

Deelmobiliteit, hubs en thuiswerken

Innovaties Groeimodel

TNO 2023 R10896 – 19 mei 2023

Innovaties Groeimodel

Deelmobiliteit, hubs en thuiswerken

| | |
|---------------------|--------------------------------------|
| Auteurs | Maaïke Snelder, Marieke van der Tuin |
| Rubricering rapport | TNO Publiek |
| Titel | Innovaties Groeimodel |
| Rapporttekst | TNO Publiek |
| Aantal pagina's | 44 (excl. voor- en achterblad) |
| Aantal bijlagen | 0 |

Alle rechten voorbehouden

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

© 2023 TNO

Inhoudsopgave

| | |
|----------------------------------------------------------|----|
| Inhoudsopgave..... | 3 |
| 1 Inleiding..... | 4 |
| 2 Deelmobiliteit..... | 6 |
| 2.1 Eisen en wensen deelmobiliteit..... | 8 |
| 2.2 Huidige modellering deelmobiliteit..... | 9 |
| 2.3 Opties modellering deelmobiliteit..... | 11 |
| 2.3.1 Specificaties deelmobiliteit..... | 11 |
| 2.3.2 Data voor schatting/kalibratie deelmobiliteit..... | 15 |
| 2.4 Aanbeveling voor modellering deelmobiliteit..... | 16 |
| 3 Hubs..... | 18 |
| 3.1 Eisen en wensen hubs..... | 19 |
| 3.2 Huidige modellering hubs..... | 19 |
| 3.3 Opties modellering hubs..... | 21 |
| 3.3.1 Specificaties modellering hubs..... | 21 |
| 3.3.2 Data voor schatting/kalibratie hubs..... | 25 |
| 3.4 Aanbeveling voor modellering hubs..... | 28 |
| 4 Niet-reizen..... | 29 |
| 4.1 Eisen en wensen niet-reizen..... | 30 |
| 4.2 Huidige modellering niet-reizen..... | 30 |
| 4.3 Opties modellering niet-reizen..... | 31 |
| 4.3.1 Specificaties modellering niet-reizen..... | 32 |
| 4.3.2 Data voor schatting/kalibratie niet-reizen..... | 37 |
| 4.4 Aanbeveling voor modellering niet-reizen..... | 38 |
| 5 Conclusies en aanbevelingen..... | 40 |
| 5.1 Advies voor implementatie..... | 40 |
| 5.2 Aanbevelingen..... | 42 |
| Referenties..... | 44 |

1 Inleiding

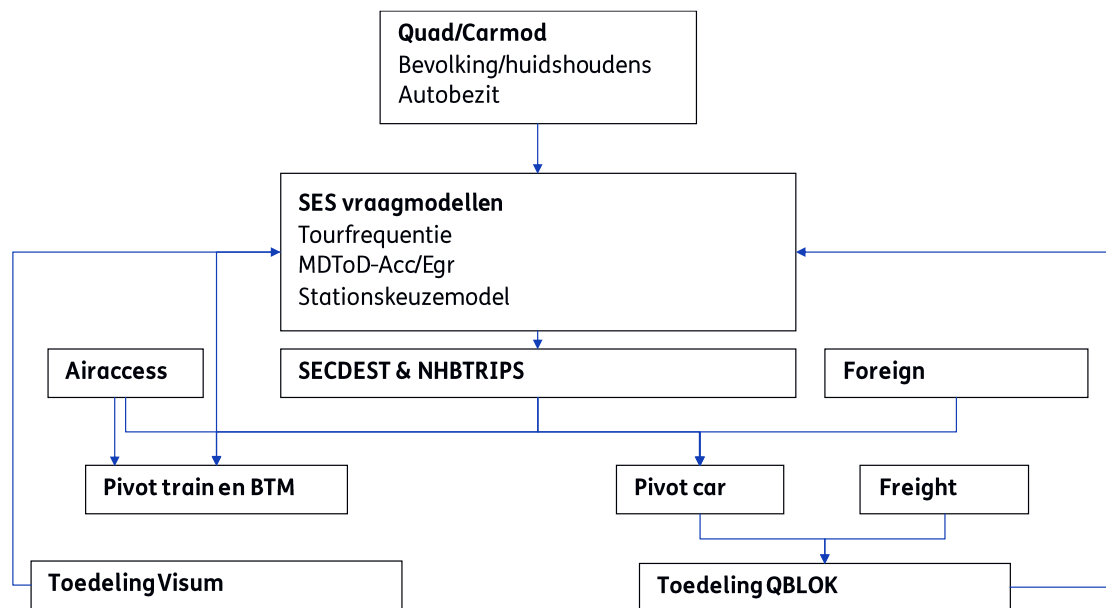
Elke vier jaar wordt een nieuwe versie van de verkeers- en vervoermodellen LMS en NRM gemaakt door Rijkswaterstaat (RWS). In het voorjaar van 2021 is de geactualiseerde versie (GM4) van het LMS/NRM gerealiseerd. In deze versie zijn het basisjaar (2018), de uitgangspunten en de onderliggende rekenregels (Groeimodel of GM) aangepast. De resultaten hiervan zijn extern getoetst in een review en backcast. Samen met de eerste ervaringen bij toepassing én een inventarisatie van aanvullende wensen heeft dit geleid tot een plan van aanpak voor modelverbeteringen in de periode 2022-2024. Doel van de modelverbeteringen is om in 2024 over een nieuw en verbeterd LMS/NRM te beschikken (GM6) die onder andere voor de Integrale Mobiliteitsanalyse (IMA) kan worden ingezet. Tussentijds wordt nog een versie van het LMS/NRM opgeleverd (GM5) waarin al enkele verbeteringen zijn opgenomen die voor het doorrekenen van de WLO-scenario's kan worden ingezet.

Rijkswaterstaat heeft aan TNO gevraagd om voor twee van de modelverbeteringen advies te geven over hoe deze, gegeven de huidige werking van het LMS/NRM, in het LMS/NRM (GM6) mee kunnen worden genomen. Dit betreft het modelleren van 'deelmobiliteit en hubs' en 'niet-reizen'.

Om deze vraag te beantwoorden is een workshop georganiseerd waarbij deelnemers van Rijkswaterstaat, het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Prorail gezamenlijk de eisen en wensen hebben gedefinieerd ten aanzien van het modelleren van 'deelmobiliteit en hubs' en 'niet-reizen'. Vervolgens heeft TNO per onderwerp verschillende opties voor modellering uitgewerkt die een tweede workshop met dezelfde groep zijn besproken. De benodigde en beschikbare data voor invoer en voor schatting, kalibratie en validatie zijn in de laatste stap uitgewerkt. Op basis hiervan is per onderwerp een aanbeveling gegeven voor uitwerking van één van de opties.

Overzicht LMS/NRM modelsysteem

Bij het advies dat in dit rapport wordt gegeven over modelverbeteringen wordt verwezen naar bepaalde onderdelen (modules) waarin de modelverbeteringen kunnen worden doorgevoerd. Deze paragraaf geeft daarom een overzicht van het hele modelsysteem. Het modelsysteem, zoals weergegeven in [Figuur 1](#), bestaat uit de modules QUAD en CARMOD die respectievelijk gericht zijn op de bevolkingssamenstelling en autobezit per zone en huishoudtype, de SES vraagmodellen die gericht zijn op tourfrequentie, vervoerwijzekeuze (M), bestemmingskeuze (D), tijdstipkeuze (ToD), voor- en natransportkeuze (Acc/Egr) en stationskeuze, modules voor verkeer van en naar de luchthaven (Airaccess), secundaire bestemmingen (SECDEST) en niet-woongebaseerde reizen (NHBTRIPS) en verkeer van en naar het buitenland (Foreign) en OV- (Visum) en autotoedelingen (QBLOK). De OV-toedeling vindt buiten het LMS/NRM om plaats. De trein, BTM en auto pivot (vermenigvuldiging van de basismatrix met de groei) zijn wel een integraal onderdeel van het systeem net zoals de autotoedeling waarbij een iteratie plaatsvindt tussen vraag en aanbod (Zondag & van Grol, 2021).



Figuur 1: Structuur van de LMS/NRM modelketen (Bron: Zondag & van Grol, 2021)

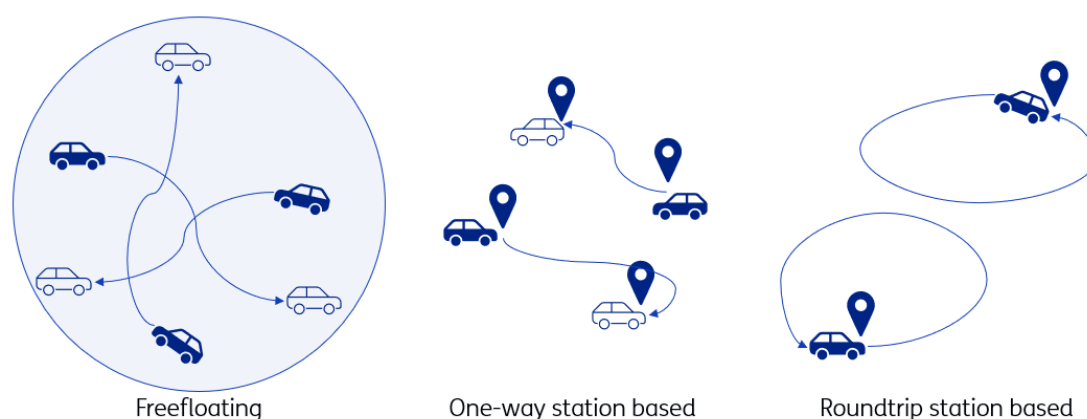
Leeswijzer

Dit rapport beschrijft in drie aparte hoofdstukken voor deelmobiliteit, hubs en niet-reizen achtereenvolgens de eisen/wensen die aan de modellering wordt gesteld, de modellering van het betreffende onderwerp in de huidige versie van het LMS en NRM (GM4) en opties en een aanbeveling voor verbeterde modellering. De onderwerpen deelmobiliteit en hubs zijn aan elkaar gerelateerd omdat op hubs ook deelmobiliteit wordt aangeboden. Deelmobiliteit kan echter ook van deur tot deur worden ingezet. In dit rapport worden deelmobiliteit en hubs daarom in een apart hoofdstuk beschreven, waarbij bij hubs ook is aangegeven wat de link met deelmobiliteit is. Het laatste hoofdstuk beschrijft de conclusies en aanbevelingen.

2 Deelmobiliteit

Bij deelmobiliteit wordt een vervoermiddel, bijvoorbeeld een auto, fiets, e-bike of scooter voor korte tijd verhuurd of uitgeleend met als voordeel dat mensen die zelf het betreffende voertuig niet bezitten of op een bepaalde locatie of bepaald tijdstip daar geen beschikking over hebben, toch de betreffende verplaatsing kunnen maken met een deelvoertuig. De beschikbaarheid van deelmobiliteit kan er ook toe leiden dat het eigen voertuigbezit en dus ook het ruimtegebruik van eigen voertuigen afneemt. Omdat deelmobiliteit steeds populairder wordt en veel overheden inzetten op deelmobiliteit is het van belang om de effecten van deelmobiliteit te kunnen modelleren.

Er zijn verschillende vormen van deelmobiliteit mogelijk zoals weergegeven in [Figuur 2](#). In deze figuur zijn deelauto's weergegeven, maar onderstaande beschrijving geldt ook voor andere deelvoertuigen zoals deelfietsen. Een belangrijk onderscheid is het onderscheid tussen freefloating en station-based. Bij freefloating deelmobiliteit moet je het deelvoertuig in een bepaalde zone of servicegebied achterlaten. Je betaalt per rit en hebt geen garantie dat het voertuig nog beschikbaar is voor de terugrit. Bij station-based deelmobiliteit haal je het voertuig op een bij een "deelmobiliteitsstation" en parkeer je het voertuig ook weer bij een "deelmobiliteitsstation". Hierbij kan onderscheid worden gemaakt naar one-way en roundtrip station-based. Bij one-way station-based betaal je net als bij freefloating deelsystemen per rit en heb je geen garantie dat je deelvoertuig nog voor de terugreis beschikbaar is. Je laat het voertuig achter bij een deelmobiliteitsstation. Bij roundtrip station-based gebruik je het voertuig voor zowel de heen- als terugreis en retourneer je het voertuig weer op de plek waar je het hebt opgehaald. De kosten voor relocatie van de voertuigen worden vaak wel verdisconteerd in de ritprijs. Een GreenWheels auto is een voorbeeld van een roundtrip station-based auto. Sixt heeft een one-way deelautosysteem in Nederland operationeel waarbij het mogelijk is om bijvoorbeeld in Utrecht een auto mee te nemen en deze in Rotterdam weer in te leveren.



Figuur 2: Drie typen deelsystemen: freefloating (achterlaten binnen servicegebied), one-way station-based (achterlaten op een deelmobiliteitsstation, niet noodzakelijkerwijs dezelfde als het herkomst-station) en roundtrip station-based (achterlaten op dezelfde plek als het herkomst deelmobiliteitsstation).

Naast bovengenoemde vormen van deelmobiliteit waarbij je privé een voertuig huurt, bestaan ook de volgende vormen van deelmobiliteit:

- Taxi (ride-hailing): hierbij huur je een persoonlijke chauffeur en taxi die je naar je bestemming brengt. Het vervoermiddel wordt niet gedeeld met andere bestuurders, noch maakt het meerdere stops langs een route. De chauffeurs worden door één bedrijf geleverd.
- Ride-sourcing: Ride-sourcing is vergelijkbaar met een taxi alleen worden daarbij onafhankelijke chauffeurs via een app aan klanten gekoppeld. Voorbeelden hiervan zijn Uber en Lyft.
- Ritdelen (Ride-sharing): bij ritdelen delen meerdere personen die onafhankelijk van elkaar in eenzelfde richting reizen een voertuig. Voorbeelden hiervan zijn UberPool en Lyft Shared.

Dit hoofdstuk beschrijft de eisen en wensen ten aanzien van de modellering van deelmobiliteit (paragraaf 2.1), de manier waarop deelmobiliteit in de huidige versie van het LMS en NRM (GM4) wordt gemodelleerd (paragraaf 2.2), opties voor verbetering inclusief specificaties en beschrijving van de benodigde data voor schatting/kalibratie (paragraaf 2.3) en een aanbeveling voor keuze van één van de opties (paragraaf 2.4).

2.1 Eisen en wensen deelmobiliteit

De eisen en wensen ten aanzien van de modellering van deelmobiliteit zijn weergegeven in [Tabel 1](#).

Tabel 1: Eisen en wensen deelmobiliteit

| Eisen en wensen | Keuzes |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Deelvervoerwijzen gehele reis van deur-tot-deur | De nadruk ligt op deelauto's, deelfietsen en deel-e-bikes. Ride-sourcing moet worden meegenomen als optie die aan en uit kan worden gezet. |
| Deelvervoerwijzen voor- en na-transport | Als voor- en natransport hoeft alleen de deelfiets en deel-e-bike meegenomen te worden. Deelscooters vallen in de categorie e-bikes. |
| Onderscheid naar brandstoftypes | In de modellering hoeft geen onderscheid gemaakt te worden naar brandstoftype (incl. elektrisch). In de uitvoer is het wel wenselijk om het aantal afgelegde voertuigkilometers van elektrische deelauto's weer te geven, zodat de gemiddelde emissiefactoren kunnen worden aangepast. Gedetailleerde modellering van energieverbruik en de laadbehoefte van elektrische deelvoertuigen valt buiten de scope. |
| Type deelmobiliteit | De nadruk ligt op station-based deelmobiliteit. Onderscheid naar one-way en roundtrip station-based is belangrijk omdat dit van invloed is op de kosten (betalen voor de gehele tour of een enkele reis) en daarbij de vervoerwijzekeuze. Gezien de grote zonerings in het LMS/NRM is freefloating en one-way station-based qua functie vrijwel gelijk. Er wordt in de modellering geen onderscheid gemaakt naar degene die het deelvoertuig bezit (bedrijf versus peer-to-peer). Eventueel kunnen wel via de invoer andere kosten hiervoor worden opgegeven. |
| Capaciteit van deelmobiliteit | Het is van belang om twee soorten vragen te kunnen beantwoorden: <ul style="list-style-type: none"> - Hoeveel deelvoertuigen zijn nodig om aan de vraag naar deelvoertuigen met verschillende serviceniveaus te kunnen voldoen? - Gegeven dat x deelvoertuigen beschikbaar worden gesteld, hoeveel wordt daar dan gebruik van gemaakt? <p>Gedetailleerde modellering van schaarste en capaciteitsrestricties, waarbij reizen aan deelvoertuigen worden gekoppeld is niet wenselijk. De modellering van relocatie van voertuigen is eveneens niet gewenst. Het is wel wenselijk om het aantal beschikbare deelvoertuigen per stedelijkheidsgraad op te kunnen geven.</p> |
| Beschikbaarheid en geofencing | Per zone of stedelijkheidsgraad moet kunnen worden aangegeven of one-way en roundtrip deelmobiliteit beschikbaar is. Het is niet nodig om restricties van rijgebied (geofencing) mee te nemen. |
| Businessmodellen en Level-of-service | Het is van belang om kosten per kilometer, de zoek- en wachttijden en parkeerkosten per rit (one-way) of reis (roundtrip) op te kunnen geven. Differentiatie naar de zoek- en wachttijden per stedelijkheidsgraad is nodig. Voor roundtrip deelmobiliteit moet rekening worden gehouden met de duur van een activiteit waarbij onderscheid moet kunnen worden gemaakt naar motieven. Het model berekent niet het beste businessmodel. |
| Abonnements- en autobezit | MaaS-abonnementsbezit kan exogeen worden opgegeven. Bij bezit van een MaaS-abonnement worden gereduceerde tarieven gerekend. Endogene modellering van abonnementsbezit is niet nodig. Een terugkoppeling naar autobezit is wel wenselijk. |
| Parkeren | De aanname is dat deelvoertuigen bij one-way station-based altijd kunnen parkeren op gereserveerde plekken (in praktijk hoeft dit niet altijd zo te zijn). Voor roundtrip station-based moet wel rekening worden gehouden met parkeerzoektijden en -kosten aan de bestemmingszijde, maar niet aan de herkomstzijde omdat aangenomen wordt dat daar altijd een plek beschikbaar is. |
| Tourconsistentie | Het is wenselijk om een optie te hebben waarbij consistentie in vervoerwijzekeuze (inclusief voor- en natransport) in een tour kan worden vereist of kan worden losgelaten. |
| Impact op ruimtegebruik | Het is wenselijk om de impact van deelvoertuigen op ruimtegebruik te bepalen. |

2.2 Huidige modellering deelmobiliteit

In de huidige versie van het LMS en NRM (GM4) is deelmobiliteit als onderdeel van Mobility as a Service (MaaS) geïmplementeerd. Hierbij worden de volgende MaaS-alternatieven beschouwd: deelauto, deelfiets, carpoolen en ride-sourcing.

Invoer

De invoer kan op zone- en vervoerwijzeniveau worden opgegeven. Voor iedere zone kunnen de volgende gegevens worden opgegeven:

- Fractie MaaS-abonnementhouders.
- Aantal beschikbare deelautoreizen.
- Extra looptijd deelauto gebruikers (min).
- Wachtijd ride-sourcing (min).

Daarnaast kunnen per MaaS-vervoerwijzen nog de volgende instellingen worden opgegeven:

- Deelauto: Km-kosten van de deelauto met en zonder lidmaatschap MaaS en index vaste kosten deelauto met en zonder lidmaatschap MaaS.
- Deelfiets: Kosten deelfiets MaaS.
- Ride-sourcing: kilometerkosten van ride-sourcing en comfortfactor ride-sourcing.
- Carpooling passagierbonus.

Voor het modelleren van deelauto's zijn drie instellingen mogelijk:

1. Geen deelauto (default)
2. Beperkt deelautogebruik.
3. Onbeperkt deelautogebruik.

Als voor de optie 'Beperkt deelautogebruik' wordt gekozen, moet eerst een run worden uitgevoerd met onbeperkt deelautogebruik. Om de beschikbaarheid van een deelauto te bepalen bij de vervoerwijzekeuze moet worden bepaald wat de kans is voor een persoon op een deelauto. Die kans is gelijk aan het aantal beschikbare deelautoreizen gedeeld door het gewenste aantal deelautoreizen. Om het gewenste aantal deelautoreizen te bepalen is de voorbereidende run nodig met onbeperkte deelautobeschikbaarheid. Deze methode benadert de interactie tussen vraag en aanbod die in werkelijkheid plaatsvindt.

Modelering bezit auto en beschikbaarheid deelauto's

Het bezit van privéauto's wordt in SES bepaald gebruikmakend van resultaten uit CARMOD. Ieder huishouden uit de huishoudsteekproef wordt gekoppeld aan vier categorieën autobezit: 0 auto's, 1 auto, 2 auto's of 3+ auto's. Vervolgens wordt de persoonssteekproef gekoppeld aan de huishoudsteekproef waardoor ieder persoonstype terecht kan komen in een huishouden met 0, 1, 2 of 3+ auto's. Voor alle personen in het huishouden wordt een kenmerk bepaald:

- NoLicNoCar – geen auto en geen rijbewijs
- LicNoCar – geen auto, wel een rijbewijs
- CarNoLic – wel auto, geen rijbewijs
- SharedCar – gedeelde auto met anderen uit het huishouden.
- FreeCar – eigen auto

Bij onbeperkte deelautobeschikbaarheid krijgt iedereen met het kenmerk LicNoCar of SharedCar de volledige beschikbaarheid over een deelauto. Bij beperkte deelautobeschikbaarheid geldt dit voor een fractie van de personen (zie boven).

Vervoerwijzekeuzemodel

De vervoerwijzekeuze voor deelmobiliteit vindt in SES plaats als onderdeel van het vervoerwijze- bestemmings- en dagdeelkeuzemodel (MoDesT). Het keuzeproces wordt voor ieder persoonstype afzonderlijk doorlopen. Per persoonstype wordt vanuit iedere herkomstzone het volgende proces doorlopen:

- Voor alle bestemmingen, vervoerwijzen en dagdeelperiodecombinaties wordt de aantrekkelijkheid bepaald (het nut van het alternatief);
- De aantrekkelijkheid van al deze alternatieven samen kan worden gebruikt als maat voor de bereikbaarheid vanuit de betreffende herkomstzone. Deze maat noemen we de logsum (later wordt duidelijk waarom);
- Op basis van persoonskenmerken, huishoudkenmerken, en o.a. de logsum, wordt het aantal reizen vanuit de betreffende zone bepaald;
- Op basis van het nut van ieder alternatief, in vergelijking met alle andere alternatieven, wordt het aantal reizen verdeeld over de verschillende vervoerwijzen, bestemmingen en dagdelen.

De volgende vervoerwijzen kunnen als MaaS-vervoerwijze worden gekozen:

- Deelauto: de modelering van de deelauto is vergelijkbaar met die van de auto, maar met aangepaste kilometerkosten en vaste kosten die per scenario kunnen worden opgegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt naar MaaS-abonnementhouders en mensen zonder MaaS-abonnement.
- Deelfiets: de deelfiets is enkel beschikbaar voor het natransport voor de trein. Indien een MaaS-run wordt uitgevoerd, wordt verondersteld dat in de referentiesituatie geen fiets beschikbaar is als natransport terwijl hier in de schatting wel rekening mee is gehouden.
- Carpoolen: dit is een optie die voor iedereen, dus zowel autobezitters als niet-rijbewijsbezitters, beschikbaar is. De autokosten voor de bestuurder blijven gelijk. Passagiers krijgen een carpool passenger bonus die in de invoer kan worden gespecificeerd.
- Ride-sourcing: bij Ride-sourcing gaat het om systemen zoals Uber of Lyft. In de schil kan de gebruiker opgeven wat de km-kosten zijn van ride-sourcing en wat de comfortfactor is. Deze gespecificeerde km-kosten vervangen dan de kosten voor autobestuurder. De comfortfactor wordt gebruikt als vermenigvuldigingfactor op de reistijdcoëfficiënt

Indien geen deelauto en geen MaaS-abonnement beschikbaar is, vindt de vervoerwijzekeuze op de standaardwijze plaats. Indien wel een deelauto beschikbaar is, maar geen MaaS-abonnement, biedt de deelauto een alternatief voor de auto. Indien zowel een deelauto als MaaS-abonnement beschikbaar is, wordt het beste MaaS-alternatief (keuze uit deelauto, carpoolen en ride-sourcing) als optie aan de standaardvervoerwijzen toegevoegd. Indien iemand al toegang heeft tot een eigen auto heeft het beschikbaar stellen van een deelauto geen toegevoegd nut.

In de nutsfuncties worden afhankelijk van de deelvervoerwijze de bijbehorende vaste en kilometerkosten, wacht- en zoektijden, comfortfactoren en de passagiersbonus meegenomen.

Indien voor een deelauto wordt gekozen, worden na SES ook SECDEST en NHBTRIPS gerund om additionele bestemmingen in de tour te bepalen, waarbij alle verplaatsingen in de tour met de deelauto worden uitgevoerd.

Terugkoppeling autobezit

De beschikbaarheid van deelauto's en het bezit van MaaS-abonnement leidt tot een reductie in autobezit. Deze correctie is niet in het LMS/NRM ingebouwd, maar kan door de gebruiker

handmatig via de invoer gedaan worden. Hoe dit gebeurt, is aan de gebruiker. De standaardwerkwijze is om eerst het autobezit te verlagen met het aantal deelauto's en daarna een MaaS-correctiefactor toe te passen op basis van het aantal inwoners en MaaS-abonnementhouders.

2.3 Opties modellering deelmobiliteit

Om aan de eisen en wensen ten aanzien van de modellering van deelmobiliteit te voldoen is het noodzakelijk om deelfietsen en deel-e-bikes als hoofdvervoerswijze toe te voegen en ook de deelmobiliteitsopties voor voor- en natransport uit te breiden. Daarnaast is het nodig om in de invoer en modellering mogelijkheden te bieden om onderscheid te maken naar one-way en roundtrip station-based deelmobiliteit.

2.3.1 Specificaties deelmobiliteit

Invoer

De invoer voor deelmobiliteit als hoofdvervoerswijze bestaat ten eerste uit de kosten, tijden en bereikbaarheidskwaliteit (LOS) voor elk van de verschillende typen deelvoertuigen (deelauto's, ride-sourcing, deelfietsen en deel-e-bikes). Eventueel kunnen meerdere kosten worden aangegeven, afhankelijk van de verschillende tarieven bij MaaS-abonnementen. Voor roundtrip deelmobiliteit moeten de kosten per motief kunnen worden opgegeven om rekening te kunnen houden met de gemiddelde duur van een activiteit. Hier zullen aannames over moeten worden gedaan.

Daarnaast wordt in de invoer gespecificeerd of het gaat om een one-way of een roundtrip systeem. Er wordt uitgegaan van één type systeem binnen het gehele LMS/NRM per vervoerswijze en dus niet van een mix van one-way en roundtrip-systemen. Merk op dat 'one-way' binnen het LMS/NRM (door de grote zonerings) gelijk is aan een freefloating systeem indien voor beide dezelfde gebieden of deelmobiliteitstations worden gehanteerd waar de voertuigen kunnen worden achtergelaten. Dit wordt gebruikt in de meegenomen kosten van de gebruikte deelmobiliteitsopties.

Ook dient te worden aangegeven of er capaciteitsrestricties dienen te worden meegenomen (en zo ja: het aantal beschikbare voertuigen per zone of stedelijkheidsgraad). Daarnaast dient een omrekenfactor tussen het aantal deelvoertuigen en het aantal deelritten opgegeven te worden. Momenteel is in de IMA onzekerheidsverkenningen bijvoorbeeld uitgegaan van maximaal 2,5 tour per dag per deelauto (Goudappel, 2021).

Tevens bevat de invoer de eventuele gebiedsrestricties, oftewel de zones waar de deelvoertuigen kunnen worden opgepikt en/of ingeleverd. Het is eventueel ook mogelijk om dit per stedelijkheidsgraad op te geven.

Voor de modellering van deel-e-bikes als voor- en natransport optie voor het OV dienen de stationsbereikbaarheidsmatrices te worden uitgebreid met de e-bike vervoerswijze indien de aanname wordt gemaakt dat e-bikes of e-scooters zich sneller verplaatsen dan normale fietsen.

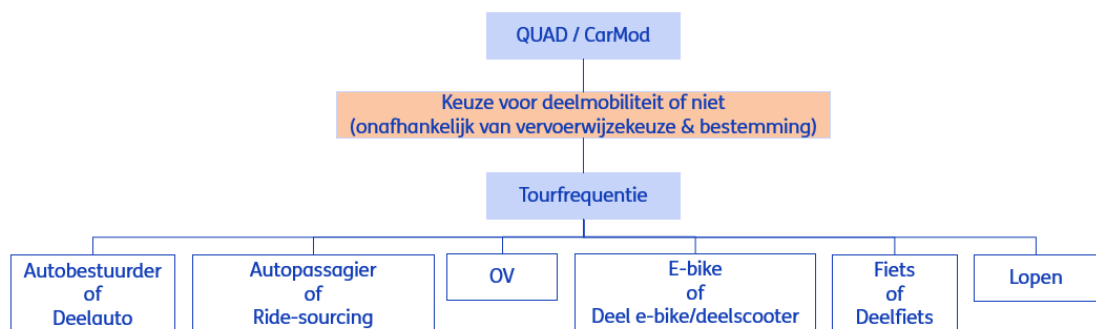
Modellering

Voor het modelleren van deelmobiliteit als hoofdvervoerswijze is in de huidige modellering in het GM4 een extra MaaS-vervoerswijze toegevoegd, waarbij deze MaaS-vervoerswijze de meest aantrekkelijke optie is van alle mogelijke MaaS-opties. Het nadeel van deze optie is dat er

telkens de keuze is uit één deelmobiliteitsoptie, bijvoorbeeld deelauto of ride-sourcing. Dat is geen probleem als de verschillende MaaS-opties vergelijkbaar zijn (in dit geval allen met de auto: deelauto en ride-sourcing), maar wel indien de wens is om ook andere deervoerwijzen als hoofdvervoerswijze toe te staan zoals deelfiets en deel-e-bike. Het zou immers kunnen dat de deel-e-bike concurreert met de deelauto voor hetzelfde reismotief maar met een verschillende bestemmingskeuze. Daarnaast concurreert de MaaS-vervoerswijze (bijvoorbeeld deelauto) momenteel met de bestaande hoofdvervoerswijzen (bijvoorbeeld auto). Dit is over het algemeen niet logisch, gezien de auto en deelauto vrijwel nooit met elkaar zullen concurreren. Immers, als je een eigen auto beschikbaar hebt is de kans zeer klein dat je toch gebruikmaakt van een deelauto.

Het toevoegen van alle afzonderlijke nieuwe (deel)vervoerswijzen zorgt echter voor zeer veel opties binnen het vervoerswijzekeuzemodel. Het is daarbij ook lastig om schattingen hiervoor uit te voeren gezien de beperkte beschikbaarheid van data rondom gebruik van deervoertuigen. Bovendien leidt het toevoegen van gelijkwaardige alternatieven in keuzemodellen tot een onjuiste inschatting van de kans dat ze worden gebruikt (red bus/blue bus probleem). Daarom is het advies om het vervoerswijzekeuzemodel niet uit te breiden, maar in plaats daarvan voor elke vervoerswijze vooraf een keuze te maken: eigen vervoermiddel of een deervoertuig? Deze methode is gebaseerd op het Urban Tools Next II project (Snelder, et al., 2021). Vervolgens wordt het normale vervoerswijzekeuzemodel (en de rest van SES met bestemmingskeuze en dagdeelkeuze) doorlopen, zoals aangegeven in [Figuur 3](#). Hierbij worden – afhankelijk van de gemaakte keuze voor een eigen vervoermiddel of deervoertuig – andere eigenschappen of LOS-waardes gebruikt voor het gekozen vervoermiddel. Dit keuzeproces staat los van het al dan niet bezitten van een MaaS-abonnement (exogene input) of het modelleren van autobezit (modellering binnen QUAD en/of CARMOD).

Merk daarbij op dat in [Figuur 3](#) ride-sourcing als deelalternatief voor de autopassagier wordt genoemd. Carpooling kan ook in deze categorie vallen, maar is niet expliciet genoemd, omdat een nauwkeurige modellering van carpooling lastig is. De belangrijkste redenen hiervoor zijn dat niet bekend is wie met wie kan carpoolen en wat precies de level-of-service is voor de bestuurders en degene die meerijden. In de modellering kan bijvoorbeeld niet eenvoudig afgedwongen worden dat degene die voor carpoolen kiezen daadwerkelijk met iemand mee kunnen rijden. Dit probleem geldt overigens ook voor de huidige modellering van autopassagiers. Bij ride-sourcing wordt gebruik gemaakt van taxisystemen met externe bestuurders zoals Uber, waarbij bovengenoemde uitdagingen niet of minder spelen.



Figuur 3: Opties in het vervoerswijzekeuzemodel. Na de aangepaste vervoerswijzekeuze vinden de gebruikelijke bestemmingskeuze en dagdeelperiodekeuze plaats.

Keuze voor deelvervoer of eigen voertuig

De keuze tussen deelvervoer of een eigen voertuig wordt gemaakt in een losstaand model, eventueel afhankelijk van de persoonskenmerken, huishoudkenmerken en autobezit. Hiervoor

kunnen rekenregels worden toegepast of kan een apart model worden geschat. Een voorbeeld van een rekenregel is: altijd keuze voor een eigen voertuig bij bezit van een eigen voertuig, altijd keuze voor een deelvoertuig bij geen eigen bezit. Uiteraard dient hier wel rekening te worden gehouden met eventueel autogebruik van anderen binnen het huishouden (het onderscheid tussen ‘FreeCar’ en ‘SharedCar’ binnen de huidige modellering, zie paragraaf 2.2) en eventueel lease- of bedrijfsautobezit. Daarnaast kunnen er nog andere redenen zijn om deelvoertuig te gebruiken in plaats van een eigen voertuig, bijvoorbeeld bij een bestemming in een zero-emissiezone als het eigen voertuig niet elektrisch is. Dit valt echter buiten de scope.

Meenemen van capaciteitsrestricties

De beschikbare capaciteit van deelvoertuigen kan worden meegenomen met behulp van een weerstandsfunctie in een volgende iteratie van het SES-model. Hierbij wordt in de eerste iteratie uitgegaan van een oneindige beschikbaarheid van voertuigen. In de volgende iteratie van SES wordt gekeken of de capaciteit is overschreden. Zo ja, dan worden de weerstanden voor het gebruik van het deelvoertuig aangepast. Dit kan op dezelfde manier worden gedaan als de implementatie van de parkeercapaciteiten in het Groeimodel gebaseerd op de Urban Tools Next II studie (van der Tuin, de Romph, & Pieters, 2021). Hierbij dient opgemerkt te worden dat er in principe geen rekening wordt gehouden met het overhevelen van reeds gebruikte capaciteit naar volgende tijdperiodes. Daarnaast wordt enkel uitgegaan van een maximum aantal ritten met het deelvoertuig. Om van het aantal ritten naar het aantal benodigde deelauto's te gaan, kan gebruikgemaakt worden van een vooraf opgegeven omrekenfactor, bijvoorbeeld 2,5 tours per deelauto per dag. Het is aan te bevelen om hierbij onderscheid te maken naar de stedelijkheidsgraad, omdat in hoog-stedelijke gebieden deelvoertuigen mogelijk vaker op een dag worden gebruikt dan in landelijke gebieden.

Verskil tussen one-way- en roundtripsystemen

Het verschil tussen one-way- en roundtripsystemen wordt op twee manieren meegenomen. Enerzijds worden de kosten aangepast, waarbij voor het roundtripsysteem uitgegaan wordt van bepaalde activiteitenduur (afhankelijk van het reismotief) waarvoor ook een tarief dient te worden bepaald. Ook eventuele parkeerkosten aan de bestemmingszijde worden enkel meegenomen bij de roundtrip systemen. Anderzijds worden eventuele gebiedsrestricties enkel meegenomen bij de herkomstzijde, of zowel bij de herkomst- als bestemmingszijde.

Secundaire en werkgebonden ritten

Secundaire ritten worden meegenomen bij de deelauto, net zoals nu wordt gedaan bij de normale auto. Hier wordt gebruikgemaakt van dezelfde modeltechniek. Enkel de kosten per kilometer (of per minuut) dienen te worden aangepast. Secundaire ritten bij andere hoofdvervoerwijzen (bijvoorbeeld de (deel)fiets) worden momenteel niet gemodelleerd door SECDEST of NHBTRIPS. Deze ritten worden daardoor ook niet nu beschouwd als ritten waarvoor een secundaire rit mogelijk is.

Bij de werkgebonden tours is het mogelijk om de deelfiets of deel-e-bike toe te voegen als vervoerwijzekeuzeoptie middels vooraf opgegeven factoren.

OV voor- en natransport

Bij het OV-natransport (aan de bestemmingszijde) is momenteel de deelfiets een optie. Dit dient te worden uitgebreid met de deel-e-bike als optie. Eventueel is het mogelijk de deelfiets en deel-e-bike ook als optie op te nemen voor het voortransport. Dit is enkel mogelijk indien er een freefloating fietssysteem beschikbaar is bij de herkomstzijde. Daarnaast is het nodig om een fractie op te nemen van mensen die een eigen fiets op het station heeft staan en een fractie van mensen waarvoor een deelfiets beschikbaar is (aan de hand van de beschikbare

capaciteit van deel-e-bikes). In de huidige versie van het LMS/NRM is nog aangenomen dat iedereen een eigen fiets beschikbaar heeft. Aanpassing hiervan betekent dat herschatting van het model nodig is.

In de huidige versie van het LMS/NRM wordt bij de selectie van stations als criterium gehanteerd dat de stations binnen maximaal 30 minuten free-flow autoreistijd bereikbaar moeten zijn. Dit lijkt voldoende om ook de stations die met de e-bike makkelijker zijn te bereiken dan met de fiets af te dekken. Desondanks is het raadzaam om te onderzoeken of de selectie van geschikte stations uitgebreid of aangepast dient te worden.

Tourconsistentie

Bij de eisen en wensen is aan gegeven dat het wenselijk is om een optie te hebben waarbij consistentie in vervoerwijzekeuze (inclusief voor- en natransport) in een tour kan worden vereist of kan worden losgelaten. In de huidige versie van het LMS is consistentie in vervoerwijzekeuze gegarandeerd, omdat een hoofdvervoerwijze voor de hele tour wordt gekozen en nevenbestemmingen alleen voor (deel)auto's worden bepaald. Voor werkgebonden reizen kunnen wel andere vervoermiddelen worden gekozen, maar de vervoerwijzekeuze blijft consistent.

One-way deelmobiliteitsystemen kunnen er toe leiden dat op de heenweg andere vervoermiddelen worden gekozen dan op de terugweg, waardoor consistentie in vervoerwijzekeuze in de hele tour niet langer is vereist. Het loslaten van deze eis, betekent dat de vervoerwijzekeuze op verplaatsings- in plaats van tourniveau moet plaatsvinden. Dit kan door combinaties van vervoerwijzen te kiezen voor de heen- en terugweg. Als ook de voor- en natransport combinatie beschouwd moeten worden, neem het aantal mogelijke combinaties van alle vervoerwijzen in een tour sterk toe. Zhou et al. (2023a) heeft toegelicht hoe een multimodaal tour-based vervoerwijzekeuzemodel met een groot aantal combinaties kan worden geïmplementeerd gebruikmakend van parallel computing op grafische kaarten (GPU). Op korte termijn achten we het niet realistisch om een dergelijk model binnen de huidige structuur van het LMS/NRM te implementeren. Het advies is daarom om in GM6 de consistentie in vervoerwijzekeuze nog niet los te laten. Voordat het wordt losgelaten is het raadzaam te onderzoeken met een analyse in het ODin of andere databronnen in hoeverre het regelmatig voorkomt dat een andere vervoerwijze wordt gebruikt bij de heen- dan de terugverplaatsing.

Uitvoer

De uitvoer bestaat uit de HB-matrices per (deel)vervoerwijze, per motief. Met behulp van de berekende LOS-matrices uit QBLOK kunnen vervolgens de gereden voertuigkilometers per deelvoertuigtype worden afgeleid. Deze voertuigkilometers kunnen worden gebruikt om de gemiddelde emissiefactoren aan te passen en emissies te berekenen.

Het ruimtegebruik per zone van geparkeerde deelvoertuigen is afhankelijk van hoe de verplaatsingen verspreid zijn over een dag. In het meest gunstige geval is voor ieder voertuig dat aankomt in een zone eerst een ander voertuig vertrokken, waardoor ze van dezelfde parkeerplaats gebruik kunnen maken. In het meest ongunstige geval komen echter eerst alle deelvoertuigen op een bestemming aan terwijl er nog geen voertuigen vertrokken zijn. Dan bestaat de benodigde parkeercapaciteit uit de som van alle deelvoertuigen die aankomen en vertrekken. Hieronder is daarom een minimum en maximum ruimtegebruik weergegeven. Daarbij dient ook rekening te worden gehouden met restcapaciteit in de vorm van deelvoertuigen die niet worden gebruikt maar wel ruimte innemen en restcapaciteit in de vorm van extra parkeerruimte omdat het aantal ritten naar een zone in praktijk lastig is in te schatten.

- $\text{Ruimtegebruik_min} = (\text{parkeerruimte voor één deelvoertuig}) * \max(\text{aantal ritten vanuit een zone, aantal ritten naar een zone}) / (\text{omrekenfactoren tussen het aantal deelvoertuigen en het aantal deelritten})$.
- $\text{Ruimtegebruik_max} = (\text{parkeerruimte voor één deelvoertuig}) * ((\text{aantal ritten vanuit een zone} + \text{aantal ritten naar een zone}) / (\text{omrekenfactoren tussen het aantal deelvoertuigen en het aantal deelritten})) + \text{restcapaciteit}$.

Het is aan te bevelen om een nadere analyse uit te voeren van station-based deelmobiliteitsystemen om te verkennen hoe in de praktijk het aantal benodigde parkeerplaatsen per deelmobiliteitstation wordt bepaald. Wellicht zijn daar vuistregels uit af te leiden die de bandbreedte in het benodigde ruimtegebruik verkleinen.

2.3.2 Data voor schatting/kalibratie deelmobiliteit

Benodigde data

Voor het uitbreiden van het vervoerwijzekeuzemodel met deelmobiliteit als extra vervoerwijze zijn er diverse extra datavelden die gevuld moeten worden. Ten eerste zijn de reistijden en kosten voor deelmobiliteit nodig. Daarnaast kunnen er ook gebieds- en eventuele capaciteitsrestricties worden ingevoerd.

Naast de invoerdata is er data nodig om het model te schatten. Dit gaat om het model dat aan de hand van de QUAD en CarMod output bepaalt of iemand gebruikmaakt van zijn eigen vervoermiddel, of van een deelmobiliteit-variant. Idealiter is hiervoor data beschikbaar dat aangeeft per reismotief en persoons-, huishoud en autobezitskenmerken welke vervoerwijze men heeft gebruikt, zowel deelmobiliteit als niet-deelmobiliteit. Hierbij dient de steekproef van gebruik van de verschillende vormen van deelmobiliteit uiteraard groot genoeg zijn om significante uitspraken te kunnen doen.

Voor schatting van het vervoerwijzekeuzemodel is verplaatsingsdata nodig vergelijkbaar met OViN/ODiN waaruit blijkt welke personen (inclusief persoonskenmerken) voor welke type verplaatsing (verplaatsingskenmerken en reismotieven) gebruik maakt van een deelvoertuig.

Beschikbare databronnen

De reistijden kunnen worden afgeleid uit de reistijden van de niet-delen equivalent (bijvoorbeeld auto voor de reistijden van deelauto), eventueel verhoogd met een bepaalde zoek- of afhandeltijd. De kosten voor deelmobiliteit kunnen voor het basisjaar worden afgeleid uit de bestaande kosten van huidige deelmobiliteitaanbieders. Het is echter onbekend of er een bron bestaat waarin de (gemiddelde) kosten in Nederland per jaar worden gespecificeerd welke gebruikt kan worden voor het bepalen van de kosten voor een basisjaar dat enkele jaren geleden is (bijvoorbeeld 2018). De gebieds- en eventuele capaciteitsrestricties kunnen voornamelijk als scenario-invoer worden beschouwd. Eventueel kan dit worden gebaseerd op de huidige positie van deelmobiliteit, terug te vinden op het Dashboard Autodelen (CROW, 2022).

Het OViN of ODiN geeft inzicht in de dagelijkse verplaatsingen van Nederlanders, en is daarmee in beginsel een zeer geschikte bron voor het schatten van het model. Vanaf ODiN 2018 is de deelauto als vervoerwijze toegevoegd met onderscheid tussen business-to-consumer en peer-to-peer. Deze uitvraag is echter op dagniveau gedaan, waardoor het niet duidelijk is bij meerdere ritten of alle ritten met de deelauto zijn gemaakt of slechts enkele. De deelfiets of deel-e-bike wordt niet geregistreerd. In het Mobiliteitspanel Nederland (MPN) wordt gebruik van de deelauto geregistreerd op persoonsniveau (sinds 2017) en ritniveau (sinds 2019). Omdat in beide verplaatsingsonderzoeken slechts weinig waarnemingen van

deelmobiliteit zijn terug te vinden, zijn beide databronnen niet geschikt om een volledig model op te schatten. Eventuele trends zijn wel af te leiden (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2021).

Naast de volledige verplaatsingsonderzoeken ODin en MPN zijn er enkel losstaande enquêtes en onderzoeken rondom deelmobiliteit bekend. Zo zijn er diverse onderzoeken door het KiM, universiteiten, deelautoaanbieders en gemeenten opgezet waarbij deelmobiliteit-gebruikers zijn gevraagd naar hun persoons- of huishoudelijke kenmerken. Uit dergelijke onderzoeken vallen vooral goed de trends en regelmatige gebruikers af te leiden. Deze zijn daarbij minder geschikt om een volledig model op te schatten, maar wel om bepaalde rekenregels uit af te leiden (bijvoorbeeld: gebruik deelauto indien geen eigen auto beschikbaar). Momenteel wordt bijvoorbeeld een deelauto in 70% van de gevallen gebruikt als vervanging van de eigen auto (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2021), waarbij de eigen auto is verkocht of gebruikt wordt voor een andere trip. Deelfietsers zijn voornamelijk afkomstig uit het lokaal openbaar vervoer (bus-tram-metro). Over ride-sourcing (ten opzichte van autopassagier) is nauwelijks data terug te vinden.

Advies te gebruiken databronnen

Gegeven de beperkte beschikbare databronnen voor het schatten van een model voor het bepalen van de keuze van deelmobiliteit of de eigen vervoerwijze, is het raadzaam om te kiezen voor de variant waarbij enkel vuistregels worden gebruikt. Vuistregels kunnen hierbij worden gebruikt voor zowel de keuze voor deelmobiliteit, als de eventueel tweede orde effecten zoals het effect op autobezit. Hierbij kunnen uiteraard wel de gegevens uit QUAD en CarMod worden meegenomen en kan gebruik worden gemaakt van data van deelaanbieders (bijvoorbeeld over hoe vaak een deelvoertuig per dag wordt gebruikt). Voor de keuze tussen ride-sourcing of autopassagier is momenteel zeer beperkte data terug te vinden. Het is aan te raden deze dataset te vergroten, dan wel deze optie volledig weg te laten binnen de modellering van deelmobiliteit.

Voor de parameters in het vervoerwijzekeuzemodel is het aan te bevelen om deze hetzelfde te houden als voor het niet-delen alternatief. De vervoerwijzespecifieke parameters voor bijvoorbeeld de deelautobestuurder blijven dan gelijk aan de parameters van de autobestuurder. De vervoerwijze specifieke constanten voor deelvoertuigen moeten wel worden aangepast, omdat deelvoertuigen voor veel mensen minder aantrekkelijk zijn dan eigen voertuigen. Deze constanten kunnen worden gekalibreerd op basis van beschikbare data van deelaanbieders en enquêtes. Het is bijvoorbeeld goed mogelijk dat er bij deelmobiliteit extra weerstanden dienen te worden toegevoegd ofwel capaciteitsrestricties dienen te worden ingevoerd om te voorkomen dat het marktaandeel onrealistisch groot wordt.

2.4 Aanbeveling voor modellering deelmobiliteit

Voor het modelleren van deelmobiliteit is er slechts één optie geïntroduceerd in paragraaf 2.3.1. Hierbij wordt het vervoerwijzekeuzemodel niet uitgebreid met nieuwe deelvervoerwijzen, maar wordt het vervoerwijzekeuzemodel even groot gehouden en enkel vooraf (buiten het nest) de keuze toegevoegd: wordt een rit met de 'auto' gemaakt met de eigen auto, of met een deelauto? Dezelfde keuze wordt uiteraard ook gemodelleerd voor de fiets, e-bike en autopassagier. Hiermee vindt een naadloze integratie binnen het huidige SES plaats, waarbij niet het volledige SES hoeft te worden herschat maar enkel een los keuzemodel van het gebruik van eigen voertuigen of deelvoertuigen. Uit de beschikbare databronnen zoals beschreven in paragraaf 2.3.2 blijkt dat de databeschikbaarheid voor deelmobiliteit momenteel ook te beperkt is om SES volledig te herschatten. Voor het losse

keuzemodel om te bepalen of een eigen voertuig of deelvoertuig kan worden gebruikt kunnen wel vuistregels worden gebruikt die afgeleid kunnen worden uit bestaande enquêtes of uit de literatuur. Tevens kunnen beschikbare data van deelaanbieders en enquêtes gebruikt worden voor kalibratie en validatie.

Ten opzichte van de huidige implementatie van deelmobiliteit in de exploratieve modus zijn er de volgende verschillen aan te duiden:

- Met de voorgestelde methode is het mogelijk om andere deelvoertuigen zoals de deel-e-bike en de deelfiets mee te nemen als hoofdvervoerwijze, wat nu niet het geval is. Dit was één van de vooraf opgelegde eisen, alhoewel het gebruik van deel-e-bikes en deelfietsen als hoofdvervoerwijze (anders dan bij OV voor- en natransport) wellicht minimaal is op het grotere zoneringsniveau van het LMS en NRM. Ook zijn de deelmobiliteitsopties voor voor- en natransport uitgebreid.
- De keuze voor een deelvoertuig of een eigen voertuig wordt vooraf in een apart keuzemodel gemaakt, in plaats van als extra optie in het vervoerwijzekeuzemodel. Dit heeft als voordeel dat er geen aparte parameters voor een MaaS-vervoerwijze geschat hoeven te worden en dat ook het probleem van het toevoegen van een extra optie met te veel overlap met bestaande opties wordt vermeden. ((red bus/blue bus probleem)
- Er wordt onderscheid naar roundtrip en one-way deelmobiliteit.
- Carpooling is niet expliciet gemodelleerd, omdat een nauwkeurige modellering van carpooling lastig is doordat niet bekend is wie met wie kan carpoolen en wat precies de level-of-service is voor de bestuurders en degene die meerijden.
- Het onderscheid naar carpooling en ride-sourcing wordt niet meer gemaakt, omdat de verschillen klein zijn en het zeker lastig is om carpoolen goed te modelleren.

Indien wordt besloten om niet alle voorgestelde aanpassingen te implementeren, is het ook mogelijk om onderdelen over te nemen zoals het onderscheid tussen roundtrip en one-way verplaatsingen in de LOS bereikbaarheidsmatrices en de manier van het bepalen welke mensen kiezen voor deelmobiliteit.

Er is niet gekeken naar het modelleren van de impact op autobezit als gevolg van het gebruik van deelmobiliteit. Dit zou op dezelfde wijze geïmplementeerd kunnen worden als de reeds aanwezige feedbackloop. In het algemeen is er vrij weinig data hierover beschikbaar, gezien dit uit twee groepen mensen bestaat: zij die hun auto verkopen als gevolg van de beschikbaarheid van deelmobiliteit, en zij die geen auto aanschaffen (maar dat bij geen beschikbaarheid van deelmobiliteit wel hadden gedaan). Met name deze laatste categorie is lastig te herleiden uit databronnen.

3 Hubs

Een hub is een knooppunt waar verschillende typen vervoer samen komen. Reizigers kunnen hier overstappen op andere vervoersmiddelen. Alle OV-stations en haltes en P+R-locaties kunnen dus ook als hub worden gezien.

Op hoofdlijnen kan op basis van schaalniveau, mate van verbondenheid en functie onderscheid worden gemaakt naar buurthubs, wijkhubs, stadshubs, regiohubs en corridor hubs (Amsterdam, 2021; VenhoevenCS architecture+urbanism & Rijkswaterstaat, 2020):

- Buurthub: bij een buurthub kunnen bewoners deelvoertuigen zoals deelauto's, deelfietsen en deel-e-bikes huren. Een buurthub moet bijdragen aan het verminderen van het autobezit en het autogebruik door bewoners.
- Wijkhub: wijkhubs hebben het doel om de druk op de openbare ruimte te beperken. Hier kunnen bijvoorbeeld eigen voertuigen aan de rand van de wijk worden geparkeerd en kunnen deelvoertuigen worden gehuurd voor de last-mile de wijk in, of juist als vervolgreis naar de rest van de stad of stad-uit.
- Stadshubs: de stadshub is een openbaarvervoerlocatie met uitstekende ontsluiting door hoogwaardig openbaar vervoer (HOV) en overig stedelijk OV. De stadshub is de plek waar de overstap kan plaatsvinden van regionaal en landelijk OV op het stedelijke OV en andersom waar mogelijk gecombineerd met een ruim aanbod van deelvoertuigen.
- Regiohubs: bij regionale hubs vindt de overstap plaats van auto op OV of deelvoertuigen. De regiohub vormt de verbinding tussen het landelijke en regionale wegennet met het regionale en stedelijke openbaarvervoernetwerk. De regiohub biedt de mogelijkheid snel en gemakkelijk een stedelijke kern te bereiken. Doel van de regiohub is het aantal (geparkeerde) auto's in stedelijke gebieden te verminderen en de bereikbaarheid en toegankelijkheid van de stad te behouden. Bij regiohubs kan onderscheid worden gemaakt naar hubs die middels een afslag direct bereikbaar zijn met de auto vanaf de stadsring (hoofdwegennetwerk) en hubs die direct gelegen zijn aan het hoofdwegennetwerk, maar buiten de ring, tot circa 10 km afstand van een stadshart liggen.
- Corridor congestiehub: een corridor congestiehub is een hub waar automobilisten die al op het hoofdwegennet zitten kunnen overstappen op het HOV, een collectieve taxi/minibus en soms de trein om congestie te mijden. Deze hubs liggen verder weg bij de bestemming dan regiohubs en bestaan nog niet.
- Corridor afvanghub: deze hubs zijn erop gericht om automobilisten uit de regio niet zelf het hoofdwegennetwerk op te laten rijden, maar in plaats daarvan met een collectief vervoersmiddel hun reis te laten vervolgen.

Dit hoofdstuk beschrijft de eisen en wensen ten aanzien van de modellering van hubs (paragraaf 3.1), de manier waarop hubs in de huidige versie van het LMS en NRM (GM4) worden gemodelleerd (paragraaf 3.2), optie voor verbetering inclusief specificaties en beschrijving van de benodigde data voor schatting/kalibratie (paragraaf 3.3) en een aanbeveling voor keuze van één van de opties (paragraaf 3.4).

3.1 Eisen en wensen hubs

De eisen en wensen ten aanzien van de modellering van hubs zijn weergegeven in [Tabel 2](#).

Tabel 2: Eisen en wensen hubs

| Eisen en wensen | Keuzes |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type hubs | De nadruk ligt op regiohubs en corridor congestie hubs aan de bestemmingszijde. Stadshubs bij treinstations met auto, fiets en lopen als voortransport en fiets en lopen als natransport zijn al gemodelleerd in het LMS/NRM. Buurt- en wijkhubs hoeven niet als hub gemodelleerd te worden vanwege het detailniveau van de zonering. De deelvoertuigen die bij buurt- en wijkhubs gehoord kunnen worden, kunnen volgens de methode die in het vorige hoofdstuk is beschreven worden gemodelleerd. Corridor afvanghubs zijn buiten beschouwing gelaten. |
| Vervoerwijzen bij hub | De nadruk ligt op overstappen van de auto (hoofdvervoerwijze) naar andere vervoerwijzen: hierbij worden OV, (deel)fietsen en (deel) e-bikes beschouwd. |
| Voorzieningen op hubs | Verschuivingen van activiteiten elders naar activiteiten op hubs hoeven niet te worden gemodelleerd. De aanwezigheid van voorzieningen is wel van belang om mee te nemen als één van de factoren die aantrekkelijkheid van een hub bepaalt. |
| Parkeercapaciteiten | Parkeercapaciteiten, parkeerzoektijden en uitwijken naar andere hubs, is van belang omdat parkeerterreinen bij hubs vaak vol zijn. Vanwege de complexiteit van modellering, hoeft dit echter niet expliciet te worden gemodelleerd. De voorlopige aanname is dus dat iedereen die bij een hub wil parkeren ook plek heeft. Het aantal parkeerplaatsen kan eventueel in de aantrekkelijkheid van de hubs worden meegenomen. |
| Parkeerkosten | Het is noodzakelijk om met parkeerkosten (tarief * duur) rekening te houden waarbij er flexibiliteit moet zijn om tarieven en kosten op verschillende manieren in te kunnen voeren zodat rekening kan worden gehouden met dagtarieven, voordeeltarieven bij OV-gebruik etc. Omdat de duur van activiteiten per motief verschilt, is het wenselijk om kosten per motief in te kunnen voeren. |
| Overstapweerstand | Overstapweerstand bij hubs moeten worden meegenomen. |
| Beschikbaarheid deelvoertuigen | De beschikbaarheid van deelfietsen en deel-e-bikes op hubs hoeft niet expliciet te worden gemodelleerd. Hier is de aanname dat er voldoende deelvoertuigen beschikbaar zijn. |

3.2 Huidige modellering hubs

In het LMS/NRM worden OV-hubs gemodelleerd in SES in het vervoerwijze-bestemmingskeuze-dagdeelkeuzemodel. Via een geneste structuur worden de volgende keuzes gemaakt:

- Hoofdvervoerwijze: autobestuurder, autopassagier, OV, e-bike, fietsen en lopen
- OV: trein, HOV, bus
- Bestemmingskeuze
- Dagdeelkeuze
- Trein voor- en transportcombinatie
 - o Voortransport: autobestuurder, autopassagier, bus, HOV, fietsen en lopen
 - o Natransport: autopassagier, bus, HOV, fietsen, deelfietsen en lopen
- Trein: opstap- en uitstapstation

Voor HOV en bus wordt geen voor- en natransport gemodelleerd.

De neststructuur van SES verschilt met motief zoals weergegeven in [Figuur 4](#). Bij sommige motieven worden de keuzes simultaan gemaakt. De nestcoëfficiënt is dan gelijk aan 1.

| Keuze niveau | motief | | | | | | | | | |
|-----------------|----------|------|----------|--------|--------|----------|--------|----------|--------|--------|
| | woon | | | | | werk | | kind | | |
| | educatie | werk | zakelijk | winkel | overig | zakelijk | overig | educatie | winkel | overig |
| Vervoerwijze | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| OV-keuze | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | |
| Bestemming | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| TOD | 4 | | 4 | | 4 | 4 | | | | |
| Voor- en na tr. | 5 | | | 4 | 5 | 5 | | | | |
| Station | 4 | 6 | 5 | 5 | 6 | 3 | | | 3 | 3 |

Figuur 4: Neststructuur SES

Bij de stationskeuze wordt een keuze gemodelleerd tussen stationsparen; dat wil zeggen een combinatie van een instap- en een uitstapstation. Zowel aan de herkomst- als aan de bestemmingszijde wordt afhankelijk van de stedelijkheidsgraad eerst een set van 3-6 stations geselecteerd op basis van de verbondenheid met andere stations en de afstand tot het zonezwaartepunt. Bij de keuze uit de set van 9-36 stationsparen wordt onder ander rekening gehouden met de reis-, overstap- en wachttijd van de verschillende vervoerwijzen van het voor- en natransport, het parkeertarief in de herkomstzone, het aantal auto- en fietsparkeerplaatsen bij het station gedeeld door het aantal vertrekkende treinen per uur vanaf dat station, het aantal vertrekkende treinen per uur vanaf dat station, de on-vehicle reistijd in stoptreinen en IC-treinen en de stedelijkheidsgraad en het aantal banen in de detailhandel.

De verplaatsingen waarbij de auto als voortransport wordt gebruikt om naar het station te gaan worden niet aan de automatrix toegevoegd en dus ook niet toegedeeld.

Uit bovenstaande blijkt dat OV-hubs bij treinstations met auto, fiets en lopen als voortransport en fiets en lopen als natransport al worden gemodelleerd in het LMS/NRM. Hubs aan de bestemmingszijde waarbij de auto als hoofdvervoerwijze wordt gekozen en wordt overgestapt op het OV of een andere vervoerwijze zijn nog niet endogeen in het LMS/NRM gemodelleerd. Het is wel mogelijk om exogeen via matrixmanipulatie verplaatsingen te splitsen en over te hevelen naar een andere vervoerwijze.

Een belangrijk aandachtspunt is de definitie van een hoofdvervoerwijze. In dit rapport wordt met hoofdvervoerwijze de vervoerwijze bedoeld waarmee de grootste afstand wordt afgelegd. Dit wijkt af van de definitie die in OViN wordt gebruikt waarbij de hoofdvervoerwijze wordt toegekend op basis van de volgende prioriteitsvolgorde binnen een keten van reizen: Trein, Bus/Tram/Metro, Autobestuurder, Autopassagier, Fiets, Lopen. In het OViN heeft een lange rit met de auto naar een P+R station gevolgd door een korte rit met de bus naar de bestemming dus de hoofdvervoerwijze ‘Bus/Tram/Metro’ (in plaats van Autobestuurder). Dit werkt ook door in de tourgeneratie en de schatting van het LMS/NRM. In ODIN is de definitie aangepast en is de hoofdvervoerwijze de vervoerwijze waarmee de grootste afstand is afgelegd.

3.3 Opties modellering hubs

In de literatuur worden verschillende aanpakken gevolgd om hubs aan de bestemmingszijde te modelleren. Op hoofdlijnen zijn twee benaderingen mogelijk:

- Via keuzemodellen: eerst worden de hoofdvervoerwijzen per verplaatsing bepaald. Vervolgens wordt voor verplaatsingen met autobestuurder als hoofdvervoerwijze met een discreet keuzemodel bepaald of deze verplaatsingen via een hub gaan en welke vervoerwijze daarbij wordt gekozen. Dit kan op het niveau van verplaatsingen gebeuren, maar ook op het niveau van tours. Als het op niveau van tours gebeurt is inzet van een multimodaal tour-based keuzemodel nodig. Deze aanpak is verder toegelicht in (Snelder, et al., 2021; Zhou, Dorsman, Mandjes, & Snelder, 2023c).
- Via Supernetwerken: een supernetwork is een multimodaal netwerk waarbij de netwerken van verschillende vervoerwijzen met elkaar zijn verbonden indien een overstap tussen de netwerken mogelijk is. De locaties waar openstappen mogelijk zijn, zijn de hubs. Vervolgens wordt een routekeuzemodel gebruikt om te bepalen welke multimodale route wordt gekozen. Uit de routekeuze blijkt welke hubs en welke vervoerwijzen worden gebruikt.

De tweede methode is theoretisch beter, omdat deze methode meer flexibiliteit biedt in het aantal hubs en combinaties van vervoerwijzen dat wordt gekozen. In praktijk is het tot nu toe echter extreem lastig gebleken om een supernetwerk op grote schaal in te zetten en de routekeuzeparameters te schatten en kalibreren, vanwege het grote aantal routes dat mogelijk is, de daaraan gerelateerde hoge rekentijd en het gebrek aan multimodale routedata voor de schatting. De eerste methode beperkt het aantal hubs en keuzemogelijkheden. Daarnaast zijn de keuzemodellen makkelijker te schatten. De eerste methode sluit tot slot ook beter aan bij de huidige opzet van het LMS/NRM waarbij vervoerwijzekeuze met behulp van keuzemodellen wordt uitgevoerd en aparte toedeling van het wegverkeer wordt uitgevoerd. Hieronder wordt daarom toegelicht hoe hubs in het LMS/NRM kunnen worden geïmplementeerd op basis van een aanpak die op de eerste methode is gebaseerd, maar op onderdelen daar ook vanaf wijkt om zo goed mogelijk bij de huidige structuur van het LMS/NRM aan te sluiten.

3.3.1 Specificaties modellering hubs

Om regionale hubs aan de bestemmingszijde endogeen te modelleren wordt voorgesteld om een aanpak te kiezen die vergelijkbaar is met de modellering van voor- en natransport voor het OV. Het verschil is echter dat in plaats van 2 stations (zowel aan herkomst- als bestemmingszijde) nu slechts 1 hub aan de bestemmingszijde gemodelleerd hoeft te worden. Indien gebruik wordt gemaakt van autobestuurder of autopassagier als hoofdvervoerwijze kan in een vervolgkeuze (lager nest) gekozen worden voor een directe reis of een reis via een hub. Indien voor een reis via de hub wordt gekozen kan een keuze uit de volgende natransportvervoerwijzen worden gemaakt: OV, (deel)fietsen en (deel) e-bikes. Tot slot kan ook de hublocatie worden gekozen. Hieronder worden de specificaties verder uitgewerkt.

Invoer

Aan de invoer van SES moet een nieuw bestand met hubkenmerken worden toegevoegd evenals een nieuw bestand met beschikbare hubs en de bereikbaarheidskwaliteit van hubs naar de bestemming voor verschillende vervoerwijzen.

Bestand hubkenmerken:

- Hubnummer
- Hubnaam
- De X- en Y-coördinaten van de hub
- Aantal autoparkeerplaatsen
- Frequentie trein
- Frequentie HOV
- Frequentie BUS
- Beschikbaarheid deelfietsen
- Beschikbaarheid deel (e)-bikes
- Voorzieningen (evt. niveaus specificeren)
- Parkeerkosten per motief

Het voorstel is om de hubs als zones te modelleren en deze aan het autonetwerk met voedingslinks te verbinden, zodat optioneel in de autotoedeling het autogedeelte van de verplaatsing kan worden toegedeeld.

De parkeerkosten per motief worden door de gebruiker als invoer opgegeven. Op deze manier kan de gebruiker zelf een inschatting maken van de gemiddelde duur van een activiteit en de duur met het parkeertarief per uur vermenigvuldigen of rechtstreeks de kosten invoeren rekening houdend met voordeeltarieven (bijv. maximaal x euro per dag als gebruik wordt gemaakt van het OV).

Bestand beschikbare hubs per bestemming:

Vooraf moet worden bepaald welke hubs per bestemming worden meegenomen. Hierbij kan een vergelijkbare aanpak worden gevolgd als de aanpak die wordt gebruikt om te bepalen welke stationscombinaties in de keuzeset zitten. Het aantal beschikbare stations wordt in de huidige versie van het LMS/NRM gekozen op basis van stedelijkheidsgraad. Bij een stedelijkheidsgraad van 1, 2/3, 4 en 5/6 gaat het respectievelijk om 3, 4, 5 en 6 stations die binnen maximaal 30 minuten free-flow autoreistijd bereikbaar zijn. Voor hubs kan een vergelijkbare aanpak worden gevolgd waarbij bestaande hubs en nieuwe hubs (via een beleidsknop) kunnen worden gekozen. Dit criterium kan nog worden aangepast op basis van een analyse van hublocaties en de afstand tot bestemmingen in combinatie met een analyse van het huidige gebruik van P+R-locaties aan de bestemmingszijde.

Bestand bereikbaarheidskwaliteit hubs per vervoerwijze:

Dit bestand bevat de bereikbaarheid van de hubs naar alle gekoppelde bestemmingen voor alle vervoerwijzen van de hubs naar de bestemmingen (OV, deelfietsen en deel-e-bikes worden beschouwd):

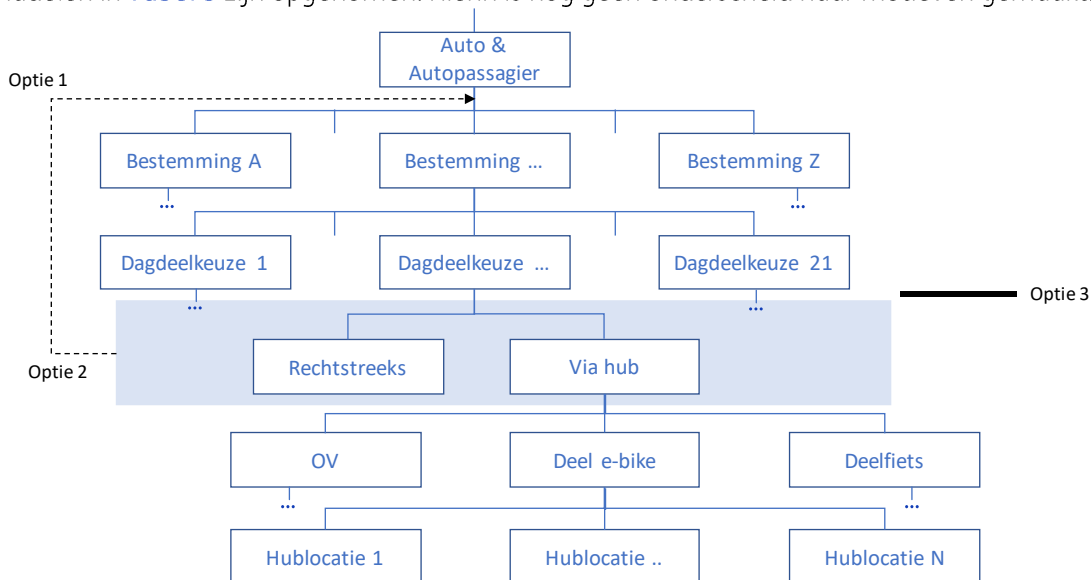
- Reistijd in minuten
- Overstaptijd en wachttijd
- Kosten in eurocenten
- Afstand in km

Hieronder is toegelicht hoe de bereikbaarheidskwaliteit van de verschillende vervoerwijzen kan worden afgeleid:

- OV: het voorstel is om aan te nemen dat voor OV-reizen vanaf een hub alleen lopen nog maar als natransport wordt gebruikt om het aantal overstappen te beperken. Dit geldt dus zowel voor trein, het HOV als de bus vanaf een hub. Voor de bereikbaarheidskwaliteit kan worden uitgegaan van de beste OV-optie.
- Deel-e-bike: op vergelijkbare wijze afleiden als voor een e-bike + kosten voor een e-bike
- Deelfiets: op vergelijkbare wijze afleiden als voor een fiets + kosten voor een deelfiets

Modellering

In **Figuur 5** is aangegeven hoe de keuze voor het reizen via een hub in de neststructuur van SES kan worden opgenomen. In deze figuur zijn drie opties weergegeven waarvan de voor- en nadelen in **Tabel 3** zijn opgenomen. Hierin is nog geen onderscheid naar motieven gemaakt.



Figuur 5: Voorstel neststructuur autoreizen via hubs

Tabel 3: Drie opties voor het modelleren van hubs

| Optie | Voordelen | Nadelen |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1: Keuze rechtstreeks-hub voor bestemmingskeuze. Natransport en hublocatiekeuze na dagdeelkeuze. | <ul style="list-style-type: none"> - Door de keuze voor het reizen via hubs in de neststructuur op te nemen beïnvloedt de aanwezigheid van hubs de hoofdvervoerwijze, bestemmings- en dagdeelkeuze. - De beschikbaarheid van hubs heeft een sterke invloed op de hoofdvervoerwijzekeuze. Als de keuze voor het reizen via een hub lager in de neststructuur wordt opgenomen is die invloed kleiner. | <ul style="list-style-type: none"> - Vanwege de hoge positie in de neststructuur vindt relatief weinig uitwisseling in keuzes plaats tussen rechtstreeks reizen met de auto en reizen via een hub. - SES en de schatting van SES moeten worden aangepast |
| 2: Alle hubkeuzes na de dagdeelkeuze | <ul style="list-style-type: none"> - Door de keuze voor het reizen via hubs in de neststructuur op te nemen beïnvloedt de aanwezigheid van hubs de hoofdvervoerwijze, bestemmings- en dagdeelkeuze. - Vanwege de lage positie in de neststructuur, vindt de grootste uitwisseling in keuzes plaats tussen rechtstreeks reizen met de auto en reizen via een hub. | <ul style="list-style-type: none"> - De beschikbaarheid van hubs heeft een beperkte invloed op de hoofdvervoerwijzekeuze vanwege de lage positie in de neststructuur. - SES en de schatting van SES moeten worden aangepast |
| 3: Alle hubkeuzes na SES via een apart keuzemodel | <ul style="list-style-type: none"> - SES en de schatting van SES hoeven niet te worden aangepast - Makkelijker te implementeren als experimentele module - Minder rekentijd | <ul style="list-style-type: none"> - De hoofdvervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuze worden niet beïnvloedt door de aanwezigheid van hubs. |

Naast bovenstaande 3 opties is er nog een vierde optie denkbaar waarbij een nieuwe hub-vervoerwijze (auto-via-hub) als hoofdvervoerwijze wordt toegevoegd naast de andere hoofdvervoerwijzen. De hub-vervoerwijze representeert een autoverplaatsing naar een hub waarbij de beste natransportvervoerwijze wordt gekozen. Deze optie is echter niet verder uitgewerkt, omdat hierbij te veel overlap ontstaat met de auto als hoofdvervoerwijze en de auto en de hub-vervoerwijze dan als gevolg van de logit-modellering een te groot aandeel in de modalsplit zouden krijgen (red-bus/blue-bus probleem).

Nutbepaling en keuzemodel auto-rechtstreeks

Om een keuze te maken tussen rechtstreekse reizen of reizen via een hub, moet naast het disnut van de reis ook rekening worden gehouden met een overstapweerstand en parkeerkosten. Voor de rechtstreekse autoverplaatsingen wordt nu het parkeertarief ‘kort parkeren’ als proxy gebruikt, zonder rekening te houden met de parkeerduur. Als voor parkeerkosten op de hub wel rekening wordt gehouden met de parkeerduur, dan moet dat voor rechtstreekse verplaatsingen ook worden gedaan (en omgekeerd) en moet dus de schatting worden aangepast bij optie 1 en 2. Bij optie 3 kan in het aparte keuzemodel makkelijker met de parkeerkosten bij de bestemming rekening worden gehouden.

Nutbepaling natransport hub

De nutbepaling voor het natransport vanaf de hub gaat volgens formule

$$U_{ndbv}^{hegr} = \theta^{hegr} * \text{Log} \left(\sum_{h \in H^b} e^{U_{hndbv}^{hub}} \right) + HEGR \quad (2)$$

Hierin is U^{hegr} het nut van iedere natransportoptie waarbij de logsum wordt meegenomen over alle hublocaties. H^b is daarbij de set met mogelijke hubs die aan bestemming b is gekoppeld. De indices h , n , d , b en v zijn respectievelijk de indices voor hub, natransportvervoerwijze vanaf de hub, dagdeel, bestemming en hoofdvervoerwijze.

De variabelen en constanten die in HEGR zitten moeten nog nader worden gespecificeerd. Dit zullen in ieder geval vervoerwijzespecifieke constantes zijn voor de natransportvervoerwijze van de hub.

Nutbepaling en keuzemodel hublocatie

De nutbepaling voor de hublocatie gaat volgens formule

$$U_{hndbv}^{hub} = HUB \quad (3)$$

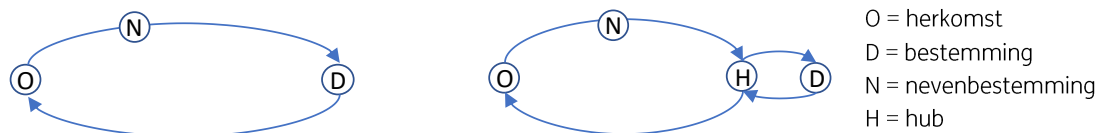
HUB kan de variabelen bevatten die zijn toegelicht bij de invoer.

Modellering werkgebonden en nevenbestemmingen

De modellering van werkgebonden reizen wordt niet door de hubmodellering beïnvloed.

Na SES wordt het programma SECDEST gedraaid. Dit bepaalt welk deel van de tours uit SES enkel woninggebonden blijft en voor welk deel er een of meerdere nevenbestemmingen worden bezocht. Het programma NHBTRIPS bepaalt vervolgens voor welk deel van de niet-woninggebonden verplaatsingen uit SECDEST een additionele nevenbestemming bezocht wordt. SECDEST en NHBTRIPS worden in de huidige versie van het LMS/NRM alleen voor autoreizen uitgevoerd. Het voorstel is daarom om na SES de reizen via een hub gelijk te splitsen in een autoreis naar de hub en reizen met de andere vervoerwijzen van de naar de

bestemming. SECDEST en NHBTRIPS kunnen vervolgens worden gerund voor de reis met de auto naar de hub. **Figuur 6** geeft een voorbeeld voor een tour met één nevenbestemming.



Figuur 6: Voorbeeld van een tour via een nevenbestemming zonder (links) en met hub (rechts)

In MATPROC moeten de autoreizen toe worden gevoegd aan de automatrix om toegedeeld te kunnen worden en die van de andere vervoerwijzen aan de andere matrices.

Optioneel

Het is mogelijk om met parkeer Capaciteiten en parkeerzoektijden bij hubs en uitwijken naar andere hubs rekening te houden. Dit kan op dezelfde manier worden gedaan als voor parkeren bij bestemmingen, waarbij een functie wordt gebruikt die de parkeerzoektijd berekent op basis van de bezettingsgraad van de parkeerplaats(en). Naarmate meer mensen bij de hub willen parkeren, neemt de parkeerzoektijd toe.

Uitvoer

Aan de uitvoerbestanden kan een bestand met reizen via hubs worden toegevoegd.

3.3.2 Data voor schatting/kalibratie hubs

Benodigde data

Als invoer voor het modelleren van hubs is data nodig over de hubs zelf inclusief de X- en Y-coördinaten van de hub, de verbinding met het autonetwerk, het aantal autoparkeerplaatsen, de frequenties van trein, HOV en busverbindingen, de beschikbaarheid van deelfietsen en deel (e)-bikes, de aanwezigheid van voorzieningen en de parkeerkosten per motief. Daarnaast is data nodig over de bereikbaarheidskwaliteit van de hubs naar de relevante bestemmingen per vervoerwijze inclusief reistijd, overstaptijd en wachttijd, kosten en afstanden.

Voor de schatting van de keuzemodellen is verplaatsingsdata nodig vergelijkbaar met OVIN/ODiN waaruit blijkt welke personen (inclusief persoonskenmerken) voor welke type verplaatsing (verplaatsingskenmerken en reismotieven) gebruik maakt van hub en welke natransportvervoerwijze daarbij wordt gekozen.

Beschikbare databronnen

De Rijksdienst voor het Wegverkeer (RDW) verzamelt en publiceert openbare, niet-gevoelige informatie over de parkeergebieden en de bijbehorende tarieven van alle openbare parkeervoorzieningen binnen de Nederlandse gemeenten inclusief de P+R-locaties als Open Parkeerdata ([Parkeerdatabank.nl](https://www.parkeerdatabank.nl) ([openparking.nl](https://www.openparking.nl))). De openbare parkeerinformatie bestaat uit statische en dynamische parkeergegevens inclusief bezettingsgraad. De NS heeft eveneens een database waarin meer dan 270 P+R-terreinen zitten in heel Nederland. De meeste zijn onbewaakte terreinen waar je gratis parkeert. Op 53 parkeerterreinen moeten parkeerkosten worden betaald. De tarieven per uur en per dag en de korting voor OV-reizigers is te vinden op <https://www.ns.nl/deur-tot-deur/parkeer-en-reis/tarieven.html>. Tevens is voor deze locaties het aantal actueel beschikbare parkeerplaatsen te vinden. Daarnaast is er nog een groot aantal P+R-locaties waarbij van de auto op de metro, tram of bus kan worden overstapt (bijvoorbeeld P+R-Westraven en alle P+R-locaties langs Metrolijn E tussen

Rotterdam-Den Haag). De ANWB heeft ook een overzicht van alle P+R-parkeerterreinen in Nederland inclusief informatie over tarieven en voorzieningen. Informatie over de frequenties van trein, HOV en busverbindingen is af te leiden uit de GTFS-data.

Voor het afleiden van de bereikbaarheidskwaliteit van de hubs naar de relevante bestemmingen per vervoerwijze kan gebruik worden gemaakt van dezelfde methode als de methode die wordt gebruikt voor het bepalen van de bereikbaarheidskwaliteit van OV, fietsen en e-bikes als hoofdvervoerwijze:

- OV: de bereikbaarheidskwaliteit van de trein kan door Prorail worden afgeleid en is gebaseerd op tijdligging (schedule based), waarbij gebruik wordt gemaakt van de rooftop methode. De bereikbaarheidskwaliteit voor HOV en Bus is gebaseerd op frequenties van de OV-lijnen (frequency based) en is gebaseerd op de GTFS-data. Bij beide moet nog de looptijd via aansluitingslinks tussen stations en de bestemming worden opgeteld. Het voorstel is om de beste optie te kiezen.
- Deel-e-bike en deelfiets: de bereikbaarheidskwaliteit kan worden afgeleid op basis van een zeer gedetailleerd netwerk dat gebaseerd is op OpenStreetMap. De snelheid is gebaseerd op werkelijk gereden snelheden vanuit van de fietstelweek, aangevuld met een vuistregel gebaseerd op de stedelijkheidsklasse, hoogteverschillen en een standaardkruispuntvertraging. Uit de fietstelweek zijn geen significante snelheidsverschillen gebleken tussen gewone fietsen en e-bikes. In het LMS wordt daarom dezelfde snelheid gehanteerd. Verschillen in snelheid en comfort tussen e-bikes en gewone fietsen worden benaderd via een lagere gevoeligheid voor reistijd zoals blijkt uit de schatting op waargenomen gedrag.

Via het Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OVIN), Onderweg in Nederland (ODiN), het Nederlands Verplaatsingspanel (NVP) en het Mobiliteitspanel Nederland (MPN) worden jaarlijks duizenden verplaatsingen geregistreerd van verschillende personen. Bij OVIN/ODiN bestaat de steekproef uit 35 tot 55 duizend personen per jaar. Het NVP heeft ongeveer 10.000 deelnemers en het MPN heeft ongeveer 4000 respondenten per jaar. In al deze verplaatsingsonderzoeken wordt onderscheid gemaakt naar verschillende delen (=ritten) van een verplaatsing waardoor is af te leiden welke verplaatsingen via een hub gaan. Auto-OV verplaatsingen via een P+R-hub aan de bestemmingszijde zijn dus af te leiden. Uit een eerste analyse van OVIN en ODiN is echter gebleken dat maar bij een klein percentage van alle autoverplaatsingen gebruik wordt gemaakt van een hub aan de bestemmingszijde (0,15%-0,20%). Voor specifieke bestemmingen in steden met P+R-locaties in de buurt zal dit percentage uiteraard hoger zijn. Hubs waarbij van de auto op een deelfiets of deel-e-bike kan worden overgestapt zijn nog niet goed uit de data af te leiden, omdat ze in praktijk nog nauwelijks bestaan.

Tot slot kunnen reizigersenquêtes van verschillende vervoerders inzicht bieden. De NS heeft op deze wijze bijvoorbeeld inzicht in de modalsplit van voor- en natransport van ieder station (zie <https://dashboards.nsjaarverslag.nl/reizigersgedrag>). Het percentage van alle verplaatsingen waarbij de auto als voor- of natransport wordt gebruikt is dus ook bekend. Het is hieruit echter niet direct af te leiden of het om een P+R-verplaatsing gaat met de auto als hoofvervoerwijze (P+R-locatie aan bestemmingszijde). Wellicht kan de brondata daar meer inzicht in bieden.

Advies te gebruiken databronnen

Het advies is om de gebruiker uit de bestaande set van P+R locaties te laten kiezen, welke van deze locaties in het model als hub mee worden genomen en daarnaast de gebruiker de mogelijkheid te bieden om zelf nieuwe hublocaties aan te wijzen en de bijbehorende kenmerken als invoer op te geven.

De bereikbaarheidskwaliteit van hubs naar bestemmingen kan op bovenstaande wijze worden afgeleid. Daarnaast is het advies om de kosten per uur en/of kilometer en de zoektijden van deelfietsen en deel-e-bikes door de gebruiker op te laten geven. Voor OV en parkeren kunnen bestaande tarieven/kosten worden gehanteerd en kan de gebruiker de mogelijkheid worden geboden om via beleidsknoppen de tarieven/kosten aan te passen.

Voor de schatting wordt geadviseerd om gebruik te maken van OViN, omdat bij de schatting van GM4, GM5 en GM6 ook nog gebruik wordt gemaakt van OViN en hierin een groter aantal respondenten zit dan in het NVP en MPN. In de toekomst kan naar ODIN wordt overgeschakeld. Voor optie 1 en 2 is het zelfs vereist om dezelfde data te gebruiken als bij de schatting van SES. Omdat in OViN alleen auto-OV verplaatsingen zitten en nog geen auto-deelfiets en auto-e-bike verplaatsingen kan de schatting alleen worden uitgevoerd voor de keuze tussen het reizen via hubs met OV als natransport en het rechtstreeks reizen. Bij de schatting moet blijken of de steekproef groot genoeg is voor geaggregeerde schatting (alle motieven gecombineerd) en voor gedesaggregeerde schatting met onderscheid naar reismotieven. De schatting kan alleen worden uitgevoerd voor hubs met OV als natransport. Hierdoor is het niet mogelijk om de volledige neststructuur te handhaven in de schatting.

Indien deelfietsen en deel-e-bikes als natransport in het model meegenomen worden, zal een aanname moeten worden gedaan over de nestcoëfficiënt van het natransportnest (bijvoorbeeld op basis van de nestcoëfficiënt van het voor- en natransportkeuzemodel van OV). Daarnaast kunnen de vervoerwijze specifieke parameters en constanten van deze twee vervoerwijzen niet worden geschat. Het voorstel is om hiervoor een expertinschatting te maken op basis van de parameters voor de fiets als natransport bij OV en de parameters voor fiets en e-bike als hoofdvervoerwijze. In een gevoeligheidsanalyse kunnen bovengenoemde parameters worden gevarieerd. Daarnaast is het mogelijk om een stated-preference onderzoek uit te voeren om het “hubkeuzemodel” model wel te kunnen schatten voor verplaatsingen van en naar gebieden met een verschillende stedelijkheidsgraad. Dit zal makkelijker gaan in optie 3 dan in optie 1 en optie 2, omdat bij optie 3 geen combinatie gemaakt hoeft te worden met de revealed preference data uit OViN.

Voor kalibratie en validatie kan vervolgens gebruik worden gemaakt van data over het gebruik van de betaalde P+R-locaties waarbij dan vooral P+R-locaties relevant zijn die voornamelijk als bestemmings-P+R worden gebruikt (zoals Westraven).

Aandachtspunt bij alle opties

In paragraaf 3.2 is toegelicht dat het LMS/NRM op het OViN is geschat waarbij de hoofdvervoerwijzen zijn toegewezen op basis van een prioriteitsvolgorde. De autoverplaatsingen via een hub aan de bestemmingszijde met OV als natransport zijn daardoor als OV gelabeld en zitten ook als OV in het LMS. Dit levert een inconsistentie in de voorgestelde aanpak op, omdat er daarbij vanuit is gegaan dat deze verplaatsingen (of eigenlijk tours) als auto gelabeld zijn.

Hier zijn twee oplossingen voor mogelijk:

- De hele schatting van SES opnieuw uitvoeren, waarbij eerst de labeling van OViN-verplaatsingen en de daaruit afgeleide tours wordt aangepast, zodanig de hoofdvervoerwijze de vervoerwijze is waarmee de grootste afstand wordt afgelegd.
- De hubmodellering als nest onder de hoofdvervoerwijze OV hangen in plaats van onder de hoofdvervoerwijze auto. Op die manier wordt dus voor de OV-verplaatsingen bepaald, welk deel daarvan gebruikt maakt van een hub aan de bestemmingszijde, waarbij de auto

voor het grootste deel van de verplaatsing wordt gebruikt en OV of deelfietsen of deel-e-bikes als natransport worden gebruikt.

Als in de toekomst gebruik wordt gemaakt van ODin wordt het bovenstaande probleem vanzelf opgelost, omdat daarin de definitie van een hoofdvervoerwijze al is aangepast.

3.4 Aanbeveling voor modellering hubs

In paragraaf 3.3 zijn drie opties voor het modelleren van hubs binnen het Groeimodel beschreven. Bij optie 1 en 2 worden hubs binnen de neststructuur van SES gemodelleerd. Dit heeft als voordeel dat de hoofdvervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuze kunnen worden beïnvloed door de mogelijkheid om via een hub te reizen. De aanwezigheid van een hub kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat men toch voor de auto als hoofdvervoerwijze kiest in plaats van het OV, of dat men toch naar een bepaalde bestemming met hoge parkeerkosten reist in plaats van een andere bestemming te kiezen. Bij optie 3 is dat niet het geval. In die optie wordt alleen nog bepaald welk deel van de autoverplaatsingen via een hub gaat. De hoofdvervoerwijze, bestemmings- en dagdeelkeuze verandert niet.

Theoretisch hebben optie 1 en optie 2 de voorkeur boven optie 3. Indien voor optie 1 of 2 wordt gekozen kan uit de schatting blijken welke optie de beste fit geeft met de beschikbare data. Dit hoeft niet vooraf te worden bepaald. De vraag is echter wel of OViN voldoende waarnemingen heeft om een schatting uit te kunnen voeren. Als schatting mogelijk blijkt te zijn, dan kan deze schatting alleen voor OV als natransport van hubs worden uitgevoerd, waardoor alsnog aannames moeten worden gedaan over de nestcoëfficiënt van het natransportnest en vervoerwijze specifieke parameters en constanten van deelfietsen en deel-e-bikes als natransport.

Als schatting niet mogelijk blijkt te zijn kan optie 3 worden geïmplementeerd. Optie 3 vraagt in principe geen herschatting van de huidige neststructuur en is makkelijker te implementeren. Bij deze optie kan ook achteraf worden gecorrigeerd voor het feit dat voor rechtstreekse autoverplaatsingen nu het parkeertarief 'kort parkeren' als proxy wordt gebruikt, zonder rekening te houden met de parkeerduur. De beschikbare data kan worden gebruikt om het hubkeuzemodel zo goed mogelijk te schatten, kalibreren en valideren. Eventueel kan een stated-preference onderzoek worden uitgevoerd om de parameters beter te schatten. Op deze wijze kan eerst voor de exploratieve versie van het LMS worden getest of hubmodellering mogelijk is, of er voldoende data van voldoende kwaliteit beschikbaar is en of de resultaten valide en van toegevoegde waarde zijn. Als de bevindingen positief zijn, kan in een volgende fase voor verdere integratie in de neststructuur van SES worden gekozen.

Het aandachtspunt over de definitie van een hoofdvervoerwijze dat in de vorige paragraaf is genoemd, is van belang voor alle drie de opties. Om tot een consistente methode te komen is het aan te bevelen om toch een volledige herschatting met een aangepaste definitie van een hoofdvervoerwijze uit te voeren. Als dit te veel tijd vraagt of als te ingrijpend wordt beschouwd, kan worden besloten om alleen voor de verplaatsingen via hubs (P+R locaties) in OViN de labeling aan te passen of voor optie 3 te kiezen en de inconsistentie bij de exploratieve implementatie te accepteren.

4 Niet-reizen

Sinds de Corona-pandemie is niet-reizen een steeds belangrijkere rol gaan innemen binnen het mobiliteitssysteem. Met niet-reizen worden activiteiten bedoeld die nog wel plaatsvinden, maar waarvoor niet meer naar een andere locatie wordt gereisd. Het bekendste voorbeeld hiervan is het thuiswerken (in plaats van op kantoor werken), maar ook voor andere reismotieven is dit fenomeen relevant: winkelen (e-shopping), onderwijs (digitaal de lessen volgen) en zakelijk (digitaal vergaderen). Overigens is als gevolg van het niet-reizen de congestie niet significant afgenomen als gevolg van Corona, wat kan wijzen op een modal shift ofwel een toename van ritten met een ander reismotief (de zogenoemde 2^e orde effecten).

In het LMS zijn recent knoppen ingebouwd waarbij dergelijke niet-reizen exogeen kunnen worden gemodelleerd (Significance, 2023). Het is daarbij mogelijk om vooraf een vast percentage van de ritten van een specifieke doelgroep, van een specifiek motief in te voeren (bijvoorbeeld 5%) welke worden vervangen door dezelfde activiteit zonder reisbeweging. Als gevolg daarvan is er bijvoorbeeld minder congestie of een modal shift te verwachten. Deze modellering is echter exogeen. Uit de review van het LMS is geconcludeerd dat deze methode deels geschikt is om het niet-reizen mee te nemen binnen het LMS, maar dat het wenselijk is om niet-reizen endogeen te kunnen modelleren waardoor geen exogene input meer is vereist.

Dit hoofdstuk beschrijft de eisen en wensen ten aanzien van deze endogene modellering van niet-reizen (paragraaf 4.1), de manier waarop 'niet-reizen' in de huidige versie van het LMS en NRM (GM4) wordt gemodelleerd (paragraaf 4.2), opties voor verbetering inclusief specificaties en beschrijving van de benodigde data voor schatting/kalibratie (paragraaf 4.3) en een aanbeveling voor keuze van één van de opties (paragraaf 4.4).

4.1 Eisen en wensen niet-reizen

De eisen en wensen ten aanzien van de modellering van niet-reizen zijn weergegeven in [Tabel 4](#).

Tabel 4: Eisen en wensen niet-reizen

| Eisen en wensen | Keuzes |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Onderscheid naar reismotieven | De motieven woon-werk (thuiswerken) en woon-winkel (e-shopping) zijn het meest relevant. Ook zakelijke reizen worden bij voorkeur aangepast. Ritten met motief onderwijs of overig zijn minder relevant en worden niet meegenomen. |
| Impact op keuzes | Met name de invloed op de tourfrequentie is van belang. De impact op de woonlocatiekeuze wordt niet meegenomen. De impact op de bestemmingskeuze (of iemand een werkgever verder weg overweegt als gevolg van thuiswerken) is indien mogelijk wel interessant om mee te nemen. De impact op dagdeelkeuze hoeft niet te worden meegenomen. |
| Motivatie niet-reizen | Alleen de intrinsieke motivatie voor niet-reizen hoeft te worden gemodelleerd. Exogene motivatie (als gevolg van bijvoorbeeld een lockdown) wordt niet meegenomen in dit model, dit is echter nog wel steeds mogelijk via de huidig geïmplementeerde exploratieve modus. |
| Substitutie door andere activiteiten | De substitutie van niet-reizen door andere reizen (bijvoorbeeld met een recreatief motief) wordt eventueel meegenomen. |
| Onderscheid naar doelgroepen (type beroep, sectoren, huishoudtypes) | Er wordt aangesloten bij de huishoudtypes en doelgroepen zoals in het LMS/NRM gebruikt. Het onderscheid naar type beroep (op basis van sector en opleidingsniveau) wordt reeds bij de attractie meegenomen. Het is wenselijk om te kijken of een verdere disaggregatie hier nodig is. |
| Onderscheid verschillende dagen in de week | Er wordt aangesloten bij het LMS/NRM, en daardoor wordt er altijd een gemiddelde werkdag gemodelleerd. Onderscheid naar ander niet-reizen gedrag op verschillende dagen van de week (bijv. thuiswerken op dinsdag versus vrijdag) wordt niet meegenomen. |

4.2 Huidige modellering niet-reizen

In het huidige LMS/NRM kan het niet-reizen meegenomen worden binnen de exploratieve modus als exogene input. Hiervoor zijn drie knoppen geïmplementeerd (Significance, 2023):

- Knoppen waarmee de reisfrequenties per motief en stedelijkheidsgraad kunnen worden aangepast voor nader te bepalen bevolkingsgroepen;
- Knoppen waarmee de gevoeligheid voor reistijden per motief-vervoerwijze combinatie en stedelijkheidsgraad kunnen worden aangepast voor nader te bepalen bevolkingsgroepen;
- Knoppen waarmee de time-of-day per motief-vervoerwijze combinatie kan worden aangepast (onafhankelijk van doelgroep).

Met deze knoppen worden de door SES gebruikte parameters exogeen aangepast aan de hand van de vooraf opgegeven input. Het resultaat daarvan is zichtbaar in zowel de reisfrequentie, de vervoerwijzekeuze als de dagdeelkeuze. Een voorstel voor de mee te nemen bevolkingsgroepen en aanbevolen waardes voor verschillende scenario's wordt uitgewerkt door het PBL in het kader van de nieuwe omgevingsscenario's.

De bevolkingsgroepen (maximaal 50 verschillende) kunnen daarbij gedefinieerd worden afhankelijk van verschillende persoons- en huishoudkenmerken:

- Leeftijd in 7 categorieën
- Geslacht in 2 categorieën
- Maatschappelijke participatie in 4 categorieën (fulltime werkend, parttime werkend, student, overig)
- Opleidingsniveau in 4 categorieën (basisonderwijs (jonger dan 12 jaar), laag onderwijs, middelbaar onderwijs, hoger onderwijs)
- Besteedbaar jaarinkomen in 10 categorieën
- Huishoudgrootte (1, 2 of 3 of meer personen)
- Of er één volwassene in het huishouden is (ja/nee)
- Of er een kind onder de 18 jaar in het huishouden zit (ja/nee)

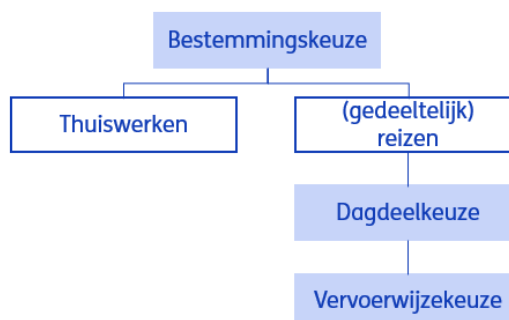
4.3 Opties modellering niet-reizen

In de literatuur worden verschillende aanpakken gevolgd om niet-reizen mee te nemen in de modellering, met name afhankelijk van de positie van de keuze voor niet-reizen. Dit zijn:

- Een volledig losstaand (niet-geïntegreerd) keuzemodel voor niet-reizen
- Onderdeel van de gecombineerde bestemmings-, dagdeel- en vervoerwijzekeuze

Een voorbeeld van het aparte keuzemodel is geïntroduceerd door Zhou et al. (2023b). Hier is met behulp van de NEA-dataset (Nationale Enquête Arbeidsomstandigheden) geschat wat de kans is dat iemand thuiswerkt, gegeven diverse populatiekenmerken. Dit keuzemodel is gemaakt voor toepassing binnen een Activity Based Model (zoals Moeckel (2016)), maar kan ook toegepast worden binnen een traditioneel vervoervraagmodel. In dat geval zal de keuze leiden tot een kans waarop iemand kiest voor niet-reizen waarna deze kans wordt meegenomen in de tourfrequentiemodellen (Moeckel, 2016).

Hensher et al. (2022) geeft een voorbeeld van implementatie binnen een bestaand keuzemodel. Hier wordt direct na de bestemmingskeuze voor alle ritten met het werkmotief berekend wat de kans is dat deze rit wordt vervangen door thuiswerken – al dan niet gedeeltelijk. Vervolgens wordt voor elke gemaakte rit berekend op welk dagdeel dit plaats zal vinden, gevolgd door de vervoerwijzekeuze. Deze optie is schematisch weergegeven in [Figuur 7](#). Daarnaast worden de hoeveelheid ritten van andere motieven (onderwijs, winkelen, recreatie, zakelijk, etc.) exogeen aangepast afhankelijk van het percentage thuiswerkers. Zo vinden er minder zakelijke ritten plaats en juist meer ritten met het winkelmotief. Een dergelijke methode is uiteraard ook toepasbaar binnen andere lagen van het bestaande keuzemodel. Zo kan ‘niet-reizen’ ook toegevoegd worden als nieuwe vervoerwijze binnen het vervoerwijzekeuzemodel of kan de dagdeelkeuze dusdanig worden aangepast dat de rit in geen enkel dagdeel plaatsvindt.



Figuur 7: Keuze thuiswerken tussen bestemmingskeuze en dagdeelkeuze (bron: Hensher et al. (2022))

4.3.1 Specificaties modellering niet-reizen

Om niet-reizen endogeen te kunnen modelleren worden vier verschillende methodes voorgesteld, gebaseerd op de recente voorbeelden uit de literatuur van Hensher et al. (2022) en Zhou et al. (2023b). Dit houdt in dat op verschillende plaatsen binnen SES de niet-reizen-optie kan worden geïmplementeerd: als onderdeel van de tourfrequentie, als onderdeel van de vervoerwijzekeuze, of na de bestemmingskeuze. Elk van deze opties hebben hun eigen voor- en nadelen zoals besproken wordt in de volgende paragrafen.

Invoer

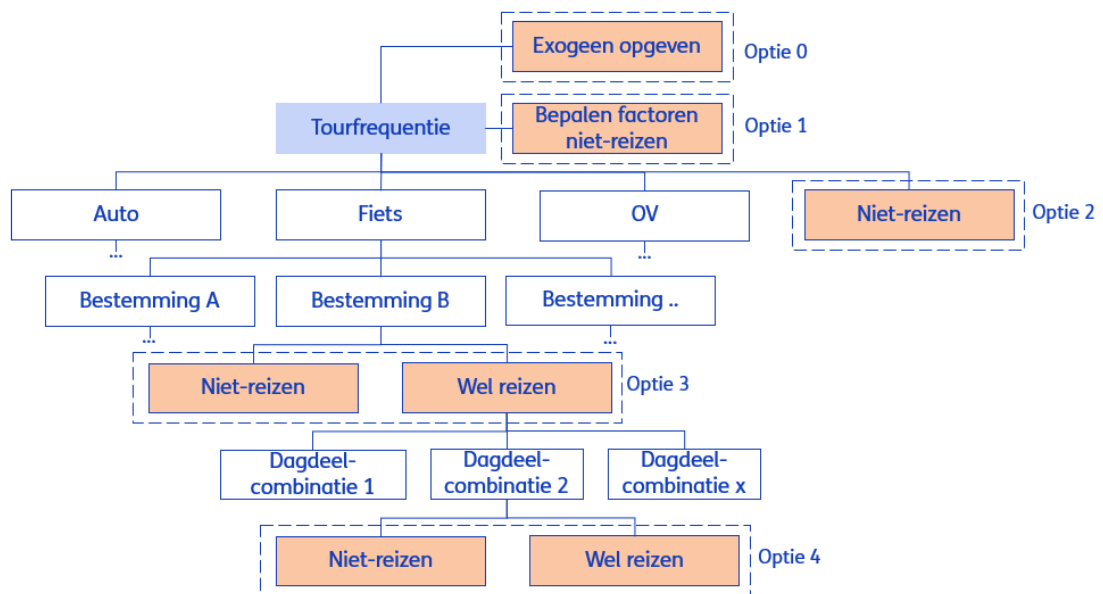
In de invoer van SES moeten de parameters van de diverse nutsfuncties worden uitgebreid ten behoeve van het niet-reizen, zie verderop. Verdere specificatie van waar wel of niet thuiswerken mag plaatsvinden is niet voorzien.

Modellering

Bij de eerste optie wordt niet-reizen in een aparte module gemodelleerd en vervolgens worden de resulterende niet-reizen-factoren binnen het tourfrequentiemodel toegepast (geïnspireerd op Zhou, Araghi, Ashari & Snelder (2023b)). Bij de tweede en derde optie vindt modellering plaats binnen het simultane vervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuzemodel (geïnspireerd op Hensher et al. (2022)). Daarbij dient opgemerkt te worden dat Hensher een andere Nest-volgorde binnen de vervoervraagmodule hanteert dan het LMS/NRM: bestemmingskeuze-dagdeelkeuze-vervoerwijzekeuze ten opzichte van vervoerwijzekeuze-bestemmingskeuze-dagdeelkeuze zoals in het LMS/NRM. Daardoor is deze methode op twee manieren te implementeren binnen SES. Daarnaast is er nog een vierde optie te identificeren, waarbij de modellering van niet-reizen plaatsvindt als post-processing stap na afloop van het draaien van SES.

De vier mogelijke endogene opties zijn hieronder samengevat en schematisch weergegeven in [Figuur 8](#). Ter referentie is ook de huidige GM modellering (exogeen) toegevoegd als optie 0:

- Optie 0: niets aanpassen, enkel exogene modellering
- Optie 1: factoren meenemen in tourfrequentiemodel
- Optie 2: niet-reizen als onderdeel van vervoerwijzekeuze
- Optie 3: niet-reizen als extra keuze na bestemmingskeuze
- Optie 4: niet-reizen als post-postprocessing stap na SES



Figuur 8: Vier mogelijkheden voor modellering niet-reizen binnen het LMS/NRM (voor het overzicht is een deel van het schema weggelaten)

Bij de eerste optie wordt een apart keuzemodel gedraaid waarbij de kans op niet-reizen per reismotief wordt bepaald aan de hand van de zonale (woonzijde), persoons- en huishoudkenmerken. Deze kansen worden vervolgens meegenomen in het tourfrequentiemodel, waarbij er in het geval van niet-reizen minder tours worden gemaakt. Eventueel is het mogelijk de frequentie van tours van andere motieven (bijvoorbeeld overig) direct exogeen te verhogen bij niet-reizen.

Bij de tweede optie wordt “niet-reizen” als extra vervoerwijze toegevoegd. Het voordeel hiervan is dat er voor niet-reizen wordt gekozen afhankelijk van de beschikbare reisopties. Zo kan er bijvoorbeeld sneller voor niet-reizen worden gekozen bij een lage beschikbaarheid van reisopties of bij een slechte bereikbaarheidskwaliteit van de beschikbare reisopties.

Bij de derde optie wordt er een extra keuzemogelijkheid toegevoegd na het bepalen van de vervoerwijze- en bestemmingskeuze. Hierin wordt de keuze gemaakt tussen niet-reizen en wel reizen.

Bij de vierde optie vindt het bepalen van niet-reizen ritten plaats nadat alle ritten reeds zijn vastgelegd. Vervolgens wordt voor elke rit bekeken of het waarschijnlijk is dat deze rit wordt vervangen door niet-reizen. Dit gebeurt voorafgaand aan het runnen van het SECDEST en NHBTRIPS model.

Zowel voor het werk, zakelijk (woon-zakelijk) als het winkelmotief zijn de benodigde aanpassingen voor elk van de opties identiek. Enkel de meegenomen parameters zijn uiteraard anders.

Het volledige overzicht van voor- en nadelen van de vier opties is weergegeven in [Tabel 5](#). Daarnaast is er uiteraard nog de optie om het niet-reizen niet endogeen te modelleren maar om gebruik te maken van de knoppen die reeds in het Groeimodel zijn geïmplementeerd. Voor de vergelijking tussen de verschillende mogelijkheden is deze als ‘optie 0’ toegevoegd in de tabel.

Tabel 5: Voor- en nadelen van elk van de drie opties

| Optie | Voordelen | Nadelen |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0: Exogeen modelleren via de reeds aanwezige knoppen | <ul style="list-style-type: none"> - Geen aanpassingen nodig - Makkelijk gebruik maken van studies rondom thuiswerken en (scenario)voorspellingen van bijvoorbeeld PBL - Differentiatie naar een grote verscheidenheid aan doelgroepen - Consistent met de aanpak van het PBL voor de WLO-scenario's | <ul style="list-style-type: none"> - Niet-reizen onafhankelijk van bestemmingskeuze en vervoerwijzekeuze - Statische input van percentages, verandert niet als gevolg van bijvoorbeeld meer of minder congestie of veranderende arbeidsplaatsen (enkel indien het aantal ritten anders wordt). |
| 1: Factoren voor niet-reizen bepalen en meenemen in tourfrequentiemodel | <ul style="list-style-type: none"> - Niet-reizen kansen zijn afhankelijk van persoons- en huishoudkenmerken - Makkelijk herleidbare en controleerbare factoren - Eenvoudig implementeerbaar (geen afhankelijkheden van SES) - Mogelijkheid tot toevoegen extra ritten vanuit woonbestemming bij thuiswerken (bijvoorbeeld met overig motief). | <ul style="list-style-type: none"> - Niet-reizen kansen zijn niet afhankelijk van bestemming en vervoerwijzekeuze (met bijbehorende reistijd) - Aanpassen van hoeveelheid werkzaken ritten (uit SES) niet mogelijk gezien de bestemmingen onbekend zijn. |
| 2: Niet-reizen als onderdeel van vervoerwijzekeuze meenemen | <ul style="list-style-type: none"> - Niet-reizen kansen zijn afhankelijk van persoons- en huishoudkenmerken en beschikbare vervoerwijzekeuzeopties - Niet-reizen onafhankelijk van locatie werkgever of winkel (mogelijkheid tot aan de andere zijde van het land te werken/winkelen) - Eventueel uit te breiden met een aangepaste dagdeelkeuze bij gedeeltelijk reizen. | <ul style="list-style-type: none"> - Niet-reizen kansen zijn niet afhankelijk van de gekozen bestemming (bijvoorbeeld sector, baandichtheid), ook niet via een logsum over alle bestemmingen. - Aanpassen van hoeveelheid werkzaken ritten (uit SES) niet mogelijk gezien bestemming onbekend is. - Herschatten van SES is nodig. Het is lastig om één logsum waarde (nestcoëfficiënt) te bepalen voor alle verschillende thuiswerkopties, enkel op basis van persoonskenmerken. - Toevoegen van extra ritten (bijvoorbeeld met overig motief) als gevolg van niet-reizen is ingewikkelder gezien daarvoor een extra loop met het tourfrequentiemodel nodig is. |

| Optie | Voordelen | Nadelen |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3: Niet-reizen na bestemmingskeuze meenemen (voor dagdeelkeuze) | <ul style="list-style-type: none"> - Niet-reizen kansen zijn afhankelijk van persoons- en huishoudkenmerken, vervoerwijzekeuze en bestemmingskeuze - Het is mogelijk om voor bestemmingen waar thuiswerken (veelvuldig) voorkomt de werk-zakelijk ritten (uit SES) aan te passen. - Bij het herschatten van SES zijn de benodigde nutsfuncties en logsum waarde eenvoudiger dan bij optie 2 gezien enkel de keuze voor dagdeel nog wordt gemaakt. - Eventueel uit te breiden met een aangepaste dagdeelkeuze bij gedeeltelijk reizen. | <ul style="list-style-type: none"> - De keuze voor niet-reizen wordt gemaakt nadat de bestemming- en vervoerwijzekeuze reeds is gemaakt. Het is niet mogelijk om bijvoorbeeld een werkbestemming verder weg te kiezen bij thuiswerken, tenzij dit exogeen wordt ingevoerd (via bijvoorbeeld de reistijdparameter). - Herschatten van SES is nodig. - Toevoegen extra ritten (bijvoorbeeld met overig motief) als gevolg van niet-reizen is ingewikkelder gezien daarvoor een extra loop met het tourfrequentiemodel nodig is. |
| 4: Niet-reizen als post-processing stap | <ul style="list-style-type: none"> - Niet nodig om de huidige vervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuze aan te passen of opnieuw te schatten en daarmee eenvoudig implementeerbaar. - Volledige informatie over vervoerwijze- en bestemmingskeuze, persoons- en huishoudkenmerken beschikbaar en daarmee eenvoudiger te schatten. | <ul style="list-style-type: none"> - De keuze voor niet-reizen wordt gemaakt nadat de bestemming- en vervoerwijzekeuze reeds is gemaakt. Het is niet mogelijk om bijvoorbeeld een werkbestemming verder weg te kiezen bij thuiswerken. - Toevoegen extra ritten (bijvoorbeeld met overig motief) als gevolg van niet-reizen is ingewikkelder gezien daarvoor een extra loop met het tourfrequentiemodel nodig is. - De terugkoppeling naar de vraagberekening is lastig implementeerbaar. |

Nutbepaling ‘niet-reizen’

Bij elk van de opties dient de kans te worden bepaald voor het niet-reizen. Bij de eerste optie wordt deze kans enkel meegenomen bij de tourfrequentiemodellen, terwijl bij de tweede en derde optie deze nutswaarde ook meegenomen wordt bij de gebruikte logsums van de vervoerwijze en bestemmingskeuze. Bij de vierde optie wordt een losstaand keuzemodel geïmplementeerd en bestaat dus ook geen relatie met de bestaande modellen.

De basisnutsfunctie ziet er als volgt uit:

$$U_{phvd}^{nietreizen} = ASC + \sum_n \beta_n * PERSON_{p,n} + \sum_n \beta_n * HUISHOUD_{h,n} + \sum_n \beta_n * VERVOERWIJZE_{v,n} + \sum_n \beta_n * BESTEMMING_{b,n} + \sum_n \beta_n * DAGDEEL_{d,n} \tag{2}$$

Hierin zijn *p*, *h*, *v*, *b* en *d* respectievelijk de indices voor de persoonskenmerken, huishoudkenmerken, vervoerwijze, bestemming en dagdeel van deze specifieke rit. Voor elk van deze kenmerken is een set attributen *n* gedefinieerd, met daarin bijvoorbeeld de reistijd, het rijbewijsbezit, de bestemmingskenmerken, etc. Voor de precieze lijst met attributen dienen nieuwe schattingen te worden gemaakt. De dummyvariabelen per alternatief moeten daarbij ook nog nader worden gespecificeerd. Voor het bepalen van de mee te nemen

persoons- en huishoudkenmerken kan hierbij worden aangesloten bij de resultaten van PBL aan de hand van de exploratieve knoppen-modus geïmplementeerd in begin 2023 (Significance, 2023). Deze studie levert immers de doelgroepen of persoonskenmerken op waarvoor (significant) andere percentages voor niet-reizen worden verwacht.

Voor elk van de verschillende opties dient een gereduceerde vorm van de nutsfunctie te worden gebruikt. Bij optie 1 bevat deze enkel de ASC en persoonskenmerken, bij optie 2 daarnaast ook de vervoerwijze, bij optie 3 ook de bestemmingskeuze.

Modellering werkgebonden en nevenbestemmingen bij niet-reizen

Voor elk van de drie opties geldt dat er na het draaien van SES geen rit meer aanwezig is indien er is gekozen voor niet-reizen. Er hoeft hiervoor dan ook geen aanpassing in de SECDEST of NHBTRIPS modules: deze modules voegen immers enkel secundaire (en tertiaire, quartaire) bestemmingen toe aan bestaande (auto)ritten. Nevenbestemmingen tijdens het niet-reizen (bijvoorbeeld online winkelen tijdens de lunchpauze van het thuiswerken) worden buiten beschouwing gelaten.

De gebruikte coëfficiënten voor de werkgebonden motieven (werk-zakelijk ritten afhankelijk van het aantal arbeidsplaatsen in een zone) kunnen worden aangepast bij veelvuldig thuiswerken. Dit is alleen mogelijk indien de originele (werk)bestemming bekend is, oftewel bij optie 3.

Modellering niet-reizen naar nevenbestemmingen

Het is denkbaar dat ook nevenbestemmingen kunnen worden vervangen door een niet-reizen rit, terwijl er wel wordt gereisd voor het hoofdmotief. Een voorbeeld hiervan is het online winkelen in de trein op weg naar de werklocatie. Momenteel worden echter enkel nevenbestemmingen in SECDEST en NHBTRIPS toegevoegd voor de vervoerwijze autobestuurder. Deze vervoerwijze wordt momenteel als minder geschikt beschouwd voor het uitvoeren van activiteiten waarbij niet wordt gereisd. Daarom wordt het niet-reizen naar nevenbestemmingen niet meegenomen in de voorgestelde specificatie.

Modellering dagdeelkeuze

Het is te verwachten dat de dagdeelkeuze verandert bij een grotere beschikbaarheid van niet-reizen. Zo kan er gekozen worden voor het online winkelen buiten de regulier winkelopeningstijden, of kan er een extra lange of juist kortere werkdag worden gemaakt (spitsmijden) als (gedeeltelijk) thuiswerken mogelijk is. Dit kan in alle opties worden meegenomen door de dagdeelkeuze aan te passen. Hierin kunnen bijvoorbeeld dezelfde factoren in worden meegenomen die de kans vergroten op het thuiswerken. De precieze specificatie hiervan valt buiten de scope van dit rapport.

Uitvoer

Aan de uitvoerbestanden kunnen diverse bestanden worden toegevoegd afhankelijk van de gekozen optie:

- De kans per persoonstype, woonlocatie per reismotief op niet-reizen (optie 1).
- De hoeveelheid of percentage van tours welke niet meer worden gemaakt, eventueel uitgesplitst naar persoonstype, reismotief en woonlocatie (optie 2 & 3).
- De hoeveelheid of percentage van ritten naar een bepaalde bestemmingslocatie welke niet meer worden gemaakt, eventueel uitgesplitst naar persoonstype, reismotief en woonlocatie (optie 3).

4.3.2 Data voor schatting/kalibratie niet-reizen

Benodigde data

Een ideale dataset is een dataset waarbij naast alle reizen die mensen uitvoeren (OViN/ODiN) ook alle activiteiten zijn geregistreerd die ze thuis doen (bijvoorbeeld zakelijke teams-meeting of e-shopping bestelling). Voor het schatten van de beschreven nutsfuncties in de verschillende opties kan echter ook andere data worden gebruikt over wie er waarom niet-reist. Hierbij zijn – afhankelijk van de gekozen modeloptie – data nodig over persoons- en huishoudenkenmerken, de huidige vervoerwijzekeuze, de bestemmingskeuze (de winkel- en/of werklocatie) en dagdeelcombinatiekeuze. Indien SES (gedeeltelijk) herschat moet worden, is het daarnaast noodzakelijk dat de bestaande brondata (OViN 2015-2017) uitgebreid wordt met de thuiswerk- en thuiswinkelopties, en daarbij ook aan de zonale data aannames toegevoegd moeten worden voor de mogelijkheden van thuiswerk- en thuiswinkelen in prognosejaren

Beschikbare databronnen

De Nationale Enquête Arbeidsomstandigheden (Hooftman, et al., 2020) is een langlopend onderzoek door TNO en CBS dat kijkt naar de veranderingen in het werk en de werkomstandigheden van werknemers in Nederland. Deze enquête is uitgebreid met diverse vragen rondom thuiswerken. Vele demografische kenmerken zijn opgenomen binnen deze enquête. In totaal is de vragenlijst door ongeveer 50.000 respondenten ingevuld. Een analyse van deze thuiswerkgegevens (Zhou, Araghi, Ashari, & Snelder, 2023b) liet zien dat het geslacht van de werknemer, de bedrijfsgrootte, de bedrijfssector, het huishoudinkomen, de stedelijkheidsgraad en de leeftijd goede voorspellers zijn voor het afleiden van de kans op thuiswerken. Daarnaast zijn er ook vragen opgenomen voor de gewenste hoeveelheid thuiswerken.

De ODiN-data geeft inzicht in alle dagelijkse verplaatsingen van Nederlanders. Deze databron bevat echter niet de reizen die niet gemaakt zijn. Door opvolgende ODiN (of OViN) jaren met elkaar te vergelijken, kan wellicht wel afgeleid worden wat de trend is qua thuiswerken of thuiswinkelen (namelijk: het aantal verplaatsingen dat minder wordt gemaakt in opeenvolgende jaren) en de bijbehorende persoonskenmerken. Het is echter lastig af te leiden wat de relatie hiervan is met demografische of sociaaleconomische kenmerken, waardoor deze databron minder geschikt is.

Voor het analyseren van trends is het Nederlands Verplaatsingspanel (NVP) geschikter, gezien hier dezelfde groep mensen dagelijks wordt gevolgd. Gezien deze enquête is gestart in 2019, vóór de uitbraak van COVID-19, is de data geschikt om te kijken naar de effecten van de coronapandemie op thuiswerken en thuiswinkelen. Een aandachtspunt hierbij is wel dat het NVP geen representatieve steekproef van Nederlanders bevat of hiervoor is gecorrigeerd zoals het ODiN. Ook het Mobiliteitspanel Nederland (MPN) is op eenzelfde manier opgezet. Deze dataset bevat vele variabelen, waaronder ook het aantal uren werk (zowel thuis, op kantoor als elders), de functie en sector. Ook de impact van de coronapandemie op zowel thuiswerken als e-shopping zijn opgenomen en ook verder geanalyseerd door het KiM in diverse rapportages (Knoope & Visser, 2022). Dit maakt deze dataset zeer geschikt voor het schatten van de verschillende nutsfuncties voor thuiswerken en thuiswinkelen. Het nadeel van het MPN is echter het beperkte aantal respondenten: ongeveer 4000 binnen 2000 huishoudens. Ter referentie: het NVP bevat de data van ongeveer 10.000 deelnemers, het ODiN van ongeveer 55.000 (met een geverifieerde steekproef).

Specifiek voor de relatie tussen het thuiswerken en het uitvoeren van andere activiteiten (bijvoorbeeld extra recreatieve ritten) is momenteel de TU Eindhoven (Soora Rasouli) bezig met een onderzoek binnen het Activity Based Model ALBATROSS. De uitkomsten hiervan kunnen ook als input worden gebruikt binnen deze studie, alhoewel de verwachting is dat de resultaten nog enige tijd op zich zal laten wachten.

Advies te gebruiken databronnen

De data van het MPN is het meest compleet en zowel bruikbaar voor het schatten van thuiswerken als thuiswinkelen. Het voordeel van deze dataset is dat niet alleen de persoonskenmerken uitgebreid aanwezig zijn, maar ook de huidige ritpatronen. Hieruit zijn ook de bestemmingen en huidige vervoerwijzekeuzes of dagdeelkeuzes af te leiden en te schatten. Het nadeel van deze dataset is echter dat het een beperkt aantal respondenten betreft, en daarbij hoogstwaarschijnlijk te weinig datapunten om significante nutsfuncties te schatten. Daarvoor zou de reeds gebruikt OViN-data moeten worden uitgebreid met de informatie uit het MPN. Ter validatie is het daarbij ook goed om de NEA mee te nemen. Hierbij zijn weliswaar bestemmingen en verplaatsingspatronen niet bekend, maar is wel een zeer grote dataset beschikbaar met informatie over persoonskenmerken, bedrijfskenmerken, en hun intenties ten opzichte van thuiswerken. NEA is daarmee ook goed bruikbaar als enige databron voor optie 1 (Factoren voor niet-reizen bepalen en meenemen in tourfrequentiemodel). Het nadeel van NEA is dat hierin het thuiswinkelen niet is meegenomen. Eventueel zou hiervoor wel een suggestie tot uitbreiding voor gedaan kunnen worden voor een nieuwe versie van het NEA onderzoek.

Daarnaast blijkt uit de resultaten van NEA en het MPN dat werksectoren een belangrijke rol spelen bij de kans op thuiswerken. Deze werksectoren zitten momenteel niet in de bevolkingsmodule van het GM (QUAD). Wellicht is het wel mogelijk om de kans op werken in een bepaalde sector of bedrijfsgrootte af te leiden aan de hand van de NEA-dataset zelf, en daarmee het bevolkingsbestand te verrijken zonder volledig nieuwe schattingen voor QUAD uit te voeren of de hoeveelheid persoonstypes uit te moeten breiden.

4.4 Aanbeveling voor modellering niet-reizen

In paragraaf 4.3 zijn vier verschillende opties voor het endogeen modelleren van niet-reizen binnen het GM beschreven. Daarnaast is ook de benodigde en beschikbare data in de vorige paragraaf beschreven. Deze opties zijn in twee categorieën in te delen: als integraal onderdeel van het vervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuzemodel, of als losstaande pre- of postprocessing stap.

De twee opties om het niet-reizen te modelleren binnen het vervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuzemodel zijn binnen het vervoerwijzekeuze-nest (optie 2) of als tussenstap tussen de bestemmingskeuze en dagdeelcombinatiekeuze (optie 3). Optie 2 is daarbij het meest ingewikkeld implementeerbaar, gezien hier een keuze voor niet-reizen gemaakt moet worden onafhankelijk van de bestemmingskeuze, terwijl onderzoek juist laat zien dat de af te leggen afstand en kenmerken van het bedrijf (bijv. sector) zeer relevant zijn bij het maken van de keuze voor niet-reizen. Optie 3 is daarmee het meest aan te bevelen van deze twee opties. Voor het benodigde herschatten van het vervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuzemodel is echter wel gedetailleerde data nodig voor zowel het niet-reizen als de normale reizen. Binnen het Mobiliteitspanel Nederland (MPN) is deze data aanwezig. Dit zijn echter maar een beperkt aantal respondenten (in vergelijking met het OViN of ODiN) waardoor waarschijnlijk de significantie van de schatting onvoldoende is. Indien het mogelijk is om de OViN/ODiN-data te verrijken met de MPN data om wel een kwalitatief goede schatting te realiseren is dit echter wel de beste optie voor modellering. Alhoewel beide opties nauwkeurigere voorspellingen

voor niet-reizen oplevert, is het wel een nadeel dat bij beide opties de substitutie door andere reizen niet direct is te modelleren (enkel in een volgende iteratie van SES). Daarnaast is het de vraag of de drijvende factoren achter het niet-reizen (zoals de werksector, type werk en het aantal dagen per week werken) momenteel simpel toe te voegen zijn.

De twee opties om het niet-reizen buiten het vervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuzemodel te modelleren zijn als onderdeel van het tourfrequentiemodel (optie 1) of als nabewerkingsstap tussen SES en SECDEST (optie 4). Bij optie 1 is enkel informatie over persoons- en huishoudkenmerken beschikbaar voor het maken van de keuze, terwijl juist de bestemming- en vervoerwijzekeuze relevant is voor het maken van de keuze voor niet-reizen. Het voordeel van deze optie is dat substitutie van ritten (bijvoorbeeld extra recreatieve verplaatsingen bij niet-reizen) wel eenvoudig is te modelleren. Bij optie 4 is wel de volledige informatie over de te maken tour en bestemming bekend. Voor het nauwkeuriger kunnen voorspellen van reizen welke niet meer plaatsvinden is daarmee deze optie toch aan te bevelen. Daarbij is het ook de vraag wat het verschil is met de reeds aanwezige optie 0, waarbij vooraf opgegeven percentages worden gebruikt voor het afschalen van het aantal reizen. Het grote voordeel van optie 1 en 4 is daarbij met name dat er geen gebruik wordt gemaakt van vooraf opgegeven percentages, maar dat deze percentages door een model worden ingeschat. Bij optie 4 kan hier ook nog de bestemmingskeuze en vervoerwijzekeuze worden meegenomen – factoren die beide van belang zijn bij de keuze voor niet-reizen. Een nadeel is wel dat de uitlegbaarheid lager wordt of extra analyse vergt wat precies het effect is van het niet-reizen.

Kortom, het is aan te bevelen om te onderzoeken of de benodigde nutsfuncties voor optie 3 met behulp van het MPN geschat kunnen worden. Indien dit niet mogelijk is, is het advies om te kiezen voor optie 4, waarvoor de benodigde data beperkter is gezien het geen relatie heeft met de bestaande modellen in SES.

Daarbij zijn nog wel een aantal kanttekeningen te plaatsen. Ten eerste is het wenselijk dat de resultaten van de lopende studie van PBL voor het gebruik van de niet-reizen knoppen niet wezenlijk anders zijn dan de resultaten bij endogene modellering. Daarnaast is het raadzaam om goed na te gaan (voor alle opties) of de gebruikte OViN of ODIN jaren voor het schatten van SES niet reeds het niet-reizen (grotendeels) bevatten. Hierdoor kan het effect zijn dat het niet-reizen zowel binnen SES als binnen de extra niet-reizen module wordt meegenomen, oftewel dubbelop. Voor de komende GM versies (GM5 en GM6) wordt er gebruikgemaakt van OViN 2015-2017, en is de verwachting dat dit nog geen effect heeft. Alhoewel dit probleem met name speelt bij het thuiswerken, is dit ook bij het thuiswinkelen een potentieel probleem, gezien er ook in 2015-2017 al vele producten online werden aangeschaft. Het is goed om na te gaan of de effecten niet dubbelop worden gemodelleerd. Het is verder belangrijk om te realiseren dat in het tourfrequentiemodel momenteel de werksectoren niet worden meegenomen. Meer kennis over de invloed van werksectoren op zowel tourfrequentie als bestemmingskeuze kan helpen om hiervoor een betere aanname te maken. Indien het wenselijk is de werksectoren of beroepsgroepen toe te voegen, dient ook nog een keuze te worden gemaakt tussen het toevoegen aan de populatie (QUAD) ofwel het toevoegen aan de bestemmingen (zonale data) en hierop ook de modellen in SES op aan te passen. Ten slotte wordt er naar een gemiddelde werkdag gekeken binnen het LMS, terwijl juist voor het thuiswerken de verwachting is dat er grote verschillen optreden tussen bijvoorbeeld een dinsdag (relatief weinig thuiswerken) en een vrijdag (relatief veel thuiswerken). Het is aan te bevelen dit effect te analyseren en eventueel een deel van de werkdagen weg te laten bij het uitvoeren van de schatting.

5 Conclusies en aanbevelingen

De laatste versie van het LMS/NRM is in het voorjaar van 2021 gerealiseerd. De resultaten van de modelverbeteringen binnen het Groeimodel (GM) en het nieuwe basisjaar (2018) zijn extern getoetst in een review en backcast. Samen met de eerste ervaringen bij toepassing en een inventarisatie van aanvullende wensen heeft dit geleid tot een lijst met onderwerpen die in de volgende versie(s) van het LMS/NRM kunnen worden verbeterd. Voor 'deelmobiliteit', 'hubs' en 'niet-reizen' heeft TNO in dit rapport modelverbeteringen voorgesteld voor het endogeen modelleren van deze onderwerpen, gegeven de huidige werking van het LMS/NRM. Dit hoofdstuk vat het advies voor de modelverbeteringen samen en geeft aanbevelingen voor verdere verbetering van het LMS/NRM.

5.1 Advies voor implementatie

Deelmobiliteit

In het huidige Groeimodel is reeds een optie aanwezig om deelmobiliteit toe te voegen aan de vervoerwijzekeuze als extra MaaS-vervoerwijze. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen deelauto's, ride-sourcing en carpooling als hoofdvervoerwijze, en deelfietsen als natransport vervoerwijze voor de trein. De wens is om dit in een nieuwe versie van het GM uit te breiden met deelfietsen en deel-e-bikes als hoofdvervoerwijze en voor- en natransportvervoerwijze, waarbij ook onderscheid gemaakt kan worden tussen verschillende typen deelsystemen (one-way en roundtrip based).

Om dit te kunnen modelleren is het advies om af te stappen van de huidige gecombineerde MaaS-vervoerwijze omdat een toevoegen van een extra optie aan de vervoerwijzekeuze leidt tot overlap met bestaande vervoerwijzen en er daardoor als gevolg van de logitmodellering een te groot aandeel voor deze optie kiest (bijvoorbeeld overlap tussen de auto en de deelauto). Door het toevoegen van de deel-e-bike en deelfiets als extra deelopties ontstaan er te grote verschillen tussen de deelopties om alleen de beste optie in overweging te nemen. Deze vervoerwijzen zullen ook door verschillende personen worden gebruikt en leiden tot andere bestemmingskeuzes.

In de beschreven modelverbetering wordt vooraf in een apart keuzemodel bepaald welke personen eigen voertuigen (auto, fiets of e-bike) of deelvoertuigen gebruiken. Als ze gebruik maken van een deelvoertuig wordt een andere level-of-service gebruikt die afhankelijk kan zijn van het wel of niet bezitten van een MaaS-abonnement. Vervolgens wordt bij de vervoerwijzekeuze ofwel het eigen voertuig of het deelvoertuig meegenomen als keuzemogelijkheid. Het vervoerwijze-, bestemming- en dagdeelperiodekeuzemodel SES hoeft hiervoor niet te worden herschat. Voor het losse keuzemodel om te bepalen of een eigen voertuig of deelvoertuig kan worden gebruikt, kunnen vuistregels worden opgesteld die afgeleid kunnen worden uit bestaande enquêtes. Tevens kunnen beschikbare data van deelaanbieders en enquêtes gebruikt worden voor kalibratie en validatie.

Naast bovengenoemde verbeteringen is ook een aanpak voorgesteld om onderscheid te kunnen maken tussen roundtrip en one-way deelmobiliteit. Dit onderscheid is van belang om de kosten per rit aanzienlijk kunnen verschillen.

Indien wordt besloten om niet alle voorgestelde aanpassingen te implementeren, is het ook mogelijk om onderdelen over te nemen zoals het onderscheid tussen roundtrip en one-way verplaatsingen en de manier van het bepalen welke mensen kiezen voor een deelvoertuig.

Hubs

Hubs – overstappunten tussen verschillende vervoerwijzen binnen één rit – kunnen momenteel enkel gemodelleerd worden als onderdeel van OV-hubs, waarbij het treingedeelte van de reis als de hoofdvervoerwijze wordt beschouwd en de fiets of auto als de voor- of natransport vervoerwijze. Hierin ontbreken echter hubs aan de bestemmingszijde, oftewel de hubs waarbij de hoofdvervoerwijze autobestuurder is, vervolgens wordt geparkeerd op een regiohub (P+R locatie), gevolgd door een (kortere) rit naar de bestemming met OV, fiets of deelfiets.

Voor de implementatie hiervan zijn in dit rapport meerdere opties beschreven waarbij de keuze voor het reizen via een hub, de natransportvervoerwijze en de hublocatie in de bestaande nest-structuur van SES kan worden geïntegreerd of achteraf na SES kan worden bepaald. Integratie binnen de neststructuur heeft de voorkeur omdat op die manier de afhankelijkheid tussen hubkeuzes en de hoofdvervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuze kan worden meegenomen. De vraag is echter of er voldoende P+R-verplaatsingen in OViN zitten voor schatting. Het is aan te bevelen om een schatting uit te voeren om te testen of dit significante resultaten oplevert. Deze schatting kan alleen voor OV als natransport van hubs worden uitgevoerd. Als de resultaten van de schatting niet significant blijken te zijn kan een apart model worden geïmplementeerd waarmee voor alle verplaatsingen met de auto als hoofdvervoerwijze kan worden bepaald of via een hub wordt gereisd en welke natransportvervoerwijze wordt gebruikt. Het voordeel hiervan is dat in principe geen herschatting van SES nodig is en dat de beschikbare data uit OViN, bezetting van P+R-locaties en enquêtes kunnen worden gebruikt om het hubkeuzemodel zo goed mogelijk te schatten, kalibreren en valideren. In alle opties moeten aannames worden gedaan over de nestcoëfficiënt van het natransportnest en de vervoerwijze specifieke parameters en constanten van deelfietsen en deel-e-bikes als natransport. Eventueel kan een stated-preference onderzoek worden uitgevoerd om de parameters beter te schatten.

Niet-reizen

Bij de laatste verbetering van het Groeimodel zijn er knoppen toegevoegd waarmee het niet-reizen exogeen kan worden gemodelleerd. Via percentages kan per reismotief (werken, winkelen, etc.), per bevolkingsgroep worden opgegeven hoeveel reizen niet meer plaatsvinden en hoe de reistijdgevoeligheid wordt aangepast. Er is echter behoefte aan een endogene modellering van niet-reizen, waarbij een model bepaalt welk percentage van de reizigers niet meer reist.

Hiervoor zijn diverse opties gedefinieerd, waarbij niet-reizen in een apart keuzemodel voor of na SES kan worden geïmplementeerd of kan worden geïntegreerd in de bestaande neststructuur van SES. Net als bij de modellering van hubs heeft integratie in de bestaande neststructuur de voorkeur omdat dan de afhankelijkheid tussen de keuze voor niet-reizen en de vervoerwijze- en bestemmingskeuze wordt meegenomen. Het Mobiliteitspanel Nederland (MPN) is de meeste geschikte bron voor schatting, omdat hierin personen meerdere jaren worden gevolgd en persoonskenmerken en verplaatsingskenmerken beschikbaar zijn. Het nadeel van deze dataset is dat het aantal respondenten beperkt is. Het is aan te bevelen om een schatting uit te voeren om te testen of dit significante resultaten oplevert, ofwel om te kijken of deze dataset te combineren is met het OViN. Zo niet, dan wordt aanbevolen om een apart model te implementeren waarmee nadat SES is gerund en de vervoerwijze, bestemmings- en dagdeelkeuze bekend zijn, wordt bepaald of een activiteit thuis wordt

uitgevoerd en de tour inclusief alle nevenbestemmingen niet wordt gemaakt. In een volgende iteratie van het Groeimodel worden vervolgens de eventueel afgenomen reistijden meegenomen. Ten opzichte van de huidige knoppen-implementatie is het hierbij mogelijk om ook de bestemmingskeuze en vervoerwijzekeuze mee te nemen bij het maken van de keuze voor niet-reizen. Echter is het wel belangrijk te realiseren dat bepaalde factoren die voor niet-reizen erg belangrijk zijn (zoals werksector, beroepsgroep, aantal dagen werken) momenteel niet in het LMS zijn opgenomen binnen het Groeimodel waardoor het mogelijk is dat de voorspellende kracht afneemt. Bij beide opties (binnen neststructuur van SES en na afloop van SES) is het toevoegen van extra ritten als gevolg van niet-reizen lastig omdat daarvoor een extra loop met het tourfrequentiemodel nodig is.

Integratie en implementatievolgorde deelmobiliteit, hubs en niet-reizen

Omdat alle drie de onderwerpen veranderingen in SES of implementatie van een aparte module direct voor of na SES vragen, is het van belang om de ontwikkelingen op elkaar af te stemmen. Modelleren van hubs met alleen OV als natransport is onafhankelijk van implementatie van modelleren van deelmobiliteit. Als echter ook deelfietsen of deel-e-bikes als natransport meegenomen worden is het aan te bevelen om eerst de modelleren van deelmobiliteit aan te passen en dan de modelleren van hubs toe te voegen. Als wordt besloten om zowel bij hubs als niet-reizen te testen of integratie in de nest-structuur mogelijk is, is het aan te bevelen om dit parallel te verkennen.

De tijd die beschikbaar is voor implementatie, testen, schatten, kalibreren en valideren voor de drie onderwerpen is beperkt als de nieuwe versie van het LMS/NRM (GM6) voor de Integrale Mobiliteitsanalyse (IMA) moet worden ingezet. Dit kan een reden zijn om voor hubs en niet-reizen niet eerst te testen of de databeschikbaarheid voldoende is om integratie in de neststructuur van SES mogelijk te maken, maar ze eerst als aparte modules te implementeren die na SES kunnen worden gedraaid. Als dat goede resultaten oplevert kan in een vervolgstap over worden gegaan tot volledige integratie in de neststructuur.

Voor alle drie de onderwerpen is een beperkte hoeveelheid data beschikbaar. Dit komt deels doordat nog maar beperkt gebruik wordt gemaakt van deelvoertuigen en hubs met verschillende natransportopties aan de bestemmingszijde en deels doordat niet alle mogelijke data wordt ingewonnen op een manier die bruikbaar is voor schatting van het LMS/NRM. Het is daarom aan te bevelen om te verkennen of ODIN uitgebreid kan worden om voor doelgroepen die gebruik maken van deelvoertuigen en voor specifieke relaties waar veel gebruik wordt gemaakt van hubs aan de bestemmingszijde meer data in te winnen en om ODIN uit te breiden zodat meer informatie over niet-reizen wordt ingewonnen.

5.2 Aanbevelingen

Tot slot is bij het uitwerken van de drie onderwerpen gebleken dat het aan te bevelen is om te verkennen of de volgende aantal aspecten van het LMS/NRM in de toekomst kunnen worden verbeterd:

- De impact van deelmobiliteit op autobezit wordt nu exogeen bepaald. Het is aan te bevelen om te verkennen of dit endogeen kan worden gemodelleerd. Databeschikbaarheid is hierbij wel een uitdaging. Hieraan gerelateerd is het ook aan te bevelen om te verkennen hoe de aanschaf van MaaS-abonnementen kan worden gemodelleerd en hoe mensen keuzes maken tussen een eigen voertuig en een deelvoertuig indien beide opties beschikbaar zijn.
- SECDST en NHBTRIPS bepalen nu alleen voor autoverplaatsingen of secundaire en nevenbestemmingen worden bezocht. In praktijk worden echter ook secundaire en nevenbestemmingen bezocht als met de fiets of het OV wordt gereisd. MaaS en

deelmobiliteit zullen in de toekomst nog meer mogelijkheden creëren om meerdere activiteiten in een tour uit te voeren. Het is daarom aan te bevelen om SECDEST en NHBTRIPS ook voor andere vervoerwijzen in te zetten. Een grote stap verder is de stap naar een activity based model waarbij alle activiteiten die op een dag worden uitgevoerd worden bepaald (Snelder, et al., 2021). Een dergelijk model biedt ook de flexibiliteit om veranderingen in activiteiten als gevolg van niet-reizen te modelleren en activiteiten op hubs te modelleren.

- Het LMS/NRM is geschat op basis van OViN. In OViN is de hoofdvervoerwijze toegekend op basis van een prioriteitsvolgorde waarbij OV een hogere prioriteit heeft dan de auto. De autoverplaatsingen via een hub aan de bestemmingszijde met OV als natransport zijn daardoor als OV gelabeld en zitten ook als OV in het LMS. Dit levert een inconsistentie in de voorgestelde aanpak voor hubmodellering op, omdat er daarbij vanuit is gegaan dat deze verplaatsingen (of eigenlijk tours) als auto gelabeld zijn. Om tot een consistente methode te komen is het aan te bevelen om toch een volledige herschatting met een aangepaste definitie van een hoofdvervoerwijze uit te voeren.
- Het LMS/NRM modelleert een gemiddelde werkdag, terwijl het effect van thuiswerken sterk kan verschillen tussen verschillende werkdagen. Het is aan te bevelen om te verkennen of het LMS/NRM voor verschillende dagen kan worden geschat of dat alleen de keuzemodellen voor niet-reizen kunnen worden geschat voor meerdere dagen, zodat daarmee kan worden gevarieerd.

Referenties

- Amsterdam, G. (2021). *Hubsvisie Amsterdam*.
- CROW. (2022). *Dashboard autodelen*. Opgehaald van Aanbod deelauto's: <https://www.crow.nl/dashboard-autodelen/home/monitor/aanbod-resultaat>
- Goudappel. (2021). *Achtergrondrapportage IMA Onzekerheidsverkenning*. Rijkswaterstaat WVL.
- Hensher, D. A., Wei, E., & Liu, W. (2022). Accounting for the spatial incidence of working from home in an integrated transport and land model system. *Working Paper ITLS-WP-22-01. Institute of Transport and Logistics Studies, The University of Sydney, Australia*.
- Hooftman, W., Mars, G., Knops, J., van Dam, L., de Vroome, E., Janssen, B., . . . van den Bossche, S. (2020). *Nationale Enquête Arbeidsomstandigheden 2019. Methodologie en globale resultaten*. Leiden; Heerlen: TNO; CBS. Opgehaald van <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1716ea15-af48-4b47-8b0a-db3bbb7debbf>
- Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. (2021). *Deelauto- en deelfietsmobiliteit in Nederland - Ontwikkelingen, effecten en potentie*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Knoope, M., & Visser, J. (2022). *Online winkelen en COVID-10: De effecten op mobiliteit en transport*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- Moeckel, R. (2016). Working from Home: Modeling the Impact of Telework on Transportation and Land Use. *44th European Transport Conference 2016* (pp. 207-214). Transport Research Procedia.
- Significance. (2023). *Knoppen in het GM: Inbouw knoppen voor gedragsverandering thuiswerken*. Significance.
- Snelder, M., Araghi, Y., Ashari, B., Charonti, E., Klunder, G., Sterkenburg, R., . . . de Romph, E. (2021). *Rapport A: Methode Urban Tools Next II - toelichting op gekozen aanpak voor parkeren, ketens en hubs, nieuwe mobiliteitsconcepten*. TNO 2021 R10644.
- van der Tuin, M., de Romph, E., & Pieters, M. (2021). Grip op parkeercapaciteiten - modelaanpak en data-analyse. *Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*.
- VenhoevenCS architecture+urbanism, & Rijkswaterstaat. (2020). *De Multimodale Hub en Rijkswaterstaat - een verkenning naar de link tussen het Hoofdwegennet en duurzame stedelijke mobiliteit*.
- Zhou, H. (2023a). *Impact assessment of new mobility services using accelerated activity-based demand modelling*. University of Amsterdam.
- Zhou, H., Araghi, Y., Ashari, B., & Snelder, M. (2023b). An activity-based latent class modelling approach to assess the impact of hybrid working on travel demand in the Netherlands after COVID-19. *11th Symposium of the European Association for Research in Transportation (hEART 2023) (under review)*.
- Zhou, H., Dorsman, J., Mandjes, M., & Snelder, M. (2023c). Sustainable mobility strategies and their impact: a case study using a multimodal activity based model. *Case Studies on Transport Policy*, 11. doi:10.1016/j.cstp.2022.100945
- Zondag, B., & van Grol, R. (2021). *Toelichtende notitie LMS/NRM Thema's review*. Significance 21034.

Mobility & Built Environment

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
www.tno.nl