

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport

TNO 2021 R10649

Rapport D: Urban Tools Next II – Schattings- en modelresultaten

Datum	29 maart 2021
Auteur(s)	Maaïke Snelder, Yashar Araghi, Bachtijar Ashari, Eleni Charoniti, Gerdien Klunder, Reinier Sterkenburg, Marieke van der Tuin, Dawn Spruijtenburg, Bruno Kochan, Tom Bellemans, Erik de Romph
Exemplaarnummer	TNO-2021-SUMS-100338828
Oplage	
Aantal pagina's	91 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	
Projectnaam	Urban Tools Next
Projectnummer	060.40963

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Basisjaar	8
2.1	Introductie	8
2.2	Populatie	8
2.3	Schatting Feathers	8
2.4	Vergelijking OViN data	19
2.5	Resultaten tripaantallen	24
2.6	Resultaten voor- en natransportkeuzemodel	26
2.7	Resultaten toedeling	27
2.8	Conclusie Basisjaar	29
3	Toekomstjaar	30
3.1	Introductie	30
3.2	Populatie	30
3.3	Resultaten Feathers	30
3.4	Resultaten voor- en natransportkeuzemodel	36
3.5	Resultaten toedeling	37
3.6	Conclusie Toekomstjaar	38
4	Scenario 1a Parkeren-op-eigen-terrein	39
4.1	Introductie	39
4.1	Verfijning parkeerdata	39
4.2	Woningbouw	40
4.3	Resultaten Feathers	41
4.4	Resultaten voor- en natransportkeuzemodel	43
4.5	Resultaten toedeling	43
4.6	Conclusie scenario 1a Parkeren-op-eigen-terrein	47
5	Scenario 1b Verlaagde parkeernorm	49
5.1	Introductie	49
5.2	Resultaten Populatie	50
5.3	Resultaten Feathers	50
5.4	Conclusie scenario 1b Verlaagde parkeernorm	52
6	Scenario 2a Verlaagde parkeercapaciteit in stadscentra	53
6.1	Introductie	53
6.2	Resultaten Feathers	55
6.3	Resultaten voor- en natransportkeuzemodel	58
6.4	Resultaten toedeling	58
6.5	Conclusie scenario 2a Verlaagde parkeercapaciteit in stadscentra	59
7	Scenario 2b Verlaagde parkeercapaciteit in stadscentra en hubs en deelmobiliteit	60
7.1	Introductie	60
7.2	Modellering deelconcepten in scenario 2b en 3	62
7.3	Resultaten Feathers	62
7.4	Resultaten voor- en natransportkeuzemodel	65
7.5	Resultaten toedeling	67

7.6	Conclusie scenario 2b Verlaagde parkeercapaciteit in stadscentra en hubs en deelmobiliteit.....	67
8	Scenario 3 Grootschalige deelmobiliteit	68
8.1	Introductie	68
8.2	Resultaten Feathers	69
8.3	Resultaten tripaantallen	70
8.4	Resultaten voor- en natransportkeuzemodel	71
8.5	Resultaten toedeling	72
8.6	Conclusie scenario 3 Grootschalige deelmobiliteit	73
9	Conclusies en aanbevelingen	74
9.1	Conclusies	74
9.2	Aanbevelingen	75
10	Ondertekening	77
Details-	Location Choice Models	2
Details -	Mode Choice Models	6

Bijlage(n)

A Uitgevoerde modelruns

B Schattingsresultaten Feathers

1 Inleiding

De grote steden en regio's in Nederland gebruiken verkeersmodellen om inzicht te krijgen in het effect van diverse ontwikkelingen en interventies. Met name voor de onderbouwing van grotere investeringen spelen deze modellen een zeer belangrijke rol. De huidige geaggregeerde modellen krijgen echter steeds meer moeite met de veranderingen die we in mobiliteit waarnemen. De verplaatsingen van mensen worden complexer (combinaties van modaliteiten, bijvoorbeeld fiets + OV) en er ontstaan steeds meer nieuwe vormen van mobiliteit (autonome auto's, elektrische fietsen, deel-concepten, MaaS). Daarnaast worden ook steeds vaker maatregelen genomen waarvan het effect niet goed met de huidige modellen kan worden bepaald. Voorbeelden hiervan zijn maatregelen op het vlak van parkeren, zoals het bouwen met een lagere parkeernorm en aanpassen van tarieven, hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten.

In Activity Based Modellen (ABM) worden activiteiten en daaraan gerelateerde verplaatsingen van individuen gemodelleerd. Omdat in deze aanpak elke persoon individueel wordt gemodelleerd (microsimulatie of ook wel agent-based genoemd) is het niet alleen beter mogelijk om individueel gedrag te modelleren, maar ook om een keten van verplaatsingen van een individu beter te modelleren. In een dergelijke keten worden modaliteiten en activiteiten gecombineerd op een consistente manier die veel beter overeenkomt met de werkelijkheid (verplaatsingen komen voort uit de behoefte om activiteiten uit te voeren). Daarnaast is het mogelijk om effecten van maatregelen per doelgroep te analyseren. Daarmee kunnen deze modellen, in theorie, beter de complexere verplaatsingen van mensen modelleren en beter het effect van complexere maatregelen bepalen.

De transitie naar dit type model is echter niet zomaar te maken. De bouw van een stedelijk model is een intensieve taak en vergt de nodige expertise. In 2018/2019 is in het project "Urban Tools Next" (UTN-I) een volledig ABM gemaakt voor de regio Rotterdam. Hierbij is het activity based model Feathers van de Universiteit Hasselt ingezet. Uit dit project bleek dat het rekentechnisch goed mogelijk is een ABM te maken op de schaalgrootte van Rotterdam. De inspanning om een dergelijk model te maken is wel groter dan voor de bouw van een geaggregeerd of gedesaggregeerd model maar lijkt wel degelijk haalbaar in de praktijk.

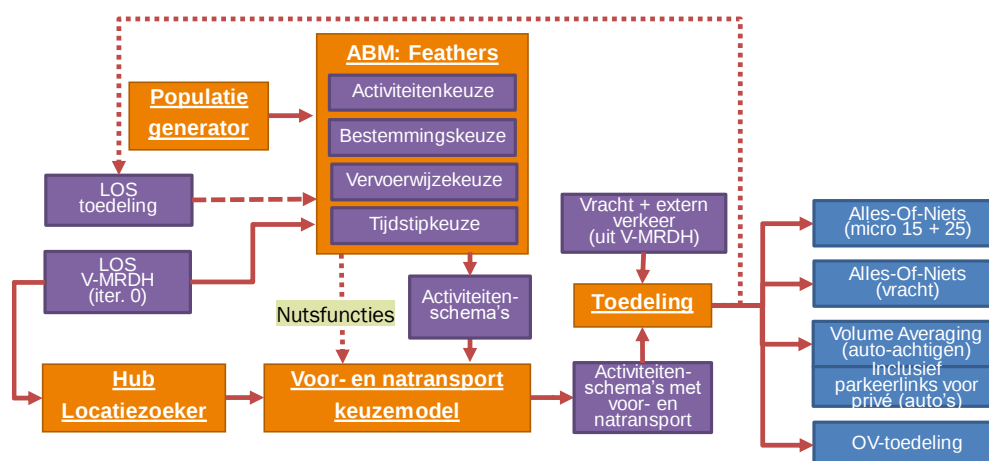
In Urban Tools Next II (UTN-II)¹ is het ABM verder doorontwikkeld en is onderzocht in hoeverre een ABM ingezet kan worden om de thema's parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten beter te kunnen modelleren. Rapport A beschrijft de methode die gevolgd is voor het modelleren van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten op een manier die bruikbaar is in activity based modellen (in het bijzonder Feathers). Op basis hiervan is in rapport B en rapport C een voorstel gedaan hoe de drie onderwerpen beter gemodelleerd kunnen worden in de vigerende modellen. De beschreven methode is toegepast op het V-MRDH-gebied. De resultaten hiervan zijn beschreven in dit rapport D. Deze vier rapporten zijn uitgebreid samengevat in de hoofdpijnrapportage van Urban Tools Next II.

¹ De projectgroep van UTN-II bestaat uit de gemeente Rotterdam, gemeente Den Haag, gemeente Utrecht, gemeente Amsterdam, Vervoerregio Amsterdam, Provincie Utrecht, Provincie Noord-Brabant, Metropoolregio Rotterdam Den Haag, Rijkswaterstaat, CBS, Universiteit Hasselt / Abeona Consult BVBA en TNO.

Methode

Figuur 1 vat de keten van modellen samen die is ontwikkeld in UTN-II. Met behulp van een populatiegenerator wordt een synthetische populatie gegenereerd voor het modelgebied inclusief de kenmerken van alle individuen en hun voertuigbezit (auto, fiets en e-bike). Het resultaat is een synthetische populatie die geaggregeerd per zone de “echte” populatie zo goed mogelijk representeert. Voor iedere persoon in deze populatie bepaalt het ABM Feathers de activiteitschema's van die persoon gedurende een gemiddelde werkdag. Dat wil zeggen dat onder andere het type activiteit van een persoon gedurende de dag, het start- en eindtijdstip van de activiteiten, de locatie van de activiteiten en de vervoerwijze waarmee de locatie van de activiteit wordt bereikt door Feathers worden gemodelleerd. Qua vervoerwijze wordt alleen de hoofdvervoerwijze (auto, autopassagier, OV, fiets of lopen) van iedere verplaatsing bepaald. De hoofdvervoerwijze is de vervoerwijze waarmee het grootste gedeelte van de afstand wordt afgelegd. Met behulp van een nieuw ontwikkeld voor- en natransportkeuzemodel worden vervolgens de vervoerwijzen voor het voor- en natransport bepaald. De keuze voor de hoofdvervoerwijze hangt dus niet af van de mogelijkheden en kenmerken van de voor- en natransportvervoerwijzen. Uiteindelijk worden alle verplaatsingen van individuen geaggregeerd tot vervoerstromen (HB-matrices) voor de verschillende hoofdvervoerwijzen per tijdsperiode welke worden toegedeeld aan het wegennetwerk en het OV-netwerk.

In principe zouden de verplaatsingsweerstand (level-of-service, LOS), de reistijden en reiskosten, weer als input kunnen worden gebruikt voor Feathers om zo meerdere iteraties uit te kunnen voeren totdat een evenwicht ontstaat tussen vraag en aanbod. In UTN-II is er echter voor gekozen om de LOS te bepalen met behulp van de gekalibreerde HB-matrices uit het V-MRDH (Verkeersmodel MRDH) en slechts 1 iteratie uit te voeren – dus geen terugkoppeling naar Feathers te gebruiken. Hier is voor gekozen omdat kalibratie van activiteitschema's en HB-matrices buiten de scope van UTN-II viel en het uitvoeren van meerdere iteraties te tijdrovend was.



Figuur 1: Modelketen UTN-II

Parkeren is gemodelleerd door autobezit aan de populatie toe te voegen, een vereenvoudigd autobezitsmodel te ontwikkelen, parkeertarieven en parkeerzoektijd aan Feathers en aan het voor- en natransport toe te voegen en parkeercapaciteiten voor verschillende motieven aan de toedeling toe te voegen. De parkeercapaciteiten inclusief gratis parkeren, betaald parkeren en parkeren-op-eigen-terrein zijn uit data

afgeleid. Ketens en hubs zijn gemodelleerd via het voor- en natransportkeuzemodel en door hubs aan de toedelingen toe te voegen. Om nieuwe mobiliteitsconcepten te kunnen modelleren is een categorisering van 7 hoofdvervoerwijzen voorgesteld waarvan er 4 categorieën zijn die opgesplitst worden in eigen voertuigbezit of deelmobiliteit (zie Tabel 1). Hierdoor is het mogelijk om vrijwel alle nieuwe mobiliteitsconcepten te modelleren. De gemiddelde snelheid, kosten, parameters en beschikbaarheid kunnen daarbij worden aangepast.

Tabel 1: Categorieën van modaliteitsconcepten en voorbeelden

Categorieën nieuwe mobiliteitsconcepten	Voorbeelden
Micro 5 km/h	Lopen
Micro 15 km/h (5-20 km/uur)*	Fiets, stepje
Micro 25 km/h (20-30 km/uur)*	E-bike, scooter
Privé (25+ km/h)*	Autobestuurder
Gedeeld privé (25+ km/h)*, **	Autopassagier, taxi
Gedeeld on-demand (25+ km/h)**	Minibus, shared taxi (ritdelen), shuttle
Gedeeld traditioneel (25+ km/h)**	Openbaar vervoer (bus, tram, metro, trein)

*Op te splitsen in eigen voertuigbezit of deelmobiliteit

**Gedeeld betekent bij deze mobiliteitsconcepten dat de rit wordt gedeeld met anderen.

De in UTN-II ontwikkelde methode voor activity based modellen is toegepast op een casestudie voor de MRDH. Hierbij is eerst een schatting gemaakt voor het basisjaar 2016. Vervolgens is de methode ingezet om een toekomstjaar en 5 verschillende scenario's door te rekenen. De scenario's zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Overzicht van de scenario's

		Parkeren	Ketens & Hubs	Nieuwe modaliteiten
0.	Referentiescenario (basisjaar 2016)			
0.	Referentiescenario (toekomstjaar 2030)			
1a.	Parkeren-op-eigen-Terrein	x		
1b.	Parkeren-op-eigen-Terrein met een lage parkeernorm voor een nieuw te bouwen wijk	x		
2a.	Parkeercapaciteit verlagen in de stad	x	x	
2b.	Parkeercapaciteit verlagen in de stad met extra hubs aan de randen van de stad en gedeelde micromodaliteiten	x	x	x
3.	Grootschalige deelmobiliteit		x	x

Beheersbaarheid

De totale rekentijd bedraagt 24-48 uur per scenario. Ondanks de versnelling van Feathers is de rekentijd van de hele modelketen dus nog steeds relatief lang:

populatiegenerator 2,5 uur, Feathers 10 uur², OV-toedeling 18 uur, autotoedeling 12-36 uur³ afhankelijk van in hoeveel detail parkeren wordt gemodelleerd. Omdat Feathers een microsimulatiemodel is waarbij random trekkingen uit kansverdelingen plaatsvinden, zouden eigenlijk meerdere modelruns uitgevoerd moeten worden om betrouwbare resultaten te generen. Aangezien de analyse van de resultaten in het UTN-II project op een hoog aggregatieniveau gebeurt, worden de stochastische effecten uitgemiddeld. In UTN-II is daarom per scenario maar één modelrun uitgevoerd omdat de focus lag op het testen van de modelmechanismen.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de resultaten van het basisjaar inclusief de schattingsresultaten. Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten voor het toekomstjaar. Hoofdstuk 4 t/m hoofdstuk 8 geven een toelichting op de doorgerekende scenario's en beschrijven de resultaten van de scenario's. Hoofdstuk 9 beschrijft tot slot de conclusies en aanbevelingen.

² Hardware: 128GB, 2x Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2660 v4 @ 2.00GHz

³ Hardware OmniTRANS-toedelingen: 16GB, Intel(R) Xeon(R) Silver 4114 CPU @ 2.20GHz

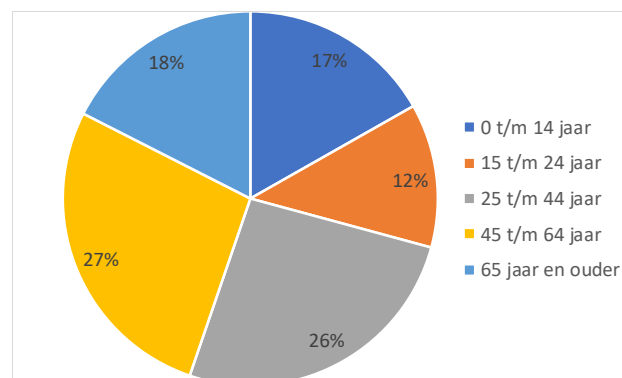
2 Basisjaar

2.1 Introductie

Het basisjaar van UTN-II is gebaseerd op de sociaal economische gegevens en het netwerk uit het V-MRDH 2016. Met behulp van de populatiegenerator is een synthetische populatie van het basisjaar gemaakt. Het Activity Based Model Feathers is geschat met behulp van OViN data (Onderzoek Verplaatsing in Nederland) van het CBS. Na de schatting is Feathers verder gekalibreerd om het gemiddelde aantal verplaatsingen per persoon per dag zo goed mogelijk overeen te laten komen met het gekalibreerde V-MRDH 2016. Het basisjaar biedt daarmee de basis voor het toekomstjaar en bijbehorende scenario's, waar de geavanceerde methodieken uit Urban Tools Next II in worden toegepast.

2.2 Populatie

De populatie in het MRDH-gebied bestaat in het basisjaar uit 3,65 miljoen personen. De verdeling over leeftijdscategorieën is weergegeven in Figuur 2. Hiervan bezit 58% een rijbewijs. Het totale autobezit in dit gebied is 1,63 miljoen. Het autobezit is overgenomen uit CBS-microdata van 2016. Achteraf bleek een deel niet geregistreerd te zijn in de MRDH-zones, waardoor het autobezit mogelijk overschat is. In totaal zijn 1,36 miljoen voertuigen te koppelen aan de MRDH-zones. 79% van de personen bezit een 'gewone' fiets en 11% een e-bike.



Figuur 2: Leeftijdsverdeling basisjaar

2.3 Schatting Feathers

Feathers vertrekt van een synthetische populatie en stelt een 'schedule' (activiteiten-verplaatsingsplan) op voor elk individu in deze populatie. Een schedule is een sequentie van episodes die samen de gesimuleerde periode (een dag) aaneensluitend en zonder overlappingsen vullen. Elke episode bestaat uit exact één trip gevolgd door een activiteit. Het opbouwen van een schedule gebeurt door één of meer home-based tours in te plannen die worden uitgevoerd ten behoeve van één hoofdactiviteit die optioneel voorafgegaan en/of gevolgd wordt door één of meer nevenactiviteiten. Bij het opbouwen van een tour worden de episodes zodanig geconfigureerd dat rekening gehouden wordt met randvoorwaarden betreffende tijd en ruimte. Binnen de schedule kunnen meerdere home-based tours voorkomen die

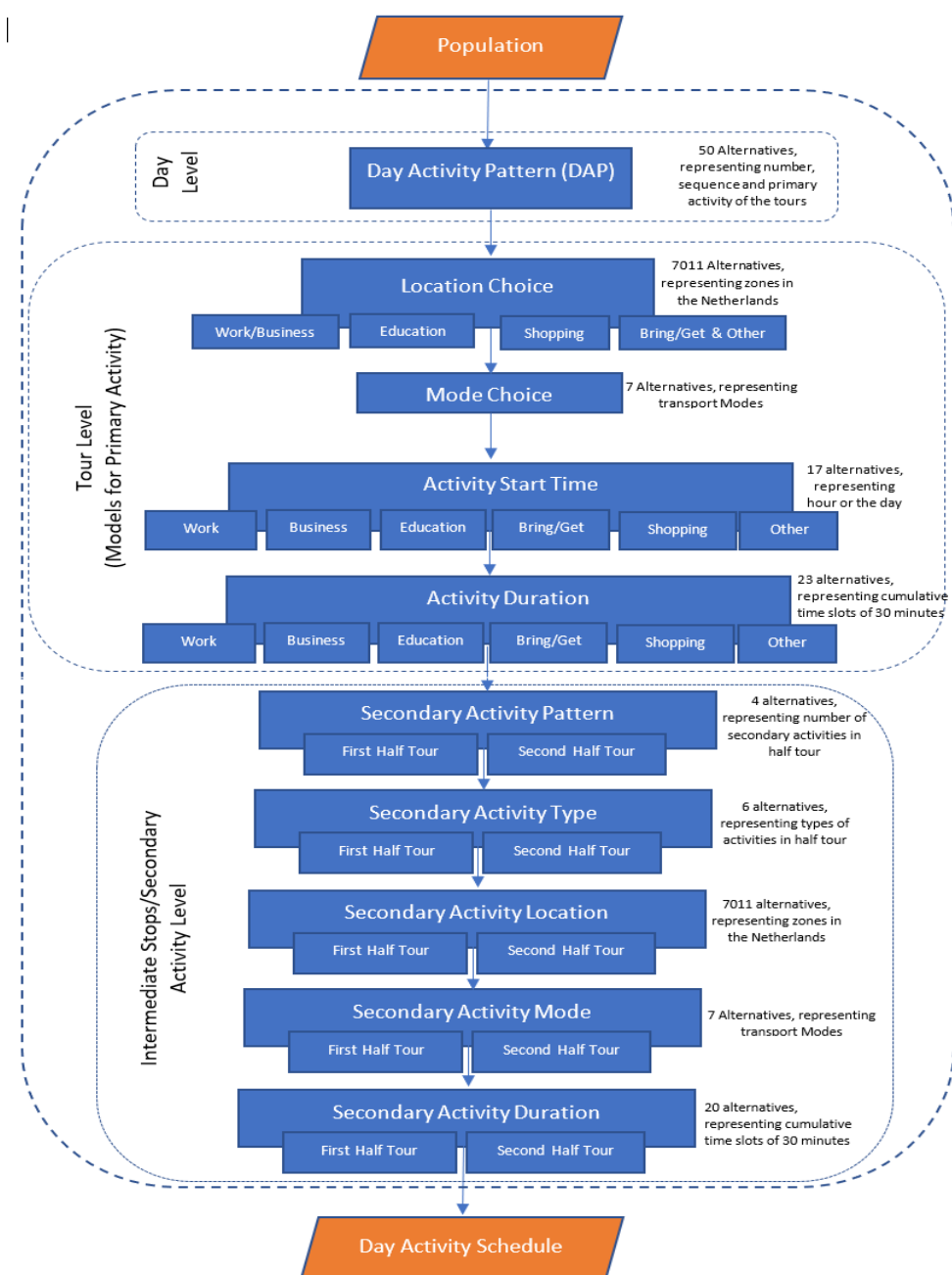
om redenen van consistentie eveneens onderling aan tijd en ruimte randvoorwaarden moeten voldoen. De belangrijkste kenmerken (attributen) die door Feathers bepaald worden voor een activiteit zijn het activiteitstype, de starttijd, de locatie en de duur van de activiteit. Het belangrijkste attribuut dat voor een trip bepaald wordt, is de hoofdmodaliteit van de trip. De stappen die Feathers doorloopt om voor ieder individu een schedule op te bouwen worden schematisch weergegeven in Figuur 3.

Het Feathers model wordt geschat op basis van geobserveerde schedules die beschikbaar zijn in het OViN. In totaal moeten 28 submodellen geschat worden, een werkwijze die vergelijkbaar is met die van andere activiteiten-gebaseerde modellen (Arentze en Timmermans, 2004⁴; Bowman en Ben-Akiva, 2001⁵; Adnan et al 2016⁶). Elk blauw blok in Figuur 3 stelt een discreet keuzemodel voor. Bovenaan vinden we het 'Daily Activity Pattern (DAP)' model dat voor elke persoon het aantal tours, de hoofdactiviteit voor elke tour en de opeenvolging van de tours bepaalt. Dit model kiest uit 50 mogelijke patronen. Deze 50 patronen komen overeen met 96% van de in de OViN voorkomende schedules. Voor elke hoofdactiviteit van elke tour wordt vervolgens de locatie, de vervoerwijze, de starttijd en de duur van de hoofdactiviteit bepaald. Na het bepalen van de attributen van de hoofdactiviteit (primary activity) wordt de tour in twee delen opgedeeld: de eerste helft van de tour is het deel dat voorafgaat aan de hoofdactiviteit en de tweede tourhelft komt na de hoofdactiviteit. Vervolgens worden zowel voor de eerste als voor de tweede helft van de tour de nevenactiviteiten (secondary activities) gemodelleerd: het aantal nevenactiviteiten in het tourdeel, het type activiteit, de locatie, de gebruikte transport modaliteit en de duurtijd worden bepaald. Het vertrektijdstip van een tour vanaf de thuislocatie wordt bepaald op basis van het tijdstip van de primaire activiteit in de tour en 'tegen de klok in' terug te rekenen naar het vertrektijdstip van de tour. Hierbij wordt rekening gehouden met de duur van nevenactiviteiten die aan de hoofdactiviteit voorafgaan (indien aanwezig) en de reistijden tussen de locaties van de activiteiten (op basis van Level of Service gegevens). Op deze wijze wordt een eerste tourhelft verkregen die consistent is in tijd en ruimte. De werkwijze voor de tweede helft van de tour is vergelijkbaar, maar hier wordt 'vooruit' gerekend: op basis van de starttijd en de duur van de hoofdactiviteit wordt de eindtijd van de hoofdactiviteit bepaald. Vervolgens wordt op basis van de duur van de nevenactiviteiten in de tweede tourhelft (indien aanwezig) en de reistijden tussen de locaties het eindtijdstip van de tour bepaald. Het voorgestelde resultaat wordt getoetst op consistentie in tijd en ruimte en indien nodig bijgesteld. Als de bijstellingen te groot zijn dan wordt 'rescheduled'.

⁴ Arentze, T. A. & Timmermans, H. J. P. (2004) Learning-based transportation oriented simulation system. *Transportation Research Part B: Methodological*, 38: 613-633.

⁵ Bowman, J.L., Ben-Akiva, M.E., 2001. Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. *Transportation research part a: policy and practice* 35, 1–28.

⁶ Adnan, M., Pereira, F., Lima Azevedo, C., Basak, K., Lovric, M., Raveau, S., Zhu, Y., Ferreira, J., Zegras, C., Ben-Akiva, M., 2016. SimMobility: A Multi-Scale Integrated Agent-based Simulation Platform. Presented at 95th Annual meeting, Transportation Research Board, Washington, USA



Figuur 3: Schematische voorstelling van de stappen (submodellen) die Feathers voor elk individu in de synthetische populatie doorloopt bij het opbouwen van de schedules. Elk blok stelt een (groep van) discrete keuzemodellen voor.

De ruimtelijke resolutie waarop Feathers werkt bij het bepalen van de locatie van activiteiten wordt bepaald door de zonering van het V-MRDH (TAZ of 'travel analysis zones'). De gemiddelde grootte van een zone in het modelgebied (zone type 1 t/m 5 in Figuur 4) is 0.5 km². De tijdsresolutie is één minuut. Deze hoge resolutie is nodig om de consistentie te kunnen toetsen en om korte activiteiten en verplaatsingen goed te kunnen modelleren. De schedule wordt opgebouwd door een aantal opeenvolgende beslissingen te nemen zoals toegelicht in Figuur 3. Elke beslissing wordt door een discreet keuzemodel gemodelleerd en het nemen van een beslissing komt neer op het samplen van een waarde rekening houdend met de waarschijnlijkheden van de alternatieven die aangegeven worden door het discrete

keuzemodel. Zoals reeds toegelicht bij Figuur 3 bestaat het opbouwen van een schedule uit een sequentie van beslissingen. Hierbij kan het resultaat van een voorafgaande beslissing gebruikt worden als input voor een volgende beslissing. Aangezien opeenvolgende beslissingen worden genomen op basis van een trekking waarbij enkel rekening gehouden wordt met de toe te passen kansverdeling is het mogelijk dat er inconsistenties ontstaan (bijvoorbeeld onwaarschijnlijke combinaties of overlappende activiteiten). Feathers beschikt over een aantal mechanismen om deze inconsistenties zo veel mogelijk te vermijden/op te heffen. In bepaalde gevallen slaagt Feathers hier niet in en dan wordt de schedule verworpen en wordt een volledig nieuwe schedule opgebouwd. Het aantal herhaalde pogingen (reschedulings) was voor de simulaties in dit project kleiner dan 5%.

Feathers beschikt over een generiek deel dat voor verschillende projecten hergebruikt kan worden. Daarnaast wordt ook gebruik gemaakt van een project specifieke bibliotheek waar bijvoorbeeld de keuzemodellen, die op maat van de gemodelleerde regio gedefinieerd en geschat worden, in vervat zitten. De rekenintensieve delen werden in C geprogrammeerd. De keuzemodellen worden in Python gespecificeerd en geschat gebruik makend van Biogeme. De koppeling tussen de discrete keuzemodellen in de Python code, de geschatte modelcoëfficiënten en de C-code van het generieke Feathers luik is geautomatiseerd door middel van een code generator om fouten tijdens manuele interventies te vermijden. De Feathers implementatie leent zich uitermate tot het paralleliseren van het opbouwen van de schedules voor een populatie. Zo werd in dit project gebruik gemaakt van een zesvoudige parallelisatie, wat resulteerde in een rekentijd van ongeveer 10 uur en 25 minuten voor 3.6 miljoen gesimuleerde personen, wat neerkomt op het bouwen van ongeveer 100 schedules per seconde. In Feathers 3.0 (uit het vorige UTN I project) was dit 2.5 schedules per seconde.

In de volgende paragrafen beschrijven we de belangrijkste submodellen voor dit project: de locatiekeuze modellen voor primaire activiteiten en het modale keuzemodel (vervoerwijzekeuze) voor primaire activiteiten. Bijlage B bevat de gedetailleerde schattingsresultaten.

2.3.1 *Locatiekeuze voor primaire activiteiten*

In Feathers onderscheiden we vier typen van primaire activiteiten:

1. Werk en zakelijke activiteiten
2. School activiteiten
3. Shopping activiteiten
4. Andere activiteiten (bv. Brengen/Halen, Vrije tijd, Sociaal bezoek, enz.)

Om de complexiteit van het locatiekeuzemodel beter beheersbaar te houden wordt voor elk van deze vier typen een apart locatiekeuzemodel geschat. De locatiekeuzemodellen zijn grote modellen omdat (i) er een groot aantal keuzealternatieven is (elk van de 7011 TAZ is een mogelijke bestemming), (ii) elke TAZ heeft meerdere attributen die deze TAZ kenmerken en (iii) het grote aantal level-of-service kenmerken dat beschouwd kan worden. Indien we bovendien gebruik zouden maken van *logsums* dan neemt het aantal raadplegingen van LOS-waarden tijdens de simulatie dermate toe dat dit een haalbare simulatie in het gedrang kan brengen. Daarom maken we geen gebruik van *logsums* maar gebruiken we een proxy die bestaat uit de reistijd en de reiskosten (gewogen volgens de relatieve frequentie van trips voor de verschillende dagdelen) van de auto en van het openbaar

vervoer. Tijdens het schatten van de modellen werd eveneens informatie over de beschikbare parkeerinfrastructuur (gratis en betalend) aangeboden en daar waar deze attributen significant waren werden ze in het model opgenomen. De geschatte parameters (modelcoëfficiënten) zijn in de locatiekeuzemodellen gelijk voor elk van de alternatieven. De locatiekeuze modellen zijn vrij rekenintensief om te schatten door de omvang van de data (groot aantal alternatief-specifieke attributen en groot aantal alternatieven). Daar waar deze significant waren werden ook variabelen die de attractiviteit van een TAZ weergeven opgenomen (zogenaamde 'size variables').

Gegeven een vertrekpunt i en een beslissingsmaker m , ziet de veralgemeende utiliteitsfunctie $U_{j|im}$ voor bestemmingslocatie j er als volgt uit:

$$U_{j|im} = \sum_{x,y} \beta_{TravelImpedance,x,y} * TravelImpedance_{ijxy} + \beta_{size} * \log(Size_j) + \beta_{radius} * Radius_{intrazonal_j} + \sum \beta_{OtherVariable,j,m} * OtherVariable_{jm}$$

$$Size_j = ParkingSpace_j + \alpha_1 * Employment_j + ... + \alpha_n * Retail_area_j$$

De variabelen die gebruikt worden in de vergelijkingen zijn als volgt gedefinieerd:

$TravelImpedance_{ijxy}$: de reisweerstand tussen vertreklocatie i en bestemmingslocatie j . Als grootheden x die de reisweerstand beschrijven beschouwen we de reistijd en de reiskost. Aangezien de reisweerstand afhankelijk is van de gekozen modaliteit en deze tijdens de locatiekeuze nog niet gekend is beschouwen we de reisweerstand voor twee modaliteiten y , namelijk de auto en het traditioneel openbaar vervoer, als maatgevend voor de bereikbaarheid van de bestemming. Dit is een sterke aanname die bij een geneste schatting niet nodig zou zijn. Op zich is een geneste modellering wel mogelijk. Hier is in UTN-II vanwege de beperkt beschikbare tijd niet voor gekozen. Aangezien de reisweerstand afhankelijk zijn van het tijdstip van de dag, maar deze informatie tijdens de locatiekeuze evenmin gekend is wordt gebruik gemaakt van een gewogen gemiddelde van de reisweerstand over de dagdelen. De wegingsfactoren werden op basis van de verdeling van de trips over de dagdelen uit een eerdere Feathers run gehaald. Afhankelijk van het type locatiemodel dat beschouwd wordt, wordt soms $TravelImpedance_{ijxy}$ vervangen door $\log(TravelImpedance_{ijxy})$.

$Radius_{intrazonal_j}$: Equivalente straal van zone j , berekend als $\sqrt{\frac{oppervlakte_j}{\pi}}$. Deze term wordt enkel in rekening gebracht indien de herkomst zone i dezelfde is als de bestemmingszone j .

$OtherVariable_{jm}$: Bijkomende variabelen die in rekening gebracht worden die een kenmerk kunnen zijn van de locatie (j) zoals bijvoorbeeld

verstedelijking of van het individu (m) zoals bijvoorbeeld geslacht of bezit van een rijbewijs.

$Size_j$: Een combinatie van variabelen die een indicatie geven van de omvang en aantrekkingskracht van de beschouwde zone j . Afhankelijk van het type locatiemodel kunnen de gebruikte attributen variëren, bv. voor het locatiemodel voor school zal het aantal beschikbare schoolplaatsen gebruikt worden, terwijl die voor het locatiemodel voor het motief 'Shoppen' en voor het motief 'Werken' respectievelijk de attributen 'winkeloppervlakte' en 'arbeidsplaatsen' zijn. Ook stedelijkheidsgraad, aantal inwoners en totale horeca oppervlakte worden in sommige modellen gebruikt. Het aantal parkeerplaatsen, wat bestaat uit de som van de gratis en de betalende parkeerplaatsen, is specifiek voor dit project een relevant attribuut.

Tabel 3 bevat ter illustratie de resultaten van de schatting en de goodness-of-fit statistieken voor het locatiekeuzemodel voor het 'Shopping' motief (motief 5). Het model werd geschat op OViN gegevens van 2013 t/m 2017 met behulp van Biogeme. Er werden in totaal 7 modelcoëfficiënten geschat gebruik makend van een gegevensset bestaande uit 4312 observaties. Alle modelcoëfficiënten (kolom 'Value' in Tabel 3) hebben een realistisch teken en zijn significant (hebben een p-waarde kleiner dan 0.05). Zo heeft de coëfficiënt b_WINKEL_OPP bijvoorbeeld een positief teken wat betekent dat de utiliteit van een zone in het locatiekeuzemodel voor het 'Shopping' motief (en dus de kans dat deze zone als locatie gekozen wordt) toeneemt naarmate er een grotere winkeloppervlakte aanwezig is in de betreffende zone. De rho-square indicator die de kwaliteit van de fit van het model op de gegevensset weergeeft heeft een waarde van 0.585, wat aangeeft dat het model significant beter in staat is om de informatie in de gegevensset te reproduceren dan een model waarbij alle modelcoëfficiënten gelijk zijn aan 0.

Tabel 3: Resultaten van de schatting en goodness-of-fit statistieken voor het 'Shopping' locatiekeuzemodel

Number of estimated parameters: 7				
Sample size: 4312				
Excluded observations: 0				
Init log likelihood: -38183.78				
Final log likelihood: -15850.62				
Likelihood ratio test for the init. model: 44666.32				
Rho-square for the init. model: 0.585				
Rho-square-bar for the init. model: 0.585				
Akaike Information Criterion: 31715.23				
Bayesian Information Criterion: 31759.82				
Final gradient norm: 1.7592E-02				
Name	Value	Std err	t-test	p-value
b_WINKEL_OPP	4.79	0.774	6.19	6.16e-10
b_intrazonal	1.17	0.0887	13.2	0
b_log_cost	-0.705	0.0145	-48.7	0
b_radius_intrazonal	-0.000844	8.56e-05	-9.86	0
b_size	0.932	0.0144	64.6	0
b_tt_gedeeldtraditioneel	-0.00344	0.000314	-11	0
b_tt_prive_nietgedeeld	-0.00645	0.000675	-9.56	0

2.3.2 Vervoerwijzekeuzemodel voor primaire activiteiten

Om nieuwe mobiliteitsconcepten te kunnen modelleren worden de 7 nieuwe modaliteitsconcepten in het modale keuzemodel geïntroduceerd. Elke denkbare modaliteit kan op basis van kenmerken zoals snelheid, gewicht, omvang, individueel of collectief, mee te nemen in het OV of niet en passagierscapaciteit ondergebracht worden in één van de 7 mode categorieën (hoofdmodaliteiten). Een belangrijk voordeel van het gebruik van deze hoofdmodaliteiten is dat nieuwe modaliteiten en mobiliteitsconcepten eenvoudig aan het model toegevoegd kunnen worden door ze in één van de 7 mode categorieën onder te brengen.

Er wordt één vervoerwijzekeuzemodel geschat dat gebruikt wordt voor alle motieven van de primaire activiteiten. In dit model worden motief specifieke dummy variabelen voorzien die toelaten om het model beter af te stemmen op gedrag dat specifiek is voor bepaalde motieven. Voor elk alternatief worden de reistijd en de reiskosten als variabelen gebruikt in de utiliteitsfunctie. De parameter die voor de reistijd gebruikt wordt, is alternatief specifiek. Voor de reiskosten wordt een parameter gebruikt die gemeenschappelijk is voor de alternatieven. Het op basis van deze aannames geschat model levert de volgende waarden voor de 'waarde van tijd' ('value of time', VOT) op: voor openbaar vervoer $VOT_{OV} = €6/u$ en voor de auto $VOT_{auto} = €11.5/u$. In de modelspecificatie zijn de parameters voor de reistijden niet motief-specifiek omdat deze bij schatting niet allemaal significant waren. Een exacte vergelijking van dit resultaat met waarden uit de literatuur wordt bemoeilijkt doordat het niet steeds eenvoudig te achterhalen is welke kostencomponenten in diverse studies in rekening gebracht zijn, maar de bekomen waarden kunnen wel indicatief vergeleken worden

met een recente studie die in Nederland werd uitgevoerd⁷. De in Feathers bekomen VOT voor het openbaar vervoer van €6/u ligt lager dan de waarden die in voornoemd rapport op basis van bevraging worden bekomen voor zowel trein (€9/u) als bus, tram, metro (€7/u). Voor de VOT van de auto zien we in Feathers een VOT (€11/u), welke hoger ligt dan de gerapporteerde €9/u uit het rapport.

Het vervoerwijzekeuzemodel houdt ook rekening met de beschikbaarheid van privé vervoermiddelen (zoals bv. de auto) en baseert zich hiervoor op criteria zoals de leeftijd, het aantal auto's dat beschikbaar is in het huishouden en het bezit van een rijbewijs. Indien niet aan de nodige voorwaarden voldaan is om van een modaliteit gebruik te maken, dan wordt het overeenkomstig alternatief niet als keuze optie in aanmerking genomen.

De utiliteitsfuncties van het vervoerwijzekeuzemodel bevatten een aantal socio-demografische variabelen zoals de leeftijd van de persoon (age_person), de samenstelling van het huishouden⁸ (hh_composition), het opleidingsniveau (education), het bezit van een rijbewijs (driving_license), het inkomen van het huishouden (hh_income), het aantal personenauto's dat in het huishouden beschikbaar is (hh_nr_of_cars), de achtergrond van de persoon (roots_person), het al dan niet als student beschikken over een gereduceerd tarief voor het openbaar vervoer (student_pt) en de stedelijkheidsgraad van de bestemming (urbanized). Daarnaast worden ook de parkeercapaciteit in de bestemmingszone (zowel gratis als betalend) en het parkeertarief opgenomen in de utiliteitsfuncties voor de auto en het openbaar vervoer.

In totaal worden in dit model 141 parameters geschat. Voor alle geschatte coëfficiënten werd het teken nagekeken en vastgesteld dat de impact van de variabele op de utiliteitsfunctie (verhogen of verlagen van de utiliteit en dus de kans dat het alternatief gekozen wordt) intuïtief is. Een selectie van de belangrijkste parameters uit het model is weergegeven in Tabel 4. De parameters voor reistijd met de auto (b_tt_privé) en met het openbaar vervoer (b_tt_gedeeldtraditioneel) zijn alternatief specifiek terwijl de parameter voor de reiskost (b_cost) gemeenschappelijk is voor alle modaliteiten. Deze parameters hebben een negatief teken wat betekent dat de kans dat een hoofdmodaliteit gekozen wordt door het vervoerwijzekeuzemodel afneemt (de utiliteit neemt af) bij toenemende reistijd of kost van het alternatief. De parameter die we toepassen voor het parkeertarief in de bestemmingszone is alternatief specifiek (b_parking_tariff_privé en b_parking_tariff_gedeeldtraditioneel) omdat de impact van het parkeertarief op de aantrekkelijkheid van auto en openbaar vervoer verschillend is. Bij een stijgend parkeertarief daalt de aantrekkelijkheid van de auto (b_parking_tariff_privé is negatief) terwijl de aantrekkelijkheid van het openbaar vervoer toeneemt (b_parking_tariff_gedeeldtraditioneel is positief). Verder zien we dat een toename van het aantal parkeerplaatsen op de bestemming de wagen aantrekkelijker maakt (alternatief specifieke parameter b_free_parking_privé is positief). Tot slot zien we dat de auto aantrekkelijker is voor mannen (b_gender_man_privé is positief) terwijl het openbaar vervoer minder aantrekkelijk blijkt (b_gender_man_gedeeldtraditioneel is negatief).

⁷ de Jong, G. and M. Kouwenhoven (2019), "Time Use and Values of Time and Reliability in the Netherlands", International Transport Forum Discussion Papers, No. 2019/11, OECD Publishing, Paris

⁸ De personen worden aan huishoudens van verschillende samenstellingen toegewezen op basis van een set van regels.

Tabel 4: Selectie van geschatte parameters uit het vervoerwijzekeuzemodel

Parameter Name	Value	Std. Error	t-test	p-vlaue
b_cost	-0.00308	0.00222	-1.39	0.166
b_parking_tarrieff_privé	-0.00074	0.00012	-6.38	0
b_parking_tarrieff_gedeeldtraditioneel	0.00209	0.00012	17.1	0
b_tt_gedeeldtraditioneel	-0.00029	0.00011	-2.64	0.008
b_tt_privé	-0.00059	0.00023	-3.88	0
b_free_parking_privé	0.02330	0.00361	6.44	0
b_gender_man_privé	0.44600	0.05370	8.32	0
b_gender_man_gedeeldtraditioneel	-0.17600	0.07080	-2.48	0.013

In Tabel 5 worden de goodness-of-fit statistieken voor het finaal in Biogeme geschat vervoerwijzekeuzemodel getoond. Het Akaike Informatie Criterium (AIC), Bayesiaans Informatie Criterium (BIC) en de adjusted rho-square waarden werden gebruikt bij het vergelijken van de kwaliteit van verschillende modelspecificaties (formuleringen van de utiliteitsfuncties). Voor het finaal geselecteerde model is de rho-square waarde gelijk aan 0.423, wat aangeeft dat het model significant beter in staat is om de informatie in de gegevensset te reproduceren dan een model waarbij alle modelcoëfficiënten gelijk zijn aan 0.

Tabel 5: Goodness-of-fit statistieken voor het vervoerwijzekeuzemodel voor de primaire activiteiten zoals bepaald door Biogeme

```

Number of estimated parameters: 141
Sample size: 23249
Excluded observations: 129
Init log likelihood: -41548.47
Final log likelihood: -23991.67
Likelihood ratio test for the init. model: 35113.6
Rho-square for the init. model: 0.423
Rho-square-bar for the init. model: 0.419
Akaike Information Criterion: 48265.34
Bayesian Information Criterion: 49400.96
Final gradient norm: 4.6460E-01

```

Simulaties waarbij nieuwe modaliteiten geïntroduceerd worden, zoals bijvoorbeeld de beschikbaarheid van deelmobiliteit in scenario's 2b en 3, worden met het hierboven beschreven model uitgevoerd steunend op de volgende aannames: (i) de voorkeuren voor hoofdmodaliteiten die werden geschat op basis van de OViN gegevens (dus zonder aanwezigheid van de nieuwe modaliteiten) worden niet beïnvloed door het toevoegen van de nieuwe modaliteiten en (ii) de level of service (of impedantie, bv. reistijd of reiskosten) die tijdens simulatie met een hoofdmodaliteit wordt geassocieerd, wordt bepaald door de level of service van het gunstigst beschikbaar alternatief binnen die categorie.

2.3.3 Modelelasticiteiten

Na de schatting van de 28 Feathers submodellen werden een aantal simulatie experimenten uitgevoerd om na te gaan of het model zich realistisch gedraagt. De experimenten waarin de simulatieresultaten van Feathers voor het basisjaar 2016 vergeleken worden met de in OViN geobserveerde waarden worden beschreven in

Sectie 2.4. In de huidige sectie worden een aantal resultaten beschreven van experimenten die werden uitgevoerd om de elasticiteiten van het Feathers model na te gaan. Hierbij wordt telkens de reistijd of de reiskosten van hetzij de auto (privé) of het openbaar vervoer met 10% verhoogd en wordt gekeken naar de respons van het model op deze wijziging. Op basis van de bekomen elasticiteiten kunnen we nagaan of de respons van Feathers op aanpassingen van bepaalde invoergegevens (bijvoorbeeld kostprijs of reistijd) in lijn ligt met andere in de literatuur beschreven modellen.

In Tabel 6 wordt de directe elasticiteit van het aantal afgelegde kilometers voor de auto (privé) en het openbaar vervoer ten opzichte van reiskosten en reistijd weergegeven. We zien onmiddellijk aan het teken van de elasticiteiten dat de verhoogde reisweerstand (kost of reistijd) leidt tot een krimp van het aantal afgelegde kilometers, wat naar verwachting is. Om de realiteitszin van de grootte van de krimp in te schatten vergelijken we de berekende cijfers met de waarden die als richtsnoer gebruikt worden in de documentatie van het GM 2.4.0 model van het NRM (Nederlands regionaal model).

Tabel 6: Directe elasticiteit van het aantal afgelegde kilometer voor de auto (Privé) en het openbaar vervoer (OV) ten opzichte van reiskosten en reistijd

Modus	Attribuut	Elasticiteit	Referentiewaarde (GM 2.4.0 documentatie)
Privé	Reiskosten	-0.40	-0.2 tot -0.5
	Reistijd	-0.51	-0.3 tot -0.7
OV	Reiskosten	-0.59	-0.6 tot -1.2
	Reistijd	-0.75	-0.5 tot -0.7 (reistijd trein) -0.6 tot -1.3 (in-voertuig reistijd BTM)

Voor de auto zien we dat de gerapporteerde elasticiteiten van het aantal afgelegde kilometers ten opzichte van zowel de reistijd als de reiskosten binnen het als gangbaar aangenomen interval liggen. Voor het openbaar vervoer zien we dat de elasticiteit van het aantal afgelegde kilometers ten opzichte van de kostprijs van het openbaar vervoer tegen de ondergrens van het gedocumenteerde interval aan ligt, maar er net buiten valt. Hieruit kunnen we besluiten dat de respons van Feathers op het vlak van het aantal gesimuleerde openbaar vervoer kilometers ten gevolge van een wijziging van de kosten van het openbaar vervoer eerder beperkt, maar minimaal voldoende is. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat studenten in Nederland gratis reizen met het openbaar vervoer, wat hen prijsongevoelig maakt. De referentiecijfers zijn veelal internationale studies.

De elasticiteit van Feathers voor het aantal kilometers afgelegd met het openbaar vervoer ten opzichte van de reistijd is groter dan de elasticiteit voor de reiskosten. Aangezien Feathers geen expliciet onderscheid maakt tussen trein en bus-tram-metro (BTM), en de referentiewaarden in GM 2.4.0 voor trein en BTM apart beschouwd worden, is een rechtstreekse vergelijking niet mogelijk. Ten opzichte van de GM 2.4.0 elasticiteit voor trein reistijd zit de Feathers aan de hoge kant. Indien we naar het door GM 2.4.0 vooropgestelde elasticiteitsinterval voor BTM kijken dan valt de Feathers elasticiteit binnen het interval. Gelet op de beperkte overlap tussen de elasticiteitsintervallen voor trein en BTM, en gelet op de beperkte afwijking van de Feathers elasticiteit ten opzichte van het GM 2.4.0 trein interval, concluderen we dat de Feathers elasticiteit behoorlijk is.

In

Tabel 7 kijken we in meer detail naar de respons van het Feathers model op wijzigingen van de reiskosten en de reistijden voor de auto en voor het openbaar vervoer waarbij we de gesimuleerde vervoersprestatie in kilometer aggregeren per motief. Daar waar de gerapporteerde directe elasticiteiten in Tabel 6 de vervoersprestatie uitgedrukt in kilometers voor de beschouwde modaliteit zijn, wordt in

Tabel 7 de elasticiteit van de totale vervoersprestatie (geaggregeerd over alle modaliteiten heen) weergegeven. We zien dat zoals verwacht kan worden een toename van de reisweerstand (in kostprijs of reistijd) leidt tot een krimp van het aantal afgelegde kilometers en dit voor alle motieven. De gevoeligheid van het aantal afgelegde kilometers blijkt voor de meeste motieven groter aan de reistijd dan aan de reiskosten, wat een fenomeen is dat we ook in de literatuur zien.

Tabel 7: Elasticiteit van het totaal aantal afgelegde kilometer per motief ten opzichte van reistijd en reiskosten voor auto (Privé) en openbaar vervoer (OV)

Activiteit type (motief)	Privé (auto) Reiskosten Elasticiteit	Privé (auto) Reistijd Elasticiteit	OV Reiskosten Elasticiteit	OV Reistijd Elasticiteit
Home	-0.36	-0.43	-0.27	-0.41
Work	-0.27	-0.49	-0.26	-0.19
Business	-0.40	-0.43	-0.42	-0.59
BringGet	-0.59	-0.50	-0.31	-0.52
School	-0.24	-0.39	-0.23	-0.54
Shopping	-0.25	-0.25	-0.11	-0.31
Other	-0.43	-0.34	-0.30	-0.53
Totaal	-0.35	-0.42	-0.26	-0.39

Wat opvalt is de vrij grote elasticiteit voor het werk motief ('Work'), hoewel men zou verwachten dat deze beperkter zou zijn. Immers, daar men kan verwachten dat men ondanks een stijging van de reisweerstand voor een bepaalde modus toch nog naar het werk zal reizen, mogelijk gebruik makend van een anders modus, verwachten we in de totale vervoersprestatie slechts een beperkte impact. In

Tabel 7 blijkt deze impact echter niet heel erg beperkt. Een optie om hieraan tegemoet te komen is om bij het herschatten van het model aandacht te hebben voor de wijze waarop de reisweerstand doorweegt in het locatiekeuzemodel voor de werklocatie en bijvoorbeeld de vervoerwijze- en bestemmingskeuze simultaan te schatten. Daarnaast kan het model in de toekomst nog verder verfijnd worden door vergoedingen die van toepassing zijn voor woon-werkverkeer in rekening te brengen. Deze vergoedingen hebben immers een dempend effect op de prijselasticiteit voor het werk motief daar ze de ervaren kostprijs drukken.

Een tweede observatie in Tabel 7 is dat de impact van de kostprijs en de reistijd van het openbaar vervoer op de totale vervoersprestatie vrij groot is ondanks het beperkt modaal aandeel van het openbaar vervoer (ten opzichte van bv. de auto). Uit verdere analyse blijkt dat de reisweerstand van het openbaar vervoer (te) sterk doorweegt in het locatiekeuzemodel waardoor deze krimp van de vervoersprestatie optreedt. Ook hier is het onderzoeken van de verdere verfijning van de modelspecificatie naar een simultane schatting van vervoerwijze- en locatiekeuze een volgende stap.

In Tabel 8 analyseren we de directe tourelasticiteiten voor de auto (privé) en het openbaar vervoer ten opzichte van de reiskosten en de reistijd. De directe tourelasticiteiten voor de auto liggen netjes binnen de in de GM 2.4.0 documentatie vooropgestelde intervallen. Voor de elasticiteit van het aantal tours met het openbaar vervoer ten opzichte van de reiskosten van het openbaar vervoer zien we dat de respons van Feathers binnen het interval voor de trein ligt en buiten het interval voor BTM. De respons van Feathers op een stijging van de kostprijs van het openbaar vervoer is op het vlak van het aantal tours eerder aan de lage kant. Dit is in lijn met wat we eerder voor het aantal kilometers in Tabel 6 konden waarnemen.

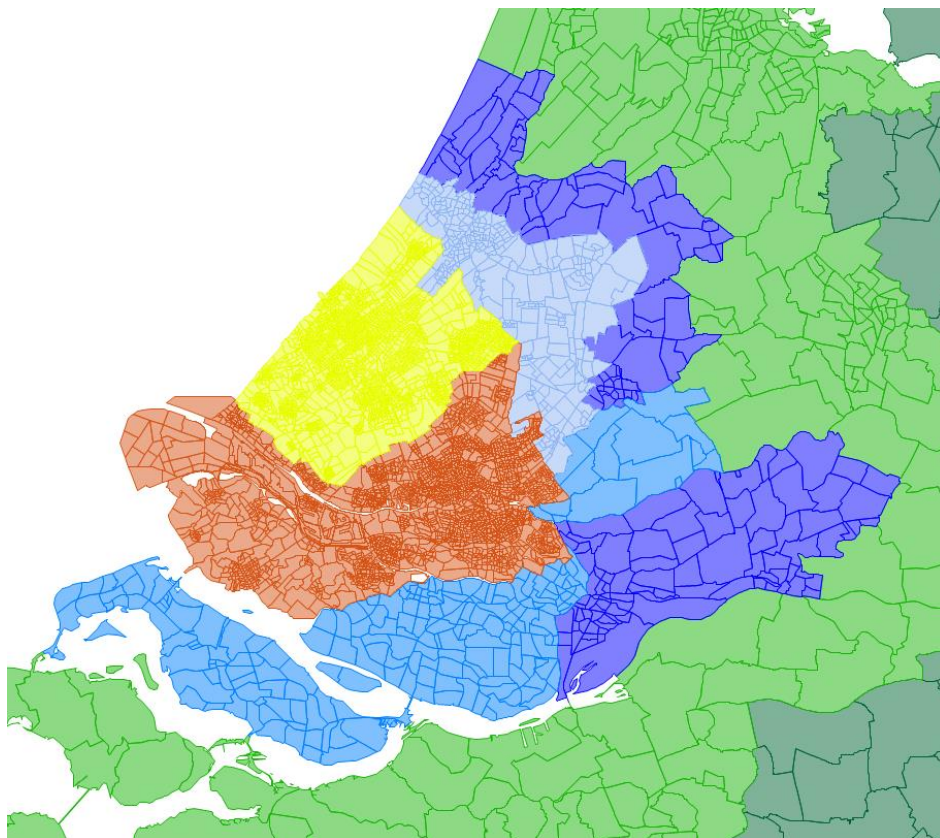
Tabel 8: Directe elasticiteit van het aantal tours voor de auto (Privé) en het openbaar vervoer (OV) ten opzichte van reiskosten en reistijd

Modus	Attribuut	Elasticiteit	Referentiewaarde (GM 2.4.0 documentatie)
Privé	Reiskosten	-0.11	0 tot -0.3 (brandstof)
	Reistijd	-0.14	-0.1 tot -0.4
OV	Reiskosten	-0.22	-0.2 tot -2.0 (trein) -0.3 tot -0.6 (BTM)
	Reistijd	-0.28	-0.1 tot -0.7 (trein, in voertuig tijd) -0.4 tot -0.7 (BTM, in voertuig tijd)

De directe elasticiteit van de tours met de modus openbaar vervoer in Feathers ten opzichte van de reistijd ligt in het interval dat in de literatuur voor de trein wordt vooropgesteld maar buiten het interval dat voor BTM wordt gehanteerd. We zien dat de respons van Feathers op het vlak van de voorspelde openbaar vervoer tours onder impuls van een wijziging van de reistijden van het openbaar vervoer eerder naar de lage kant neigt.

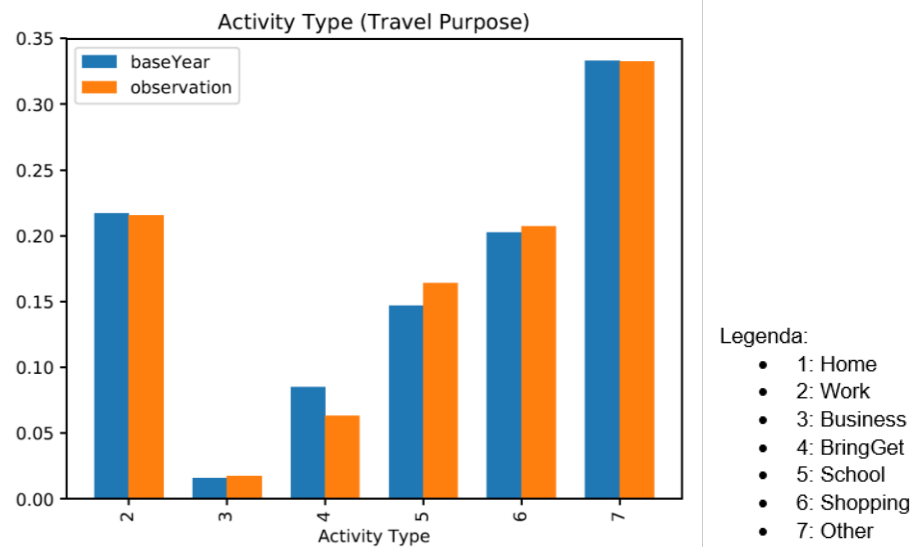
2.4 Vergelijking OViN data

Na schatting van alle Feathers deelmodellen werd Feathers toegepast voor een synthetische populatie in de V-MRDH “gebieden 1 t/m 5”. Dat zijn de niet-groene gebieden weergegeven in Figuur 4, ook wel het modelgebied of het interne gebied genoemd. Deze toepassing bevat vrijwel alle gemaakte trips van intern naar intern, maar slechts een deel van de trips van interne naar externe gebieden, extern naar interne gebieden en extern-extern verkeer. Een “intern-extern” trip is bijvoorbeeld iemand die in Rotterdam woont en naar zijn werk in Utrecht reist. Indien die persoon een verplaatsing in Utrecht maakt, bijvoorbeeld om te lunchen, dan is dit een “extern-extern” trip. Voorafgaand aan de toedeling worden de ontbrekende intern-extern, extern-intern en extern-extern trips exogeen toegevoegd uit de gekalibreerde V-MRDH matrices.



Figuur 4: Schatting gebaseerd op gebieden 1 t/m 5: geel, oranje, lichtblauw, donkerblauw en paars

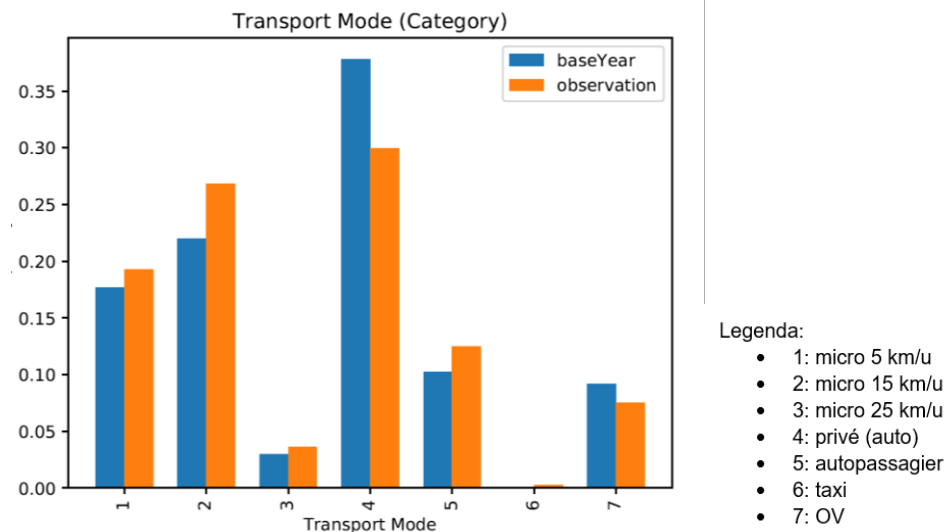
Om een beeld te krijgen van de kwaliteit van het Feathers model voor het basisjaar vergelijken we deze met de beschikbare OViN-steekproef van 2013 t/m 2017 (enkel OViN respondenten die in het modelgebied wonen worden hierbij gebruikt). In Figuur 5 zien we de vergelijking van de fracties van de verschillende motieven voor de trips die in het studiegebied gemaakt worden voor de Feathers run en voor de OViN-steekproef. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de Feathers run uitgevoerd werd voor de ongeveer 3.6 miljoen personen in de synthetische populatie voor het studiegebied. De OViN data die gebruikt werd is een representatieve steekproef die genomen werd over alle bewoners van het modelgebied (dus een deelverzameling van de OViN steekproef die geldig is voor het hele Nederlandse grondgebied).



Figuur 5: Aandelen trips voor de verschillende motieven voor basisjaar 2016 (totaal=1). Feathers run (baseYear) vergeleken met OViN observaties (observation)

In Figuur 5 zien we dat de aandelen trips voor de verschillende motieven vrij goed overeenkomen voor de Feathers run en voor de waarnemingen in OViN. Enkel voor het motief 'Brengen/Halen' (4: BringGet) zien we een overschatting, daar waar we voor het motief 'School' (5: School) een beperkte onderschatting van het motief waarnemen.

Wanneer we de verdeling van de trips over de alternatieve modaliteiten vergelijken voor de Feathers run voor 2016 met de verdeling uit OViN dan krijgen we het beeld uit Figuur 6.

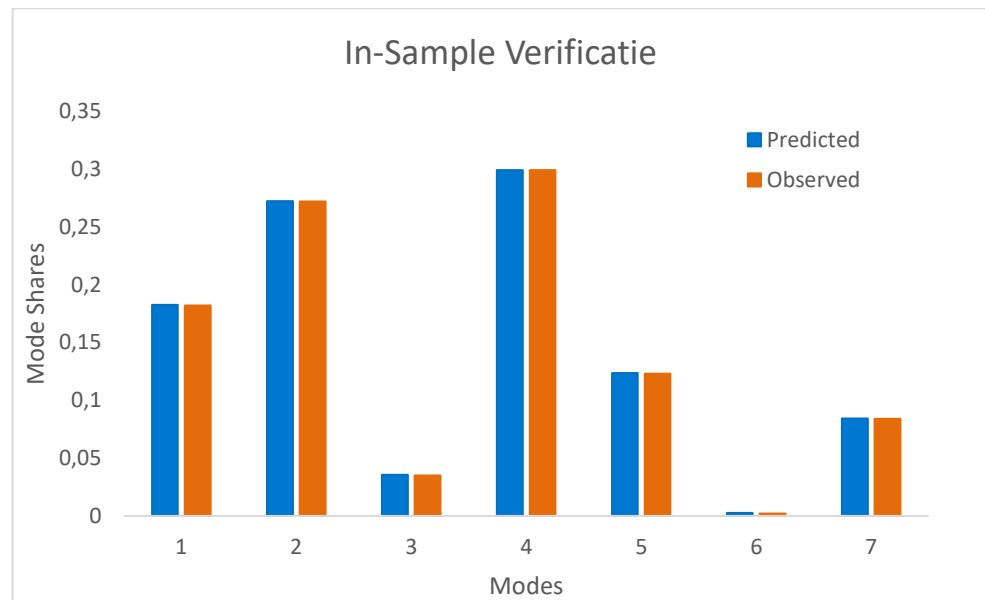


Figuur 6: Aandelen trips naar transportmodus voor basisjaar 2016 (totaal=1). Feathers run (baseYear) vergeleken met OViN observaties (observation)

Hier observeren we een duidelijke overschatting van de auto modus (4: privé) door Feathers ten opzichte van de waarnemingen in OViN. Deze overschatting gaat voornamelijk ten koste van de tragere, actieve modaliteiten lopen (1: micro 5 km/u), fietsen (2: micro 15 km/u) en e-bike of scooter (3: micro 25 km/u). Het traditioneel

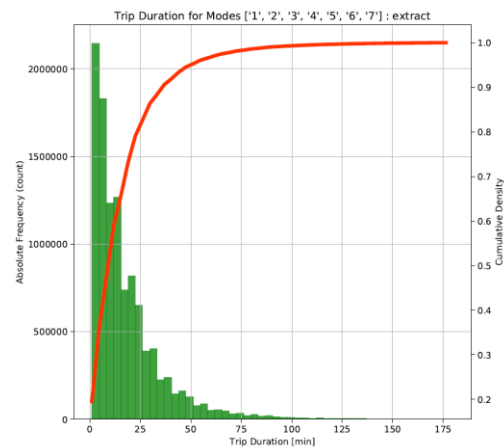
openbaar vervoer (7:OV; bus, tram, metro en trein) kent voor het basisjaar een beperkte overschatting ten opzichte van OViN.

Zoals eerder beschreven in de toelichting van Tabel 5 lijkt de fit van het modale keuzemodel op de OViN gegevens die gebruikt werden om het model te schatten degelijk. Passen we nu het modale keuzemodel toe als schakel in de keten van de Feathers submodellen en passen we Feathers toe op de synthetische populatie van het modelgebied, dan zien we de in Figuur 6 gerapporteerde afwijking. Om meer inzicht te krijgen in de mogelijke oorzaak, en bij wijze van verificatie van het model, werd een zogenaamde in-sample verificatie uitgevoerd voor het vervoerwijzekeuze (sub-)model. Hierbij werd het submodel rechtstreeks toegepast op de gegevens die voor de schatting gebruikt werden (en die ook leidden tot de goodness of fit resultaten uit Tabel 5). Uit deze in-sample verificatie bleek dat het model in staat was om de modale aandelen zoals deze geobserveerd werden in OViN accuraat te repliceren zoals geïllustreerd wordt in Figuur 7.



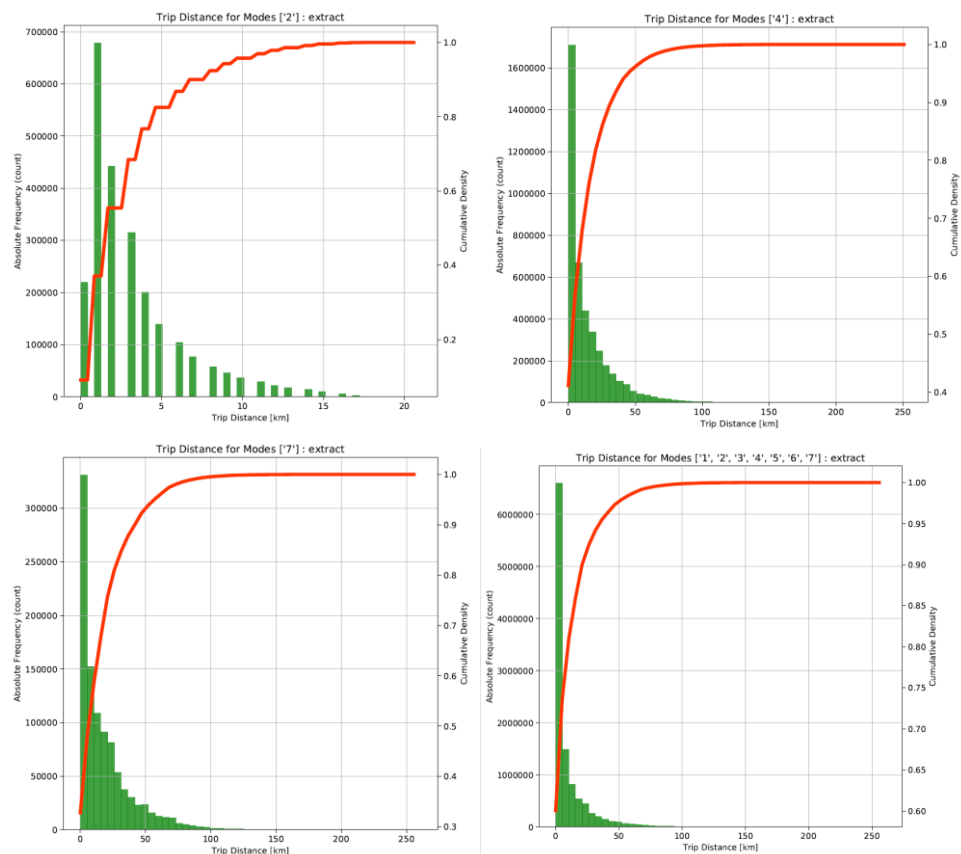
Figuur 7: In-Sample verificatie voor het Feathers vervoerwijzekeuze submodel op basis van de OViN dataset

Tijdens de laatste fase van het project kwam een overschatting van het autobezit in de synthetische populatie van het basisjaar aan het licht (zie Bijlage A). Een hoger autobezit dan in de OViN referentiedata is consistent met de overschatting van het auto aandeel in Figuur 6. Of het afwijkend autobezit in het basisjaar de afwijking in Figuur 6 volledig verklaart kan enkel met een bijkomende modelrun geverifieerd worden.



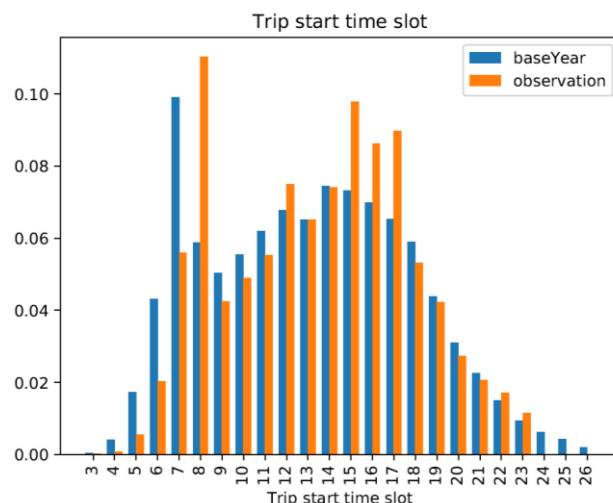
Figuur 8: Histogram met het aantal trips (alle modaliteiten) naar duur van de trip (in minuten) voor de Feathers simulatie voor het basisjaar en cumulatieve dichtheidsverdeling

Figuur 8 geeft de verdeling van het aantal trips naar duur van de trip weer. We zien duidelijk dat de bulk van de trips een duurtijd heeft die korter is dan een half uur en dat de aantallen trips duidelijk afnemen naarmate de beschouwde trip duur toeneemt.



Figuur 9: Histogram met het aantal trips per afstandscategorie van de trip voor de Feathers simulatie voor het basisjaar en cumulatieve dichtheidsverdeling. Per modus: Links bovenaan: fietsen (2), rechts bovenaan: auto (4), links onderaan: openbaar vervoer (7), rechts onderaan: alle modaliteiten

De histogrammen van de triplengteverdeling van de trips uit de Feathers simulatie voor het basisjaar 2016 opgedeeld naar de belangrijkste modaliteiten in Figuur 9 vertonen het te verwachten patroon. Het aantal trips per afstandscategorie neemt af naarmate de afstand groter wordt. Ook de eigenschap dat het bereik van de fiets beperkter is dan het bereik van de auto en het openbaar vervoer komt duidelijk tot uiting in de grafieken: daar waar voor de auto en het openbaar vervoer duidelijk nog trips gesimuleerd worden over afstanden groter dan 50 kilometer is het aantal trips met de fiets die langer zijn dan 15 kilometer erg beperkt.



Figuur 10: Verdeling van de starttijdstippen van de verplaatsingen voor de Feathers simulatie voor 2016 en voor OVIn

De dagligging van de gesimuleerde en de geobserveerde trips wordt weergegeven in Figuur 10. In deze figuur is de tendens te zien dat voor het eerste deel van de dag het aantal gesimuleerde trips in het basisjaar enigszins overschat wordt ten opzichte van de observaties. De uitgesproken ochtendpiek, die in de geobserveerde gegevens optreedt in het interval 8-9 uur, wordt door het Feathers model wel voorspeld, maar in het tijdsinterval 7-8 uur. De in de geobserveerde gegevens waargenomen avondpiek in het tijdsinterval 15-18 uur wordt door Feathers niet weergegeven. De dagligging kan bij verdere kalibratie van het Feathers model verder verfijnd worden. Indien we naar de dagligging van het starttijdstip van de trips kijken per modus dan zien we telkens een gelijkaardig beeld als in Figuur 10. Daarom worden deze grafieken hier niet herhaald.

2.5 Resultaten tripaantallen

In de toedeling wordt het externe verkeer toegevoegd om een goed beeld te kunnen geven van bijvoorbeeld de filedruk. Er is voor gekozen om alle resultaten rondom trip-aantallen en de toedeling te representeren voor alleen het intern-intern verkeer. De intern-extern, extern-intern en extern-extern ritten worden deels overgenomen uit de gekalibreerde V-MRDH matrices en zijn daarom niet zinvol te vergelijken.

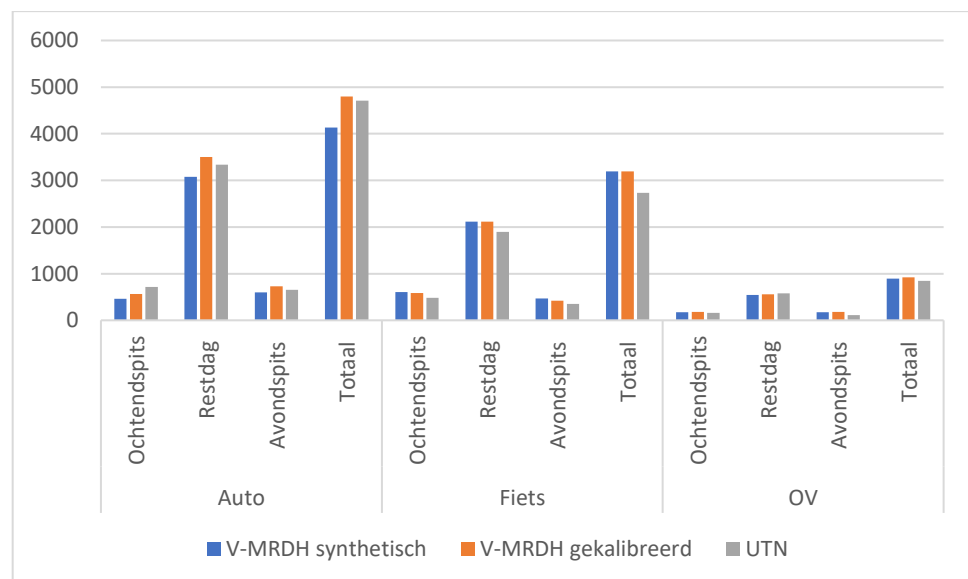
Het totale aantal trips en bijbehorende modal split van het basisjaar voor het intern-intern verkeer voor de gehele dag is weergegeven in Tabel 9. Merk hierbij op dat hier de nieuwe vervoerwijze-verdeling is gebruikt. Micro 5 km/h is hierbij bijvoorbeeld

lopen, micro 15 km/h fietsen, micro 25 km/h de e-bike of scooter, privé de normale auto, privé gedeeld de autopassagier, en gedeeld traditioneel het openbaar vervoer.

Tabel 9: Aantal trips intern-intern verkeer en bijbehorende modal split van het basisjaar

	Aantal trips	Modal split
Micro 5 km/h	1939581	19.0%
Micro 15 km/h	2407145	23.5%
Micro 25 km/h	322389	3.2%
Privé	3660984	35.8%
Privé gedeeld	1036682	10.1%
Gedeeld on-demand	10761	0.1%
Gedeeld traditioneel	849348	8.3%

Om deze modal split te vergelijken met het V-MRDH wordt micro 5 km/h (lopen) weggelaten, wordt 'Fietsen' de som van micro 15 km/h en micro 25 km/h, wordt 'Auto' de som van privé, privé gedeeld en gedeeld on-demand, en wordt 'OV' gelijk aan gedeeld traditioneel. Deze vergelijking met het V-MRDH (zowel synthetisch als gekalibreerd) is weergegeven in Figuur 11 en Tabel 10. De bijbehorende modal split per tijdsperiode is weergegeven in Tabel 11. Hieruit valt af te leiden dat op etmaalniveau de verschillen klein zijn. Van de vervoerwijze auto is er een overschatting zichtbaar in de ochtendspits (53 vs. 37 of 42%), terwijl in de avondspits juist het openbaar vervoer wordt onderschat (10 vs. 14%). Uit de aantallen interne trips in de avondspits blijkt ook dat hier in het algemeen een onderschatting zichtbaar is in de avondspits, zoals eerder weergegeven in Figuur 10.



Figuur 11: Aantal trips (x1000) intern-intern verkeer vergeleken met V-MRDH

Tabel 10: Aantal trips (x1000) intern-intern verkeer vergeleken met V-MRDH

		V-MRDH synthetisch	V-MRDH gekalibreerd	UTN
Auto	Ochtendspits	464	563	718
Auto	Restdag	3074	3505	3337
Auto	Avondspits	596	728	653
Auto	Totaal	4133	4796	4708
Fiets	Ochtendspits	608	584	483
Fiets	Restdag	2118	2118	1896
Fiets	Avondspits	470	421	350
Fiets	Totaal	3195	3195	2730
OV	Ochtendspits	176	183	157
OV	Restdag	541	560	580
OV	Avondspits	175	181	112
OV	Totaal	892	924	849

Tabel 11: Modal split per tijdperiode, vergeleken met V-MRDH

V-MRDH synthetisch	Ochtendspits	Avondspits	Restdag	Etmaal
Auto	37%	48%	54%	50%
Fiets	49%	38%	37%	39%
OV	14%	14%	9%	11%
V-MRDH gekalibreerd	Ochtendspits	Avondspits	Restdag	Etmaal
Auto	42%	55%	57%	54%
Fiets	44%	32%	34%	36%
OV	14%	14%	9%	10%
UTN-II	Ochtendspits	Avondspits	Restdag	Etmaal
Auto	53%	59%	57%	57%
Fiets	36%	31%	33%	33%
OV	12%	10%	10%	10%

In het algemeen kan geconcludeerd worden dat het aantal trips en de modal split in lijn is met de V-MRDH schatting op etmaal en restdag-niveau. In de spitsperiodes is er een overschatting van het aantal (auto)trips zichtbaar. Een verbetering van het tijdstipkeuzemodel zou dit op kunnen lossen.

2.6 Resultaten voor- en natransportkeuzemodel

Het voor- en natransportkeuzemodel wordt in het basisjaar enkel gebruikt om het voor- en natransport van het openbaar vervoer mee te schatten. De hubs zijn hierbij niet gebruikt en wordt in de scenario's toegevoegd. Doordat de hubs op een andere manier worden gemodelleerd is er ook besloten om de P+R module uit het V-MRDH niet te gebruiken in het basisjaar. Net zoals in het V-MRDH blijven er dan vier mogelijke combinaties over: lopen-OV-lopen, lopen-OV-fiets, fiets-OV-lopen, en fiets-OV-fiets. De daaropvolgende modal split is weergegeven in Tabel 12, inclusief de modal split uit het V-MRDH (gekalibreerd basisjaar). Over het algemeen komt de modal split uit het V-MRDH goed overeen met de modal split uit het voor- en natransportkeuzemodel. Het is aan te bevelen om in de toekomst meer gedetailleerde data van bijvoorbeeld NS-stations te gebruiken om het voor- en

natransportmodel verder te kalibreren. Tevens is het aan te bevelen om fietsbeschikbaarheid op stations aan de bestemmingszijde in meer detail te modelleren. Nu is aangenomen dat mensen die zelf over een fiets beschikken ook over een fiets aan de bestemmingszijde kunnen beschikken (met 10 minuten fietsparkeertijd), terwijl dit in praktijk niet altijd het geval is.

Tabel 12: Voor- en natransport openbaar vervoer basisjaar (percentage trips)

	Ochtendspits		Restdag		Avondspits	
	V-MRDH gekalibreerd	UTN	V-MRDH gekalibreerd	UTN	V-MRDH gekalibreerd	UTN
L-OV-L	51%	54%	42%	53%	58%	57%
L-OV-F	7%	12%	23%	22%	26%	34%
F-OV-L	35%	30%	31%	23%	9%	5%
F-OV-F	7%	4%	4%	2%	6%	5%

2.7 Resultaten toedeling

In de toedeling zijn de activiteitenschema's zoals geproduceerd door Feathers en het voor- en natransport model ingelezen en geaggregeerd naar matrices per tijdsperiode (ochtendspits, avondspits, restdag). Deze zijn toegedeeld aan de auto, fiets en OV-netwerken.

Een eerste vergelijking met het V-MRDH kan gemaakt worden door te kijken naar de voertuigkilometers (Tabel 13) en de voertuigverliesuren (Tabel 14). Deze getallen zijn gegeven voor het gehele netwerk, voor al het verkeer (inclusief extern). Deze vergelijking valt immers niet gemakkelijk te maken voor een subset. Hieruit valt te concluderen dat zowel het aantal voertuigkilometers als de voertuigverliesuren in dezelfde orde grootte liggen als de V-MRDH resultaten. Enkel in de avondspits is er een onderschatting van het aantal voertuigverliesuren ten opzichte van de V-MRDH resultaten— in lijn met de onderschatting van het aantal trips in de avondspits zoals eerder uit Tabel 10 is geconcludeerd. Het is aan te bevelen om nader te analyseren waarom het aantal voertuigverliesuren wordt onderschat terwijl het aantal voertuigkilometers wel bij benadering gelijk is.

Tabel 13: Voertuigkilometers basisjaar V-MRDH en UTN-II (hele netwerk)

	Ochtendspits	Avondspits	Restdag
V-MRDH gekalibreerd	64.0 miljoen km	66.0 miljoen km	247.3 miljoen km
UTN	66.9 miljoen km	66.2 miljoen km	255.9 miljoen km

Tabel 14: Voertuigverliesuren basisjaar V-MRDH en UTN-II (hele netwerk)

	Ochtendspits	Avondspits
V-MRDH gekalibreerd	57306 uur	64451 uur
UTN	54070 uur	48161 uur

Een volgende vergelijking op de correctheid van het model kan gemaakt worden door te kijken naar de telpunten in het model welke zijn gebruikt om het V-MRDH te kalibreren. Hierbij wordt gebruikgemaakt van een T-Toets. Een waarde onder de 3.5 geeft daarbij een acceptabele match aan met de telling, een waarde groter dan 4.5 een slechte match. De percentages in Tabel 15 geven aan hoeveel van de telpunten

in welke categorie vallen. Hierbij is te zien dat er bij UTN overal een groter percentage telpunten in de categorie 'Acceptabel' valt. De resultaten van UTN geven dus overal een betere match. Dezelfde vergelijking met tellingsresultaten is ook uitgevoerd voor Urban Tools Next I, te zien in dezelfde tabel. Interessant om te zien is of de ABM-aanpak in UTN-II beter is geworden. Dit is inderdaad het geval: het aandeel acceptabele intensiteiten op de telpunten is toegenomen voor bijna alle modaliteiten, voor alle tijdsperiodes. Enkel bij de vervoerwijze Fiets de avondspits is het resultaat iets minder (1%), alhoewel daar het aandeel slechte telpunten alsnog is verminderd.

Tabel 15: Vergelijking tellingen tussen V-MRDH synthetisch (V), Urban Tools Next I (U-I) en Urban Tools Next II (U-II)

Ochtendspits	Auto			Fiets			OV		
	V	U-I	U-II	V	U-I	U-II	V	U-I	U-II
Acceptabel	35%	42%	48%	47%	60%	65%	44%	44%	46%
Redelijk	22%	28%	22%	19%	19%	20%	22%	18%	20%
Slecht	44%	30%	30%	34%	21%	15%	35%	38%	34%
Avondspits	Auto			Fiets			OV		
	V	U-I	U-II	V	U-I	U-II	V	U-I	U-II
Acceptabel	29%	21%	37%	52%	67%	66%	43%	43%	44%
Redelijk	21%	24%	27%	19%	20%	22%	21%	22%	22%
Slecht	50%	55%	36%	29%	13%	12%	37%	35%	34%

Ten opzichte van het V-MRDH is er in de toedeling van het basisjaar één extra toevoeging uitgevoerd. Dit is de toevoeging van parkeerlinks, waarbij alleen de capaciteit van gratis en betaald parkeren wordt meegenomen. Alleen de motieven winkelen en overig maken gebruik van deze parkeerlinks. In totaal zijn er 99079 auto's die in de ochtendspits parkeren, en 149953 auto's die in de avondspits parkeren. Daarbij wordt in een gering aantal zones de capaciteit overschreden, zoals te zien in Tabel 16. De interzonale looplinks worden daarbij goed gebruikt: 25% of 9% van de auto's parkeert in een andere zone dan zijn bestemming, en loopt vervolgens het laatste stuk. Dit gebeurt bijvoorbeeld in zones met weinig parkeercapaciteit (bijvoorbeeld in het centrum van de grote steden). Deze resultaten tonen aan dat het geïntroduceerde systeem met de interzonale looplinks in principe werkt. Merk wel op dat de bezettingsgraad (het aantal geparkeerde auto's gedeeld door de parkeercapaciteit) gemiddeld relatief laag is (11%). Dit wordt veroorzaakt door het weinige aantal auto's dat momenteel van deze parkeercapaciteit gebruik hoeft te maken (alleen motieven winkelen en overig). De gratis parkeerplekken (en in mindere mate ook de betaalde parkeerplekken) worden immers normaal gesproken ook gebruikt voor woon- en werkmotieven. In scenario1a maken wel alle motieven gebruik van de beschikbare parkeerplaatsen. Daarnaast is er een groot aantal zones waar veel parkeercapaciteit beschikbaar is die niet wordt gebruikt.

Tabel 16: Statistieken over gebruik parkeerplaatsen basisjaar

	Ochtendspits	Avondspits
Percentage auto's geparkeerd in een andere zone	25%	9%
Aantal zones met een bezetting $\geq$ capaciteit + 5	20	25
Gemiddelde bezettingsgraad	11%	11%

2.8 Conclusie Basisjaar

Op basis van de schattingsresultaten (goodness-of-fit statistieken) en een vergelijking tussen de resultaten van het basisjaar en OViN kan worden geconcludeerd dat de resultaten er grotendeels plausibel uitzien. Wel verdient het aanbeveling om het tijdstipkeuzemodel van Feathers verder te kalibreren omdat de verdeling van het aantal verplaatsingen over de dag nog afwijkt van OViN (binnen UTN-II is daar weinig aandacht aan besteed). De elasticiteiten liggen binnen de bandbreedtes uit de literatuur, dat wil zeggen dat het model op vergelijkbare wijze als andere modellen uit de literatuur reageert op veranderingen in kosten en tijden. Een belangrijke conclusie is dat de synthetische modelresultaten die behaald zijn binnen Urban Tools Next II na toedeling aanzienlijk beter met de tellingen overeenkomen dan de synthetische modelresultaten van het V-MRDH en UTN-I. Hiermee is dus weer een belangrijke stap gezet in het verbeteren van het activity bases model, hoewel de verdeling over de dag een belangrijk verbeterpunt blijft.

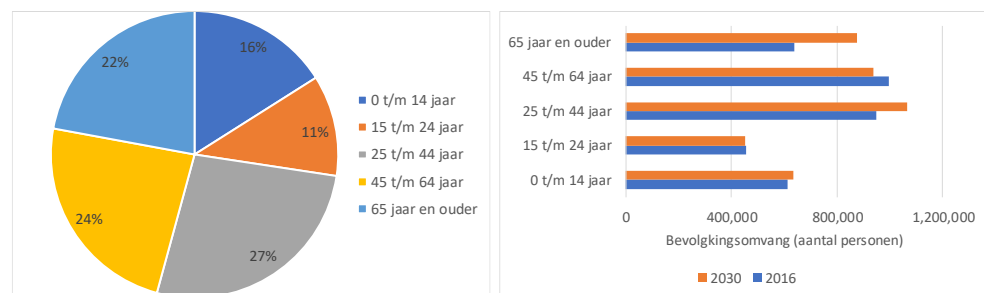
3 Toekomstjaar

3.1 Introductie

Het toekomstjaar is gebaseerd op de sociaal economische gegevens van de V-MRDH 2030-Hoog variant en de populatie voor 2030. Het doel van dit toekomstjaar scenario is met name het bieden van een referentie voor alle uitgevoerde scenario's rondom parkeren, ketens & hubs en nieuwe modaliteiten.

3.2 Populatie

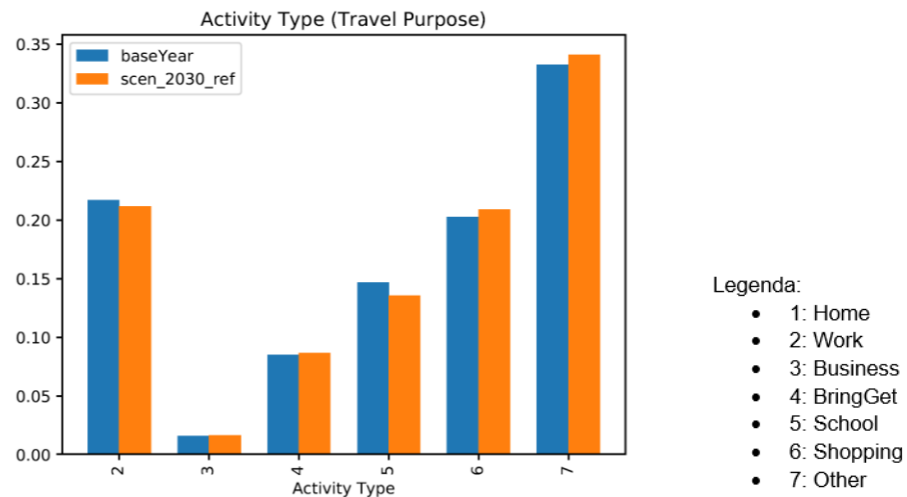
De populatie in het MRDH-gebied bestaat in het toekomstjaar uit 3,96 miljoen personen. Dit is een groei van 8,6% ten opzichte van het basisjaar. De verdeling over leeftijdscategorieën en de absolute toename in aantal personen per leeftijdscategorie zijn weergegeven in Figuur 12. Vergeleken bij het basisjaar neemt met name het aandeel 65 jaar en ouder toe van 18% naar 22%. Het percentage rijbewijsbezit stijgt naar 67%. Het totale autobezit stijgt met 11,8% ten opzichte van het basisjaar. 62% van de personen bezit een 'gewone' fiets en 28% een e-bike. Het aandeel e-bike bezit is daarmee gestegen van 11% naar 28% (scenario-input).



Figuur 12: Leeftijdsverdeling toekomstjaar

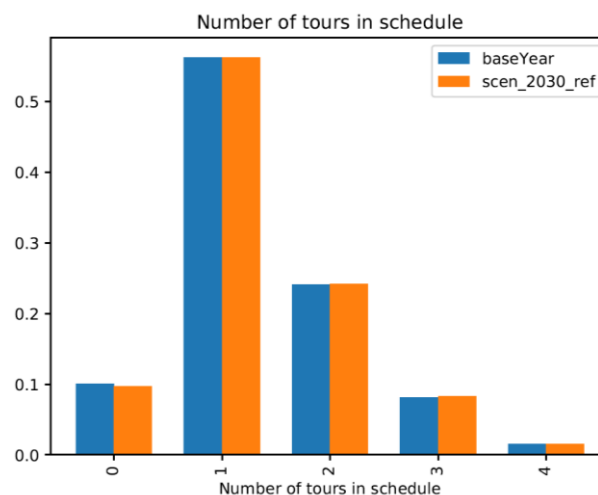
3.3 Resultaten Feathers

De vergelijking van de relatieve frequenties van de verschillende trip motieven voor het basisjaar (2016) met de Feathers run voor het referentie scenario 2030 levert het beeld in Figuur 13. De verschuivingen zijn beperkt. Het aandeel van het school motief (5: School) daalt het sterkst. Daarnaast daalt het aandeel voor het werken motief (2: Work) eveneens. De aandelen van de andere motieven kennen een beperkte groei. De verschillen die waargenomen worden, worden in belangrijke mate veroorzaakt door de wijzigingen in de samenstelling van de gesimuleerde populatie. Zo ligt de dalende trend voor school en werk motieven in lijn met wat men waarneemt in een vergrijzende populatie.



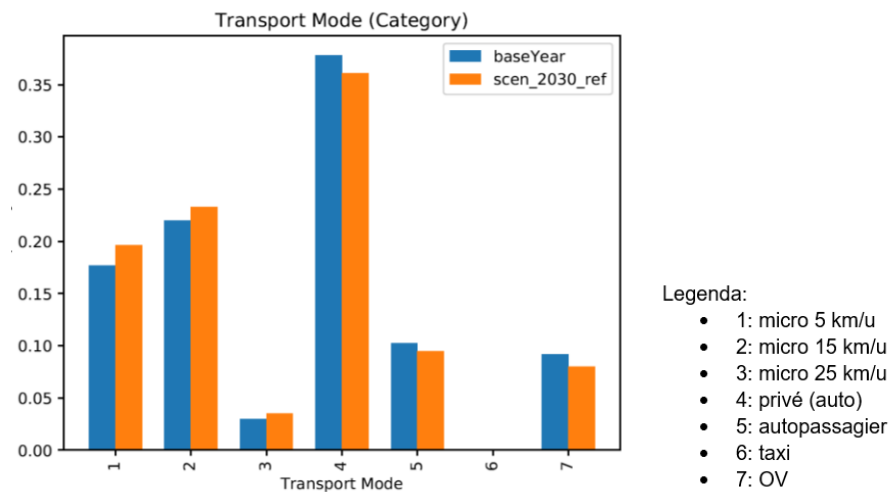
Figuur 13: Aandelen trips voor de verschillende motieven voor Feathers basisjaar 2016 (baseYear) vergeleken met referentie scenario 2030 (scen_2030_ref) (totaal=1)

Figuur 14 leert ons dat de onderverdelingen van de activiteiten-verplaatsingspatronen in tours voor basisjaar en referentiescenario nagenoeg identiek zijn. Er is geen verschuiving naar complexere of minder complexe activiteiten-verplaatsingspatronen waar te nemen.



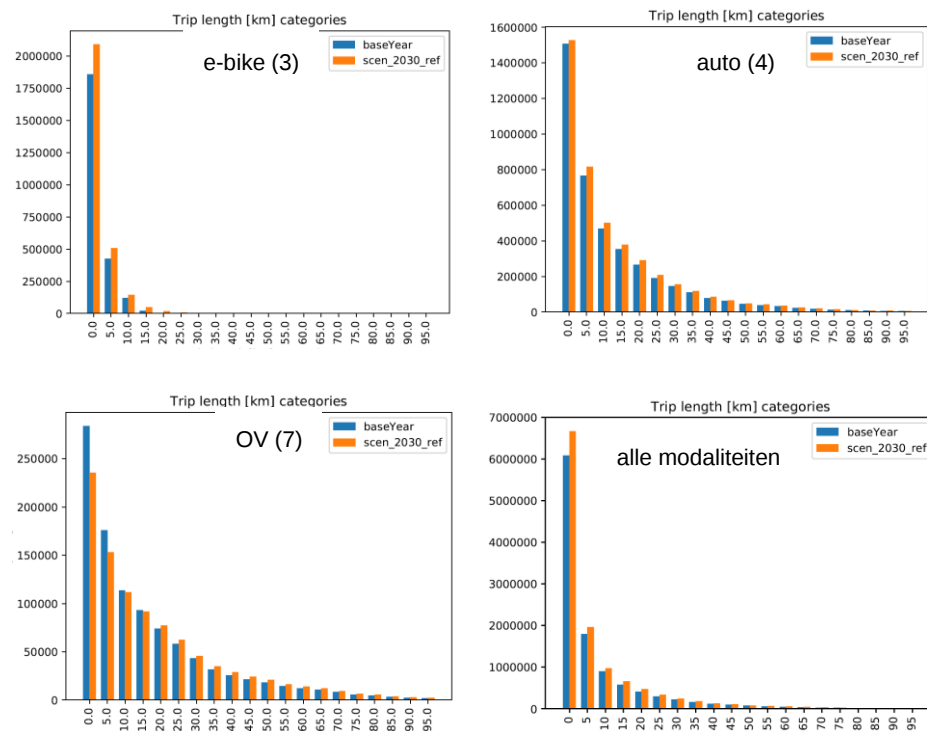
Figuur 14: Aandelen van de in de activiteiten-verplaatsingspatronen per persoon aanwezige aantallen tours voor Feathers basisjaar 2016 (baseYear) en referentie scenario 2030 (scen_2030_ref) (totaal=1)

De auto (4: privé) en autopassagier (5: autopassagier) en OV verliezen aandeel ten opzichte van de tragere modaliteiten die allen in aandeel winnen (zie Figuur 15). Deze afnames kunnen worden verklaard door toenemende congestie en door een veranderde samenstelling van de populatie en veranderde activiteiten. De auto- en OV-kosten per kilometer zijn in het toekomstjaar gelijk gebleven aan het basisjaar. Met afnemende kosten als gevolg van elektrificatie is dus geen rekening gehouden.



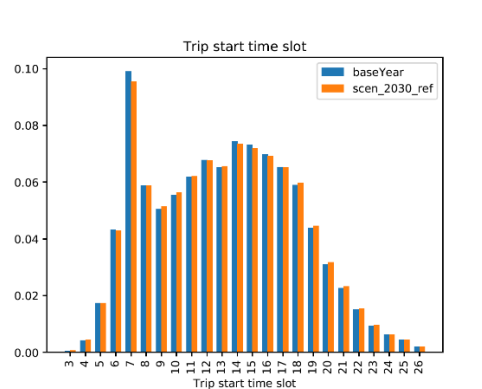
Figuur 15: Aandelen van de trips uitgevoerd met een modaliteit voor Feathers basisjaar 2016 run (baseYear) vergeleken met het referentiescenario 2030 (scen_2030_ref) (totaal=1)

De tripfrequentie per afstandscategorie en per modus wordt weergegeven in Figuur 16. Mede onder impuls van de toegenomen populatie neemt de totale tripfrequentie in het referentie scenario 2030 toe ten opzichte van het basisjaar 2016. Dit geldt voor alle afstandscategorieën wanneer we alle modaliteiten samen beschouwen (Figuur 16, rechts onderaan). Indien naar de individuele modaliteiten gekeken wordt dan zien we dat ook voor de fiets (Figuur 16, links bovenaan) en de auto (Figuur 16, rechts bovenaan) de tripfrequentie voor alle afstandscategorieën toeneemt. Voor de fiets zien we de grootste toename voor de korte afstanden (0 tot 5 kilometer). Voor het openbaar vervoer (Figuur 16, links onderaan) zien we een ander beeld, waarbij de tripfrequentie voor de kortere afstanden afneemt, maar voor de grotere afstanden toeneemt.



Figuur 16: Histogram met de aantallen trips per afstandscategorie voor de Feathers simulatie voor het basisjaar (baseYear) en referentiescenario 2030 (scen_2030_ref).

Figuur 17 illustreert dat de dagligging van het starttijdstip van de trips⁹ in grote mate gelijklopend is voor basisjaar 2016 en referentie scenario 2030. Er is een lichte afname van aandeel trips dat start tijdens de kantooruren waarneembaar. Deze observatie ligt in lijn met de eerder waargenomen daling van het aandeel van de werk en school motieven, welke doorgaans aan de kantooruren gebonden zijn.



Figuur 17: Aandelen van de starttijdstippen van de verplaatsingen voor de Feathers simulatie voor basisjaar 2016 (baseYear) en voor referentie scenario 2030 (scen_2030_ref) (totaal=1)

Resultaten tripaantallen

⁹ De tijdstipkeuze van elk van de activiteiten is afhankelijk van het motief en persoonskenmerken. Daarnaast kan nog beperkt met de tijdstippen geschoven worden bij het consistent maken van de schedules.

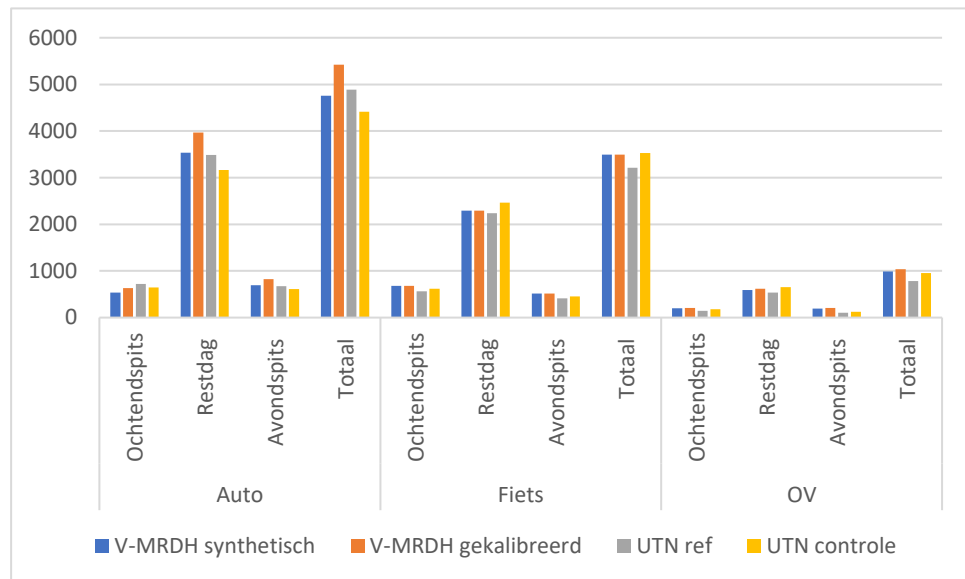
Tabel 7 geeft de modal split weer van verplaatsingen binnen het MRDH-gebied (intern-intern). De vergelijking met het aantal interne trips van het V-MRDH 2030-Hoog scenario staan in Tabel 18. Hieruit valt te concluderen dat er met name in het openbaar vervoer een grote afwijking zit: er zijn 200.000 trips minder ten opzichte van het V-MRDH synthetisch, terwijl er juist meer autotrips zijn. Ten opzichte van het basisjaar (zie Tabel 10) neemt het totaal aantal OV-verplaatsingen zelfs af van 849348 naar 784172. Dit is uiteraard niet de verwachting, gezien het inwonersaantal toeneemt en er niet zoveel infrastructurele projecten voor autowegen plaatsvinden om dit te compenseren.

Tabel 17: Aantal trips intern-intern verkeer en bijbehorende modal split van het toekomstjaar

	Aantal trips	Modal split
Micro 5 km/h	2369015	21.1%
Micro 15 km/h	2799527	24.9%
Micro 25 km/h	415757	3.7%
Privé	3843698	34.2%
Privé gedeeld	1040502	9.2%
Gedeeld on-demand	0	0.0%
Gedeeld traditioneel	784172	7.0%

Dit is verder geanalyseerd en blijkt veroorzaakt te zijn door een fout in de input: in de populatie is de landuse data (inwonersaantallen) van V-MRDH 2.0 gebruikt, terwijl in Feathers (en de toedeling) de landuse data van 2.6 is gebruikt. Tevens bleek het autobezit overschat te zijn (zie bijlage A). Dit heeft geresulteerd in het opnieuw runnen van het toekomstjaar, de zogenoemde 'controlerun'. De resultaten van deze controlerun liggen beter in lijn met het V-MRDH synthetisch voor alle modaliteiten, zoals te zien is in

Figuur 18 en Tabel 18. Voor auto zijn echter nog steeds grote verschillen zichtbaar. Ook het totaal aantal OV-trips laat nu een groei zien ten opzichte van het basisjaar.



Figuur 18: Aantal trips intern-intern V-MRDH toekomstjaar

Tabel 18: Aantal trips (x1000) intern-intern verkeer vergeleken met V-MRDH toekomstjaar

		V-MRDH synthetisch	V-MRDH gekalibreerd	UTN ref	UTN controle
Auto	Ochtendspits	533	632	723	643
Auto	Restdag	3535	3966	3487	3162
Auto	Avondspits	691	824	674	609
Auto	Totaal	4758	5422	4884	4414
Fiets	Ochtendspits	678	678	562	615
Fiets	Restdag	2295	2295	2241	2462
Fiets	Avondspits	518	518	411	454
Fiets	Totaal	3491	3491	3215	3531
OV	Ochtendspits	199	208	145	176
OV	Restdag	594	621	536	653
OV	Avondspits	196	205	103	126
OV	Totaal	989	1034	784	955

De modal split per tijdsperiode van het V-MRDH synthetisch, gekalibreerd, de Urban Tools Next basisrun en de controlerun zijn weergegeven in Tabel 19. Ook hier is te zien dat de controlerun meer in lijn ligt met de V-MRDH modal split.

Tabel 19: Modal split per tijdsperiode, vergeleken met V-MRDH toekomstjaar

V-MRDH synthetisch	Ochtendspits	Avondspits	Restdag	Etmaal
Auto	38%	49%	55%	52%
Fiets	48%	37%	36%	38%
OV	14%	14%	9%	11%
V-MRDH gekalibreerd	Ochtendspits	Avondspits	Restdag	Etmaal
Auto	42%	53%	58%	55%
Fiets	45%	33%	33%	35%
OV	14%	13%	9%	10%
UTN ref	Ochtendspits	Avondspits	Restdag	Etmaal
Auto	51%	57%	56%	55%
Fiets	39%	35%	36%	36%
OV	10%	9%	9%	9%
UTN controlerun	Ochtendspits	Avondspits	Restdag	Etmaal
Auto	45%	51%	50%	50%
Fiets	43%	38%	39%	40%
OV	12%	11%	10%	11%

Voor de vergelijking tussen het V-MRDH en Urban Tools Next II is het ook interessant om te kijken naar de groeicijfers, te zien in Tabel 20. Hieruit valt te concluderen dat voor UTN-II de groei in het algemeen lager uitvalt ten opzichte van het V-MRDH, behalve voor de fiets. Een kanttekening bij deze groeicijfers is dat het autobezit in het basisjaar overschat bleek te zijn en dit bij de controlerun voor het toekomstjaar is gecorrigeerd. De controlerun kent een afname van 6% autobezit ten opzichte van het basisjaar, met als gevolg ook een afname van 6% autotrips. Hierdoor zijn de groeicijfers moeilijk te interpreteren.

Tabel 20: Groeicijfers van basisjaar naar toekomstjaar, gegeven per modaliteit en per tijdsperiode (alle modaliteiten)

	V-MRDH synthetisch	V-MRDH gekalibreerd	UTN-II	UTN-II Controle run
Auto	15%	13%	4%	-6%
Fiets	9%	9%	18%	29%
OV	11%	12%	-8%	12%
Ochtendspits	13%	14%	5%	6%
Restdag	12%	11%	8%	8%
Avondspits	13%	16%	7%	7%
Etmaal	12%	12%	7%	7%

3.4 Resultaten voor- en natransportkeuzemodel

In het toekomstjaar is – net zoals in het basisjaar – het voor- en natransport keuzemodel enkel gebruikt voor het schatten van het voor- en natransport van het openbaar vervoer. De resultaten voor het toekomstjaar en de controlerun zijn weergegeven in Tabel 21 en Tabel 22. De resultaten van het toekomstjaar en de controlerun verschillen nauwelijks, wat een te verwachte output is omdat de level-of-service matrices bij beide runs gelijk zijn gebleven en dit de grootste verschillen veroorzaakt.

Tabel 21: Voor- en natransport openbaar vervoer toekomstjaar (percentage trips)

	Ochtendspits		Restdag		Avondspits	
	V-MRDH synthetisch	UTN ref	V-MRDH synthetisch	UTN ref	V-MRDH synthetisch	UTN ref
L-OV-L	57%	61%	49%	61%	63%	65%
L-OV-F	5%	11%	21%	18%	25%	27%
F-OV-L	33%	25%	26%	18%	7%	4%
F-OV-F	6%	3%	4%	2%	5%	4%

Tabel 22: Voor- en natransport openbaar vervoer toekomstjaar controlerun (percentage trips)

	Ochtendspits		Restdag		Avondspits	
	V-MRDH synthetisch	UTN cont role	V-MRDH synthetisch	UTN cont role	V-MRDH synthetisch	UTN contr ole
L-OV-L	57%	61%	49%	61%	63%	64%
L-OV-F	5%	11%	21%	18%	25%	27%
F-OV-L	33%	25%	26%	18%	7%	4%
F-OV-F	6%	3%	4%	2%	5%	4%

3.5 Resultaten toedeling

Het toekomstjaar "UTN-ref" is toegedeeld aan de auto-, fiets en OV-netwerken. De meest interessante vergelijking met het V-MRDH kan gemaakt worden door te kijken naar de voertuigverliesuren en voertuigkilometers voor de autoverplaatsingen. Deze zijn weergegeven in Tabel 23 en Tabel 24. Hieruit valt af te leiden dat de getallen in dezelfde orde grootte liggen voor wat betreft de voertuigkilometers. De voertuigverliesuren wijken meer af. De eerder geconcludeerde onderschatting van trips in de avondspits is ook hier zichtbaar in met name de voertuigverliesuren.

Tabel 23: Voertuigkilometers toekomstjaar V-MRDH en UTN-II

	Ochtendspits	Avondspits	Restdag
V-MRDH	69.1 miljoen km	73.2 miljoen km	274.4 miljoen km
UTN	71.4 miljoen km	72.5 miljoen km	280.1 miljoen km

Tabel 24: Voertuigverliesuren toekomstjaar V-MRDH en UTN-II

	Ochtendspits	Avondspits
V-MRDH	74934 uur	98007 uur
UTN	64032 uur	64270 uur

In de toedeling van het toekomstjaar zijn de parkeerlinks voor gratis en betaald parkeren gebruikt voor de motieven winkelen en overig, gelijk aan het basisjaar. Dit heeft geleid tot 111623 (basisjaar: 99079) auto's die gebruikmaken van betaald parkeren in de ochtendspits, en 165460 (basisjaar: 149953) in de avondspits. Ter vergelijking: er zijn in totaal 2.2 miljoen gratis of betaalde parkeerplaatsen beschikbaar in het studiegebied. Ondanks de toename van geparkeerde auto's resulteert dit nauwelijks in een hoger percentage auto's die geparkeerd staan in een andere zone dan hun bestemming. De gemiddelde bezettingsgraad is min of meer gelijk ten opzichte van het basisjaar.

Tabel 25: Statistieken over gebruik betaalde parkeerplaatsen in het toekomstjaar

	Ochtendspits	Avondspits
Percentage auto's geparkeerd in een andere zone	24%	9%
Aantal zones met een bezetting $\geq$ capaciteit + 5	24	25
Gemiddelde bezettingsgraad	10%	13%

3.6 Conclusie Toekomstjaar

De modelresultaten van het toekomstjaar zijn grotendeels plausibel hoewel de voertuigverliesuren zeker in de avondspits relatief veel afwijken van de voertuigverliesuren die met het V-MRDH zijn berekend. Een verbetering van de schatting van het tijdstipkeuzemodel (zie basisjaar), kan dit probleem vermoedelijk verhelpen. Als gevolg van een fout in het autobezit kon niet worden getoetst of de groei van het aantal verplaatsingen en de modal-shift plausibel zijn. Het is aan te bevelen om het autobezit te corrigeren en die toets alsnog uit te voeren.

4 Scenario 1a Parkeren-op-eigen-terrein

4.1 Introductie

Scenario 1a richt zich op Parkeren-op-eigen-terrein (POET). POET was nog niet meegenomen in het basisjaar en toekomstjaar omdat de data nog te onnauwkeurig was om te gebruiken toen die runs uitgevoerd werden en om afzonderlijk het effect van POET te kunnen testen. Binnen dit scenario is daarom de POET-capaciteit verder gekalibreerd en vervolgens toegevoegd aan de UTN-II modellenketen. Hiervoor is gebruikgemaakt van dezelfde gegenereerde populatie als voor het toekomstjaar (2030), waarna de Level of Service is uitgebreid met de parkeerzoektijden als gevolg van POET, en Feathers en de toedeling opnieuw zijn gerund. In het volgende scenario (1b) zal de methodiek verder worden getest met een toekomstige situatie waar het aantal parkeerplaatsen als gevolg van een mogelijke beleidsmaatregel in een aantal wijken sterk wordt gereduceerd. In een aantal zones waar de parkeernorm in 1b wordt verlaagd zijn woningen toegevoegd, omdat die niet correct in het V-MRDH zaten. Deze woningen zijn in 1a al toegevoegd.

4.1 Verfijning parkeerdeata

De gegenereerde parkeerdeata (zie notitie A) heeft twee tekortkomingen: het POET-parkeren op (privé) bedrijfsterreinen ontbrak en het aantal gratis en betaald parkeerplekken werd overschat na toevoeging van het straatparkeren (het parkeren met 'een wiel op de stoep' zonder officieel parkeervak). Bij dit straatparkeren is overigens wel onderscheid gemaakt tussen gratis en betaald parkeren, afhankelijk van de hiervoor gedefinieerde gebieden.

4.1.1 *Aanpassing gratis en betaald parkeren*

Na het toevoegen van het straatparkeren aan de lijst met gratis en betaalde parkeerplaatsen, bleek dat er in vrijwel geen enkele zone meer een gebrek aan parkeercapaciteit was. Voor deze vergelijking van het aantal parkeerplaatsen en de vraag, is er gekeken naar de attracties van de zones van de ochtendspits in het toekomstjaar (UTN-II 2030 ref).

Zoals ook in notitie A is vermeld, is dit een gevolg van enerzijds parkeerverboden die nu niet worden meegenomen, en anderzijds de aanname dat straatparkeren aan beide kanten van de straat mogelijk is (wat in sommige straten niet past gegeven de breedte van de weg).

In de meer landelijke gebieden is het niet vreemd dat er met brede straten en minder aankomend verkeer vaak tot altijd plaats is om langs de straat te parkeren. Echter, als men naar de meer stedelijke gebieden kijkt, is er vaak niet veel ruimte beschikbaar om langs de straat te parkeren. Daar bovenop is het zeker niet gebruikelijk dat hier een groot deel van de parkeerplaatsen vrij is.

Om deze reden is het besloten om het aantal gratis en betaalde straatparkeerplaatsen af te schalen in de stedelijke gebieden. Daarnaast is voor de hoog stedelijke gebieden een sterkere afname gebruikt. Voor de meest stedelijke gebieden (stedelijkheidsgraad 6) is de aanname gedaan dat na afschaling nog 25% van de gratis en betaalde straatparkeerplaatsen beschikbaar is, voor de zones met

stedelijkheidsgraad 5 is deze aanname 50% en voor zones met stedelijkheidsgraad 4 is dit 75%. Deze aannames zijn steekproefsgewijs gecontroleerd in een aantal gebieden met behulp van Google Maps. Hiermee is het overschot van parkeerplaatsen in (hoog) stedelijke gebieden afgenomen en in een deel van de zones is er een tekort. Dit is in lijn met de verwachting dat parkeerplaatsen in stedelijke gebieden schaars zijn.

4.1.2 POET-werk

Voor de "POET-werk" categorie is geen data gevonden. Het gaat hier om bedrijfsterreinen of privé parkeergarages die alleen voor werknemers toegankelijk zijn. Hiervoor is de aanname gedaan dat er voor alle autoritten met het motief werk in het V-MRDH voldoende parkeercapaciteit beschikbaar is. Dit is waarschijnlijk voor de huidige situatie (basisjaar) aannemelijk. Voor een toekomstjaar zou een verdere kalibratie wenselijk zijn gezien er dan mogelijk niet voor iedereen parkeercapaciteit beschikbaar is.

Eerst is er bepaald hoeveel tekort aan parkeerplaatsen er is na het toewijzen van parkeerplaatsen aan andere motieven. De attractie per zone die hiervoor gebruikt is van de ochtendspits van het toekomstjaar (UTN-II 2030 ref). Hierbij is eerst naar de ritten met de motieven wonen, zakelijk en onderwijs gekeken. Met deze ritten zijn de normale POET-parkeerplaatsen in de bijbehorende bestemmingszones gevuld, en vervolgens indien nodig de beschikbare gratis en betaalde parkeerplaatsen. Vervolgens is de overige gratis parkeercapaciteit gevuld met ritten met het motief werk. Wanneer er geen gratis parkeercapaciteit overgebleven was, of wanneer er een tekort was, is aangenomen dat dit tekort gelijk was aan het aantal parkeerplaatsen POET-werk.

4.2 Woningbouw

In de wijk Binckhorst in Den Haag (zonenummers 214 t/m 230) zijn 12.000 nieuwe woningen toegevoegd. Er is een parkeernorm van 0,8 gehanteerd. In de wijk Schieoevers Noord in Delft (zonenummer 2379) zijn 3.800 woningen toegevoegd. Naast de woningen worden er ook 1.000 arbeidsplaatsen toegevoegd. Er geldt een parkeernorm van 0,9.

In de wijk Rijnhaven zijn 1.500 woningen toegevoegd. Hierbij wordt gewerkt met een nieuwe (dummy)zone omdat de huidige woonwijk niet correct is gemodelleerd in het V-MRDH toekomstjaar rondom de ontsluiting op de Wilhelminapier. Deze dummyzone is voorzien van 2.500 woningen en ontsloten via de Posthumalaan tussen de Wilhelminakade en de Brede Hilledijk. Ter compensatie zijn 1.000 woningen uit zone 5359 gehaald. In het Rijnhaven gebied wordt een parkeernorm van 0,8 gehanteerd.

In Rivium Capelle zijn 5.000 woningen toegevoegd (zonenummers 4419, 4420 en 4222), dit is reeds correct in het V-MRDH toekomstjaar gemodelleerd. De parkeernorm is 0,9. Alle wijken met het aantal woningen en bijbehorende parkeernorm zijn weergegeven in Tabel 37.

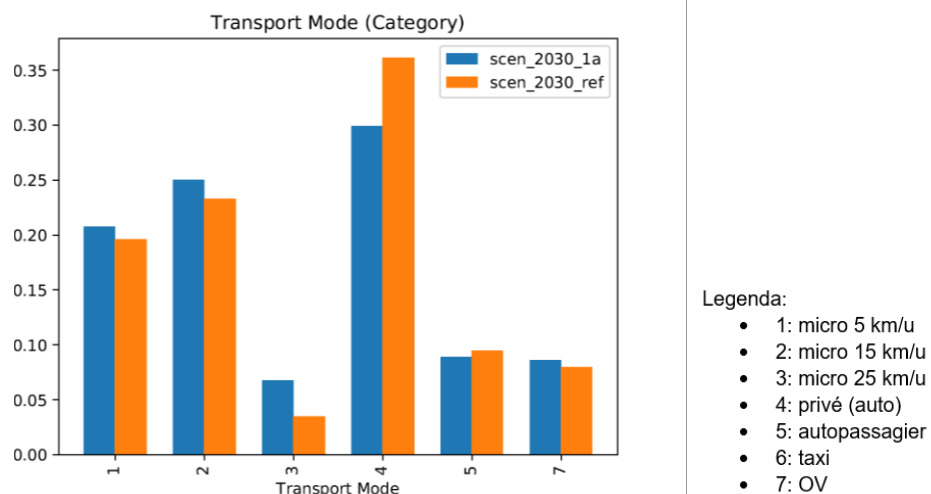
Tabel 26: Overzicht parkeernormen per wijk

	Aantal nieuwe woningen	Parkeernorm referentie
Binckhorst	12000	0,8
Rijnhaven	2500	0,8
Rivium Capelle	5000	0,9
Schieoevers Noord	3800	0,9

Voor deze parkeernormen is daarbij de aanname gedaan dat de plaatsen als POET-capaciteit gelden. In bijvoorbeeld Schie-oever Noord (3800 woningen) zijn 3420 POET-plekken in scenario 1a (parkeernorm 0,9) meegenomen.

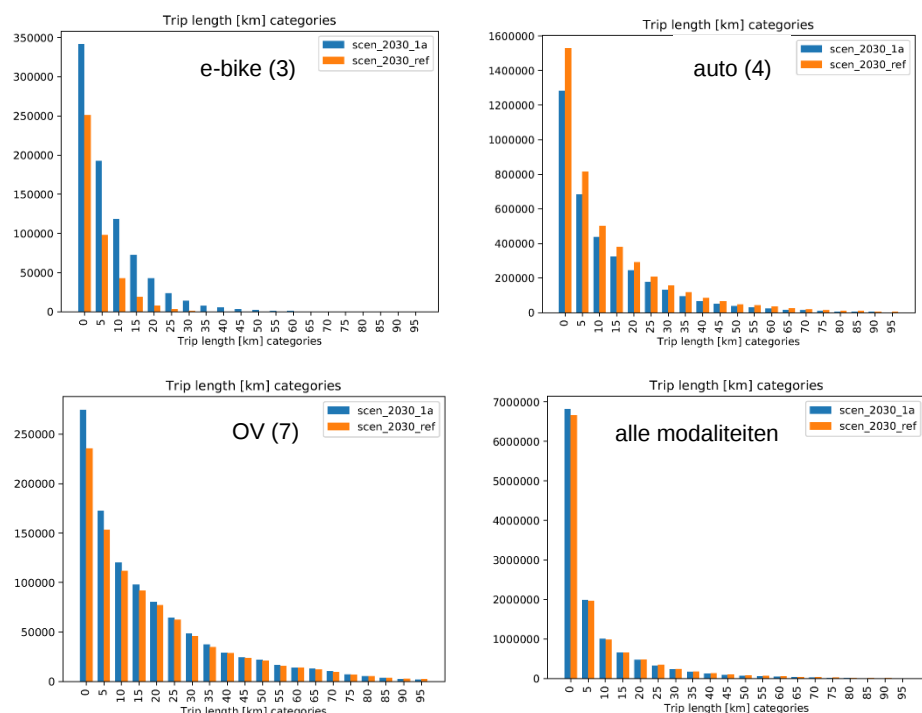
4.3 Resultaten Feathers

Doordat alle auto's gebruik moeten maken van parkeerlinks met parkeercapaciteit, terwijl dit niet is meegenomen in de schatting van Feathers, wordt de auto als vervoermiddel minder aantrekkelijk. Dit uit zich in Figuur 19 in een afname van het aandeel van de auto als vervoermiddel (4: privé en in mindere mate 5: autopassagier). De andere modaliteiten kennen een groei van hun aandeel trips, waarbij de groei voor de e-bike (3: micro 25 km/u) het grootst is.



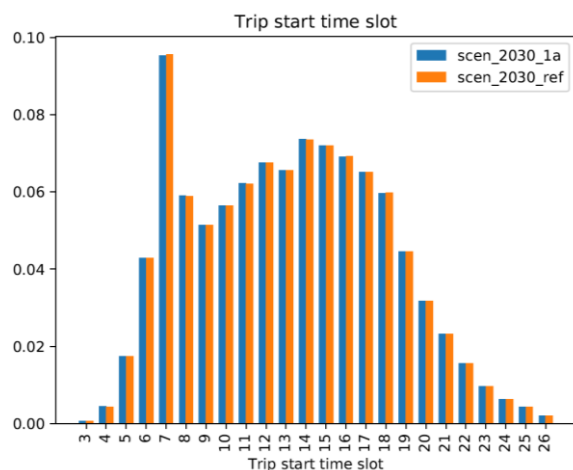
Figuur 19: Aandelen van de trips uitgevoerd met een modaliteit voor Feathers referentie scenario 2030 run (scen_2030_ref) vergeleken met scenario 1a (scen_2030_1a) (totaal=1)

Uit de triplengteverdelingen in Figuur 20 leren we dat door de afname van de parkeergelegenheid het aantal korte trips (<10 km) beperkt toeneemt, omdat juist op de korte afstanden een goed alternatief beschikbaar is (Figuur 20 rechts onderaan). Het aantal trips over grotere afstanden neemt beperkt af. De in Figuur 19 waargenomen afname van het aandeel trips voor de auto uit zich in de triplengteverdeling voor de auto (Figuur 20 rechts bovenaan) als een afname van het aantal trips met de auto voor alle afstandscategorieën. Voor de micro 25 km/h (Figuur 20 links bovenaan) zien we onder impuls van het gereduceerde aantal parkeerplaatsen een groei van het aantal trips voor alle afstandscategorieën. De e-bike wordt nu ook voor verplaatsingen over langere afstanden gebruikt. Ook het openbaar vervoer (Figuur 20 links onderaan) kent een groei van het aantal trips, waarbij het zwaartepunt van de groei bij de kortere trips ligt.



Figuur 20: Histogram met de aantallen trips per afstandscategorie voor de Feathers simulatie voor het referentiescenario 2030 (scen_2030_ref) en scenario 1a (scen_2030_1a).

De aanpassing van het aantal parkeerplaatsen in scenario 1a brengt nauwelijks verschuiving van de starttijdstippen teweeg zoals geïllustreerd wordt in Figuur 21.



Figuur 21: Aandelen van de starttijdstippen van de verplaatsingen voor de Feathers simulatie voor het referentie scenario 2030 (scen_2030_ref) en voor scenario 1a (scen_2030_1a) (totaal=1)

De resultaten van het aantal trips in scenario 1a ten opzichte van het toekomstjaar zijn weergegeven in Tabel 27. De bijbehorende modal split staat in Tabel 28. Het valt direct op dat er een grote afname van autoverkeer te zien is. Deze afname is het gevolg van de aangepaste level-of-service matrices, waarin de vertraging (parkeerzoektijd) als gevolg van de introductie van parkeerlinks is meegenomen. Het is uiteraard wel aan te bevelen de parkeerzoektijden en parkeercapaciteit reeds in de schatting van Feathers mee te nemen in een vervolgtraject.

Tabel 27: Aantal trips (x1000) in referentie (toekomstjaar 2030) en scenario 1a (etmaal)

	UTN ref	UTN 1a	Vershil
Privé	3843	3266	-15%
Micro 15 km/h	2799	3024	8%
Micro 25 km/h	416	791	90%
Gedeeld traditioneel	784	879	12%
Totaal	7843	7958	1%

Tabel 28: Modal split in referentie (toekomstjaar 2030) en scenario 1a (etmaal)

	UTN ref	UTN 1a
Privé	49%	41%
Micro 15 km/h	36%	38%
Micro 25 km/h	5%	10%
Gedeeld traditioneel	10%	11%

4.4 Resultaten voor- en natransportkeuzemodel

In scenario 1a zijn geen hubs toegevoegd of andere wijzigingen naast het toepassen van de verschillende parkeercapaciteiten. Het is dan ook geen verrassing dat de resultaten van het voor- en natransport van het OV (nagenoeg) gelijk zijn aan die van het referentie-toekomstjaar, zoals te zien in Tabel 29.

Tabel 29: Voor- en natransport gedeeld traditioneel scenario 1a (percentage trips, etmaal)

	UTN ref	UTN 1a
L-OV-L	62%	62%
L-OV-F	18%	18%
F-OV-L	18%	18%
F-OV-F	3%	3%

4.5 Resultaten toedeling

Als gevolg van de grote afname van het aantal autotrips is het aantal voertuigkilometers en voertuigverliesuren sterk afgenomen ten opzichte van het toekomstjaar, zoals te zien in Tabel 30 en Tabel 31.

Tabel 30: Voertuigkilometers scenario 1a en verandering ten opzichte van toekomstjaar

	Ochtendspits	Avondspits	Restdag
Scenario 1a	69.3 miljoen km	70.7 miljoen km	271.4 miljoen km
Verandering t.o.v. toekomstjaar	-3.0%	-2.5%	-3.1%

Tabel 31: Voertuigverliesuren scenario 1a en verandering ten opzichte van toekomstjaar

	Ochtendspits	Avondspits
Scenario 1a	49469 uur	54336 uur
Verandering t.o.v. toekomstjaar	-22.7%	-15.5%

De meest interessante resultaten van 1a komen uit het parkeerlinkgebruik. Ter referentie hiervoor zijn de verschillende motieven en de plaatsen waar geparkeerd kan worden weergegeven in Tabel 32, zie ook Notitie A. De nummers geven de volgorde aan waarin gebruikt wordt gemaakt van parkeercapaciteit. Voor wonen wordt bijvoorbeeld eerst gebruik gemaakt van POET-parkeerplaatsen en daarna van Gratis parkeerplaatsen.

Tabel 32: Motieven per type parkeercapaciteit

	POET	POET-werk	Gratis parkeren	Betaald parkeren	Niet parkeren
Wonen	1		2		
Werk		1	2	3	
Zakelijk	1		2		
Winkelen			1	2	
Onderwijs	1			2	
Overig			1	2	
Afhalen en brengen, deelmobiliteit					1

De basisstatistieken van het gebruik van de parkeerlinks zijn weergegeven in Tabel 33. Merk op dat er alleen een overschrijding van de capaciteit kan plaatsvinden in de 'gratis' en 'betaald' parkeermogelijkheden. Dit laat zien dat er veel meer zones zijn waar de capaciteit wordt overschreden dan in het referentie toekomstjaar: in 222 en 345 van de 7400 beschouwde interne zones (het studiegebied), oftewel 3-5%. Dit wijst op een tekort aan parkeercapaciteit in de zones en omliggende zones waardoor interzonale looplinks het capaciteitsprobleem ook niet kunnen verhelpen. Twee motieven "mogen" nu niet van de betaald parkeren capaciteit gebruikmaken: wonen en zakelijk. Als deze wel van betaald parkeercapaciteit gebruik mogen maken, is er slechts een tekort in 87 respectievelijk 43 zones. Voor wonen kan hierbij gedacht worden aan 'mixparkeer' plekken, waar zowel met een vergunning als met betaald parkeren kan worden geparkeerd: deze worden momenteel onder 'betaald parkeren' geschaard.

Tabel 33: Overschrijding parkeerlinkcapaciteit met meer dan 5 auto's in scenario 1a

	Ochtendspits	Avondspits
Aantal zones met een bezetting $\geq$ capaciteit + 5: gratis	222	345
Aantal zones met een bezetting $\geq$ capaciteit + 5: betaald	66	21
Aantal zones met een bezetting $\geq$ capaciteit + 5 als iedereen ook op betaald mag parkeren	87	43

De statistieken voor interzonale looplinks zijn weergegeven in Tabel 34. Dit geeft het aantal auto's aan dat in een andere zone is geparkeerd dan de eigenlijke bestemming, en vervolgens lopend de bestemming heeft bereikt. Het totale aandeel auto's geparkeerd in een andere zone is fors lager dan in het toekomstjaar (6.7% vs. 24.3%). Dit wordt veroorzaakt door het toevoegen van straatparkeren in de zones waardoor de echte parkeerdruk vrijwel enkel nog aanwezig is in de hoog-stedelijke gebieden. Dit is dan ook duidelijk te zien: in gebieden met stedelijkheidsgraad 1 of 2

maakt 0% gebruik van interzonale links, terwijl in gebieden met stedelijkheidsgraad 6 22% en 26% van de autoverplaatsingen niet in de zone van de bestemming parkeert.

Tabel 34: Gebruik interzonale links per stedelijkheidsgraad

	Ochtendspits	Avondspits
Stedelijkheidsgraad 1	0%	0%
Stedelijkheidsgraad 2	0%	0%
Stedelijkheidsgraad 3	1%	0%
Stedelijkheidsgraad 4	2%	1%
Stedelijkheidsgraad 5	6%	11%
Stedelijkheidsgraad 6	22%	26%
Totaal t.o.v. aantal auto verplaatsingen	6.7%	6.0%

De gemiddelde bezettingsgraden per stedelijkheidsgraad, per type link zijn weergegeven in Tabel 35 (ochtendspits) en Tabel 36 (avondspits). Hieruit valt af te lezen dat de gemiddelde bezettingsgraden toenemen bij een hogere stedelijkheidsgraad – dit is zoals verwacht. De gratis parkeren-capaciteit heeft een hogere bezettingsgraad dan het betaald parkeren: dit is ook zoals verwacht. Immers, de betaald parkeren capaciteit wordt enkel aangesproken als de gratis parkeren capaciteit is bereikt. Merk ook het verschil op tussen ochtendspits en avondspits: zoals verwacht is de POET-werk met name in de ochtend in gebruik, en niet in de middag (wanneer mensen typisch naar huis keren).

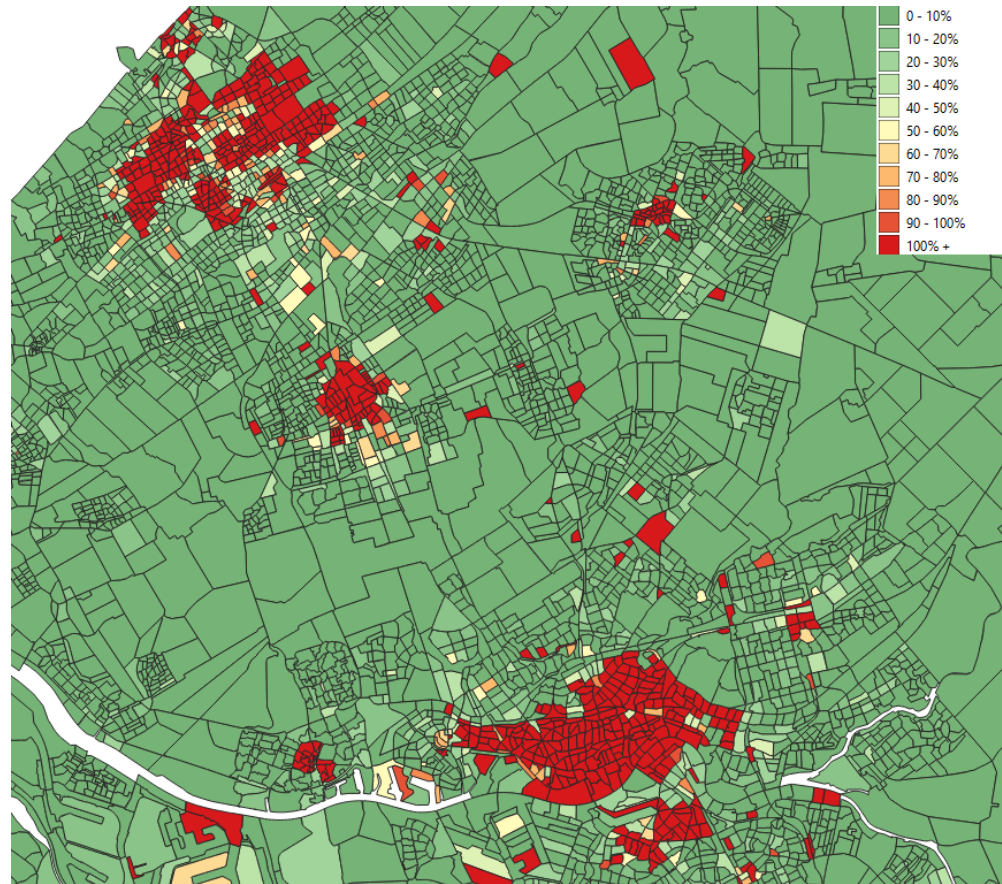
Tabel 35: Gemiddelde bezetting per stedelijkheidsgraad voor de ochtendspits

	POET	POET-werk	Gratis parkeren	Betaald parkeren
Stedelijkheidsgraad 1	22%	58%	2%	1%
Stedelijkheidsgraad 2	27%	64%	4%	1%
Stedelijkheidsgraad 3	35%	66%	5%	1%
Stedelijkheidsgraad 4	44%	77%	11%	1%
Stedelijkheidsgraad 5	49%	81%	44%	2%
Stedelijkheidsgraad 6	50%	86%	84%	9%
Totaal	33%	67%	20%	3%

Tabel 36: Gemiddelde bezetting per stedelijkheidsgraad voor de avondspits

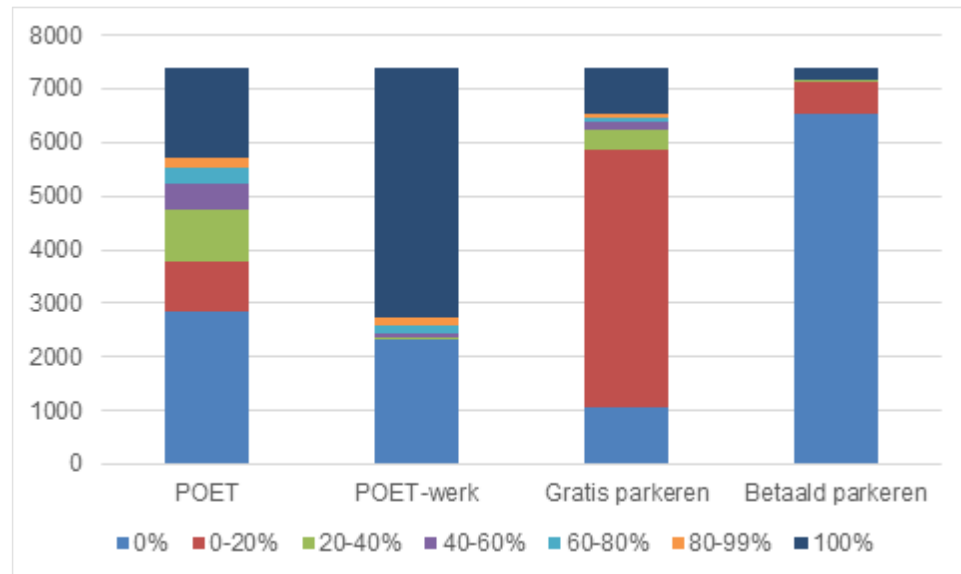
	POET	POET-werk	Gratis parkeren	Betaald parkeren
Stedelijkheidsgraad 1	41%	28%	1%	0%
Stedelijkheidsgraad 2	47%	36%	3%	0%
Stedelijkheidsgraad 3	53%	41%	5%	1%
Stedelijkheidsgraad 4	58%	49%	10%	1%
Stedelijkheidsgraad 5	56%	43%	43%	2%
Stedelijkheidsgraad 6	51%	33%	84%	9%
Totaal	48.30%	38.30%	18.40%	1.70%

In Figuur 22 zijn de bezettingsgraden van de gratis parkeercapaciteit in de ochtendspits op de kaart weergegeven. Hierin is duidelijk te zien dat de bezettingsgraden in de stadscentra inderdaad het hoogste zijn.



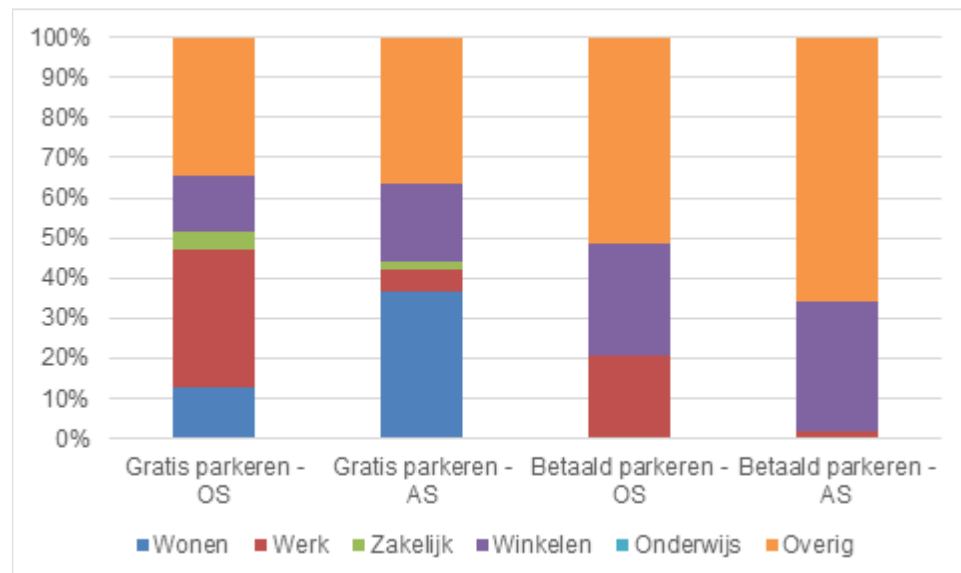
Figuur 22: Bezettingsgraden gratis parkeergelegenheid in de ochtendspits weergegeven op de kaart

In Figuur 23 zijn de bezettingsgraden per zone verder uitgesplitst voor de zones in het studiegebied (de 7400 interne zones). Hierin is bijvoorbeeld te zien dat betaald parkeren in een groot deel van de zones niet wordt gebruikt (of niet beschikbaar is). Bij POET-werk is te zien dat er relatief veel capaciteit niet (blauw) of volledig (donkerblauw) wordt gebruikt. Bij POET zijn de bezettingen meer verdeeld, bij gratis parkeren is er een groot aandeel zones waar tot 20% van de capaciteit wordt gebruikt.



Figuur 23: Bezettingsgraden scenario 1a (per zone)

In Figuur 24 is nog een opsplitsing gemaakt naar de motieven die gebruikmaken van de gratis en betaald parkeren capaciteiten in de ochtend- en avondspits. Ook hier is weer te zien dat het motief werk (rood) met name plaatsen in beslag neemt in de ochtendspits en avondspits, terwijl dat wonen meer capaciteit gebruikt in de avondspits, uiteraard in andere gebieden (woonwijk vs stadscentra). Het betaald parkeren wordt met name gebruikt door de motieven winkelen en overig, en in de ochtendspits ook deels voor werk-gerelateerde motieven.



Figuur 24: Opsplitsing naar motieven voor gratis en betaald parkeren in de ochtendspits (OS) en avondspits (AS)

4.6 Conclusie scenario 1a Parkeren-op-eigen-terrein

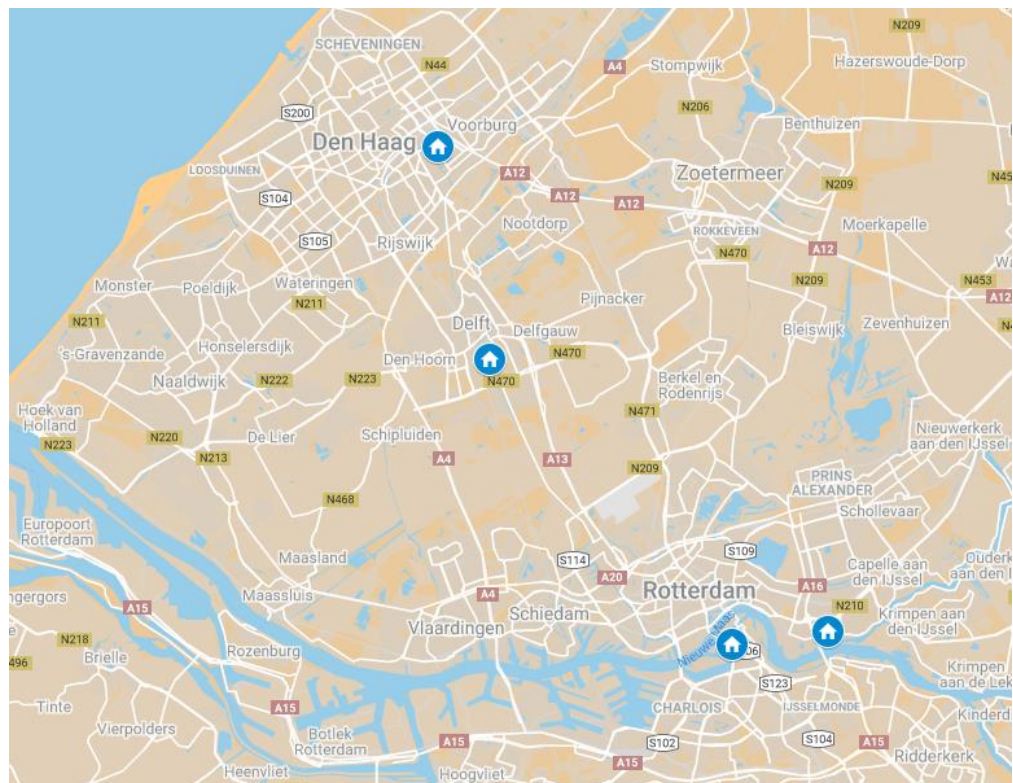
Scenario 1a en scenario 1b zijn zodanig gekozen dat getoetst kon worden of de ontwikkelingen op het vlak van Parkeren-op-eigen-terrein (POET) plausibel zijn. In

het basisjaar en het toekomstjaar was alleen rekening gehouden met betaalde parkeerplaatsen. Bij scenario 1a zijn POET-parkeerplaatsen en gratis parkeerplaatsen aan het toekomstjaar toegevoegd. Deze zijn bewust uit het basisjaar en toekomstjaar weggelaten om niet te veel ontwikkelingen in één keer te hoeven testen. De richting van de resulterende effecten is plausibel. Als rekening wordt gehouden met een beperkte parkeercapaciteit neemt het autogebruik af. In gebieden met een hogere stedelijkheidsgraad is de bezettingsgraad van de parkeerplaatsen en het aandeel voertuigen dat in een andere zone dan hun bestemming parkeert hoger. De orde grootte van de effecten kon nog niet worden gevalideerd.

5 Scenario 1b Verlaagde parkeernorm

5.1 Introductie

Voor het scenario 1b zijn er vier gebieden voorzien van een verlaagde parkeernorm. Deze worden vergeleken met de resultaten uit scenario 1a, waar de normale parkeernorm is gemodelleerd voor deze vier gebieden. De vier gebieden zijn weergegeven in Figuur 25. Het is een mix van gebieden die heel goed per OV bereikbaar zijn en gebieden die juist minder bereikbaar zijn per OV.



Figuur 25: Overzicht nieuwbouwwijken met een aangepaste parkeernorm

In de wijk Binckhorst in Den Haag wordt een parkeernorm van 0,3 gehanteerd (ten opzichte van 0,8 in 1a). In de wijk Schieoevers Noord in Delft geldt een parkeernorm van 0,6 (0,9 in scenario 1a). In de wijk Rivium Capelle wordt een parkeernorm van 0,3 gehanteerd (0,8 in scenario 1a). Ten slotte wordt in Rivium Capelle en parkeernorm van 0,6 gebruikt (0,9 in scenario 1a). Alle wijken met de woningaantallen (identiek in 1a en 1b) en parkeernormen zijn weergegeven in Tabel 37.

Tabel 37: Overzicht parkeernormen per wijk

	Aantal nieuwe woningen	Parkeernorm referentie (1a)	Parkeernorm laag (1b)
Binckhorst	12000	0,8	0,3
Rivium Capelle	2500	0,8	0,3
Rivium Capelle	5000	0,9	0,6
Schieoevers Noord	3800	0,9	0,6

Voor deze parkeernormen is daarbij de aanname gedaan dat de plaatsen als POET-capaciteit gelden. In bijvoorbeeld Schieoevers Noord (3800 woningen) zijn 3420 POET-plekken in scenario 1a (parkeernorm 0,9) en 2280 POET-plekken in scenario 1b meegenomen.

5.2 Resultaten Populatie

Als onderdeel van scenario 1b is het autobezitsmodel gedraaid waarbij voor de zones met een verlaagde parkeernorm het autobezit is verlaagd. Hierbij is een coëfficiënt van 0.0948 gebruikt (zie notitie A), oftewel, 100 parkeerplekken minder zorgt voor een daling van ongeveer 9.48 auto's. De resultaten van het voertuigbezit zijn weergegeven in Tabel 38. Afhankelijk van het gebied en de afname van de parkeernorm daalt het autobezit met 1% tot 5%. Dit aantal is laag gezien de sterke afname van de parkeernorm. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat autobezit ook door andere factoren wordt bepaald zoals inkomen en huishoudsamenstelling. Het verdient aanbeveling om verder te onderzoeken in hoeverre het autobezitsmodel realistisch is en ook een scenario door te rekenen met een grotere afname van het autobezit. Voor Rivium Capelle is het autobezit niet bepaald wegens foutieve populatiedata, zie ook bijlage A.

Tabel 38: Autobezit scenario 1a en 1b

	Nieuwe woningen	Auto- bezit 1a	Auto- bezit 1b	Vershil in autobezit
Binckhorst	12000	8894	8456	-438
Schieoevers Noord	3800	2688	2667	-21
Rijnhaven	2500	1291	1271	-20

5.3 Resultaten Feathers

Scenario 1b verschilt van scenario 1a in de reductie van de parkeerplaatsen op een beperkt aantal locaties, en de afname van het autobezit op deze locaties. In de schattingen van Feathers wordt het aantal POET-plekken niet meegenomen, gezien deze attributen voor het basisjaar nog niet beschikbaar waren. Om toch de wijzigingen in het aantal parkeerplaatsen te modelleren, is ervoor gekozen om de vermindering in POET-plaatsen over te nemen als vermindering in het aantal gratis parkeerplaatsen.

Echter, de verschillen tussen 1a en 1b zijn dermate beperkt dat er geen impact op de Feathers simulatieresultaten zichtbaar is op het geaggregeerde rapportageniveau dat in dit rapport gehanteerd wordt. Deze resultaten van 1b zullen dan ook niet worden gepresenteerd.

Het verschil in tripaantallen voor het gehele V-MRDH gebied is weergegeven in Tabel 39. Deze verschillen worden met name veroorzaakt door de stochastische aanwezigheid in de Monte Carlo simulaties.

Tabel 39: Verschil in tripaantallen tussen 1a en 1b

	Ochtendspits	Restdag	Avondspits
Privé	-0.2%	0.1%	-0.1%
Micro 15 km/h	-0.2%	-0.1%	-0.1%
Micro 25 km/h	0.5%	0.1%	-0.4%
Gedeeld traditioneel	0.2%	0.1%	0.4%
Totaal	-0.1%	0.0%	0.0%

Interessanter is het om te kijken naar de producties en attracties van deze specifieke zones. De afname in het totaal aantal aankomsten en vertrekken per auto, per gebied is weergegeven in Tabel 40. Deze verschillen worden met name veroorzaakt door de toegenomen parkeerzoektijden, en niet door het autobezit. Hierin is te zien dat in Binckhorst, Schieoevers Noord en Rivium Capelle het aantal verplaatsingen sterk afneemt, met +/- 15%. Bij Rijnhaven is er echter nauwelijks een verschil merkbaar. Het grote verschil in Rijnhaven lijkt met name te zijn veroorzaakt door het grote aantal verplaatsingen die gerelateerd aan de werkgelegenheid in dit gebied. Rijnhaven bevat relatief veel arbeidsplaatsen (namelijk 8208) ten opzichte van het aantal woningen (namelijk 2500). Verplaatsingen met het motief werk hebben uiteraard geen last van de vermindering van het aantal POET-plaatsen.

Tabel 40: Verschil in aankomsten en vertrekken 1a en 1b

	Ochtendspits	Restdag	Avondspits
Binckhorst	-958 (-15%)	-4672 (-17%)	-946 (-17%)
Schieoevers Noord	-81 (-15%)	-209 (-9%)	-98 (-20%)
Rivium Capelle	-127 (-12%)	-480 (-13%)	-103 (-14%)
Rijnhaven	18 (1%)	119 (1%)	-38 (-2%)

In Tabel 41 is het aantal aankomsten per auto weergegeven in de avondspits, met daarnaast de totale POET-capaciteit. Hier valt te zien dat – ondanks het geringe effect van POET-plaatsen op het autobezit zoals weergegeven in Tabel 38 – de POET-capaciteit nergens wordt overschreden. Ook in bijvoorbeeld Rijnhaven (waar eerder geen verschil in aankomsten en vertrekken werd geconstateerd) wordt de capaciteit niet overschreden. Het lijkt er in het algemeen op dat het aantal autoverplaatsingen wordt onderschat voor deze nieuwe woonwijken.

Tabel 41: Attractie autoverplaatsingen in de avondspits

	Aankomsten 1a	POET capaciteit 1a	Aankomsten 1b	POET capaciteit 1b
Binckhorst	3774	9600	3047	3600
Schieoevers Noord	203	1200	298	2280
Rivium Capelle	175	4500	550	3000
Rijnhaven	548	3420	1354	2030

De toedeling van scenario 1b is niet gedraaid. Gezien de kleine verschillen in slechts een paar gebieden is het de verwachting dat de resultaten hiervan grotendeels overeen zullen komen met de resultaten van scenario 1a.

5.4 Conclusie scenario 1b Verlaagde parkeernorm

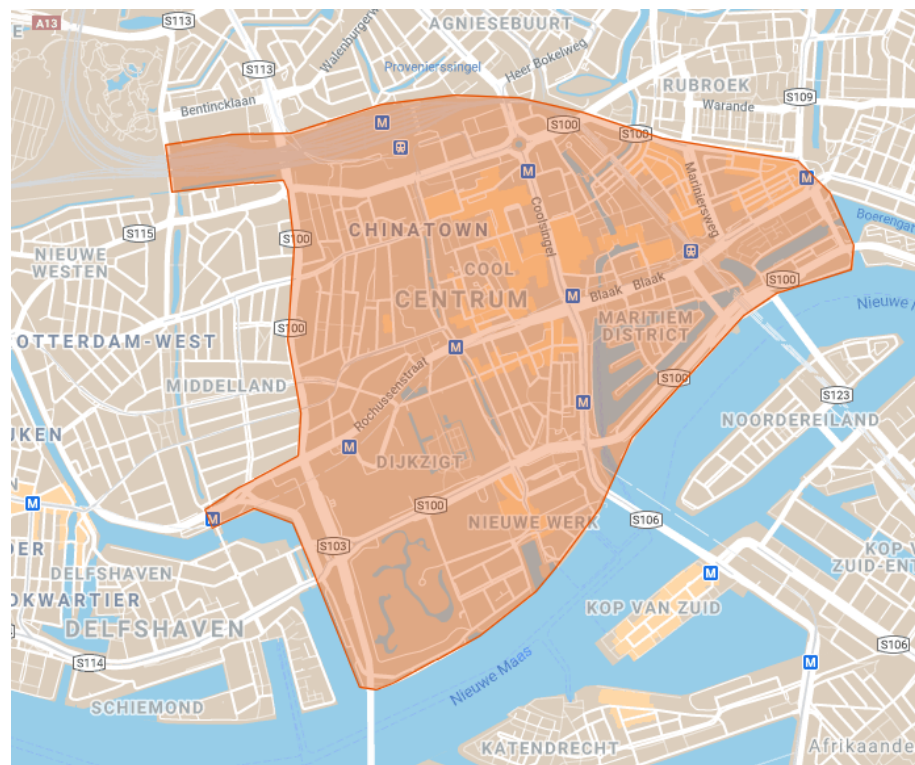
Bij scenario 1b zijn vier gebieden voorzien van een sterk verlaagde parkeernorm. Het in UTN-II ontwikkelde regressiemodel voor autobezit is ingezet om de impact van de verlaagde parkeernorm op autobezit te bepalen. Dit effect bleek echter beperkt te zijn (gemiddeld 3% in de zones waar de parkeernorm is verlaagd) en vermoedelijk onderschat te worden. In combinatie met de afgenomen parkeercapaciteit en daarbij verhoogde parkeerzoektijd leidt dit toch nog tot een afname van gemiddeld 6% autoverplaatsingen voor deze gebieden. Op netwerkniveau zijn deze effecten beperkt zichtbaar. Het autobezitsmodel zal verder moeten worden gevalideerd, bijv. met praktijkdata.

6 Scenario 2a Verlaagde parkeercapaciteit in stadscentra

6.1 Introductie

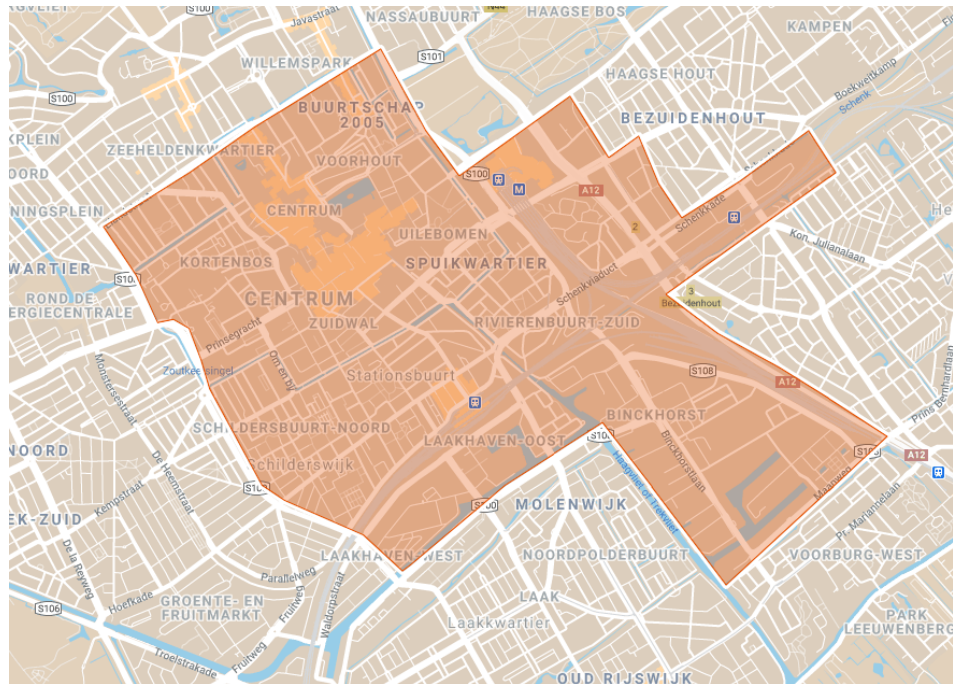
Bij scenario 2a wordt de betaalde parkeercapaciteit in de stadscentra van Rotterdam, Den Haag en Delft verlaagd. De resultaten worden daarbij vergeleken met het toekomstjaar (zonder Parkeren-op-eigen-Terrein).

In Rotterdam worden er 30% minder parkeerplaatsen in het centrum op straat en in de parkeergarages gemodelleerd. Dit geldt alleen voor parkeerplaatsen voor bezoekers, niet voor inwoners. Het gaat hier om alle betaald parkeren capaciteit, zowel in parkeervakken, parkeergarages als straatparkeren.



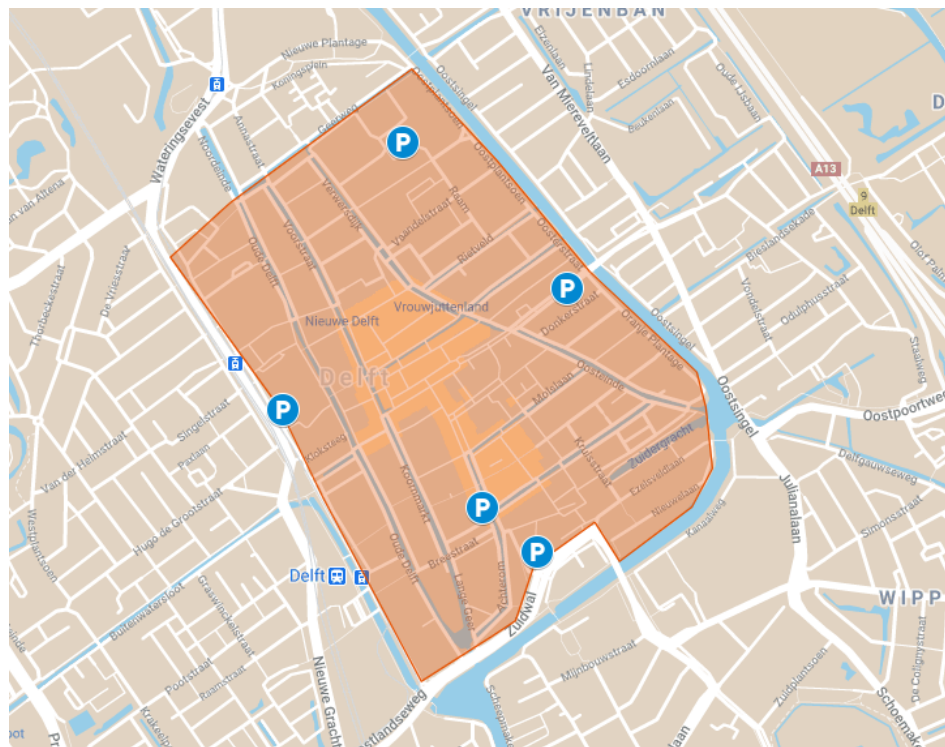
Figuur 26: Gebied voor vermindering parkeerplaatsen Rotterdam

Ook in Den Haag worden er 30% minder parkeerplaatsen gemodelleerd ten opzichte van het referentie-toekomstscenario. Dit geldt alleen voor parkeerplaatsen voor bezoekers, niet voor inwoners. Het gekozen gebied is het centrum inclusief het CID (Central Innovation District) en de Binckhorst.



Figuur 27: Gebied voor vermindering parkeerplaatsen Den Haag

In Delft wordt een autoluw gebied ingevoerd in het centrum (zones 2296, 2316, 2340, 2341, 2342, 2363 en 2343). Hierbij worden alle straatparkeerplaatsen weggehaald. Ook bewoners moeten dan parkeren in één van de parkeergarages (zoals bezoekers momenteel al doen).

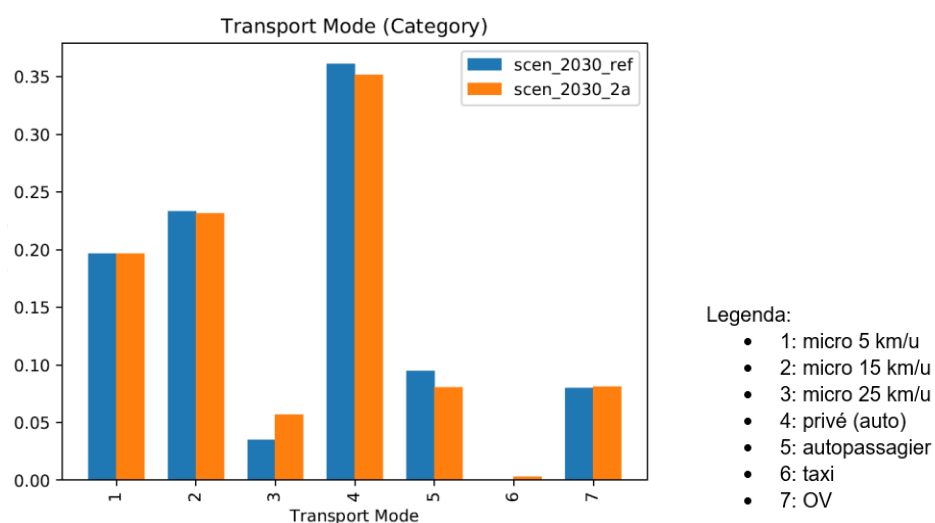


Figuur 28: Autoluw gebied Delft (exclusief parkeergarages)

6.2 Resultaten Feathers

Aangezien de opbouw van de activiteitenpatronen in de huidige versie van Feathers gebeurt op basis van een beperkt aantal persoonskenmerken zoals bijvoorbeeld leeftijd, geslacht en bezit van een rijbewijs en deze in dit scenario niet werden aangepast ten opzichte van het referentie scenario 2030, is de verdeling van de motieven en de verdeling van het aantal tours in de activiteiten-verplaatsingspatronen in dit scenario ongewijzigd ten opzichte van de in Figuur 13 en Figuur 14 gerapporteerde patronen voor het referentie scenario 2030. Bereikbaarheid (verandering in de LOS) kan indirect wel een (beperkte) rol spelen: als de bereikbaarheid erg slecht is dan zal het niet lukken om de schedules consistent te krijgen. De schedules worden dan aangepast. Dit effect speelt in dit geval niet.

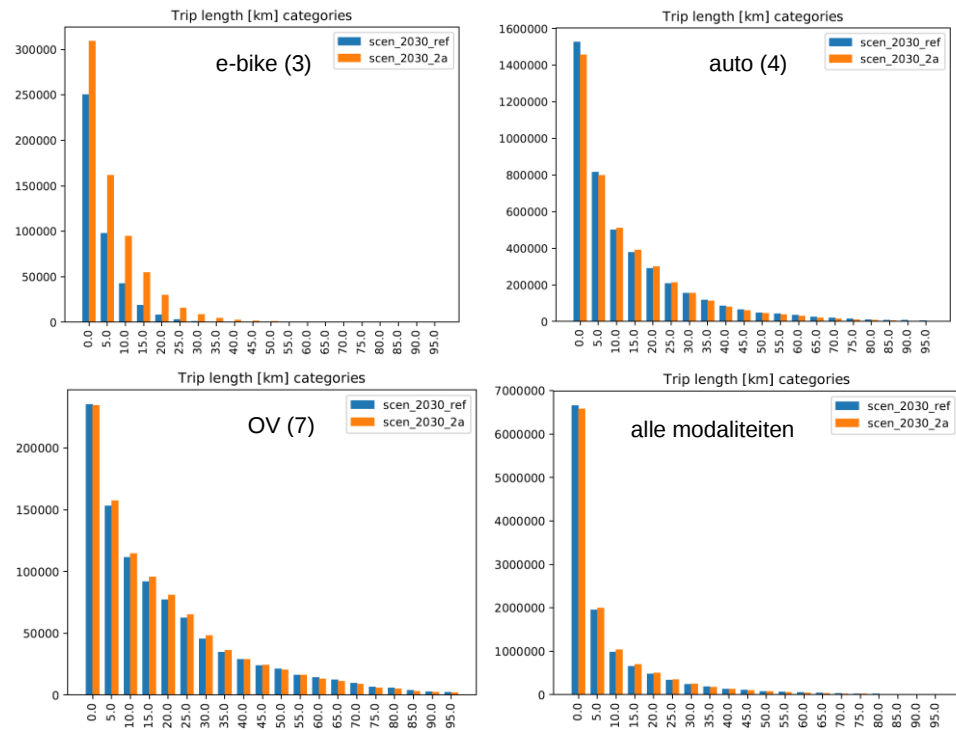
In Figuur 29 zien we de invloed van het verwijderen van parkeercapaciteit op de modale verdeling. Hierdoor verliest de auto (4: privé) een stuk aantrekkelijkheid wat zich uit in een beperkte afname van het modaal aandeel. Ook het modaal aandeel van passagier (5: autopassagier) neemt af. Het modaal aandeel van de e-bike (3: micro 25 km/u) kent de grootste groei. Micro 15 km/uur laat een kleine afname zien, wat niet in lijn is met de verwachting. Dit bleek het gevolg te zijn van een fout in de level-of-service voor micro 25 km/uur in het referentiescenario (te lage snelheid) die in de scenario's is gecorrigeerd. De toename van Micro 25 km/uur is dus het gevolg van de aangepaste snelheid en de hogere parkeerzoektijd als gevolg van een lagere parkeercapaciteit.



Figuur 29: Aandelen trips naar transportmodus voor Feathers referentie scenario 2030 run (scen_2030_ref) vergeleken met scenario 2a (scen_2030_2a) (totaal=1)

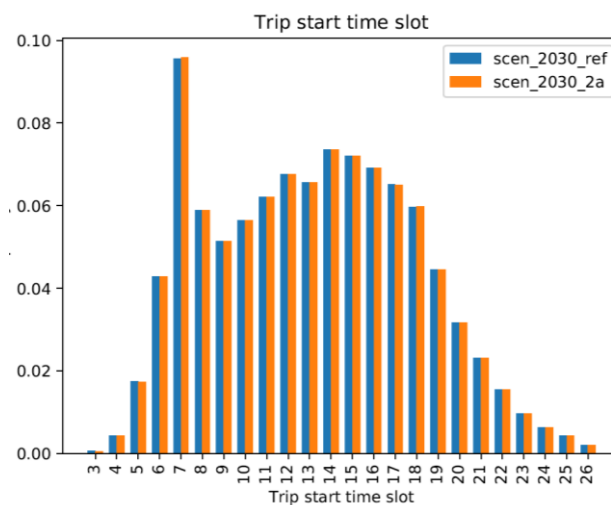
Figuur 30 illustreert een beperkte herverdeling van de tripfrequentie naar de langere trips (rechts onderaan) onder invloed van het verwijderen van parkeerplaatsen in een aantal stadscentra. Wat opvalt is de uitgesproken toename van de tripfrequentie voor de e-bike (Figuur 30, links bovenaan). Deze toename is niet alleen merkbaar voor de kortere afstanden tot 20 kilometer, waarvoor er ook in het referentiescenario 2030 trips waargenomen werden, maar ook voor de langere afstanden (25 tot 30 kilometer), waar voor de e-bike nu ook duidelijk trips gesimuleerd worden. Zowel de auto (Figuur 30, rechts bovenaan) als het openbaar vervoer (Figuur 30, links

onderaan) verliezen in beperkte mate trips voor de kortste afstandscategorie, wat in lijn ligt met de algemene trend over alle modaliteiten heen (Figuur 30, rechts onderaan).



Figuur 30: Histogram met de aantallen trips per afstandscategorie voor de Feathers simulatie voor het referentiescenario 2030 (scen_2030_ref) en scenario 2a (scen_2030_2a).

De dagligging van de starttijdstippen van de verplaatsingen is in het huidige tijdstipkeuzemodel enkel gevoelig aan persoonskenmerken, waardoor het scenario met de parkeerkenmerken geen verschuiving teweegbrengt zoals geïllustreerd in Figuur 31.



Figuur 31: Aandelen van de starttijdstippen van de verplaatsingen voor de Feathers simulatie voor het referentie scenario 2030 (scen_2030_ref) en voor scenario 2a (scen_2030_2a) (totaal=1)

Het totaal aantal trips per etmaal in vergelijking met het toekomstjaar referentiescenario is weergegeven in Tabel 42. De bijbehorende modal split staat in Tabel 43. Hier valt een lichte toename van het aantal trips te zien. Er is een lichte afname van autoverkeer zichtbaar, wat te verwachten was als gevolg van de reductie van parkeercapaciteit. Met name de toename van de micro 25 km/h vervoerwijze is opmerkelijk, gezien er geen veranderingen in het e-bike bezit of in de beschikbaarheid van (deel)scooters zijn doorgevoerd in scenario 2a. Het lijkt erop dat dit wordt veroorzaakt door de onaantrekkelijkheid van de auto in de stedelijke gebieden voor met name de korte en middellange afstand. Deze trips worden vervangen door ritten met de eigen e-bike. Ook in de modal split is zichtbaar dat – ondanks de lichte toename van het aantal trips – de auto onaantrekkelijker is geworden in ruil voor met name de micro 25 km/h vervoerwijze.

Tabel 42: Aantal trips (x1000) scenario 2a (etmaal)

	UTN ref	UTN 2a	Verschil
Privé	3843	3821	-1%
Micro 15 km/h	2799	2780	-1%
Micro 25 km/h	416	663	59%
Gedeeld traditioneel	784	811	3%
Totaal	7843	8075	3%

Tabel 43: Modal split scenario 2a (etmaal)

	UTN ref	UTN 2a
Privé	49%	47%
Micro 15 km/h	36%	34%
Micro 25 km/h	5%	8%
Gedeeld traditioneel	10%	10%

6.3 Resultaten voor- en natransportkeuzemodel

In scenario 2a zijn geen hubs toegevoegd of andere wijzigingen naast het verlagen van de parkeercapaciteit in de drie stadscentra. Het is dan ook geen verrassing dat de resultaten van het voor- en natransport van het OV gelijk zijn aan die van het referentie-toekomstjaar, zoals te zien in Tabel 44.

Tabel 44: Voor- en natransport openbaar vervoer scenario 2a (percentage trips, etmaalniveau)

	UTN ref	UTN 2a
L-OV-L	62%	62%
L-OV-F	18%	18%
F-OV-L	18%	18%
F-OV-F	3%	3%

6.4 Resultaten toedeling

De resultaten van voertuigkilometers (Tabel 45) en voertuigverliesuren (Tabel 46) laten zien dat er een kleine afname is van het gereden aantal kilometers per auto, resulterend in een grotere afname van het aantal voertuigverliesuren (resp. 8.7% en 5.8%). In deze voertuigverliesuren wordt overigens de vertraging op parkeerlinks (parkeerzoektijden) niet meegenomen.

Tabel 45: Voertuigkilometers scenario 2a en verandering ten opzichte van toekomstjaar

	Ochtendspits	Avondspits	Restdag
Scenario 2a	70.7 miljoen km	72.0 miljoen km	277.9 miljoen km
Verandering t.o.v. toekomstjaar	-1.0%	-0.7%	-0.8%

Tabel 46: Voertuigverliesuren scenario 2a en verandering ten opzichte van toekomstjaar

	Ochtendspits	Avondspits
Scenario 2a	58442 uur	60567 uur
Verandering t.o.v. toekomstjaar	-8.7%	-5.8%

De parkeerlinks zijn in scenario 2a alleen gebruikt voor het modelleren van de beschikbare betaald parkeren capaciteit. Door het verlagen van de parkeercapaciteit in de stadscentra, is het gevolg dat meer voertuigen parkeren in een andere zone dan hun bestemmingszone ten opzichte van het toekomstjaar (Tabel 47). Desondanks zijn er nauwelijks meer zones waar de capaciteit wordt overschreden, wat aantoont dat de parkeerlinks in de toedeling het gewenste resultaat behalen. Uiteraard stijgt de gemiddelde bezettingsgraad wel, wat met name merkbaar is in gebieden met een hoge stedelijkheidsgraad.

Tabel 47: Statistieken parkeerlink gebruik scenario 2a

	Ochtendspits		Avondspits	
	UTN ref	UTN 2a	UTN ref	UTN 2a
Percentage auto's geparkeerd in een andere zone	24.3%	29.0%	9.3%	12.3%
Aantal zones met een bezetting $\geq$ capaciteit + 5	24	30	25	36
Gemiddelde bezettingsgraad	7.1%	7.4%	10.0%	10.7%

6.5 Conclusie scenario 2a Verlaagde parkeercapaciteit in stadscentra

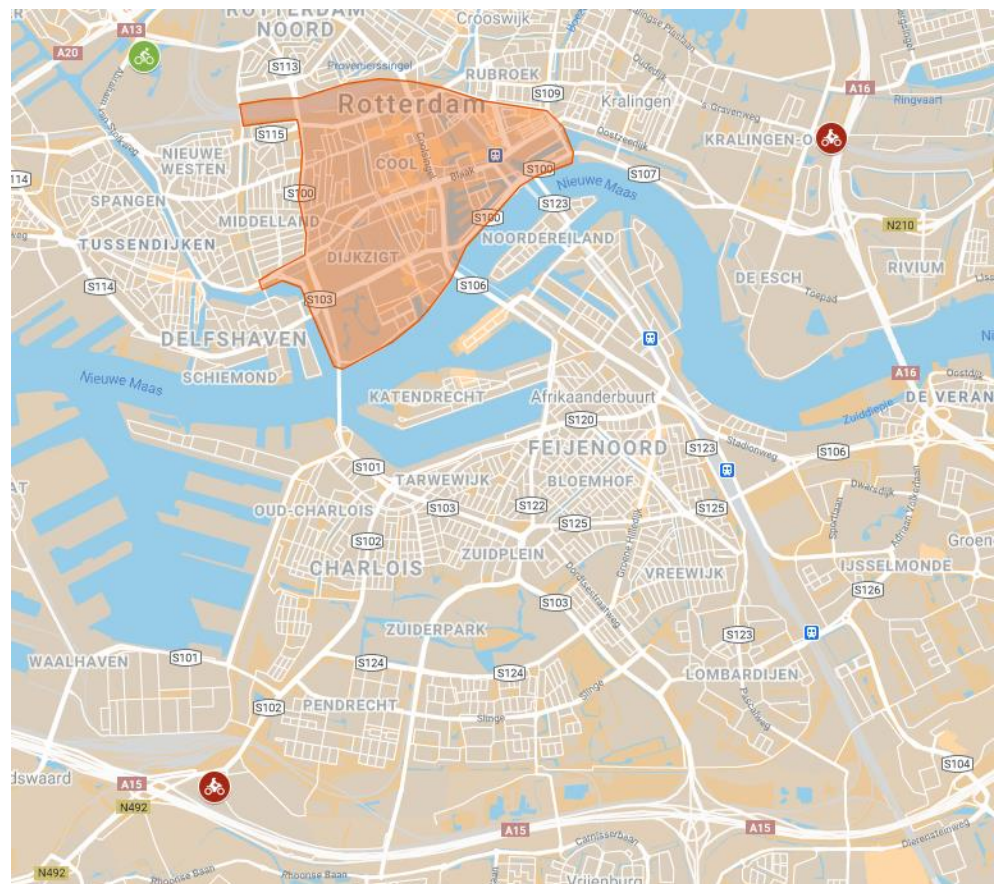
Bij scenario 2a is de betaalde parkeercapaciteit in de stadscentra van Rotterdam, Den Haag en Delft verlaagd. De richting van de effecten is plausibel. Het aantal autoverplaatsingen neemt af en met name het aandeel micro 25 km/h (e-bike) neemt sterk toe. Voor de verplaatsingen naar de stadscentra waarbij nog wel gebruik wordt gemaakt van de auto, wordt vaker in een andere zone dan de bestemmingszone geparkeerd ten opzichte van het toekomstjaar.

7 Scenario 2b Verlaagde parkeercapaciteit in stadscentra en hubs en deelmobiliteit

7.1 Introductie

In dit scenario wordt de parkeercapaciteit verlaagd zoals in scenario 2a, maar dan met de toevoeging van hubs aan de randen van de stad. Hierbij worden slechts een paar hubs toegevoegd om specifiek die hubs goed te kunnen analyseren. Er is een mix gekozen van hubs dichtbij het centrum en verder weg. Bij de hubs dichtbij het centrum worden gedeelde micro 15 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelfiets) toegevoegd. Bij de hubs verder van het centrum worden gedeelde micro 25 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelscooter) toegevoegd. Er wordt geen zoektijd gerekend voor ritten met gedeelde voertuigen.

In Rotterdam worden 3 hubs toegevoegd: bij Diergaarde Blijdorp (dichtbij het centrum, maar zonder goed OV), bij de Kralingse Zoom (aan de rand, met goed OV) en de Carnisser Poort (aan de rand, matig OV). Bij Diergaarde Blijdorp worden gedeelde micro 15 km/h voertuigen toegevoegd, bij de andere twee hubs gedeelde micro 25 km/h voertuigen.



Figuur 32: Hubs aan de randen van Rotterdam inclusief het centrumgebied met verlaagde parkeercapaciteit

In Den Haag worden er ook drie hubs toegevoegd: bij station Laan van NOI (dichtbij het centrum), bij Hoornwijck (verder weg maar met goed OV) en bij Forepark (verder weg en met matig OV). Bij station Laan van NOI worden gedeelde micro 15 km/h voertuigen toegevoegd, bij de andere twee hubs gedeelde micro 25 km/h voertuigen.



Figuur 33: Hubs aan de randen van Den Haag inclusief het centrumgebied met verlaagde parkeercapaciteit

Rondom Delft worden hubs toegevoegd bij de IKEA (dichtbij het centrum en goed bereikbaar per fiets), Reinier de Graaf (verder van het centrum, redelijk OV) en bij Station Delft Campus (verder van het centrum, treinverbinding).



Figuur 34: Hubs aan de randen van Delft inclusief het centrumgebied met verlaagde parkeercapaciteit

7.2 Modellerings deelconcepten in scenario 2b en 3

In scenario 2b en 3 worden deelvoertuigen toegevoegd. Hierbij worden deelvoertuigen gemodelleerd als 'free-floating' types, oftewel voertuigen die binnen een bepaald gebied gebruikt mogen worden maar geen vaste standplaats of inleverlocatie hebben. Hiervoor worden de prijzen aangehouden uit Tabel 48.

Tabel 48: Prijzen deelconcepten in scenario 2b en 3

	Start-up €	€/min	Type	Overig
Micro 15 km/h	1,00	0	Free-floating	Gebaseerd op Mobike
Micro 25 km/h	0	0,30	Free-floating	Gebaseerd op Felyx & Go-sharing.

Voor het bepalen van de prijzen is hierbij is de aanname gedaan dat ritten per deelfiets niet langer duren dan 30 minuten, en het tarief 'van 0 t/m 30 minuten' geldt. Bij micro 25 km/h geldt deze aanname niet, gezien hier over het algemeen wordt gebruikgemaakt van tarieven per minuut. De prijzen van huidige deelconcepten die zijn gebruikt voor het opstellen van deze prijzen zijn weergegeven in Tabel 49.

Tabel 49: Prijzen huidige micro 15 km/h gedeeld modaliteiten

	Start-up €	€/min	Type	Overig
Donkey Republic	1.50	0	Station-based	Voor ritten <15 minuten
Mobike	1.00	0	Free-floating	Voor ritten <30 minuten
OV-Fiets	3.85	0	Station-based	Voor 1 dag

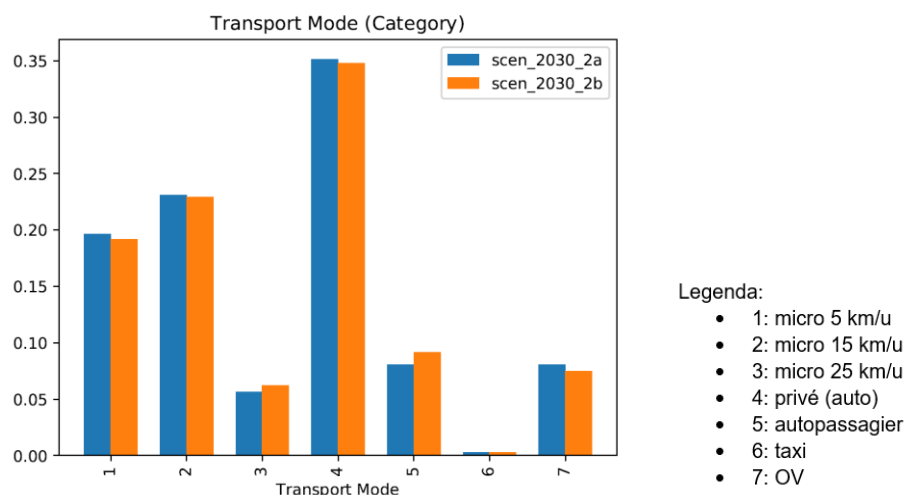
Tabel 50: Prijzen huidige micro 25 km/h gedeeld modaliteiten

	Start-up €	€/min	Type	Overig
Felyx scooter	0	0.30	Free-floating	
Go-sharing scooter	0	0.29	Free-floating	
Check scooter	0.50	0.25	Free-floating	
Urbee e-bike	0	0.05	Station-based	
Uber/JUMP e-bike	1.00	0.20	Free-floating	Onbekend of dit nog bestaat.

7.3 Resultaten Feathers

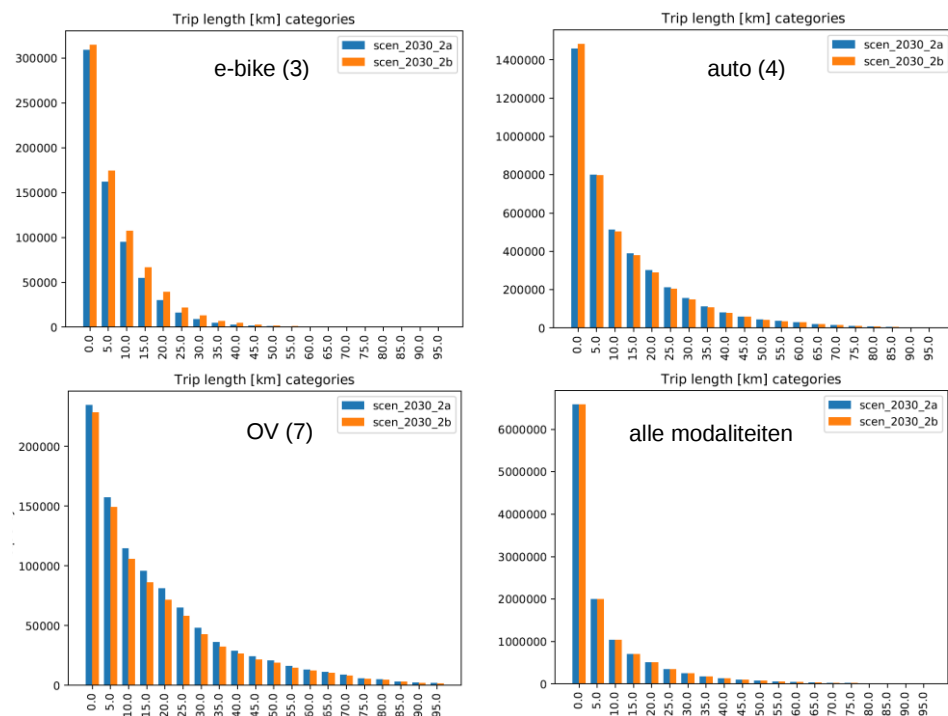
Net zoals bij scenario 2a vermeld gebeurt de opbouw van de activiteitenpatronen in de huidige versie van Feathers op basis van een beperkt aantal persoonskenmerken die in scenario 2b niet werden aangepast ten opzichte van het basis scenario 2030. Daarom verwijzen we naar de in Figuur 13 en Figuur 14 voor het referentie scenario 2030 gerapporteerde patronen voor de verdeling van de motieven en de verdeling van het aantal tours in de activiteiten-verplaatsingspatronen.

Figuur 35 illustreert de impact van het toevoegen van hubs en deelmobiliteit in de stadscentra aan scenario 2a, wat leidt tot scenario 2b. De beschikbaarheid van deelmobiliteit leidt tot een beperkte afname van de relatieve aantrekkelijkheid van de traditionele modaliteiten. Met name het openbaar vervoer (7: OV), de auto (4: privé), maar ook lopen (1: micro 5 km/u) verliezen beperkt aan modaal aandeel in scenario 2b ten opzichte van scenario 2a. Een onverwacht resultaat dat verder onderzoek verdient is de toename van het modaal aandeel passagier (5: autopassagier). De e-bike (3: micro 25 km/u) wint aan modaal aandeel door de grotere beschikbaarheid van dit vervoersmiddel in de vorm van deelmobiliteit en lijkt een stukje van het modaal aandeel van de fiets (2: micro 15 km/u) in te nemen.



Figuur 35: Aandelen van de trips uitgevoerd met een modaliteit voor Feathers basis scenario 2030 run (scen_2030_ref) vergeleken met scenario 2b (scen_2030_2b) (totaal=1)

In Figuur 36 rechts onderaan zien we dat het toevoegen van hubs en deelmobiliteit geen aanleiding geeft tot een duidelijke verhoging van de totale tripfrequentie per afstandscategorie wanneer we scenario 2b vergelijken met scenario 2a. De keuze om wel of niet van een hub gebruik te maken worden pas in het voor- en natransportmodel gemaakt, waardoor de verplaatsingen in Feathers nog niet in twee verplaatsingen worden gesplitst en de tripfrequentie dus nog niet omhoog gaat. De impact van deze maatregel speelt zich voornamelijk af op het niveau van de tripfrequentie van de verschillende modaliteiten. De e-bike, die in Figuur 35 aan modaal aandeel won, vertoont inderdaad een toename van de tripfrequentie voor alle afstandscategorieën in scenario 2b ten opzichte van scenario 2a (Figuur 36 links boven). Voor de auto zien we een zeer kleine afname van de tripfrequentie voor alle afstandscategorieën, behalve voor de kortste afstanden. Hoewel het effect beperkt is, is dit contra-intuïtief. Links onderaan in Figuur 36 is te zien dat de beschikbaarheid van deelmobiliteit leidt tot een reductie van de tripfrequentie van het traditioneel openbaar vervoer.



Figuur 36: Histogram met de aantallen trips per afstandscategorie voor de Feathers simulatie voor scenario 2a (scen_2030_2a) en scenario 2b (scen_2030_2b).

De dagligging van de verplaatsingen wordt in Feathers niet beïnvloed door de beschikbaarheid van deelmobiliteit. Daarom wordt de figuur met de verdeling van de startende trips over de tijdstippen van de dag hier niet herhaald maar verwijzen we hiervoor naar Figuur 31.

In Tabel 51 is het aantal trips weergegeven ten opzichte van het aantal trips in scenario 2a. Hier is te zien dat het totaal aantal trips zoals verwacht vrijwel gelijk blijft. De toename van micro 25 km/h wordt veroorzaakt door de beschikbaarheid van gedeelde micro 25 km/h voertuigen: niet alleen op de hubs aan de rand van de stad, maar ook in de stadscentra zelf. Tabel 52 toont de bijbehorende modal split.

Tabel 51: Aantal trips (x1000) scenario 2b (etmaal)

	UTN 2a	UTN 2b	Vershil
Privé	3821	3796	-1%
Micro 15 km/h	2780	2763	-1%
Micro 25 km/h	663	726	10%
Gedeeld traditioneel	811	808	0%
Totaal	8075	8093	0%

Tabel 52: Modal split scenario 2b

	UTN 2a	UTN 2b
Privé	47%	47%
Micro 15 km/h	34%	34%
Micro 25 km/h	8%	9%
Gedeeld traditioneel	10%	10%

7.4 Resultaten voor- en natransportkeuzemodel

Het voor- en natransportkeuzemodel heeft zowel het voor- en natransport van het openbaar vervoer, als het gebruik van hubs voor ketenverplaatsingen bepaald. De resultaten van het openbaar vervoer zijn weergegeven in Tabel 53. Hier is met name een lichte toename te zien van de fiets-OV-fiets verplaatsingen. Dit wordt veroorzaakt door de (voldoende) beschikbaarheid van de deelfiets in de stadscentra van Den Haag, Rotterdam en Delft en is daarmee een te verwachten effect.

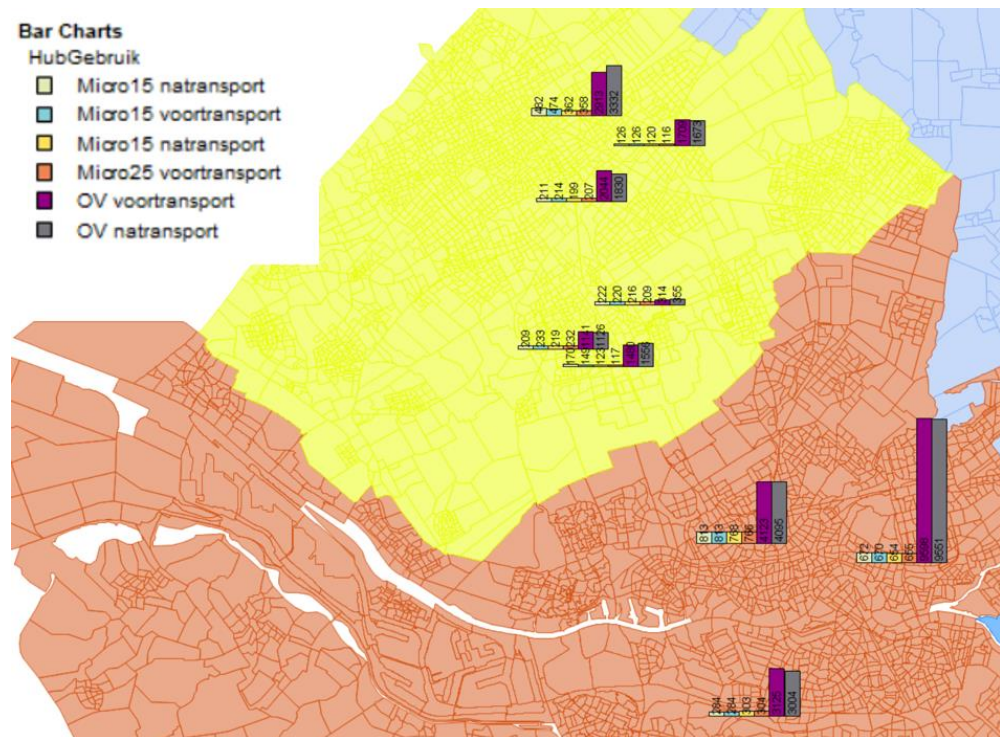
Tabel 53: Voor- en natransport openbaar vervoer scenario 2b (percentage trips, etmaalniveau)

	UTN ref	UTN 2b
L-OV-L	62%	61%
L-OV-F	18%	18%
F-OV-L	18%	17%
F-OV-F	3%	4%

De gemodelleerde hubs zijn er 9 in totaal: 3 per stad, zoals gevisualiseerd in Figuur 37. Uit deze afbeelding valt op te maken dat het OV als voor- en natransport (de paarse en grijze balken) overal het meest aantrekkelijk is, wat ook te zien is in de statistieken over het hubgebruik in Tabel 54. Hierin is te zien dat het gebruik van ketens gedurende dag in balans is: het aandeel "Privé-Micro 15 km/h" verplaatsingen is net zo groot als het aandeel "Micro 15 km/h-Privé" ketenverplaatsingen. Dit is zoals verwacht: de reizigers gebruiken zowel op de heenweg als de terugweg de ketenverplaatsing, en de auto blijft niet aan het einde van de dag achter op de hub-parkeerplaats. Een aandachtspunt is dat geen rekening is gehouden met parkeercapaciteiten en een eventueel beperkt aantal beschikbaar deelfietsen. In totaal maken meer dan 60 duizend verplaatsingen gebruik van hub. Dit geeft dus vooral de potentie van de hubs aan.

Tabel 54: Ketengebruik scenario 2b

Privé - Micro 15 km/h	5%
Micro 15 km/h - Privé	5%
Privé – Gedeeld Traditioneel	41%
Gedeeld Traditioneel - Privé	41%
Privé - Micro 25 km/h	4%
Micro 25 km/h - Privé	4%
Totaal aantal ketens	66366
Gemiddeld aantal ketens per hub	7374



Figuur 37: Ketengebruik scenario 2b

De hubs bij Rotterdam worden veelvuldig gebruikt, terwijl de hubs in Delft een veel kleiner aandeel hebben van het totaal aantal autoverplaatsingen richting het stadscentrum. Met name de hub nabij Ikea Delft lijkt nauwelijks reizigers aan te trekken.

Tabel 55: Ketengebruik, aandeel per stad van alle ketenverplaatsingen in scenario 2b

Den Haag	25%
Rotterdam	61%
Delft	12%

In Tabel 56 is een verdere uitsplitsing gemaakt naar voor- en natransport vervoerwijzen per stad. Naast de eerdere conclusie dat openbaar vervoer (gedeeld traditioneel) populair is, is ook te zien dat de aandelen micro 15 km/h en micro 25 km/h nauwelijks van elkaar verschillen. Het is aan te bevelen om per locatie nader te verkennen in hoeverre deze resultaten plausibel zijn gegeven de OV-kwaliteit, de kosten en de reistijden van micro 15 km/uur en micro 25 km/uur.

Tabel 56: Ketengebruik, verdeling per stad in scenario 2b

Scenario 2b	Micro 15 km/h	Micro 25 km/h	Gedeeld traditioneel
Den Haag	11%	8%	82%
Rotterdam	9%	8%	83%
Delft	14%	12%	74%

7.5 Resultaten toedeling

De voertuigkilometers en voertuigverliesuren zijn weergegeven in Tabel 57 en Tabel 58. Deze getallen wijken zoals verwacht nauwelijks af van scenario 2a.

Tabel 57: Voertuigkilometers scenario 2b en verandering ten opzichte van toekomstjaar en 2a

	Ochtendspits	Avondspits	Restdag
Scenario 2b	70.5 miljoen km	71.7 miljoen km	276.9 miljoen km
Verandering t.o.v. toekomstjaar	-1.3%	-1.0%	-1.1%
Verandering t.o.v. 2a	-0.3%	-0.3%	-0.4%

Tabel 58: Voertuigverliesuren scenario 2b en verandering ten opzichte van toekomstjaar

	Ochtendspits	Avondspits
Scenario 2b	57990 uur	59395 uur
Verandering t.o.v. toekomstjaar	-9.4%	-7.6%
Verandering t.o.v. 2a	-0.8%	-1.9%

De parkeerlink data (Tabel 59) laat kleine verschillen zien, in lijn met de afname van het aantal autotrips: het aandeel auto's geparkeerd in een andere zone is lager, het aantal maal dat de bezetting de capaciteit overschrijdt is lager, en de gemiddelde bezettingsgraad is ook laag. De bezettingsgraad is hoger in de gebieden met een hoge stedelijkheidsgraad (+/- 25%).

Tabel 59: Statistieken parkeerlink gebruik scenario 2b

	Ochtendspits		Avondspits	
	UTN 2a	UTN 2b	UTN 2a	UTN 2b
Percentage auto's geparkeerd in een andere zone	29.0%	27.6%	12.3%	11.7%
Aantal zones met een bezetting $\geq$ capaciteit + 5	30	30	36	33
Gemiddelde bezettingsgraad	7.4%	7.2%	10.7%	10.4%

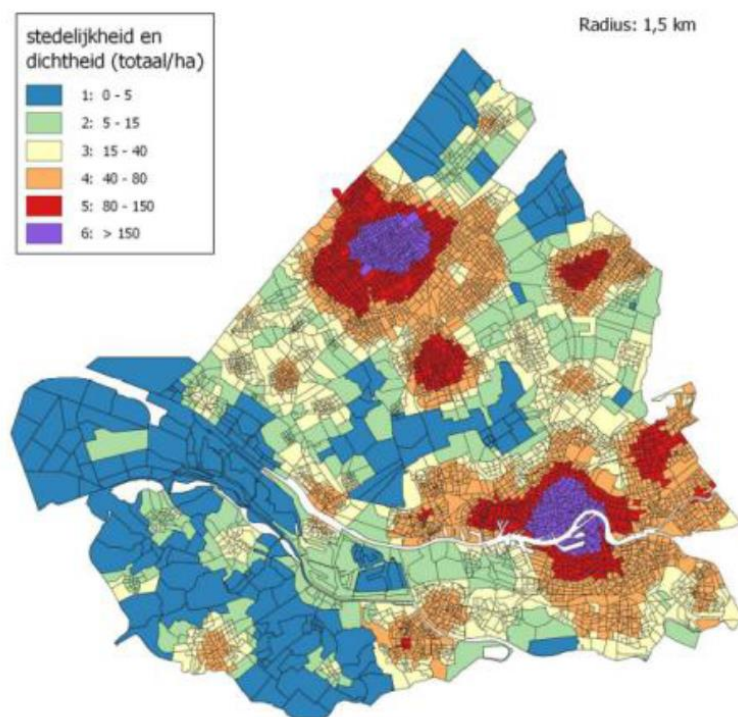
7.6 Conclusie scenario 2b Verlaagde parkeercapaciteit in stadscentra en hubs en deelmobiliteit

Bij scenario 2b is de parkeercapaciteit verlaagd zoals in scenario 2a, maar dan met de toevoeging van in totaal 9 hubs aan de randen van Rotterdam, Den Haag en Delft. Bij de hubs dichtbij het centrum zijn gedeelde micro 15 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelfiets) toegevoegd. Bij de hubs verder verwijderd van het centrum zijn gedeelde micro 25 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelscooter) toegevoegd. Daarnaast is het mogelijk deze gedeelde modaliteiten in de stadscentra te gebruiken. Er is nog geen zoektijd gerekend voor ritten met gedeelde voertuigen welke vanaf de hub vertrekken. De richting van de effecten van dit scenario is eveneens plausibel. Vooral de hubs bij Rotterdam en Den Haag worden op grote schaal gebruikt. Hierbij is geen rekening gehouden met een eventueel beperkte capaciteit van parkeerplaatsen of beperkte beschikbaarheid van deelmicro 15/25 km/uur. De resultaten geven dus een indicatie van de potentie van de hubs weer.

8 Scenario 3 Grootschalige deelmobiliteit

8.1 Introductie

In scenario 3 worden de effecten bekeken van de grootschalige beschikbaarheid van deelmobiliteit. Hierbij wordt aangenomen dat 50% van de populatie in bezit is van een deelabonnement waarmee ze gebruik kunnen maken van deze modaliteiten. In het scenario is aangenomen dat per rit wordt bepaald. De kosten zijn dus nog niet door een abonnement afgedekt. Specifiek kijken we naar gedeelde micro 15 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelfiets) en gedeelde micro 25 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelscooter). In dit scenario zullen beide modaliteiten beschikbaar zijn in de zones met stedelijkheidsgraad 4, 5 en 6. Dit zijn de oranje, rode en paarse gebieden in Figuur 38.



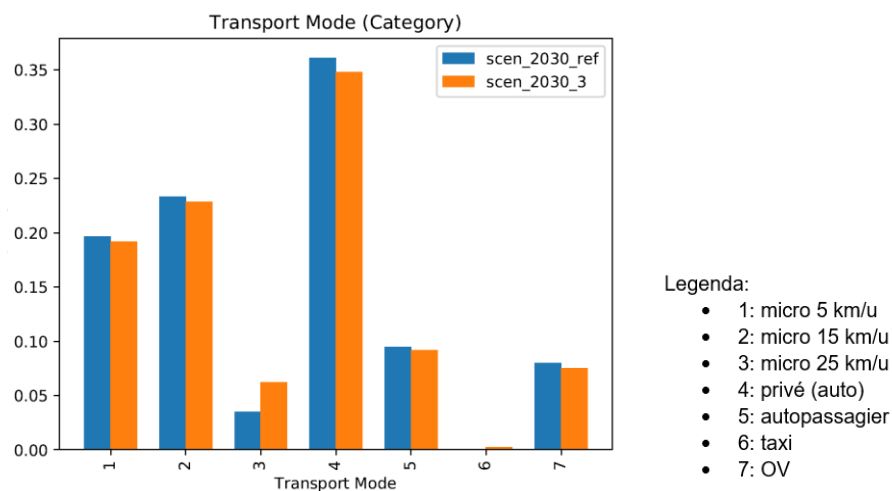
Figuur 38: Stedelijkheidsgraad

Hierbij worden verschillende waarden voor de gemiddelde zoektijd van het voertuig aangehouden: 3, 6 en 10 minuten (respectievelijk voor gebied met stedelijkheidsgraad 6 (paars), 5 (rood) en 4 (oranje)). De zoektijd neemt dus af bij een hogere stedelijkheidsgraad, onder de aanname dat deelvoertuigen een grotere beschikbaarheid en dichtheid hebben in stedelijke gebieden. In de stedelijkheidsgebieden 1 t/m 3 zijn geen deelvoertuigen beschikbaar en is dus ook geen zoektijd ingesteld.

8.2 Resultaten Feathers

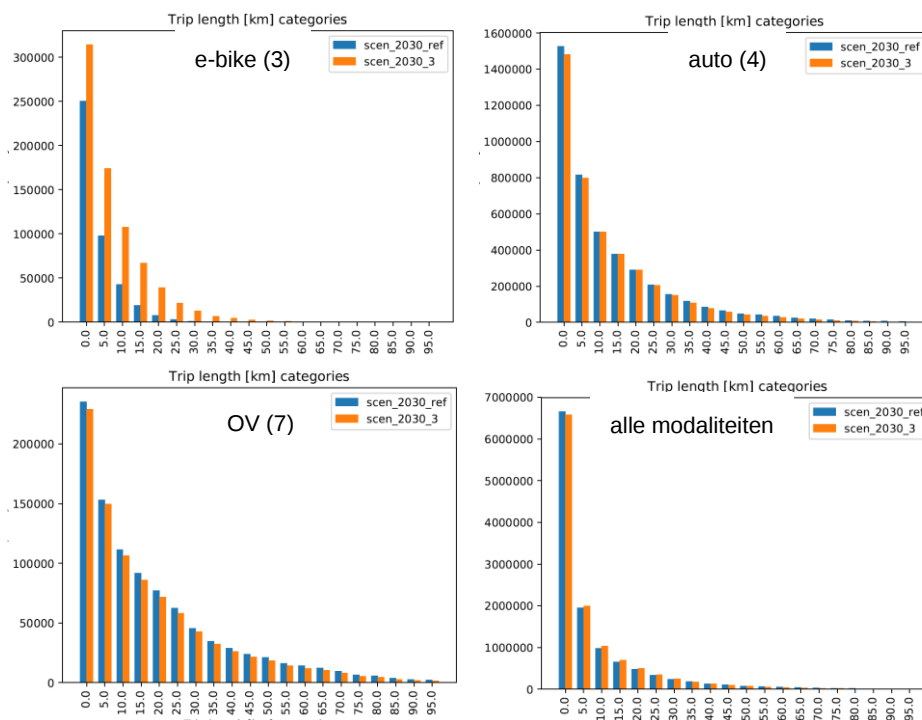
Figuur 39 illustreert dat het in Scenario 3 aanbieden van deelmobiliteit in alle verstedelijkte gebieden leidt tot een toename van het gebruik van de e-bike (3: micro 25 km/u) en in zeer beperkte mate van gedeeld on demand (6: taxi). De andere modaliteiten verliezen in meer of mindere mate aandeel in dit scenario. Dit beeld loopt in belangrijke mate gelijk met het beeld dat bekomen werd door het toevoegen van deelmobiliteit in Scenario 2b (Figuur 35).

Op niveau van Feathers worden keuzes gemodelleerd op het vlak van hoofdmodaliteiten. Een hoofdmodaliteit kan de gedeelde en de niet gedeelde varianten omvatten. Bij het bepalen van de LOS voor de hoofdmodaliteit wordt wel rekening gehouden met de (on-)beschikbaarheid van de gedeelde variant, maar de keuze die gemaakt wordt zit op het niveau van de hoofdmodaliteit. In de grafiek is daarom geen onderscheid naar gedeelde of niet-gedeelde voertuigen.



Figuur 39: Aandelen trips naar transportmodus voor Feathers referentie scenario 2030 run (scen_2030_ref) vergeleken met scenario 3 (scen_2030_3) (totaal=1)

In Figuur 40 zien we dat het toevoegen van deelmobiliteit in Scenario 3 de meest uitgesproken impact veroorzaakt voor de e-bike (Figuur 40 links bovenaan), waar de verhoogde beschikbaarheid van de e-bike als deelmobiliteit zich duidelijk uit in een verhoogde tripfrequentie voor alle afstandscategorieën. Een aandachtspunt hierbij is dat ook in dit scenario is uitgegaan van een hogere snelheid voor micro 25/uur dan in het referentiescenario als gevolg van een fout in de level-of-service. De toename in micro 25/uur is dus een gecombineerd effect van de verhoogde beschikbaarheid van e-bike en de hogere snelheid. De auto (Figuur 40 rechts bovenaan) en het traditioneel openbaar vervoer (Figuur 40 links onderaan) verliezen trips. Dit verlies is het meest uitgesproken voor de kortere triplengtes, wat overeenkomt met die categorieën waar de e-bike het sterkst wint.



Figuur 40: Histogram met de aantallen trips per afstandscategorie voor de Feathers simulatie voor het referentiescenario 2030 (scen_2030_ref) en scenario 2a (scen_2030_2a).

Ook in scenario 3 wordt de dagligging van de starttijden van de trips niet beïnvloed door het scenario en verwijzen we naar Figuur 31.

8.3 Resultaten tripaantallen

In Tabel 60 is het aantal trips in scenario 3 vergeleken met het aantal trips in het toekomstjaar referentiescenario, voor het intern-intern verkeer. Hier is te zien dat het totaal aantal trips toeneemt. Dit wordt ongeveer voor de helft veroorzaakt door ketenverplaatsingen: een ketenverplaatsing Auto-Fiets levert twee trips op, namelijk één auto-verplaatsing en één fietsverplaatsing.

De toename van micro 25 km/h wordt veroorzaakt door de beschikbaarheid van gedeelde micro 25 km/h voertuigen: niet alleen op de hubs, maar ook in de gebieden met een hoge stedelijkheidsgraad. Daarnaast is ook te zien dat de toevoeging van deelmobiliteit leidt tot een afname van het aantal autoverplaatsingen: zowel in absolute aantallen als in modal split (weergegeven in Tabel 61). De ketenverplaatsingen zorgen ook voor een toename van het aantal OV-verplaatsingen.

Tabel 60: Aantal trips (x1000) scenario 3 in vergelijking met referentie (toekomstjaar)

	UTN ref	UTN 3	Vershil
Privé	3843	3799	-1%
Micro 15 km/h	2799	2766	-1%
Micro 25 km/h	416	735	77%
Gedeeld traditioneel	784	844	8%
Totaal	7843	8143	4%

Tabel 61: Modal split scenario 3 in vergelijking met referentie (toekomstjaar)

	UTN ref	UTN 3
Privé	49%	47%
Micro 15 km/h	36%	34%
Micro 25 km/h	5%	9%
Gedeeld traditioneel	10%	10%

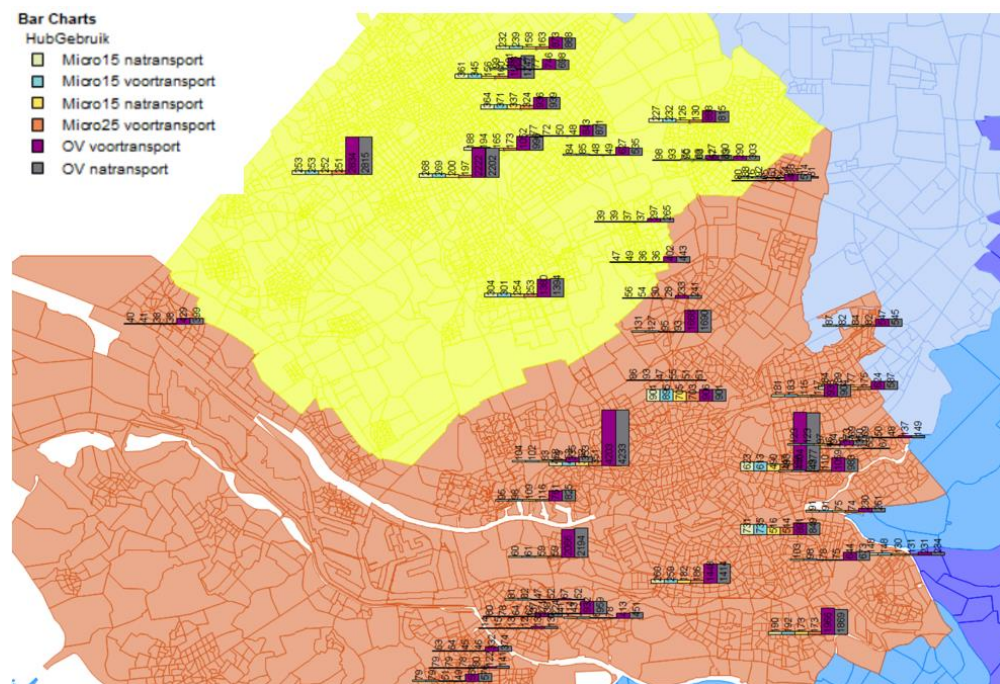
8.4 Resultaten voor- en natransportkeuzemodel

Het voor- en natransportkeuzemodel heeft zowel het voor- en natransport van het openbaar vervoer, als het gebruik van hubs voor ketenverplaatsingen geschat. De resultaten van het openbaar vervoer zijn weergegeven in Tabel 62. Hier is – net zoals in scenario 2b - met name een lichte toename te zien van de fiets-OV-fiets verplaatsingen. Dit wordt veroorzaakt door de beschikbaarheid van de deelfiets in de gebieden met een hoge stedelijkheidsgraad.

Tabel 62: Voor- en natransport openbaar vervoer scenario 3 (etmaal)

	UTN ref	UTN 3
L-OV-L	62%	61%
L-OV-F	18%	17%
F-OV-L	18%	17%
F-OV-F	3%	5%

In scenario 3 worden 48 hubs gebruikt waar overgestapt kan worden op openbaar vervoer, en micro 15 km/h en micro 25 km/h voertuigen. Deze hubs zijn identiek aan de P+R-terreinen welke reeds in het V-MRDH 2.6 aanwezig zijn en zijn gevisualiseerd in Figuur 41. Hier valt met name op dat de hubs rondom de grote steden (Den Haag en Rotterdam) een groot aandeel hebben en de hubs op overige plekken nauwelijks worden gebruikt (bijvoorbeeld rondom Barendrecht en Hoek van Holland). De oorzaak hiervoor is dat de ketenverplaatsingen enkel trips vervangen waarbij auto de hoofdmodaliteit is. De hubs zijn dan ook met name in gebruik om de 'last mile' per fiets of OV af te leggen, en niet om een stukje met de auto naar een P+R-station te rijden gevolgd door een lange OV-verplaatsing naar de plaats van bestemming (in dat geval zou OV de hoofdvervoerwijze zijn). Merk daarbij op dat auto niet als voor- of natransport van OV wordt gezien, waar dat in sommige andere modellen wel het geval is. Ook zijn er geen capaciteitsbeperkingen meegenomen (het aantal beschikbare parkeerplaatsen op de hub), terwijl dit mogelijk wel het geval is.



Figuur 41: Ketengebruik scenario 3

In Tabel 63 wordt het hubgebruik vergeleken tussen scenario 2b en 3. Ook hier is te zien dat de ketenverplaatsingen in balans zijn: elke keten wordt net zo vaak op de heenweg als de terugweg gebruikt. Het aandeel ketenverplaatsingen is weliswaar groter (ongeveer 2x zo groot), het gemiddeld aantal ketens per hub is echter lager doordat er 5x zoveel hubs in het model zitten.

Tabel 63: Ketengebruik scenario 3

	2b	3
Privé - Micro 15 km/h	5%	7%
Micro 15 km/h - Privé	5%	7%
Privé – Gedeeld Traditioneel	41%	37%
Gedeeld Traditioneel - Privé	41%	37%
Privé - Micro 25 km/h	4%	6%
Micro 25 km/h - Privé	4%	6%
Totaal aantal ketens	66366	117911
Gemiddeld aantal ketens per hub	7374	2456

8.5 Resultaten toedeling

De voertuigkilometers en voertuigverliesuren zijn weergegeven in Tabel 64 en Tabel 65. Deze getallen zijn in lijn met wat eerder werd gezien in scenario 2a en 2b: de afname in autotrips zorgt voor een vermindering van voertuigkilometers van ongeveer 1%, resulterend in een afname van voertuigverliesuren tussen de 11 en 7%.

Tabel 64: Voertuigkilometers scenario 3 en verandering ten opzichte van toekomstjaar

	Ochtendspits	Avondspits	Restdag
Scenario 3	70.5 miljoen km	71.8 miljoen km	277.1 miljoen km
Verandering t.o.v. toekomstjaar	-1.3%	-0.9%	-1.1%

Tabel 65: Voertuigverliesuren scenario 3 en verandering ten opzichte van toekomstjaar

	Ochtendspits	Avondspits
Scenario 3	57011 uur	59496 uur
Verandering t.o.v. toekomstjaar	-11.0%	-7.4%

De parkeerlink data (Tabel 66) laat opmerkelijke verschillen zien: het aandeel auto's geparkeerd in een andere zone is hoger, het aantal maal dat de bezetting de capaciteit overschrijdt is hoger, en de gemiddelde bezettingsgraad is ook hoger. Een nadere analyse laat zien dat dit onverwachte effect wordt veroorzaakt door de toevoeging van P+R-terreinen voor hubs, terwijl hier geen betaalde parkeercapaciteit aan is toegewezen voor de motieven winkelen en overig. In een vervolgstudie zou de parkeercapaciteit voor deze zones op 'oneindig' ingesteld moeten worden om het gewenste effect te zien. Als we deze hub-zones buiten beschouwing laten, volgt hieruit een gemiddelde bezettingsgraad van 6.8% (ochtendspits) en 9.5% (avondspits). Het percentage auto's geparkeerd in een andere zone en daarmee het aantal zones waarbij de capaciteit wordt overschreden is niet goed te bepalen zonder een nieuwe toedeling te draaien.

Tabel 66: Statistieken parkeerlink gebruik scenario 3

	Ochtendspits		Avondspits	
	UTN ref	UTN 3	UTN ref	UTN 3
Percentage auto's geparkeerd in een andere zone	24.3%	27.5%	9.3%	11.7%
Aantal zones met een bezetting $\geq$ capaciteit + 5	24	37	25	41
Gemiddelde bezettingsgraad	7.1%	7.3%	10.0%	10.4%

8.6 Conclusie scenario 3 Grootschalige deelmobiliteit

Scenario 3 toetst in hoeverre de implementatie van nieuwe mobiliteitsconcepten plausibele resultaten oplevert. Meer specifiek is aangenomen dat 50% van de populatie (in de meer verstedelijkte gebieden) in bezit is van een deelabonnement waarmee ze gebruik kunnen maken van gedeelde micro 15 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelfiets) en gedeelde micro 25 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelscooter) in de zones met de drie hoogste stedelijkheidsgraden. De richting van de effecten in dit scenario is plausibel. Met name het gebruik van micro 25 km/uur (bijvoorbeeld e-bikes) neemt toe. Van de hubs rondom de grote steden wordt op grote schaal gebruik gemaakt, terwijl de hubs op overige plekken nauwelijks worden gebruikt. Dit komt doordat in de gevolgde methode alleen verplaatsingen met hoofdvervoerswijze privé (auto) gebruik maken van hubs. Als gevolg wordt er alleen aan de bestemmingszijde gebruik gemaakt van een hub, en niet aan de herkomstzijde. Hubs aan de herkomstzijde met hoofdvervoerswijze OV zijn in UTN- II nog niet gemodelleerd.

9 Conclusies en aanbevelingen

De modelruns die binnen Urban Tools Next II zijn uitgevoerd hebben veel interessante inzichten/conclusies opgeleverd die in de eerste paragraaf zijn samengevat. De tweede paragraaf van dit hoofdstuk vat de aanbevelingen voor vervolgonderzoek samen. Conclusies en aanbevelingen ten aanzien van de gebruikte methode zijn in “Rapport A: Methode Urban Tools Next II - toelichting op gekozen aanpak voor parkeren, ketens en hubs, nieuwe mobiliteitsconcepten” opgenomen.

9.1 Conclusies

In UTN-II zijn generieke verbeteringen doorgevoerd in activity based modellen en is de modellering van parkeren, keten hubs en nieuwe vervoerconcepten verbeterd. Hiermee is een nieuwe stap richting de toepassing van activity based modellen in de praktijk gezet. Het punt waarop de vigerende modellen vervangen kunnen worden door activity based modellen is nog niet bereikt, maar voor innovatie toepassingen kunnen activity based modellen wel al worden ingezet.

Generieke verbeteringen

De generieke verbeteringen die in UTN-II zijn doorgevoerd in de populatiegenerator en Feathers hebben ertoe geleid dat de resultaten voor het basisjaar de werkelijkheid (tellingen) beter benaderen dan UTN-I en de geaggregeerde aanpak van het V-MRDH.

Modelleren parkeren

In UTN-II is een methode ontwikkeld om parkeercapaciteiten uit GIS-data af te leiden. Tevens is de modellering van autobezit, parkeertarieven, parkeerzoektijd en parkeercapaciteit verbeterd. De keten van modellen die in UTN-II is ontwikkeld, blijkt modeltechnisch bruikbaar te zijn om maatregelen op het vlak van parkeren door te rekenen.

Modelleren ketens en hubs

In UTN-II is een nieuw voor- en natransportkeuzemodel ontwikkeld om ketens en hubs te kunnen modelleren, is een hublocatiezoeker ontwikkeld en zijn hubs aan de toedelingen toegevoegd. De keten van modellen die in UTN-II is ontwikkeld, blijkt modeltechnisch bruikbaar te zijn om maatregelen op het vlak van ketens en hubs door te rekenen.

Modelleren nieuwe mobiliteitsconcepten

In UTN-II zijn 7 nieuwe categorieën van vervoerwijzen gedefinieerd waarvan er 4 een variant hebben met eigen voertuigen en deelvoertuigen die in principe alle nieuwe mobiliteitsconcepten afdekken. Deze vervoerwijzen zijn in de modellen geïntegreerd. De standaard hoofdvervoerwijzen uit vigerende modellen vallen allen binnen één van de categorieën. De keten van modellen die in UTN-II is ontwikkeld, blijkt modeltechnisch bruikbaar te zijn om maatregelen op het vlak van nieuwe mobiliteitsconcepten door te rekenen.

Meerwaarde van Activity Based Modellen in praktijk

Activity based modellen kunnen van grote meerwaarde zijn om de vervoervraag beter te modelleren omdat ze de flexibiliteit bieden om op individueel niveau ketens van verplaatsingen te modelleren en effecten van maatregelen voor verschillende doelgroepen weer te geven en te analyseren. Daarnaast garanderen ze consistentie van activiteiten en verplaatsingen in de tijd en ruimte. Deze meerwaarde is in UTN-II deels tot uiting gekomen doordat de keten van modellen die in UTN-II is geïmplementeerd de werkelijkheid beter benaderd. Ook kunnen met behulp van de populatiegenerator maatregelen rondom individuele persoonskenmerken (bijvoorbeeld het bezit van deelabonnementen) beter worden gemodelleerd dan in de vigerende geaggregeerde modellen en resultaten per doelgroep worden weergegeven. Bij de toepassing van de scenario's is de meerwaarde van activity based modellen echter nog onderbelicht gebleven. Dit omdat slechts een beperkt aantal scenario's kon worden doorgerekend en hierbij bijvoorbeeld geen aandacht is besteed aan het effect van maatregelen op specifieke doelgroepen en activiteiten.

Toepassing van Activity Based Modellen in de praktijk

In UTN-II is een nieuwe stap richting de toepassing van activity based modellen in de praktijk gezet. Op basis van de geanalyseerde scenario's kan worden geconcludeerd dat de potentie groot is, maar het punt waarop de vigerende modellen vervangen kunnen worden door *activity based modellen* nog niet is bereikt. In de aanbevelingen is aangegeven welke stappen nog moeten worden gezet. Wel kan de modelketen eventueel in combinatie met de vigerende modellen al worden ingezet voor innovatieve vraagstukken op het vlak van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten en eventueel andere maatregelen die nog niet endoogen met de vigerende modellen doorgerekend kunnen worden.

9.2 Aanbevelingen

Het is aan te bevelen om de kwaliteit en toepasbaarheid van activity based modellen verder te vergroten door de schatting, kalibratie en validatie te verbeteren. Tevens is het aan te bevelen om de modellering van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten te verbeteren door bijvoorbeeld de analyse van parkeercapaciteiten te verfijnen, het autobezitsmodel te verbeteren, hubs aan de herkomstzijde te modelleren, complexere ketens te modelleren en de modellering van deelmobiliteit te verbeteren. Tevens is het aan te bevelen om te verkennen wat de meerwaarde is van het doorrekenen van andere maatregelen met ABM en de beheersbaarheid van de modelketen te verbeteren.

Aanbevelingen schatting, kalibratie en validatie

Het is aan te bevelen om de kwaliteit van activity based modellen verder te verbeteren onder andere door het autobezit in de populatie te verbeteren, in de schatting van Feathers rekening te houden met de hoeveelheid parkeerplaatsen op eigen terrein en de vervoerwijze- en locatiekeuze simultaan te schatten en aandacht te geven aan de kalibratie van het tijdstipkeuzemodel. Tevens is het aan te bevelen om de modellering van verplaatsingen van personen buiten het studiegebied en interactie tussen huishoudens verder te verbeteren. Ook de kalibratie van ABM op basis van tellingen heeft aandacht nodig.

De modelketen van Urban Tools Next II is ingezet om voor vijf voorbeeldscenario's te toetsen in hoeverre de modelmechanismen werken. Hierbij is geconcludeerd dat

de richting van de effecten plausibel is. Het feit dat reistijd- en reiskostenelasticiteiten van het ABM-model binnen de bandbreedtes uit de literatuur vallen, geeft aan dat de ordegroottes van de effecten van maatregelen die aangrijpen op reistijden en reiskosten binnen één modaliteit naar verwachting ook plausibel zijn. Het is aan te bevelen om voor de andere maatregelen, waarvan praktijkdata beschikbaar is, een verdere validatie uit te voeren. Omdat bij doorrekenen van de scenario's een aantal fouten in de invoer is gemaakt, is het tevens aan te bevelen om de modelruns nogmaals uit te voeren om meer zicht te krijgen op de plausibiliteit van de ordegroottes van de effecten.

Verbeteringen modellering parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten

De methodes om het aantal parkeerplaatsen op eigen terrein en het aantal straatparkeerplaatsen af te leiden kunnen verder worden verbeterd door op een hogere resolutie te rekenen en gebruik te maken van aanvullende databronnen. Tevens is het aan te bevelen om de kalibratie van het aantal parkeerplaatsen in meer detail uit te voeren bijvoorbeeld afhankelijk van stedelijkheidsgraad. Qua modellering van parkeren is het aan te bevelen om het autobezitsmodel verder te verbeteren en parkeerkosten (dus rekening houdend met de duur van activiteiten) in plaats van parkeertarieven mee te nemen in Feathers. De modellering van hubs kan worden verbeterd door hubs aan de woningzijde toe te voegen en complexere ketenverplaatsingen die van meer dan één hub gebruik maken mee te nemen in de modellering. De modellering van nieuwe mobiliteitsconcepten kan worden verbeterd door modelmatig te bepalen wanneer mensen een deelabonnement (dit is in UTN-II scenario-input) aanschaffen en wat de invloed daarvan is op voertuigbezit. Tevens is het aan te bevelen om een keuzemodel te ontwikkelen waarmee bepaald kan worden of mensen hun eigen voertuig of deelvoertuig gebruiken indien ze toegang hebben tot beide opties. Tot slot zijn binnen de categorieën parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten diverse maatregelen benoemd die de projectgroep wel interessant vond, maar die in UTN-II niet aan bod zijn gekomen. Het is aan te bevelen om te verkennen welke van deze maatregelen interessant zijn om in een vervolg wel op te pakken.

Aanvullende maatregelen

Naast parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten zijn er nog verschillende andere maatregelen die met behulp van activity based modellen beter zouden kunnen worden gemodelleerd. In het bijzonder gaat dit om maatregelen die activiteiten en vertrektijdstippen beïnvloeden, zoals activiteiten bij hubs en aanpassingen van arbeids- en onderwijstijden. Deze maatregelen zijn in Urban Tools Next II niet verder uitgewerkt, maar het is aan te bevelen om dat wel te doen.

Beheersbaarheid modelketen

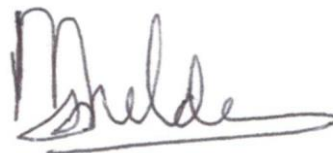
Het is aan te bevelen om de keten van modellen die in UTN-II is ontwikkeld verder te automatiseren zodat de output van de ene module automatisch doorgegeven wordt als input voor de volgende module (om de foutgevoeligheid te reduceren), de rekentijd te verkorten door implementatie op een grafische kaart (GPU) waarop een groot aantal processen parallel kan worden uitgevoerd, meerdere iteraties tussen Feathers, het voor- en natransportmodel en de toedelingen uit te voeren en in meer detail te onderzoeken hoeveel modelruns nodig zijn om betrouwbare resultaten te genereren op verschillende detailniveaus en hoe dit aantal benodigde runs omlaag kan worden gebracht.

10 Ondertekening

Den Haag, 9 april 2021
TNO



Jeroen Dezaire
Afdelingshoofd



Maaïke Snelder
Auteur

A Uitgevoerde modelruns

Bij het runnen van de laatste scenario's (1a en 1b) werd geconstateerd dat de landuse data niet overal correct is meegenomen.

In de populatiegenerator is gewerkt met een versie van de landuse data gebaseerd op V-MRDH 2.0, terwijl in de rest van de modellen gebruik is gemaakt van V-MRDH 2.6. Ook was het autobezit gebaseerd op de CBS-microdata van 2016. Achteraf bleek een deel niet geregistreerd te zijn in de MRDH-zones, waardoor het autobezit mogelijk overschat is.

Daarnaast is geconstateerd dat in Feathers voor een deel van de simulaties onterecht de landuse data van 2016 is gebruikt voor de toekomstscenario's. Voor het toekomstjaar is daarom een extra run uitgevoerd. Het was echter gezien de tijd en het beschikbare budget niet mogelijk om alle runs opnieuw te doen met de juiste landuse data. Het totale overzicht van uitgevoerde runs is weergegeven in Tabel 67. Doordat alle scenario's met dezelfde landuse data zijn doorgerekend zijn ze onderling wel vergelijkbaar en kan het effect van de scenario's goed worden getoetst.

Tabel 67: Overzicht modelruns en gebruikte landuse data

	Populatie	Feathers	Level-of-service
Basisjaar	2016, V-MRDH 2.0	2016, V-MRDH 2.6	LOS Basisjaar
Toekomstjaar	2030, V-MRDH 2.0	2016, V-MRDH 2.6	LOS Toekomstjaar
Toekomstjaar – controle	2030, V-MRDH 2.6, correct autobezit	2030, V-MRDH 2.6	LOS Toekomstjaar
Scenario 1a	2030, V-MRDH 2.0	2030, V-MRDH 2.6	LOS scenario 1a
Scenario 1b	2030, V-MRDH 2.0	2030, V-MRDH 2.6	LOS scenario 1b
Scenario 2a	2030, V-MRDH 2.0	2016, V-MRDH 2.6	LOS scenario 2a
Scenario 2b	2030, V-MRDH 2.0	2016, V-MRDH 2.6	LOS scenario 2b
Scenario 3	2030, V-MRDH 2.0	2016, V-MRDH 2.6	LOS scenario 3

In het hoofdstuk over het toekomstjaar zijn zowel de resultaten van het toekomstjaar en de bijbehorende controlerun (met correcte landuse data) gerapporteerd.

B Schattingsresultaten Feathers

Details- Location Choice Models

Location choice model for Activity type (23: Work and Business)

Utility specification:

for i in 7011:

```
V[i] = (b_tt_privenietgedeeld * tt_privenietgedeeld_i
        + b_tt_gedeeldtraditioneel * tt_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i
        + b_cost * cost_privenietgedeeld_i
        + b_log_cost * log (cost_privenietgedeeld_i)
        + b_cost * cost_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i
        + b_log_cost * log (cost_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i)) * (
        interzonal_i)
        + b_intrazonal * (1- interzonal_i)
        + b_business * (activity_type == 3) * (interzonal_i)
        + b_size * log(arbeids_9_i + urbanized_i)
```

Variables and their description:

Variable	Description
tt_privenietgedeeld_i	Travel time for private_nietgedeeld from origin to destination zone
tt_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i	Travel time for gedeeldtraditioneel_gedeeld from origin to destination zone
cost_privenietgedeeld_i	Cost for private_nietgedeeld from origin to destination zone
cost_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i	Cost for gedeeldtraditioneel_gedeeld from origin to destination zone
interzonal_i	Interzonal dummy (1, if origin ≠ destination)
activity_type == 3	Activity type dummy (1, if activity type == 3)
arbeids_9_i	arbeidsplaatsen totaal
urbanized_i	Urbanization level for a zone

Estimation Results:

Parameter	Estimated Value	Goodness of fit statistics
b_business	0.363*	Number of estimated parameters: 7 Sample size: 6410 Excluded observations: 0 Init log likelihood: -56762.06 Final log likelihood: -38102.59 Likelihood ratio test for the init. model: 37318.95 Rho-square for the init. model: 0.329 Rho-square-bar for the init. model: 0.329
b_cost	-0.0176**	
b_intrazonal	0.567**	
b_log_cost	-0.372**	
b_size	1.31**	
b_tt_gedeeldtraditioneel	-0.000995**	
b_tt_privenietgedeeld	-0.00427**	

**significant at level of significance =0.05

*significant at level of significance = 0.1

Location choice model for Activity type (6: Shopping)

Utility specification:

for i in 7011:

```

V[i] = (b_tt_privenietgedeeld * tt_privenietgedeeld_i
        + b_tt_gedeeldtraditioneel * tt_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i
        + b_log_cost * log (cost_privenietgedeeld_i)
        + b_log_cost * log (cost_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i)) * (
        interzonal_i)
        + b_intrazonal * (1- interzonal_i)
        + b_radius_intrazonal * radius_intrazonal_i * (1- interzonal_i)
        + b_size * log((free_parking_i + paid_parking_i)
                      + b_WINKEL_OPP * WINKEL_OPP_i)

```

Variables and their description:

Variable	Description
tt_privenietgedeeld_i	Travel time for privatenietgedeeld from origin to destination zone
tt_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i	Travel time for gedeeldtraditioneel_gedeeld from origin to destination zone
cost_privenietgedeeld_i	Cost for privatenietgedeeld from origin to destination zone
cost_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i	Cost for gedeeldtraditioneel_gedeeld from origin to destination zone
interzonal_i	Interzonal dummy (1, if origin ≠ destination)
radius_intrazonal_i	Radius of origin zone, computed as $r = \sqrt{\text{Area}/\pi}$
free_parking_i + paid_parking_i	Total parking availability in destination zone
WINKEL_OPP_i	winkel oppervlakte in m2

Estimation Results:

Parameter	Estimated Value	Goodness of fit statistics
b_WINKEL_OPP	4.79**	Number of estimated parameters: 7 Sample size: 4312 Excluded observations: 0 Init log likelihood: -38183.78 Final log likelihood: -15850.62 Likelihood ratio test for the init. model: 44666.32 Rho-square for the init. model: 0.585 Rho-square-bar for the init. model: 0.585
b_radius_intrazonal	-0.000844**	
b_intrazonal	1.17**	
b_log_cost	-0.705**	
b_size	0.932**	
b_tt_gedeeldtraditioneel	-0.00344**	
b_tt_privenietgedeeld	-0.00645**	

**significant at level of significance =0.05

*significant at level of significance = 0.1

Location choice model for Activity type (5: Education)

Utility specification:

for i in 7011:

```

V[i] = (b_tt_privenietgedeeld * tt_privenietgedeeld_i
        + b_tt_gedeeldtraditioneel * tt_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i
        + b_log_cost * log (cost_privenietgedeeld_i)
        + b_log_cost * log (cost_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i)) * (
        interzonal_i)
        + b_radius_intrazonal * radius_intrazonal_i * (1- interzonal_i)
        + b_size * log(LLP12EO_5_i
                      + b_parking * (free_parking_i + paid_parking_i))

```

Variables and their description:

Variable	Description
tt_privenietgedeeld_i	Travel time for private_nietgedeeld from origin to destination zone
tt_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i	Travel time for gedeeldtraditioneel_gedeeld from origin to destination zone
cost_privenietgedeeld_i	Cost for private_nietgedeeld from origin to destination zone
cost_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i	Cost for gedeeldtraditioneel_gedeeld from origin to destination zone
interzonal_i	Interzonal dummy (1, if origin ≠ destination)
radius_intrazonal_i	Radius of origin zone, computed as $r = \sqrt{\text{Area}/\pi}$
free_parking_i + paid_parking_i	Total parking availability in destination zone
LLP12EO_5_i	leerlingplaatsen 12 jaar en ouder

Estimation Results:

Parameter	Estimated Value	Goodness of fit statistics
b_parking	0.0427**	Number of estimated parameters: 6 Sample size: 4428 Excluded observations: 0 Init log likelihood: -39210.98 Final log likelihood: -20732.46 Likelihood ratio test for the init. model: 36957.04 Rho-square for the init. model: 0.471 Rho-square-bar for the init. model: 0.471
b_radius_intrazonal	0.000294**	
b_log_cost	-0.611**	
b_size	0.631**	
b_tt_gedeeldtraditioneel	-0.00365**	
b_tt_privenietgedeeld	-0.00525**	

**significant at level of significance =0.05

*significant at level of significance = 0.1

Location choice model for Activity type (47: Bring/Get & Others)

Utility specification:

for i in 7011:

```

V[i] = (b_tt_privenietgedeeld * tt_privenietgedeeld_i
        + b_tt_gedeeldtraditioneel * tt_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i
        + b_cost * cost_privenietgedeeld_i
        + b_log_cost * log (cost_privenietgedeeld_i)
        + b_cost * cost_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i
        + b_log_cost * log (cost_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i)) * (
        interzonal_i)
        + b_intrazonal * (1- interzonal_i)
        + b_radius_intrazonal * radius_intrazonal_i * (1- interzonal_i)
        + b_bring_get * (activity_type == 4)* (interzonal_i)
        + b_avg_tariff * (avg_tariff_i)* (interzonal_i)
        + b_size * log((free_parking_i + paid_parking_i) + HORECA_OPP_i
                        + b_population * inwoner_2_i))

```

Variables and their description:

Variable	Description
tt_privenietgedeeld_i	Travel time for private_nietgedeeld from origin to destination zone
tt_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i	Travel time for gedeeldtraditioneel_gedeeld from origin to destination zone
cost_privenietgedeeld_i	Cost for private_nietgedeeld from origin to destination zone
cost_gedeeldtraditioneel_gedeeld_i	Cost for gedeeldtraditioneel_gedeeld from origin to destination zone
interzonal_i	Interzonal dummy (1, if origin ≠ destination)
radius_intrazonal_i	Radius of origin zone, computed as $r = \sqrt{\text{Area}/\pi}$
free_parking_i + paid_parking_i	Total parking availability in destination zone
HORECA_OPP_i	horeca oppervlakte in m2
Avg_tariff_i	Avg_tariff of Parking in destination zone
Inwoner_2_i	Aantal inwoners

Estimation Results:

Parameter	Estimated Value	Goodness of fit statistics
b_avg_tariff	-0.00109**	Number of estimated parameters: 9 Sample size: 8228 Excluded observations: 0 Init log likelihood: -67772.01 Final log likelihood: -39542.72 Likelihood ratio test for the init. model: 56458.58 Rho-square for the init. model: 0.417 Rho-square-bar for the init. model: 0.416 Akaike Information Criterion: 79103.44 Bayesian Information Criterion: 79166.58
b_bring_get	-0.881**	
b_intrazonal	17.3**	
b_log_cost	-0.486**	
b_cost	-0.02*	
b_size	1.33**	
b_radius_intrazonal	0.00003*	
b_population	40.9**	
b_tt_gedeeldtraditioneel	-0.00177**	
b_tt_prive_nietgedeeld	-0.00256**	

**significant at level of significance =0.05

*significant at level of significance = 0.1

Details - Mode Choice Models

Utility Specification (7 alternatives):

micro5

```
V[1] = (b_tt_micro5_ac_2 * (activity_type ==2)
+ b_tt_micro5_ac_3 * (activity_type==3)
+ b_tt_micro5_ac_47 * (activity_type ==4)
+ b_tt_micro5_ac_5 * (activity_type ==5)
+ b_tt_micro5_ac_6 * (activity_type ==6)
+ b_tt_micro5_ac_47 * (activity_type ==7))
*(tt_os_micro5_nietgedeeld + tt_as_micro5_nietgedeeld)
```

micro15

```
V[2] = b_cte_2 + b_cost * (((1- new_mode_2) * (cost_os_micro15_nietgedeeld +
cost_as_micro15_nietgedeeld))
+ (new_mode_2 * (cost_os_micro15_gedeeld + cost_as_micro15_gedeeld)))
+ b_tt_micro15 * (((1- new_mode_2) * (tt_os_micro15_nietgedeeld +
tt_as_micro15_nietgedeeld))
+ (new_mode_2 * (tt_os_micro15_gedeeld + tt_as_micro15_gedeeld)))
+ b_activity_type_2_mode_2 * (activity_type == 2)
+ b_activity_type_3_mode_2 * (activity_type == 3)
+ b_activity_type_4_mode_2 * (activity_type == 4)
+ b_activity_type_6_mode_2 * (activity_type == 6)
+ b_activity_type_7_mode_2 * (activity_type == 7)
+ b_age_person_2_mode_2 * (age_person == 2)
+ b_age_person_5_mode_2 * (age_person == 5)
+ b_education_4_mode_2 * (education == 4)
+ b_gender_man_transport_mode_2 * (gender == 1)
+ b_hh_composition_2_mode_2 * (hh_composition == 2)
+ b_hh_composition_3_mode_2 * (hh_composition == 3)
+ b_hh_income_2_mode_2 * (hh_income == 2)
+ b_hh_income_3_mode_2 * (hh_income == 3)
+ b_hh_nr_of_cars_1_mode_2 * (hh_nr_of_cars == 1)
+ b_roots_person_3_mode_2 * (roots_person == 3)
+ b_student_pt_1_mode_2 * (student_pt == 1)
+ b_urbanized_2_mode_2 * (urbanized==2)
+ b_urbanized_3_mode_2 * (urbanized==3)
+ b_urbanized_4_mode_2 * (urbanized==4)
+ b_urbanized_5_mode_2 * (urbanized==5)
```

micro25

```

V[3] = b_cte_3 + b_cost * (((1- new_mode_3) * (cost_os_micro25_nietgedeeld +
cost_as_micro25_nietgedeeld))
+ (new_mode_3 * (cost_os_micro25_gedeeld + cost_as_micro25_gedeeld)))
+ (b_tt_micro25_ac_23 * (activity_type <=3)
+ b_tt_micro25_ac_47 * (activity_type ==4)
+ b_tt_micro25_ac_5 * (activity_type ==5)
+ b_tt_micro25_ac_6 * (activity_type ==6)
+ b_tt_micro25_ac_47 * (activity_type ==7)) * (((1- new_mode_3) *
(tt_os_micro25_nietgedeeld + tt_as_micro25_nietgedeeld))
+ (new_mode_3 * (tt_os_micro25_gedeeld + tt_as_micro25_gedeeld)))
+ b_activity_type_2_mode_3 * (activity_type == 2)
+ b_activity_type_3_mode_3 * (activity_type == 3)
+ b_activity_type_4_mode_3 * (activity_type == 4)
+ b_activity_type_6_mode_3 * (activity_type == 6)
+ b_activity_type_7_mode_3 * (activity_type == 7)
+ b_age_person_2_mode_3 * (age_person == 2)
+ b_age_person_3_mode_3 * (age_person == 3)
+ b_age_person_4_mode_3 * (age_person == 4)
+ b_age_person_5_mode_3 * (age_person == 5)
+ b_education_4_mode_3 * (education == 4)
+ b_gender_man_transport_mode_3 * (gender == 1)
+ b_hh_composition_2_mode_3 * (hh_composition == 2)
+ b_hh_composition_3_mode_3 * (hh_composition == 3)
+ b_hh_income_2_mode_3 * (hh_income == 2)
+ b_hh_income_3_mode_3 * (hh_income == 3)
+ b_hh_nr_of_cars_1_mode_3 * (hh_nr_of_cars == 1)
+ b_roots_person_3_mode_3 * (roots_person == 3)
+ b_urbanized_2_mode_3 * (urbanized==2)
+ b_urbanized_3_mode_3 * (urbanized==3)
+ b_urbanized_4_mode_3 * (urbanized==4)
+ b_urbanized_5_mode_3 * (urbanized==5)

```

prive_nietgedeeld

```

V[4] = b_cte_4 + b_cost * (((1- new_mode_4) * (cost_os_prive_nietgedeeld +
cost_as_prive_nietgedeeld))
+ (new_mode_4 * (cost_os_prive_gedeeld + cost_as_prive_gedeeld)))
+ b_tt_prive * (((1- new_mode_4) * (tt_os_prive_nietgedeeld +
tt_as_prive_nietgedeeld))
+ (new_mode_4 * (tt_os_prive_gedeeld + tt_as_prive_gedeeld)))
+ b_activity_type_2_mode_4 * (activity_type == 2)
+ b_activity_type_3_mode_4 * (activity_type == 3)
+ b_activity_type_4_mode_4 * (activity_type == 4)
+ b_activity_type_6_mode_4 * (activity_type == 6)
+ b_activity_type_7_mode_4 * (activity_type == 7)
+ b_parking_free * (log(dst_free_parking +0.1))
+ b_parking_tariff_mode_4 * dst_avg_tariff
+ b_age_person_5_mode_4 * (age_person == 5)
+ b_gender_man_transport_mode_4 * (gender == 1)
+ b_hh_composition_2_mode_4 * (hh_composition == 2)
+ b_hh_composition_3_mode_4 * (hh_composition == 3)
+ b_hh_income_3_mode_4 * (hh_income == 3)
+ b_hh_nr_of_cars_1_mode_4 * (hh_nr_of_cars == 1)
+ b_hh_nr_of_cars_2_mode_4 * (hh_nr_of_cars == 2)
+ b_hh_nr_of_cars_3_mode_4 * (hh_nr_of_cars == 3)
+ b_student_pt_1_mode_4 * (student_pt == 1)
+ b_urbanized_2_mode_4 * (urbanized==2)
+ b_urbanized_3_mode_4 * (urbanized==3)
+ b_urbanized_4_mode_4 * (urbanized==4)
+ b_urbanized_5_mode_4 * (urbanized==5)

```

gedeeldrive_nietgedeeld

```

V[5] = b_cte_5 + b_cost * (((1- new_mode_5) *
(cost_os_gedeeldrive_nietgedeeld +
cost_as_gedeeldrive_nietgedeeld))
+ (new_mode_5 * (cost_os_gedeeldrive_gedeeld +
cost_as_gedeeldrive_gedeeld)))
+ b_tt_gedeeldrive * (((1- new_mode_5) *
(tt_os_gedeeldrive_nietgedeeld + tt_as_gedeeldrive_nietgedeeld))
+ (new_mode_5 * (tt_os_gedeeldrive_gedeeld +
tt_as_gedeeldrive_gedeeld)))
+ b_activity_type_2_mode_5 * (activity_type == 2)
+ b_activity_type_3_mode_5 * (activity_type == 3)
+ b_activity_type_4_mode_5 * (activity_type == 4)
+ b_activity_type_6_mode_5 * (activity_type == 6)
+ b_activity_type_7_mode_5 * (activity_type == 7)
+ b_age_person_2_mode_5 * (age_person == 2)
+ b_age_person_3_mode_5 * (age_person == 3)
+ b_age_person_4_mode_5 * (age_person == 4)
+ b_age_person_5_mode_5 * (age_person == 5)
+ b_driving_license_mode_5 * (driving_license == 0)
+ b_gender_man_transport_mode_5 * (gender == 1)
+ b_hh_composition_2_mode_5 * (hh_composition == 2)
+ b_hh_income_2_mode_5 * (hh_income == 2)
+ b_hh_income_3_mode_5 * (hh_income == 3)
+ b_hh_nr_of_cars_1_mode_5 * (hh_nr_of_cars == 1)
+ b_hh_nr_of_cars_2_mode_5 * (hh_nr_of_cars == 2)
+ b_hh_nr_of_cars_3_mode_5 * (hh_nr_of_cars == 3)
+ b_urbanized_2_mode_5 * (urbanized==2)
+ b_urbanized_3_mode_5 * (urbanized==3)
+ b_urbanized_4_mode_5 * (urbanized==4)
+ b_urbanized_5_mode_5 * (urbanized==5)

```

gedeeldondemand_gedeeld

```

V[6] = b_cte_6 + b_cost * (cost_os_gedeeldondemand_gedeeld +
cost_as_gedeeldondemand_gedeeld )
+ b_tt_gedeeldondemand * (tt_os_gedeeldondemand_gedeeld +
tt_as_gedeeldondemand_gedeeld)
+ b_activity_type_2_mode_6 * (activity_type==2)
+ b_activity_type_3_mode_6 * (activity_type==3)
+ b_activity_type_4_mode_6 * (activity_type==4)
+ b_activity_type_6_mode_6 * (activity_type==6)
+ b_activity_type_7_mode_6 * (activity_type==7)
+ b_urbanized_2_mode_6 * (urbanized==2)
+ b_urbanized_3_mode_6 * (urbanized==3)
+ b_urbanized_4_mode_6 * (urbanized==4)
+ b_urbanized_5_mode_6 * (urbanized==5)

```

gedeeldtraditioneel_gedeeld

```

V[7] = b_cte_7 + b_cost * (cost_os_gedeeldtraditioneel_gedeeld +
    cost_as_gedeeldtraditioneel_gedeeld )
    + b_tt_gedeeldtraditioneel * (tt_os_gedeeldtraditioneel_gedeeld +
    tt_as_gedeeldtraditioneel_gedeeld)
    + b_activity_type_2_mode_7 * (activity_type == 2)
    + b_activity_type_3_mode_7 * (activity_type==3)
    + b_activity_type_4_mode_7 * (activity_type == 4)
    + b_activity_type_6_mode_7 * (activity_type == 6)
    + b_activity_type_7_mode_7 * (activity_type == 7)
    + b_parking_tariff_mode_7 * dst_avg_tariff
    + b_age_person_2_mode_7 * (age_person == 2)
    + b_age_person_3_mode_7 * (age_person == 3)
    + b_age_person_4_mode_7 * (age_person == 4)
    + b_age_person_5_mode_7 * (age_person == 5)
    + b_driving_license_mode_7 * (driving_license == 0)
    + b_education_2_mode_7 * (education == 2)
    + b_education_3_mode_7 * (education == 3)
    + b_education_4_mode_7 * (education == 4)
    + b_education_5_mode_7 * (education == 5)
    + b_gender_man_transport_mode_7 * (gender == 1)
    + b_hh_composition_2_mode_7 * (hh_composition == 2)
    + b_hh_income_2_mode_7 * (hh_income == 2)
    + b_hh_income_3_mode_7 * (hh_income == 3)
    + b_hh_nr_of_cars_1_mode_7 * (hh_nr_of_cars == 1)
    + b_hh_nr_of_cars_2_mode_7 * (hh_nr_of_cars == 2)
    + b_hh_nr_of_cars_3_mode_7 * (hh_nr_of_cars == 3)
    + b_roots_person_2_mode_7 * (roots_person == 2)
    + b_roots_person_3_mode_7 * (roots_person == 3)
    + b_student_pt_1_mode_7 * (student_pt == 1)
    + b_urbanized_2_mode_7 * (urbanized==2)
    + b_urbanized_3_mode_7 * (urbanized==3)
    + b_urbanized_4_mode_7 * (urbanized==4)
    + b_urbanized_5_mode_7 * (urbanized==5)

```

Variables Description

Variable	Description
cost_os_micro15_nietgedeeld	Travel cost of micro15_nietgedeeld at morning peak time
cost_as_micro15_nietgedeeld	Travel cost of micro15_nietgedeeld at evening peak time
cost_os_micro15_gedeeld	Travel cost of micro15_gedeeld at morning peak time
cost_as_micro15_gedeeld	Travel cost of micro15_gedeeld at evening peak time
cost_os_micro25_nietgedeeld	Travel cost of micro25_nietgedeeld at morning peak time
cost_as_micro25_nietgedeeld	Travel cost of micro25_nietgedeeld at evening peak time
cost_os_micro25_gedeeld	Travel cost of micro25_gedeeld at morning peak time
cost_as_micro25_gedeeld	Travel cost of micro25_gedeeld at evening peak time
cost_os_privé_nietgedeeld	Travel cost of privé_nietgedeeld at morning peak time
cost_as_privé_nietgedeeld	Travel cost of privé_nietgedeeld at evening peak time
cost_os_privé_gedeeld	Travel cost of privé_gedeeld at morning peak time
cost_as_privé_gedeeld	Travel cost of privé_gedeeld at evening peak time
cost_os_gedeeldprivé_nietgedeeld	Travel cost of gedeeldprivé_nietgedeeld at morning peak time
cost_as_gedeeldprivé_nietgedeeld	Travel cost of gedeeldprivé_nietgedeeld at evening peak time
cost_os_gedeeldprivé_gedeeld	Travel cost of gedeeldprivé_gedeeld at morning peak time
cost_as_gedeeldprivé_gedeeld	Travel cost of gedeeldprivé_gedeeld at evening peak time
cost_os_gedeeldondemand_gedeeld	Travel cost of gedeeldondemand_gedeeld at morning peak time
cost_as_gedeeldondemand_gedeeld	Travel cost of gedeeldondemand_gedeeld at evening peak time
cost_os_gedeeldtraditioneel_gedeeld	Travel cost of gedeeldtraditioneel_gedeeld at morning peak time
cost_as_gedeeldtraditioneel_gedeeld	Travel cost of gedeeldtraditioneel_gedeeld at evening peak time

tt_os_micro5_nietgedeeld	Travel time of micro5_nietgedeeld at morning peak time
tt_as_micro5_nietgedeeld	Travel time of micro5_nietgedeeld at evening peak time
tt_os_micro15_nietgedeeld	Travel time of micro15_nietgedeeld at morning peak time
tt_as_micro15_nietgedeeld	Travel time of micro15_nietgedeeld at evening peak time
tt_os_micro15_gedeeld	Travel time of micro15_gedeeld at morning peak time
tt_as_micro15_gedeeld	Travel time of micro15_gedeeld at evening peak time
tt_os_micro25_nietgedeeld	Travel time of micro25_nietgedeeld at morning peak time
tt_as_micro25_nietgedeeld	Travel time of micro25_nietgedeeld at evening peak time
tt_os_micro25_gedeeld	Travel time of micro25_gedeeld at morning peak time
tt_as_micro25_gedeeld	Travel time of micro25_gedeeld at evening peak time
tt_os_privé_nietgedeeld	Travel time of privé_nietgedeeld at morning peak time
tt_as_privé_nietgedeeld	Travel time of privé_nietgedeeld at evening peak time
tt_os_privé_gedeeld	Travel time of privé_gedeeld at morning peak time
tt_as_privé_gedeeld	Travel time of privé_gedeeld at evening peak time
tt_os_gedeeldprivé_nietgedeeld	Travel time of gedeeldprivé_nietgedeeld at morning peak time
tt_as_gedeeldprivé_nietgedeeld	Travel time of gedeeldprivé_nietgedeeld at evening peak time
tt_os_gedeeldprivé_gedeeld	Travel time of gedeeldprivé_gedeeld at morning peak time
tt_as_gedeeldprivé_gedeeld	Travel time of gedeeldprivé_gedeeld at evening peak time
tt_os_gedeeldondemand_gedeeld	Travel time of gedeeldondemand_gedeeld at morning peak time
tt_as_gedeeldondemand_gedeeld	Travel time of gedeeldondemand_gedeeld at evening peak time
tt_os_gedeeldtraditioneel_gedeeld	Travel time of gedeeldtraditioneel_gedeeld at morning peak time
tt_as_gedeeldtraditioneel_gedeeld	Travel time of gedeeldtraditioneel_gedeeld at evening peak time
activity_type	Activity_type dummy = 2 or 3 or 4 or 5 or 6 or 7
dst_avg_tariff	Average parking tariff at destination
age_person	age_person dummy = 1, or 2, or 3, or 4, or 5
education	education dummy = 1, or 2, or 3, or 4, or 5
gender	gender dummy = 1
hh_composition	Household composition dummy = 1, or 2, or 3,
hh_income	Hh_inocme dummy = 1, or 2, or 3,
hh_nr_of_cars	Hh_nr_of_cars dummy = 0, or 1, or 2, or 3,
roots_person	roots_person dummy = 1, or 2, or 3
student_pt	Student_pt dummy = 1, or 2, or 3
driving_license	driving_license dmmy = 1,
urbanized	Urbanized (person home is located in zone) dummy = 1, or 2 or 3 or 4 or 5

Estimation Results:

Number of estimated parameters: 141
 Sample size: 23249
 Excluded observations: 129
 Init log likelihood: -41548.47
 Final log likelihood: -23991.67
 Likelihood ratio test for the init. model: 35113.6
 Rho-square for the init. model: 0.423
 Rho-square-bar for the init. model: 0.419

Parameter	Estimation value
b_cte_2	-0.463**
b_cte_3	-6.48**
b_cte_4	-5.48**
b_cte_5	-3.53**
b_cte_6	-5.49**
b_cte_7	-4.51**
b_cost	-0.00308*
b_tt_micro5_ac_2	-0.00313**
b_tt_micro5_ac_3	-0.00473**
b_tt_micro5_ac_47	-0.00373**
b_tt_micro5_ac_5	-0.00326**
b_tt_micro5_ac_6	-0.00342**
b_tt_micro15	-0.00386**
b_tt_micro25_ac_23	-0.00126**
b_tt_micro25_ac_47	-0.00162**
b_tt_micro25_ac_5	-0.00165**
b_tt_micro25_ac_6	-0.00215**
b_tt_prive	-0.00059**
b_gedeeldprive	-0.00061**
b_gedeeldondemand	-0.0011**
b_tt_gedeeldtraditioneel	-0.00029**
b_parking_free	0.0233**
b_parking_tariff_mode_4	-0.000793**
b_parking_tariff_mode_7	0.00209**
b_driving_license_mode_5	0.449**
b_driving_license_mode_7	0.575**
b_activity_type_2_mode_2	0.479**
b_activity_type_2_mode_3	1.23**
b_activity_type_2_mode_4	1.45**
b_activity_type_2_mode_5	-0.219*
b_activity_type_2_mode_6	-2.54**
b_activity_type_2_mode_7	0.393**
b_activity_type_3_mode_2	-1.45*
b_activity_type_3_mode_3	-1.19*
b_activity_type_3_mode_4	0.098*
b_activity_type_3_mode_5	-0.437*

b_activity_type_3_mode_6	-4.82*
b_activity_type_3_mode_7	-1.08*
b_activity_type_4_mode_2	-0.486**
b_activity_type_4_mode_3	0.158*
b_activity_type_4_mode_4	1.35**
b_activity_type_4_mode_5	0.403**
b_activity_type_4_mode_6	-1.65*
b_activity_type_4_mode_7	-2.32**
b_activity_type_6_mode_2	-0.801**
b_activity_type_6_mode_3	0.264*
b_activity_type_6_mode_4	0.63**
b_activity_type_6_mode_5	0.461**
b_activity_type_6_mode_6	-1.92**
b_activity_type_6_mode_7	-1.14**
b_activity_type_7_mode_2	-0.669**
b_activity_type_7_mode_3	0.153*
b_activity_type_7_mode_4	0.624**
b_activity_type_7_mode_5	0.74**
b_activity_type_7_mode_6	-0.674**
b_activity_type_7_mode_7	-0.96**
b_age_person_2_mode_2	0.709**
b_age_person_2_mode_3	3.23**
b_age_person_2_mode_5	-1.28**
b_age_person_2_mode_7	1.26**
b_age_person_3_mode_3	2.88**
b_age_person_3_mode_5	-1.34**
b_age_person_3_mode_7	0.723**
b_age_person_4_mode_3	3.29**
b_age_person_4_mode_5	-1.3**
b_age_person_4_mode_7	0.639**
b_age_person_5_mode_2	-0.427**
b_age_person_5_mode_3	3.51**
b_age_person_5_mode_4	-0.0572*
b_age_person_5_mode_5	-1.09**
b_age_person_5_mode_7	0.983**
b_education_2_mode_7	0.521**
b_education_3_mode_7	0.577**
b_education_4_mode_2	0.364**
b_education_4_mode_3	-0.493**
b_education_4_mode_7	0.732**
b_education_5_mode_7	0.79**
b_gender_man_mode_2	0.0423*
b_gender_man_mode_3	0.0585*
b_gender_man_mode_4	0.446**
b_gender_man_mode_5	-0.494**
b_gender_man_mode_7	-0.176**

b_hh_composition_2_mode_2	0.139**
b_hh_composition_2_mode_3	0.303**
b_hh_composition_2_mode_4	-0.543**
b_hh_composition_2_mode_5	0.525**
b_hh_composition_2_mode_7	0.0479*
b_hh_composition_3_mode_2	0.191**
b_hh_composition_3_mode_3	0.242**
b_hh_composition_3_mode_4	-0.586**
b_hh_income_2_mode_2	0.185**
b_hh_income_2_mode_3	0.226**
b_hh_income_2_mode_5	0.0907*
b_hh_income_2_mode_7	0.216**
b_hh_income_3_mode_2	0.446**
b_hh_income_3_mode_3	0.28**
b_hh_income_3_mode_4	0.0749*
b_hh_income_3_mode_5	0.0886*
b_hh_income_3_mode_7	0.54**
b_hh_nr_of_cars_1_mode_2	0.0686*
b_hh_nr_of_cars_1_mode_3	0.0948*
b_hh_nr_of_cars_1_mode_4	3.57**
b_hh_nr_of_cars_1_mode_5	1.25**
b_hh_nr_of_cars_1_mode_7	-0.318**
b_hh_nr_of_cars_2_mode_4	4.53**
b_hh_nr_of_cars_2_mode_5	1.73**
b_hh_nr_of_cars_2_mode_7	-0.367**
b_hh_nr_of_cars_3_mode_4	4.89**
b_hh_nr_of_cars_3_mode_5	1.55**
b_hh_nr_of_cars_3_mode_7	-0.288*
b_roots_person_2_mode_7	0.283**
b_roots_person_3_mode_2	-0.814**
b_roots_person_3_mode_3	-1.36**
b_roots_person_3_mode_7	0.428**
b_student_pt_1_mode_2	-0.541**
b_student_pt_1_mode_4	-0.865**
b_student_pt_1_mode_7	1.02**
b_urbanized_2_mode_2	0.222**
b_urbanized_2_mode_3	0.307**
b_urbanized_2_mode_4	0.175**
b_urbanized_2_mode_5	0.152**
b_urbanized_2_mode_6	0.724**
b_urbanized_2_mode_7	-0.0897*
b_urbanized_3_mode_2	0.0792*
b_urbanized_3_mode_3	0.445**
b_urbanized_3_mode_4	-0.2*
b_urbanized_3_mode_5	-0.15*
b_urbanized_3_mode_6	-0.0628*

b_urbanized_3_mode_7	-0.442**
b_urbanized_4_mode_2	0.185**
b_urbanized_4_mode_3	0.319**
b_urbanized_4_mode_4	0.0109*
b_urbanized_4_mode_5	-0.158*
b_urbanized_4_mode_6	0.781**
b_urbanized_4_mode_7	-0.331**
b_urbanized_5_mode_2	-0.498**
b_urbanized_5_mode_3	-0.623**
b_urbanized_5_mode_4	-0.932**
b_urbanized_5_mode_5	-1.22**
b_urbanized_5_mode_6	-6.85*
b_urbanized_5_mode_7	-1.66**
**significant at level of significance =0.05	
*significant at level of significance = 0.1	