.00	1.00	1.00	**0.75**	1.00	0.39	1.00
	alt. 3	0.77	**0.61**	0.67	0.91	0.89	0.27	**0.70**

De auto is nu betrouwbaarder dan de trein met fiets als voor- en natransport (2ff). De fiets-collectief-vervoer-combinatie is comfortabeler dan 2ff geworden. In het algemeen geldt dat de auto en alternatief 3 nu beter scoren ten opzichte van de trein alternatieven.

c=0.8		tijd	betrouwb.	comfort	veiligheid	bag.cap.	milieuvr.	kosten
	alt.1	**0.71**	0.80	**0.44**	1.00	**0.19**	1.00	0.87
	alt. 2ff	0.85	**0.61**	0.69	0.78	0.90	**0.24**	0.75
	alt. 2fb	0.92	0.77	0.83	0.72	0.92	0.30	0.84
	alt. 2bf	0.94	0.84	0.86	0.73	0.98	0.32	0.91
	alt. 2bb	1.00	1.00	1.00	**0.67**	1.00	0.37	1.00
	alt. 3	0.77	0.64	0.70	0.88	0.95	0.27	**0.70**

Bij *c*=0,8 zijn er weinig veranderingen ten opzichte van *c*=0.6.

h=20		tijd	betrouwb.	comfort	veiligheid	bag.cap.	milieuvr.	kosten
	alt.1	**0.71**	0.68	**0.38**	0.97	**0.17**	1.00	0.78
	alt. 2ff	0.85	**0.58**	0.65	0.92	0.89	**0.28**	0.69
	alt. 2fb	0.92	0.75	0.82	0.84	0.92	0.35	0.81
	alt. 2bf	0.94	0.82	0.83	0.84	0.97	0.37	0.88
	alt. 2bb	1.00	1.00	1.00	**0.77**	1.00	0.45	1.00
	alt. 3	0.77	0.60	0.65	1.00	0.93	0.30	**0.65**

De omgekeerd exponentiële correctie methode geeft het beste resultaat bij een halveringstijd (*h*) van 20. In dat geval is alternatief 3 het minst veilig. Dit komt door het lange stuk fietsen. Ten opzichte van *c*=0.6 is het verschil tussen de laagste en de hoogste scores nu wat groter.

Als *c* of *h* worden gevarieerd verandert er zeer weinig aan de verhouding tussen de trein alternatieven. In mindere mate gaat dit ook op voor 1 en 3, de autoverplaatsing en de combinatie van fiets en collectief vervoer tot aan de bestemming.

VIII.d resultaten per expert

Voor verschillende coëfficiënten is per expert gekeken of de modeluitkomsten hetzelfde zijn als de opgegeven vervoerwijzekeuze. De resultaten hiervan staan in de tabellen in bijlage VIII.a. Hier worden de modelresultaten bij de gekozen coëfficiënten nog eens onder elkaar gezet en vergeleken met de opgegeven keuzes van de experts. Indien die twee niet overeen komen is in de rechter kolom het verschil in totaalweerstand tussen de twee alternatieven vermeld. Als ze wel overeen komen staat daar het verschil met de eerstvolgende vervoerwijzecombinatie.

expert1:

	opgegeven keuze	keuze van model	verschil totaalweerstand
excl. combi 3	2ff	1	0,01
incl. combi 3	2ff	1	0,01

Er is weinig verschil tussen het juiste en het door het model gekozen alternatief, maar de aversie van expert 1 tegen de auto wordt in het model niet meegenomen.

expert2:

	opgegeven keuze	keuze van model	verschil totaalweerstand
excl. combi 3	2ff	1	0,02
incl. combi 3	2ff	1	0,02

De totalen van de combinaties liggen zeer dicht bij elkaar; 1, 2ff en 3 schelen nooit meer dan 0,02. (Indien de evamix-correctie methode gebruikt wordt scheelt het ook maar 0,04) Expert 2 heeft z'n hoogste wegingsfaktor bij tijd, z'n laagste bij kosten en een hogere weging van bagagecapaciteit dan de andere experts. Dit lijkt in niet overeenstemming te zijn met het feit dat hij toch niet voor de auto kiest.

expert 3:

	opgegeven keuze	keuze van model	verschil totaalweerstand
excl. combi 3	2bb of 2fb	2ff	0,22 of 0,09
incl. combi 3	3, soms 2	3	0,07

Combinatie 3 wordt gekozen Verder geldt hier hetzelfde als hieronder bij Expert 4 wordt uitgelegd; de bus als voor- en natransport komt er nooit uit.

expert 4:

	opgegeven keuze	keuze van model	verschil totaalweerstand
excl. combi 3	2fb	2ff	0,08
incl. combi 3	2fb	3	0,09

Zonder combinatie 3 is 2fb is wel de tweede keus, 2fb kan met de huidige weerstanden per kenmerk echter vrijwel onmogelijk beter scoren dan 2ff; 2fb is alleen beter op veiligheid en dat kenmerk heeft bij Expert 4 juist een zeer lage score. Dit probleem is uitgebreider behandeld in paragraaf 6.4. Indien combi 3 wel meedoet schelen 2ff en 3 bijna niets, maar 2fb blijft daar wat achter.

expert 5:

	opgegeven keuze	keuze van model	verschil totaalweerstand
excl. combi 3	1	2ff	0,05
incl. combi 3	1	3	0,06

Bij expert 7 hebben de kosten een veel hogere wegingswaarde dan bij de andere experts. De in werkelijkheid gekozen auto scoort hier niet goed op. Verder is de betrouwbaarheid van het autoalternatief in het model lager dan die van de openbaar vervoer alternatieven terwijl expert 7 aan alle overstappen een hogere onbetrouwbaarheid toekent dan aan de autoverplaatsing.

expert 6:

	opgegeven keuze	keuze van model	verschil totaalweerstand
excl. combi 3	2fb	2ff	0,07
incl. combi 3	3	3	0,01

Alleen op veiligheid scoort 2fb wat beter dan 2ff. Bus als voor- of natransport zal pas gekozen worden als het kenmerk comfort wordt gesplitst of een iets andere inhoud krijgt.

expert 7:

	opgegeven keuze	keuze van model	verschil totaalweerstand
excl. combi 3	2ff	2ff	0,03
incl. combi 3	2ff of 3	3	0,03

Expert 7 kiest zeer solide de door hem gekozen vervoerwijzecombinatie. Dit komt voornamelijk door de hoge wegingsfaktoren bij betrouwbaarheid en milieu. Op beide punten scoort 2ff het best.

expert 8:

	opgegeven keuze	keuze van model	verschil totaalweerstand
excl. combi 3	2ff	2ff	0,07
incl. combi 3	2ff	2ff	0,01

In dit geval blijkt het model de juiste uitkomsten te geven. Indien in dit geval in plaats van de gemiddelde weerstanden alleen de door expert 8 opgegeven weerstanden worden gebruikt kloppen de modeluitkomsten minder goed met de opgegeven keuze. Dit versterkt de in paragraaf 6.1 geuite verwachting dat inderdaad voor de gemiddelde reiziger is geantwoord.

bijlage IX: effect van maatregelen

inhoud:

IX.a cruciale kenmerken 139
IX.b weerstanden bij de 'gemiddelde reiziger' 140
IX.c testen zinvolle maatregelen 147

bijlage IX: effect van maatregelen

Het model is ontwikkeld met het doel het effect van mogelijke maatregelen op de vervoerwijzekeuze te meten. In deze bijlage wordt onderzocht of hier ook aan wordt voldaan. Per expert wordt nagegaan of de maatregelen waarvan hij beweert dat ze invloed hebben op zijn eigen keuze ook in het model een belangrijke rol spelen. Deze cruciale veranderingen aan het vervoersysteem worden ook wel ja-nee-schakels genoemd. In de paragraaf 7.3 in de hoofdtekst wordt gekeken of de maatregelen waarvan de experts aangaven dat ze de keuze van de reiziger in het algemeen sterk beïnvloeden dat ook in het model doen.

IX.a cruciale kenmerken

Bij een aantal experts is onderzocht wat het effect van de door hen aangegeven maatregelen is als ze in het model worden ingevoerd. Sommige experts gaven type veranderingen die hun vervoerwijzekeuze zou veranderen die niet zinnig zijn om in het model in te voeren. Voorbeelden hiervan zijn; 'als ik een auto zou hebben' en 'fiets en openbaar vervoer niet beschikbaar'. Veel genoemde maatregelen zijn niet bij alle experts uitgetest. Dit zou te veel werk hebben gekost en weinig nieuwe informatie hebben opgeleverd. De verschuivingen die hieronder in de tabellen zijn genoemd geven alleen de verandering van de totaalweerstand aan. Dit zegt niets over percentages reizigers die van vervoerwijze wisselen. Ter indicatie van de grootte van de veranderingen; de waarden van de totaalweerstanden liggen bij de gewogensom-correctie ongeveer tussen de 0,5 en de 1. In praktijk liggen ze vaak vrij dicht bij elkaar. De getallen zijn wel bruikbaar om de groottes van de effecten van verschillende maatregelen met elkaar te vergelijken.

Expert 1

beïnvloeding eigen keuze			
maatregel/verandering	**verandering in model**	**effect**	**verklaring/conclusie**
zelden een zitplaats	comfortweerstand trein en bussen verhogen tot 9.	weinig verschil; hooguit 0,04. bij de bussen scheelt het bijna niets.	het comfort van bussen was al slecht. verwachte verschuiving van 2bb naar 2ff ontbreekt.
extra overstap	verdubbelen weerstand een overstap. alleen wachten is verdubbeld, niet de loopafstand.	vrij veel effect; van 0,07 bij auto-2bb tot 0,11 bij auto 2ff.	2bb scoorde toch al slecht op dit punt. afstemmen overstap kan grote invloed hebben op keuze!

Expert 2

beïnvloeding eigen keuze			
maatregel/verandering	**verandering in model**	**effect**	**verklaring/conclusie**
gezondheid gaat achteruit.	weging comfort 2 keer zo hoog	verschuiving naar auto van 0,03 tot 0,08	auto is in model het comfortabelst. Als iemand echt invalide is zal de weging nog veel ingrijpender veranderen.

Expert 6

beïnvloeding eigen keuze			
maatregel/verandering	**verandering in model**	**effect**	**verklaring/conclusie**
slechtere uitvoering dienstregeling	betrouwbaarheid trein van 4 naar 6	verslechtering openbaar vervoer ten opzichte van autoalternatief varieert van 0,03 tot 0,05	verwachtte verandering; effect niet zo groot; maar één kenmerk en één onderdeel.
grotere drukte	comfort trein verdubbeld van 2,8 naar 5,6.	verslechtering treincombi's ten opzichte van auto 0 tot 0,05	scheelt weinig, comfort was al slecht.
snelle reistijd per auto	rittijd zonder congestie: 20 min.	verschuiving auto/rest enorm: 0,25 tot 0,43	tijd is belangrijk en dat blijkt ook uit het model
schonere auto	milieuvriendelijkheid van 7.9 naar 2.9	autoweerstand blijft gelijk, rest verslechtert 0 tot ,08.	weinig effect, omdat weging milieu niet zo hoog is

Expert 7

beïnvloeding eigen keuze			
maatregel/verandering	**verandering in model**	**effect**	**verklaring/conclusie**
vermindering reistijd	reistijd trein en bussen kwart omlaag	verschuiving tussen auto en ov tussen 0.09 en 0.13	vrij veel effect. een kwart van de tijd af is dan ook vrij fors
niet lopen	halveren loopweerstanden, uitgezonderd bagagecapaciteit	geringe verschuiving; hooguit 0,03.	verrassend laag. dit komt doordat de weerstanden al laag waren.

Expert 8

beïnvloeding eigen keuze			
maatregel/verandering	**verandering in model**	**effect**	**verklaring/conclusie**
geen fietspaden meer	veiligheidsweerstand van de fietsonderdelen verdubbelen.	scheelt maximaal 0,08 tussen auto en 2ff. minder verschil tussen 2ff en 2bb.	scheelt meer dan verwacht, maar deze expert heeft een uitzonderlijk hoge weging voor veiligheid.

In bijlage VIII.c is ingegaan op de maatregelen die de experts hebben opgegeven voor het beïnvloeden van de vervoerwijzekeuze van de reiziger in het algemeen

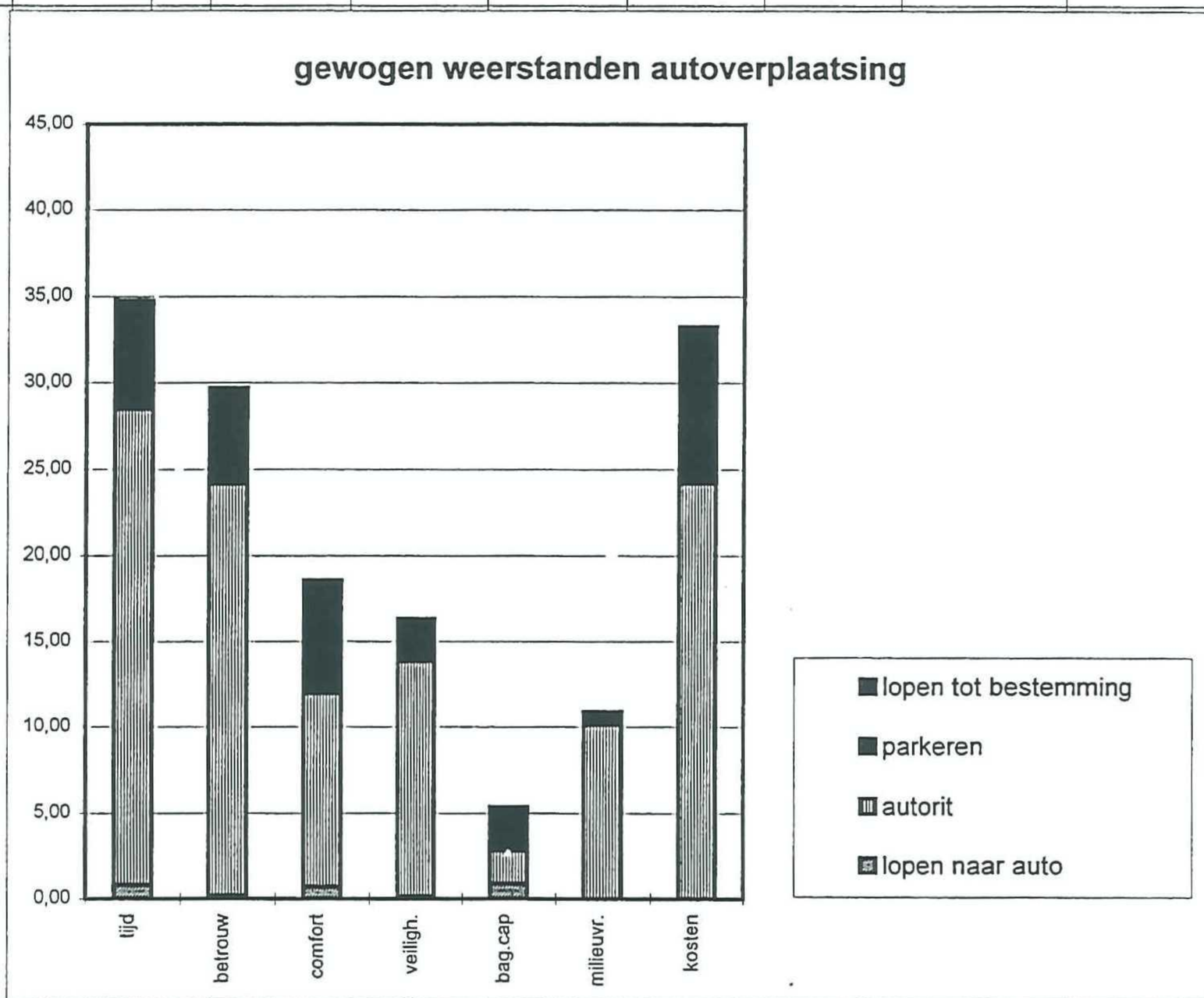
resultaat bij eigen weerstanden
Er is onderzocht wat de modeluitkomsten zijn als bij de wegingsfaktoren van een expert in plaats van de gemiddelde weerstanden alleen de door de desbetreffende expert gegeven weerstanden worden gebruikt. Over het algemeen komen de modeluitkomsten in dit geval iets beter overeen met de opgegeven keuzes dan wanneer de gemiddelde weerstanden worden gebruikt. Dit kan er op wijzen dat de expert te veel voor zichzelf in plaats van voor de gemiddelde reiziger de weerstanden heeft ingevuld. Vooral bij de expert met de weerstanden die het meest van het gemiddelde afwijken kloppen de resultaten van het model op deze wijze veel beter met zijn opgegeven keuze. Dit bevestigt het vermoeden dat hij de weerstanden voor zijn eigen situatie heeft ingevuld. Voor de optimale waarden van de coëfficiënten *m*, *h* en *c* geldt hier, met de eigen weerstandsscores hetzelfde als met de gemiddelde scores. Zie hiervoor paragraaf 6.2.

IX.b weerstanden bij de 'gemiddelde reiziger'

In deze bijlage staat voor elke vervoerwijzecombinatie een grafiek met de gewogen weerstanden van de routeonderdelen voor de verschillende kenmerken. Hierbij zijn de waarden van de 'gemiddelde' reiziger uit paragraaf 7.2 gebruikt. Deze grafieken komen rechtstreeks uit het model. Na elke verandering van de invoerwaarden worden ze daar

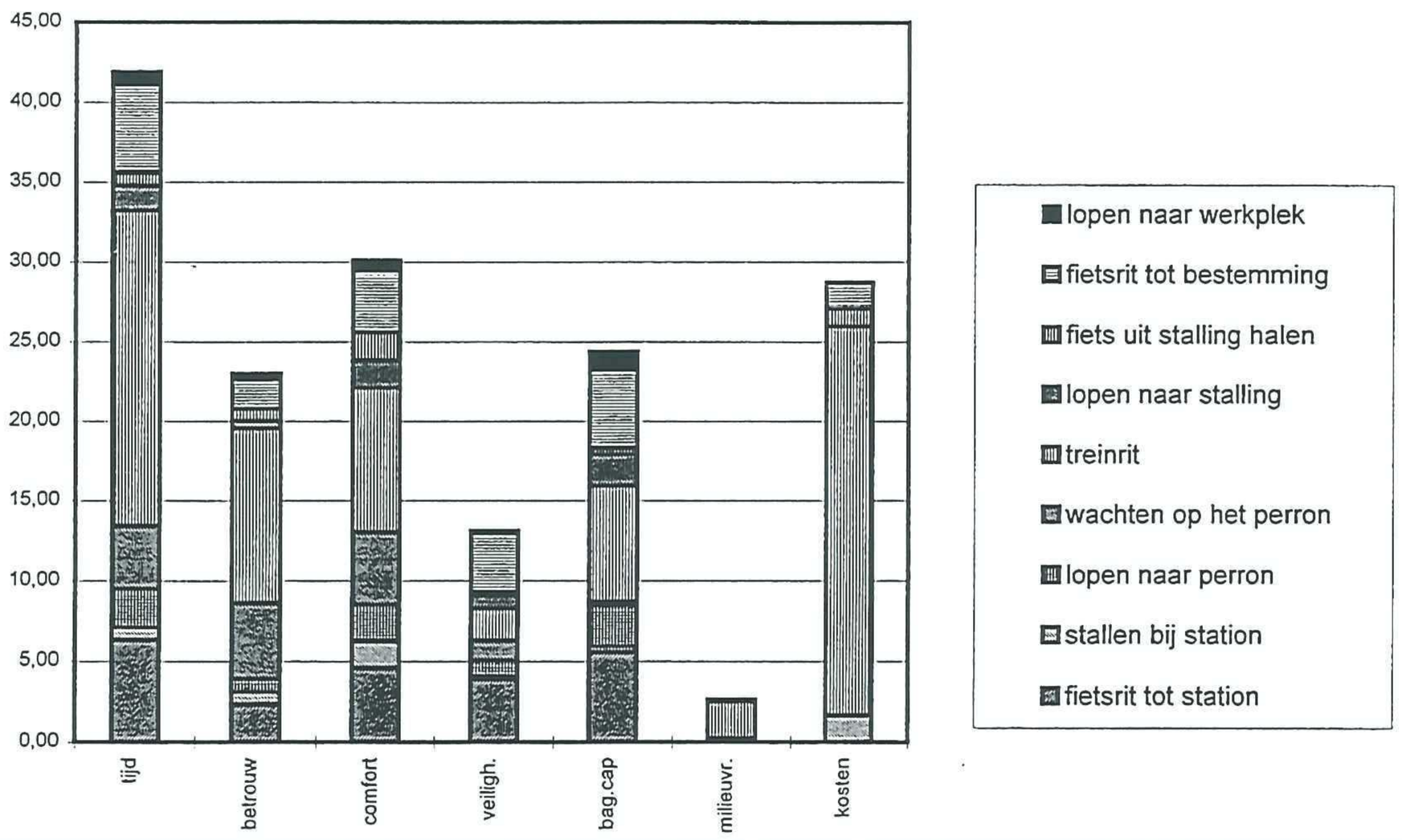
automatisch bijgewerkt. Het doel van de grafieken is het vergroten van het inzicht van in de sterke en zwakke punten van de verschillende alternatieven.

weerstandsgrafieken per alternatief voor wegingsset:								***gemiddelde***	
			tijd	betrouw	comfort	veiligh.	bag.cap	milieuvr.	kosten
	wegingen		0,22	0,17	0,20	0,07	0,12	0,05	0,17



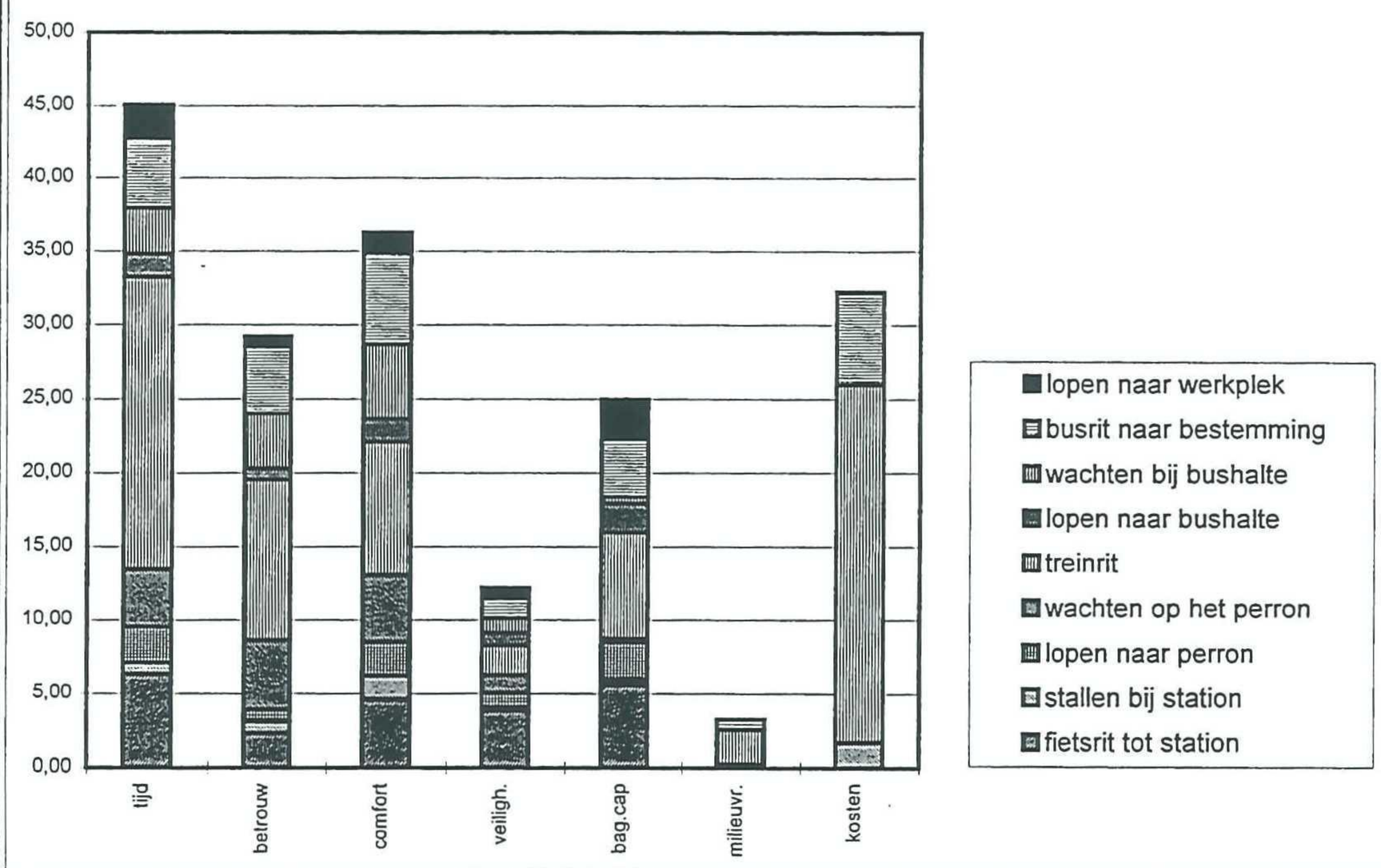
			alternatief 1 auto						
			tijd	betrouw	comfort	veiligh.	bag.cap	milieuvr.	kosten
herkomst			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar auto			0,79	0,17	0,69	0,13	0,87	0,00	0,00
parkeerplaats			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
autorit			27,65	23,95	11,22	13,70	1,90	10,09	24,16
parkeren			3,95	5,27	5,21	1,64	0,24	0,79	9,09
lopen tot bestemming			2,37	0,33	1,43	0,86	2,35	0,00	0,00

gewogen weerstanden treinverplaatsing met fiets als voor- en natransport



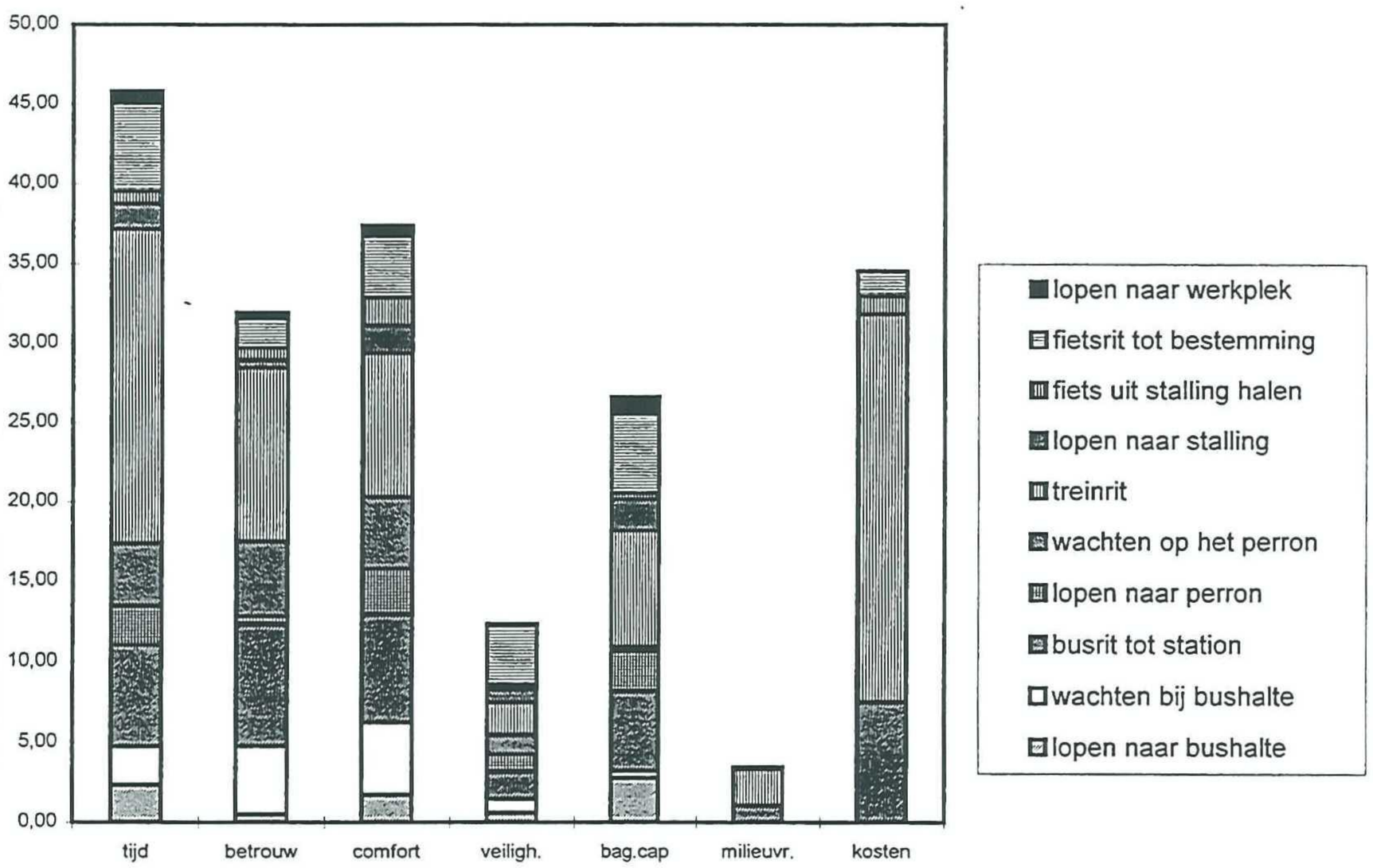
			alternatief 2ff trein met fiets als voor en natransport						
			tijd	betrouw	comfort	veiligh.	bag.cap	milieuvr.	kosten
herkomst			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen tot aan fiets			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fiets pakken			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fietsrit tot station			6,32	2,33	4,57	3,89	5,55	0,24	0,00
stallen bij station			0,79	0,79	1,63	0,11	0,35	0,00	1,66
lopen naar perron			2,37	0,78	2,28	1,02	2,54	0,00	0,00
wachten op het perron			3,95	4,70	4,55	1,23	0,24	0,00	0,00
treinrit			19,75	10,93	9,04	1,99	7,25	2,28	24,29
uitstappen			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar stalling			1,58	0,49	1,74	0,80	1,99	0,00	0,00
fiets uit stalling halen			0,79	0,78	1,76	0,28	0,35	0,00	1,13
fietsrit tot bestemming			5,53	1,90	3,81	3,68	4,98	0,11	1,59
stallen bij bestemming			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar werkplek			0,79	0,32	0,69	0,11	1,11	0,00	0,00

gewogen weerstanden van de treinverplaatsing met fiets als voor- en bus als natransport



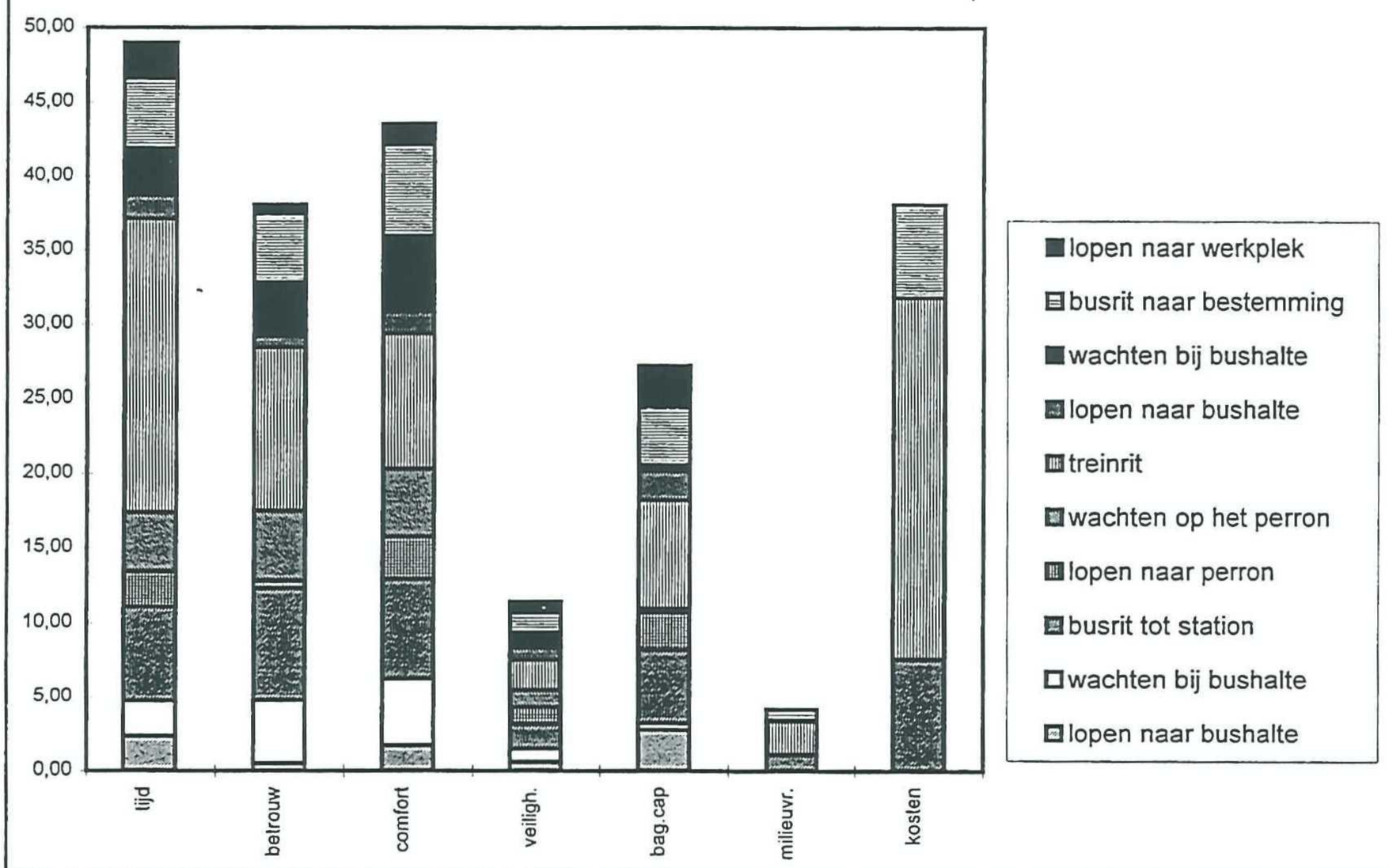
			alternatief 2fb: trein met fiets als voor- en bus als natransport					
			tijd	betrouw	comfort	veiligh.	bag.cap	milieuvr.	kosten
herkomst			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar fiets			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fiets pakken			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fietsrit tot station			6,32	2,33	4,57	3,89	5,55	0,24	0,00
stallen bij station			0,79	0,79	1,63	0,11	0,35	0,00	1,66
lopen naar perron			2,37	0,78	2,28	1,02	2,54	0,00	0,00
wachten op het perron			3,95	4,70	4,55	1,23	0,24	0,00	0,00
treinrit			19,75	10,93	9,04	1,99	7,25	2,28	24,29
uitstappen			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar bushalte			1,58	0,74	1,51	0,85	2,00	0,00	0,00
wachten bij bushalte			3,16	3,72	5,08	1,01	0,43	0,00	0,00
busrit naar bestemming			4,74	4,56	6,19	1,33	3,90	0,77	6,29
uitstappen			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar werkplek			2,37	0,65	1,41	0,71	2,71	0,00	0,00

gewogen weerstanden van de treinverplaatsing met bus als voor- en fiets als natransport



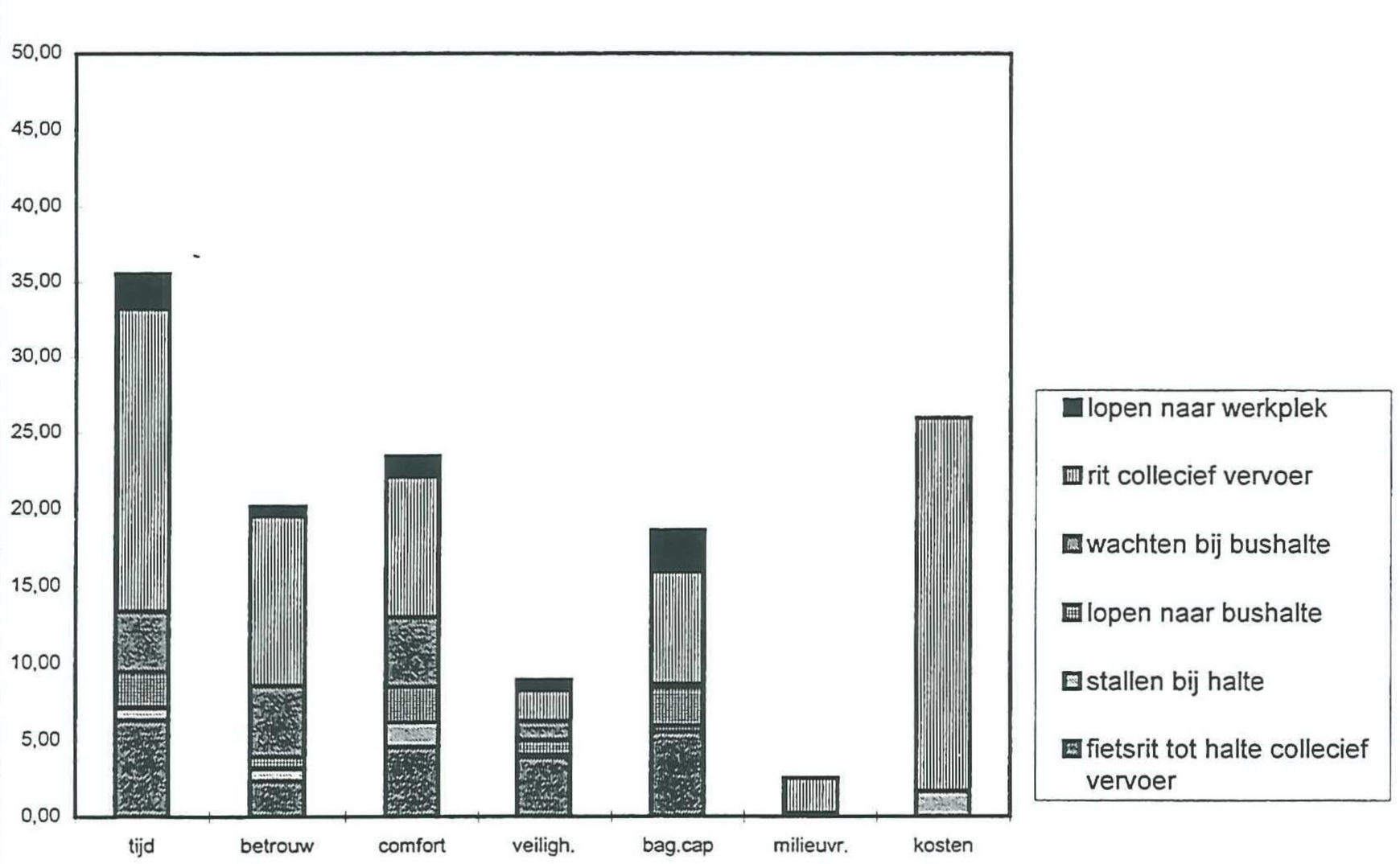
			alternatief 2bf trein met bus als voor- en fiets als natransport					
			tijd	betrouw	comfort	veiligh.	bag.cap	milieuvr.	kosten
herkomst			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar bushalte			2,37	0,48	1,73	0,58	2,81	0,00	0,00
wachten bij bushalte			2,37	4,28	4,51	0,89	0,41	0,00	0,00
busrit tot station			6,32	7,54	6,67	1,70	4,94	1,08	7,52
uitstappen bij station			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar perron			2,37	0,51	2,85	1,07	2,53	0,00	0,00
wachten op het perron			3,95	4,70	4,55	1,23	0,24	0,00	0,00
treinrit			19,75	10,93	9,04	1,99	7,25	2,28	24,29
uitstappen			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar stalling			1,58	0,49	1,74	0,80	1,99	0,00	0,00
fiets uit stalling halen			0,79	0,78	1,76	0,28	0,35	0,00	1,13
fietsrit tot bestemming			5,53	1,90	3,81	3,68	4,98	0,11	1,59
stallen bij bestemming			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar werkplek			0,79	0,32	0,69	0,11	1,11	0,00	0,00

gewogen weerstanden van de treinverplaatsing met bus als voor- en natransport



			alternatief 2bb: trein met bus als voor- en natransport					
			tijd	betrouw	comfort	veiligh.	bag.cap	milieuvr.	kosten
herkomst			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar bushalte			2,37	0,48	1,73	0,58	2,81	0,00	0,00
wachten bij bushalte			2,37	4,28	4,51	0,89	0,41	0,00	0,00
busrit tot station			6,32	7,54	6,67	1,70	4,94	1,08	7,52
uitstappen bij station			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar perron			2,37	0,51	2,85	1,07	2,53	0,00	0,00
wachten op het perron			3,95	4,70	4,55	1,23	0,24	0,00	0,00
treinrit			19,75	10,93	9,04	1,99	7,25	2,28	24,29
uitstappen			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar bushalte			1,58	0,74	1,51	0,85	2,00	0,00	0,00
wachten bij bushalte			3,16	3,72	5,08	1,01	0,43	0,00	0,00
busrit naar bestemming			4,74	4,56	6,19	1,33	3,90	0,77	6,29
uitstappen			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar werkplek			2,37	0,65	1,41	0,71	2,71	0,00	0,00

gewogen weerstanden van het collectief vervoer met fiets als voortransport



				alternatief 3: collectief vervoer met fiets als voortranspor					
				tijd	betrouw	comfort	veiligh.	bag.cap	milieuvr.
herkomst				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar fiets				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fiets pakken				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
fietsrit tot halte collecief vervoer				6,32	2,33	4,57	3,89	5,55	0,24
stallen bij halte				0,79	0,79	1,63	0,11	0,35	0,00
lopen naar bushalte				2,37	0,78	2,28	1,02	2,54	0,00
wachten bij bushalte				3,95	4,70	4,55	1,23	0,24	0,00
rit collecief vervoer				19,75	10,93	9,04	1,99	7,25	2,28
uitstappen bij bestemming				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lopen naar werkplek				2,37	0,65	1,41	0,71	2,71	0,00

IX.c testen zinvolle maatregelen

Bij de raadpleging is de experts gevraagd naar maatregelen die veel reizigers van de auto naar de andere alternatieven laten overstappen. De gegeven antwoorden zijn hieronder op een rijtje gezet. Indien een maatregel vaker genoemd werd is dat met streepjes aan de rechter kant aangegeven.

verslechteringen autosysteem:	
betrouwbaarheid	II
comfort	
parkeergeld verhogen	IIII
snelheid	
rijkosten omhoog	
rekening rijden	
transfo-buffers	
kosten omhoog	
parkeren verder van de werkplek af	
drastische toename congestietijd	IIIII

verbeteringen aan het openbaar vervoer:	
hogere frequentie	II
betere aansluiting bus/trein	
minder overstappen	II
meer lees- werkmogelijkheden	
betrouwbaarheid	III
tijd	II
comfort	
sociale veiligheid	
loopafstand verkorten	
fietsafstand (alt3) verkorten	
snelbus (alt3) op loopafstand	
comfort/zitplaatsgarantie	II
betere oppervlakte ontsluiting (korter lopen bij herkomst en bestemming) (heeft toch niet veel effect)	

De meest genoemde maatregelen zijn met het model uitgeprobeerd. Hiervoor zijn ze omgezet in de volgende veranderingen van de ingevoerde weerstandsscores:

maatregel	aanpassing van de modelinvoer
parkeergeld verhogen.	kostenweerstand parkeren bij bestemming verhogen van 8 naar 18 gulden per dag.
toename congestietijd. Dit gebeurt vanzelf indien niet wordt ingegrepen.	congestie maal 2: tijdsweerstand autorit van 35 naar 50 en betrouwbaarheidsweerstand autorit stijgt met 2,5 punten van 6,4 naar 8,9.
betrouwbaarheid openbaar vervoer beter. Vrije banen en dynamische informatiesystemen.	betrouwbaarheidsweerstanden van haltes/perrons en de ritten halveren.
zitplaatsgarantie en comfortverbetering ov. Bijvoorbeeld door inzet van meer en moderner materieel.	comfortweerstand trein en bus halveren

Hiervan is vervolgens bekeken of ze ook in het model de vervoerwijzekeuze sterk beïnvloeden. Dit is gedaan voor de in de vorige paragraaf beschreven gemiddelde weerstanden en de 5 onderscheiden reizigerscategorieën.

		gemiddeld		zakenman		student		met kind		bejaarde		baanloze		
		afwijking van gemiddelde reiziger												
beginsituatie:	alt1.	**0.67**		**0.65**	-0.02	0.71	0.04	**0.63**	-0.04	**0.68**	0.01	0.70	0.04	
	alt2ff.	0.73		0.73	0.00	0.72	-0.01	0.77	0.03	0.73	-0.01	0.69	-0.05	
	alt2fb.	0.82		0.83	0.00	0.80	-0.02	0.85	0.03	0.81	-0.01	0.78	-0.04	
	alt2bf.	0.86		0.87	0.01	0.84	-0.02	0.89	0.03	0.85	-0.01	0.82	-0.04	
	alt2bb	0.95		0.96	0.01	0.92	-0.03	0.98	0.03	0.93	-0.02	0.91	-0.04	
	alt3.	0.72		0.71	-0.01	**0.71**	-0.02	0.75	0.03	0.73	0.01	**0.67**	-0.05	
		afwijking van beginsituatie												
parkeerkosten-	alt1.	**0.69**	0.02	**0.66**	0.02	0.74	0.03	**0.65**	0.02	**0.70**	0.02	0.73	0.03	bij geen enkele categorie
weerstand van	alt2ff.	0.72	-0.01	0.72	-0.01	0.70	-0.02	0.75	-0.01	0.72	-0.01	0.67	-0.02	verandert de keuze
8,5 naar 17	alt2fb.	0.81	-0.01	0.81	-0.01	0.78	-0.02	0.84	-0.01	0.79	-0.01	0.76	-0.02	
	alt2bf.	0.84	-0.02	0.85	-0.01	0.82	-0.02	0.88	-0.02	0.83	-0.02	0.80	-0.02	verschuiving tussen auto
	alt2bb	0.93	-0.02	0.95	-0.01	0.89	-0.02	0.96	-0.02	0.91	-0.02	0.89	-0.02	en ov min. 0.2 en max.
	alt3.	0.71	-0.01	0.70	-0.01	**0.69**	-0.02	0.74	-0.01	0.72	-0.01	**0.66**	-0.01	0.5 (bij baanloze)
duur autorit 50	alt1.	0.80	0.14	0.80	0.15	0.83	0.13	0.77	0.14	0.79	0.12	0.83	0.13	iedereen kiest nu alt.3:
betrouwbaarheid	alt2ff.	0.67	-0.06	0.67	-0.06	0.66	-0.06	0.71	-0.06	0.65	-0.07	0.63	-0.06	fiets + collectief ov.
van 6,4 naar 8,9	alt2fb.	0.75	-0.07	0.76	-0.07	0.73	-0.07	0.78	-0.07	0.73	-0.08	0.71	-0.07	
	alt2bf.	0.78	-0.08	0.79	-0.07	0.76	-0.08	0.82	-0.07	0.76	-0.09	0.74	-0.08	verschuiving bij alle
	alt2bb	0.86	-0.09	0.88	-0.08	0.83	-0.08	0.90	-0.08	0.83	-0.09	0.82	-0.09	categorien erg groot
	alt3.	**0.66**	-0.06	**0.66**	-0.06	**0.64**	-0.06	**0.69**	-0.06	**0.65**	-0.08	**0.61**	-0.06	tussen 0.19 en 0.23
betrouwbaarheid	alt1.	0.70	0.04	0.70	0.05	0.73	0.03	**0.67**	0.04	0.71	0.04	0.74	0.04	student en bejaarde
ov-ritten en haltes	alt2ff.	0.72	-0.02	0.71	-0.02	0.71	-0.01	0.75	-0.02	0.71	-0.02	0.67	-0.02	stappen over op alt 3.
gehalveerd	alt2fb.	0.79	-0.03	0.78	-0.04	0.77	-0.02	0.82	-0.03	0.78	-0.03	0.75	-0.03	
	alt2bf.	0.82	-0.04	0.82	-0.05	0.81	-0.03	0.85	-0.04	0.81	-0.04	0.78	-0.04	verschuiving vrij vors:
	alt2bb	0.89	-0.05	0.89	-0.07	0.88	-0.04	0.92	-0.05	0.88	-0.05	0.85	-0.05	min 0.4 bij student en
	alt3.	**0.70**	-0.02	**0.69**	-0.02	**0.69**	-0.01	0.74	-0.02	**0.71**	-0.02	**0.66**	-0.02	max. 0.12 bij zakenman
comfortweerstan	alt1.	**0.69**	0.03	**0.68**	0.03	0.72	0.02	**0.66**	0.03	**0.71**	0.03	0.72	0.02	bij geen enkele categorie
trein en bus	alt2ff.	0.75	0.02	0.75	0.02	0.73	0.01	0.78	0.02	0.75	0.02	0.70	0.01	verandert de keuze
gehalveerd	alt2fb.	0.83	0.01	0.83	0.01	0.80	0.01	0.86	0.01	0.82	0.01	0.78	0.01	
	alt2bf.	0.87	0.01	0.88	0.01	0.84	0.01	0.90	0.01	0.86	0.01	0.82	0.01	overal een zeer kleine
	alt2bb	0.95	0.00	0.96	0.00	0.92	0.00	0.98	0.00	0.93	0.00	0.91	0.00	verschuiving: tussen 0.1
	alt3.	0.73	0.00	0.72	0.00	**0.71**	0.00	0.76	0.00	0.73	0.01	**0.68**	0.00	en 0.3. *

* omdat bij het halveren van de comfort waarstand het alternatief met de hoogste weerstandswaarde het meeste daalt stijgen door de gebruikte gewogen-sommethode weeratand van alternatieven die er eigenlijk ook op vooruit zouden moeten gaan

alt1. = autoverplaatsing
alt2ff. = treinverplaatsing met fiets als voor- en als natransport
alt2fb. = treinverplaatsing met fiets als voor- en bus als natransport
alt2fb. = treinverplaatsing met bus als voor- en fiets als natransport
alt2bb. = treinverplaatsing met bus als voor- en als natransport
alt3. = combinatie van fiets en collectief openbaar vervoer

figuur IX.1: de weerstanden van bij de onderscheiden reizigerscategorieën voor en na de kansrijke maatregelen. Bij elke combinatie van categorie, maatregel en vervoerwijzecombinatie staat de totaalweerstand en de verandering ten opzichte van de uitgangssituatie.

verhoging parkeergeld
Uit figuur IX.1 blijkt dat met de bij de raadpleging verkregen weerstandsscores en wegingsfaktoren het effect van het verhogen van het parkeergeld vrij klein is. Dit komt niet overeen met de verwachting van een groot aantal experts. Voor dit verschil zijn drie redenen mogelijk:

1 De experts zitten er naast en parkeergeld heeft niet zo veel invloed als wordt verwacht.
2 De weging van kosten is voor de meeste categorieën hoger dan nu in het model.
3 De weerstandsscore voor het kenmerk kosten is hoger dan door de experts is opgegeven.

Het is het meest waarschijnlijk dat de fout wordt veroorzaakt door een combinatie van 2 en 3.

vergroting congestie
Een aanzienlijke vergroting van de congestie, de verandering die door de meeste experts werd genoemd, zorgt ook volgens het model voor een grote verschuiving van de modelsplit. Zoals verwacht is het effect bij de 'zakenman' het grootst. Het verschil tussen de reizigerscategorieën is echter niet zo groot.

betrouwbaarheid openbaar vervoer vergroten
Het betrouwbaarder maken van het openbaar vervoer, dat door 3 experts is genoemd, blijkt ook een redelijk groot effect op de vervoerwijzekeuze te hebben. De 'student' en de 'bejaarde' stappen over op de combinatie van fiets en collectief vervoer. Voor de bejaarde lijkt dit vreemd. Dit valt echter te verklaren door het kenmerk comfort dat zowel inspanning als voorzieningen omvat (zie paragraaf 6.4). De inspanning bij het fietsen kan daarom nooit op tegen de oncomfortabele bussen en bushaltes.

zitplaatsgarantie en comfortverbetering
Het halveren van de comfortweerstanden van de openbaar-vervoerverplaatsingen heeft volgens het mode erg weinig effect op de totaalweerstanden. Het vreemde aan de uitkomsten is dat de totaalweerstanden van een treinverplaatsing met de fiets als voor- en/of natransport licht stijgen. Dit komt door een combinatie van twee dingen; het gebruik van de gewogen-som-methode en het feit dat de hoogste weerstandsscores bij comfort door deze maatregelen het meest omlaag gaan. Uiteraard stijgen de totaalweerstanden van deze treinalternatieven minder dan die van het autoalternatief.

De richting van de veranderingen komt altijd overeen met de verwachtingen. Het is moeilijker om iets te zeggen over de grote van de veranderingen van de totaalweerstanden. Nu leverde de extra congestie meer resultaat op dan het verbeteren van de betrouwbaarheid. Als de reistijd inplaats van met 15 minuten met 8 minuten zou zijn toegenomen, de betrouwbaarheid van de autoverplaatsing met de helft toenam en de betrouwbaarheid van het openbaar vervoer maar met de helft afnam zouden de resultaten zich heel ander tot elkaar verhouden.

bijlage X: begrippenlijst

In het rapport wordt een aantal termen gebruikt die, ondanks dat ze ook ergens in de tekst worden verklaard, toch tijdens het lezen voor onduidelijkheid kunnen zorgen. In plaats van terug zoeken zal het vaak sneller zijn om de betekenis in deze lijst op te zoeken.

kalibratie: Het bepalen van de beste waarden van de parameters in een model.

correctie: Aanpassing van bepaalde invoerwaarden om ze geschikter te maken voor het model. Waarden van verschillende alternatieven krijgen altijd allemaal dezelfde 'behandeling'. Anders zouden de uitkomsten altijd in de gewenste richting kunnen worden beïnvloed.

drempelwaarde: Waarden voor bepaalde onderdelen die als ze worden overscheden voor een veto zorgen; De waarden van de andere onderdelen is dan niet meer van belang.

expertraadpleging: Informatie-inwinning door een aantal deskundigen vragen te laten beantwoorden over bepaalde situaties. Ten opzichte van het stellen van de vragen aan de direkt betrokkenen heeft het als voordeel dat met een kleiner aantal kan worden volstaan.

kenmerk: de kwaliteit (of de weerstand) van een verplaatsing en van alle onderdelen waar een verplaatsing uit bestaat is opgedeeld. Elk deel wordt een kenmerk genoemd. In het ontwikkelde model is de kwaliteit opgedeeld in tijd, betrouwbaarheid, comfort, kosten, bagagecapaciteit, veiligheid en milieuvriendelijkheid.

ontsluitend openbaar vervoer: Openbaar vervoer dat bedoeld is om reizigers dicht bij hun herkomst op te laten stappen of in de buurt van de bestemming af te zetten.

overstap: Het deel tussen twee ritten in. Bij een overstap wordt geen afstand overbrugd en bestaat voornamelijk uit wachten eventueel aangevuld met het verzamelen van informatie en het kopen van een vervoersbewijs.

relatie Een combinatie van één herkomst en één bestemming.

rit verplaatsing met één vervoermiddel. In tegenstelling tot wat gebruikelijk is kan het in dit projekt ook om een loopverplaatsing gaan.

score In dit projekt gebruikt voor de grootte van de nadelen van deel van een verplaatsing. De scores worden per kenmerk bepaald en zijn ongewogen en dus onafhankelijk van het type reiziger waar het in het betreffende geval om gaat.

tangentiële lijnen: Openbaar-vervoerlijnen die in tegenstelling tot de meeste huidige lijnen niet op een centrum zijn gericht.

verbindend openbaar vervoer: Openbaar vervoer dat vervoersknooppunten met elkaar verbindt. Bij verbindende lijnen is de snelheid vaak hoger en de halte afstand groter dan bij ontsluitende lijnen.

verplaatsing: Een reis tussen een herkomst en een bestemming. Het is niet noodzakelijk dat één van de twee de woning is. Indien vanaf de woning achter elkaar meerdere verplaatsingen naar meerdere bestemmingen worden gemaakt wordt dit een verplaatsingsketen genoemd.

vervoerwijzecombinatie: Een reeks van vervoerwijzen met tussenliggende overstappen die mogelijk zijn voor een verplaatsing tussen een bepaalde herkomst en een bepaalde bestemming.

weerstand: Het produkt van een score en een wegingsfaktor.

bijlage XI: bronnen

Aarts, H. *Habit and Decision Making*. Nijmegen, 1996. Katholieke Universiteit Nijmegen.

Berkum, E van. 'Verkeersmodellen, the next generation'. *Verkeerskunde* nr.6 1996, Den Haag.

BGC (Bureau Goudappel Coffeng bv), *Voor- en natransport in NRM en LMS*, voor PbIVVS, Deventer, 1995.

Bovy, P.H.L., A.J. van Binsbergen, T.J.H. Schoemaker en P.B.L. Wiggenraad. *Vervoersystemen en -modellen*. Delft, voorlopige uitgave 1993. TU Delft, Faculteit Civiele Techniek, vakgroep Infrastructuur.

Clement, R. en H van der Rest. *Fietsmodellen en verkeersveiligheid*. interne memo AVV. Rotterdam 1996.

DHV Raadgevend ingenieursbureau BV. *Fietsverkeer in regionale en lokale verkeersmodellen, modelontwikkeling en pilotstudie Breda*. in opdracht van Rijkswaterstaat, dienst Verkeerskunde. Amersfoort 1992.

DHV Raadgevend ingenieursbureau BV. *Verkeers- en vervoermodel voor de agglomeratie 's-Gravenhage, deel 1 technische rapportage*. Amersfoort, 1984.

Egeter, B., Th.J.H. Schoemaker, A van Binsbergen. *Multimodale opbouw van het personenvervoersysteem, verkenning en theoretisch fundament*. in opdracht van het PbIVVS. Delft, 1994. Vakgroep Infrastructuur, faculteit Civiele Techniek, TU Delft.

Evert, H van, J. Jager. 'Dienst Verkeerskunde ontwikkelt Nieuw Regionaal Model (NRM)'. *Verkeerskunde* nr.11 1992, Den Haag.

Goeverden, C.D. van, B. Egeter. *Gecombineerd gebruik van fiets en openbaar vervoer*. Delft, 1993. Vakgroep Infrastructuur, faculteit Civiele Techniek, TU Delft.

Gommers M.J.P.F., P.H.L. Bovy. *Evaluatie Fietsroutenetwerk Delft Eindrapport - Routekeuzegedrag en Netwerkgebruik*. in opdracht van Rijkswaterstaat, Delft, 1987.

Haan R. de, B. Schoenmaker, S. Geertman. *Planologische Discussiebijdragen; Multicriteria evaluatietechnieken en geografische informatiesystemen gecombineerd: een case studie*. Stichting Planologische Disussiedagen. Delft, 1994.

Hakkesteegt, P. *Een city management concept. Management informatie ter ondersteuning van beleidsbeslissingen voor de bereikbaarheid van binnensteden*. TU-Delft, Civiele Techniek, Vakgroep Verkeer. Delft 1990.

Hamerslag, R. *Verkeers- en vervoersmodellen*. college e20/e28. TU-Delft, Civiele Techniek, Vakgroep Verkeer. Delft 1987.

Hamerslag, R., J.E. Stada. *Verkeerskundige modellen II*. college e30. TU-Delft, Civiele Techniek, Vakgroep Verkeer. Delft 1995.

Korbee, H.L., O. Schmidt-Reps. 'Klantenbarometer maakt duidelijk wat de reiziger wil'. *Verkeerskunde* nr. 2 1995, Den Haag.

Louisse K, H van der Rest. *Regionale fietsplanontwikkeling en de rol van modellen daarbij.* (nabeschouwing bijeenkomst met belangrijke mensen). Haarlem, 1995.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat. *Het tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer, deel d: Regeringsbeslissing*. Den Haag 1990.

Ministerie van Volkshuisvesting ,Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. *Het Nationaal Milieubeleidsplan*. Den Haag 1989.

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening Extra, deel 4.. Den Haag, 1993.

Mu-consult BV. *Multimodaal personenvervoer: Uitwerking van kansrijke concepten*. Utrecht, 1996.

Provinciale Waterstaat, Rijkswaterstaat. *Noordvleugelstudie, technische modelbeschrijving*, met advies van DHV. 1979.

Rest, H. van der. *PROFI in Quo Vadis*. Memo binnen Rijkswaterstaat. Rotterdam, 1994.

Rijkswaterstaat, dienst verkeerskunde. *Het landelijk modelsysteem verkeer en vervoer, hoofdlijnen*. in samenwerking met Hague Consulting Group en Zandvoort Ordening & Advies. Rotterdam, 1990.

Schrijnen, P.M. *Vraag en vraagbeheersing infrastuctuur*. Delft, 1995. Faculteit Civiele Techniek, TU Delft.

Stadsontwikkeling 's-Gravenhage. *Algemeen verkeers- en vervoersonderzoek, 's-Gravenhage Leidschendam Rijswijk Voorburg Wassenaar 1968-1975*. Den Haag, 1973.

Voigt, F. *Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Verkehrssystems*. Berlijn,1960.

Vries, M.S. de. *Calculeren met beleid, theorie en praktijk van multicriteria-evaluaties*. Assen, 1993.