

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

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport

TNO 2021 R10644

Rapport A: Methode Urban Tools Next II - toelichting op gekozen aanpak voor parkeren, ketens en hubs, nieuwe mobiliteitsconcepten

Datum	10 maart 2021
Auteur(s)	Maaïke Snelder, Yashar Araghi, Bachtijar Ashari, Eleni Charoniti, Gerdien Klunder, Reinier Sterkenburg, Marieke van der Tuin, Dawn Spruijtenburg, Bruno Kochan, Tom Bellemans, Erik de Romph
Exemplaarnummer	TNO-2021-SUMS-100338823
Oplage	
Aantal pagina's	75 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	4
Opdrachtgever	
Projectnaam	
Projectnummer	

Alle rechten voorbehouden.

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

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

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

© 2021 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Definities en Behoefte	6
2.1	Parkeren	6
2.2	Ketens en hubs	8
2.3	Nieuwe mobiliteitsconcepten	11
3	Modeluitgangspunten	14
4	Populatiegeneratie	20
4.1	Huidige situatie populatiegeneratie in Urban Tools Next	20
4.2	Basisverbeteringen populatiegenerator	21
4.3	Parkeren aan de woonzijde	24
4.4	Parkeren aan de bestemmingszijde	24
4.5	Ketens en hubs	25
4.6	Nieuwe mobiliteitsconcepten	25
5	Feathers	27
5.1	Feathers 4	27
5.2	Activiteitenkeuze	27
5.3	Bestemmingskeuze	28
5.4	Vervoerwijzekeuze	29
5.5	Level of Service	29
5.6	Nutsfuncties	30
5.7	Externe agenten	31
5.8	Aanbevelingen	31
6	Voor- en Natransportkeuzemodel	32
6.1	Nutsfuncties	32
6.2	Tours en Restricties	33
7	Toedeling	34
7.1	Algemeen raamwerk	34
7.2	Parkeren	35
7.3	Ketens & hubs	38
7.4	Nieuwe modaliteitsconcepten	41
7.5	Totale scenario input	42
8	Conclusies en aanbevelingen	44
8.1	Parkeren	44
8.2	Ketens & Hubs	46
8.3	Nieuwe mobiliteit	46
9	Ondertekening	48
	Bijlage A: Stedelijkheidsgraad	49
	Overzicht van methoden	49
	Uitgebreidere beschrijving van methoden	49
	Gemaakte keuzes	54

Bijlage B: Parkeerdata	56
Parkeren op eigen terrein (POET)	56
Parkeerplaatsen in vakken	65
Parkeren langs de straat	65
Parkeergarages en parkeertarieven	67
Bijlage C: Autobezitsmodel	68
Data voor autobezitsmodel	68
Regressieanalyse.....	70
Conclusies en aanbevelingen autobezitsmodel.....	73
Bijlage D: OmniTRANS jobs	74

1 Inleiding

Datum
8 april 2021

Blad
4/75

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

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

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

In Urban Tools Next II (UTN-II) ¹ is het ABM verder doorontwikkeld en is onderzocht in hoeverre een ABM ingezet kan worden om de thema's parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten beter te kunnen modelleren. Daarnaast is er ook gekeken naar welke lessen hiervan geleerd kunnen worden om deze thema's ook met de vigerende modellen beter te kunnen modelleren. De in UTN-II ontwikkelde methode voor activity based modellen is toegepast op een casestudie voor de MRDH. Hierbij is eerst een schatting gemaakt voor het basisjaar 2016. Vervolgens

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

is de methode ingezet om een toekomstjaar en 5 verschillende scenario's door te rekenen.

Datum
8 april 2021

Blad
5/75

Rapport A beschrijft de methode die gevolgd is voor het modelleren van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten, op een manier die bruikbaar is in activity based modellen (in het bijzonder Feathers). Op basis hiervan is in rapport B en rapport C een voorstel gedaan hoe de drie onderwerpen beter gemodelleerd kunnen worden in de vigerende modellen. De beschreven methode is toegepast op het V-MRDH-gebied. De resultaten hiervan zijn beschreven in rapport D.

Om de methode te ontwikkelen zijn allereerst definities en behoeftes voor het modelleren van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten opgesteld op basis van interviews met de projectgroep. Met behoeftes worden onderwerpen/maatregelen bedoeld binnen de categorieën parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten. Een voorbeeld in de categorie 'parkeren' is het kunnen doorrekenen van de invloed van parkeercapaciteit op de vervoervraag en netwerkprestatie. De behoeftes zijn vervolgens door de projectgroep geprioriteerd. Daarna is gekeken naar de haalbaarheid, resulterende vernieuwing en benodigde inspanning per onderwerp, waaruit een "UTNII prioriteit" op een 4-puntschaal is afgeleid (1 = hoog, 4 = laag). De uiteindelijke prioriteit van elk onderwerp is een combinatie van de behoefte en de "UTNII prioriteit". De behoeftes met de hoogste gecombineerde prioriteit zijn uitgewerkt in Urban Tools Next II.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de definities van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten, welke maatregelen bij deze drie onderwerpen moeten kunnen worden doorgerekend (behoefte) inclusief prioritering. Tevens is aangegeven in welke effecten van de maatregelen (van autobezit tot en met routekeuze) de projectgroep interesse heeft. Hoofdstuk 3 beschrijft de modeluitgangspunten. Hoofdstuk 4, 5, 6 en 7 beschrijven achtereenvolgens welke aanpassingen aan de populatiegeneratie, de keuzemodellen in Feathers, het voor- en natransportkeuzemodel en de toedeling zijn gedaan om de drie onderwerpen beter te kunnen modelleren. Hoofdstuk 8 bevat de conclusies en aanbevelingen.

2 Definities en Behoeft

Datum
8 april 2021

Blad
6/75

De interviews met de partners hebben geresulteerd in de definitie van de thema's en een groot aantal vragen met betrekking tot de relatie tussen beleidsmaatregelen (bijvoorbeeld parkeertarieven) en een of meerdere aspecten in een vervoersmodel (e.g. de vervoerwijzekeuze). De definities worden in dit hoofdstuk uitgeschreven en de vragen zijn gegroepeerd per mogelijke beleidsmaatregel. In het projectgroepoverleg van 18 december 2019 is alle 13 aanwezigen gevraagd de maatregelen te rangschikken op interesse en prioriteit (1 = hoge prioriteit, 12 = lage prioriteit). Per maatregel zijn de prioriteitsscores opgesomd en gedeeld door het aantal aanwezigen. De onderwerpen met het *laagste* gemiddelde hadden de *hoogste* prioriteit.

2.1 Parkeren

Parkeren is gedefinieerd in de wet² als het "*het laten stilstaan van een voertuig anders dan gedurende de tijd die nodig is voor en gebruikt wordt tot het onmiddellijk in- of uitstappen van passagiers of voor het onmiddellijk laden of lossen van goederen;*". Hieruit volgt dat Park+Ride wel onder parkeren valt, maar Kiss+Ride niet. Parkeren wordt aan zowel de woning- als de bestemmingskant beschouwd, voor alle motieven.

Uit de interviews bleek interesse voor de volgende 12 maatregelen (geordend naar prioriteit zoals bepaald in het projectgroepoverleg):

- P+R-locaties – een parkeervoorziening waar men kan overstappen van de auto op een openbaar vervoermiddel.
- Parkeercapaciteit – de parkeercapaciteit wordt beïnvloed door het verloop tijdens een uur (hoeveel komen er aan versus hoeveel vertrekken er weer). De parkeercapaciteit komt niet één op één overeen met het aantal parkeerplaatsen in een gebied of garage maar moet in principe als een capaciteit per uur worden beschouwd³.
- Parkeertarieven – de kosten om een voertuig te parkeren per tijdseenheid.
- Park & walk – parkeermogelijkheid aan de rand van een wijk, maar nog wel op loopafstand van de bestemming. Later is aangegeven dat met ook interesse heeft in Park & Bike.
- Parkeren op eigen terrein – bij zowel de woon- als de bestemmingskant het parkeren op respectievelijk het eigen erf of op het terrein van de bestemming (b.v. bedrijfsparkeergarage).
- Parkeernormen – het aantal parkeerplekken per (type) woning volgens gemeentelijke gebiedsnormering of het aantal te bouwen parkeerplekken dat per bouwproject van tevoren wordt vastgesteld.
- Parkeervergunning – de beschikbaarheid en prijs van een vergunning om in een gebied te mogen parkeren.

² Artikel 1, Reglement verkeersregels en verkeerstekens 1990

³ Een parkeergarage met 200 parkeerplaatsen kan bijvoorbeeld een veel grotere capaciteit hebben als er maar kort geparkeerd wordt.

Datum
8 april 2021

Blad
7/75

- Maximale parkeerduur – de maximale tijd die een voertuig onafgebroken op een parkeerplek mag staan (bijvoorbeeld 2 uur).
- Laadpaal bij de parkeerplek – beschikbaarheid van een laadmogelijkheid bij de parkeerplaats voor een elektrisch voertuig.
- Fietsparkeren – parkeerplek voor fietsen aan de bestemmingskant.
- Parkeerverwijssystemen – automatische systemen die bestuurders wijzen naar vrije parkeerplaatsen.
- Beveiliging van parkeerplekken – hieronder vallen alle “zachte” kenmerken van een parkeerplaats zoals de ervaring van veiligheid of comfort.

De vragen uit de interviews richtten zich op verschillende effecten van de maatregelen. Figuur 1 laat zien om welke maatregel-effect combinaties het gaat, deze kan als volgt worden gelezen: de rijnamen verwijzen naar de 12 mogelijke maatregelen, de kolomnamen verwijzen naar relevante effecten. Een aandachtspunt bij de figuur is dat deze niet uitputtend is. Fietsparkeren kan bijvoorbeeld ook invloed hebben op bestemmingskeuze. Wanneer een cel een cirkel bevat dan geeft dit aan dat er een vraag bestaat over hoe de maatregel van die rij invloed heeft op het effect van die kolom. Bijvoorbeeld: uit de interviews blijkt dat men graag het effect van parkeertarieven wil modelleren op de bestemmingskeuze, een effect dat onder de keuzemodellen valt.

	Score	Auto bezit	Woonlocatiekeuze	Deelauto gebruik & MaaS	Bestemmingskeuze	Vervoerswijzekeuze	Routekeuze	P-zoektijd	P-restcapaciteit (t)	Doorstroming	P-turnover
P+R locaties	2.1				o	o	o	o			
P-capaciteit	2.6	o		o	o	o	o				
P-tarieven	3.8			o	o	o					o
Park&walk	4.2				o	o					
P op eigen terrein	5.5	o	o			o					
P-normen	6.2	o	o								
P-vergunning	6.8	o	o	o							
P-duur max.	7.6				o	o		o	o		o
P-laadpaal	8.2							o	o	o	o
Fietsparkeren	9.1					o					
P-verwijssystemen	10.1							o	o	o	
Beveiliging van P-plekken	11.8				o			o			
		Reizigerskenmerken			Keuzemodellen		Toedeling			Overig	

Figuur 1: Koppeling tussen te simuleren parkeermaatregelen en effecten

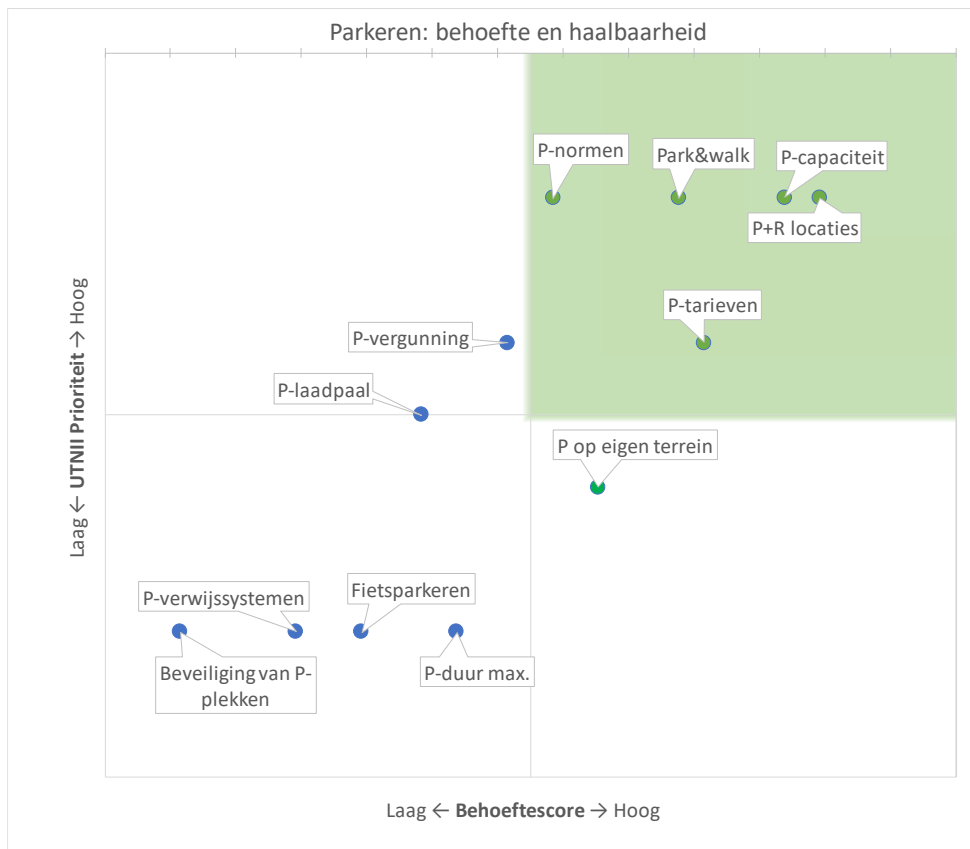
In de discussie in het projectgroepoverleg over dit thema kwam naar voren dat als capaciteit wordt gemodelleerd het belangrijk is dat elke zone een gedefinieerde capaciteit heeft om te voorkomen dat er onechte ‘zwaartekrachten’ ontstaan in zones met een ongedefinieerde, dus ongelimiteerde, parkeercapaciteit.

Datum
8 april 2021

Blad
8/75

Verder is er de behoefte om tarieven in relatie tot parkeerduur te modelleren zodat de totale parkeerkosten zichtbaar worden. Hierbij is er ook de wens om te kijken naar verschillende structuren van parkeerkosten (waaronder parkeervergunningen).

De prioriteit, op basis van behoefte en haalbaarheid, is geplot in Figuur 2. De onderwerpen in het kwadrant rechtsboven hebben in Urban Tools Next de meeste aandacht gekregen. Enkele andere onderwerpen met groene stip zijn aan bod gekomen als dat relevant was voor de modellering van de onderwerpen in het kwadrant rechtsboven. Parkeren op eigen terrein is een voorbeeld hiervan, omdat dit een directe link heeft met 'Parkeercapaciteit'. Verder is de haalbaarheid vaak in lijn met de behoefte. Bij onderwerpen waar dat niet zo is, bv. "Parkeren op eigen terrein" en "Parkeervergunning", heeft dit te maken met een hoge dan wel lage dataverzamelinspanning.



Figuur 2: Uiteindelijke prioriteit van parkeeronderwerpen, onderwerpen rechtsboven in het groene vlak hebben de hoogste prioriteit, onderwerpen met een groene stip komen ook aan bod omdat ze een link hebben met de onderwerpen in het groene vlak.

2.2 Ketens en hubs

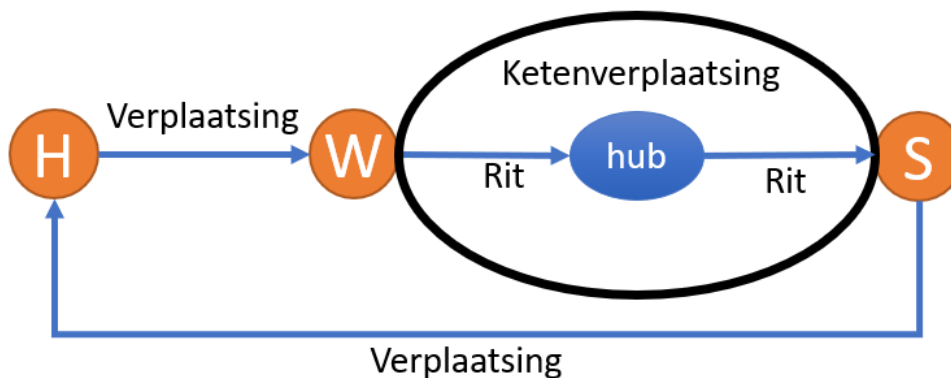
Om de definitie van ketens te kunnen geven is de definitie van een verplaatsing (ofwel trips), een rit (ofwel leg) en een tour nodig (zie Figuur 3):

Datum
8 april 2021

Blad
9/75

- Verplaatsing (trip): een verplaatsing van de ene activiteit naar de andere activiteit, gekoppeld aan één motief.
- Rit (leg): een gedeelte van een verplaatsing waar 1 modaliteit is gebruikt tussen twee zones of haltes. Een verplaatsing kan uit meerdere ritten bestaan
- Tour: combinatie van verplaatsingen die thuis beginnen en eindigen. In onderstaande figuur is bijvoorbeeld een tour van huis (H) naar werk (W), via school (S) en weer terug naar huis (H) weergegeven.

Een ketenverplaatsing is een verplaatsing met meer dan 1 rit (zie zwarte cirkel in Figuur 3) via een hub. Hubs zijn plekken waar verschillende vormen van vervoer samenkomen. In Urban Tools Next II ligt de focus op hubs die extra voorzieningen, activiteiten of meerdere vervoerwijzen in combinatie met deelsystemen aanbieden.



Figuur 3 Schematische weergave van een Home-Work-School-Home tour met verplaatsingen, waaronder een ketenverplaatsing met ritten via een, hub

De volgende 6 aspecten bleken relevant in dit thema (geordend naar prioriteit zoals bepaald in het projectgroepoverleg):

- Hubs+deelmobiliteit: deelconcepten die op een hub worden aangeboden.
- Beschikbare deelmobiliteit: het aantal deel-vervoermiddelen dat op een bepaald moment in de dag beschikbaar is.
- Park & walk & micro: parkeren op afstand van de bestemming de last-mile lopend of met een micromodaliteit afleggen. Park & bike valt hier ook onder.
- Hub-faciliteitniveau: de hoeveelheid en diversiteit aan faciliteiten die beschikbaar zijn op een hub.
- Reistijdbetrouwbaarheid: de spreiding van de reistijd van een verplaatsing. Dit dekt dus ook de betrouwbaarheid van het overstappen tussen ritten.
- Logistieke distributie hubs: de aanwezigheid van logistieke faciliteiten (e.g. pakketdistributie) op de hub

Figuur 4 laat zien welke vragen er zijn met betrekking tot bovenstaande aspecten. De paragraaf over Parkeren beschrijft hoe dit kan worden gelezen.

Datum
8 april 2021

Blad
10/75

	Score	Overstapweerstand	Nieuwe modaliteiten	Bestemmingskeuze	Vervoerswijzekeuze	Reisketens	P-restcapaciteit (t)	OV gebruik	Doorstroming
Hubs + deelmobiliteit	1.8				o	o	o	o	
Beschikbare deelmob.	3.0	o	o			o	o		
Park&walkµ	3.2					o			
Hub-faciliteitniveau	3.2	o		o	o	o	o	o	
Reistijdbetrouwbaarheid	4.5	o		o	o	o			
Logistieke distributie hubs	5.3						o		o
		Reizigerskenm.		Keuzemodellen		Toedeling			

Figuur 4: Koppeling tussen te simuleren keten- en hub-maatregelen en effecten

Het heeft de voorkeur het modelleren van ketens in te richten vergelijkbaar met het modelleren van OV nu: een hoofdmodaliteit met voor- en natransport. Ook bij de auto is dit wenselijk.

De uiteindelijke prioriteit per onderwerp is geplot in Figuur 5. De meeste aandacht zal uitgaan naar de onderwerpen in het kwadrant rechtsboven. Park & walk & micro wordt ook behandeld in het thema parkeren en heeft daardoor een hogere haalbaarheid. De hub-faciliteiten zullen wel worden meegenomen maar het is onduidelijk of er voldoende data beschikbaar is over bestaande hubs. Hierdoor heeft deze een lagere haalbaarheid.

Datum
8 april 2021

Blad
11/75



Figuur 5: Uiteindelijke prioriteit van keten- en hub-onderwerpen, onderwerpen rechtsboven in het groene vlak hebben de hoogste prioriteit.

2.3 Nieuwe mobiliteitsconcepten

Nieuwe mobiliteitsconcepten zijn gedefinieerd als vervoerwijzen met een nieuwe vorm van aandrijving (bijv. elektrisch), besturing (geautomatiseerd), bezit (bijv. deelfiets) of gebruik (bijv. Uber). Hierbij ligt de focus op personenvervoer. In Hoofdstuk 3 wordt in meer detail toegelicht welke nieuwe mobiliteitsconcepten zijn gekozen.

De volgende 7 maatregelen kwamen naar voren uit de interviews (geordend naar prioriteit zoals bepaald in het projectgroepoverleg):

- Deelmobiliteit: de beschikbaarheid van deelconcepten, zowel de concepten waar bezit wordt gedeeld als waar ritten worden gedeeld met anderen.
- Taxi: de beschikbaarheid van taxi's op een locatie.
- MaaS-abonnement bezit: de verdeling van MaaS-abonnementen onder reizigers.
- E-bike: de verdeling van E-bikes onder reizigers.
- Micromodaliteiten: beschikbaarheid van vervoersconcepten voor de first- en last-mile (e.g. stepjes, deelfietsen).

Datum
8 april 2021

Blad
12/75

- Kostenstructuur: de kosten van het gebruik van een vervoersdienst, inclusief verschillende abonnement structuren.
- Geautomatiseerde voertuigen: voertuigen die zelf (een deel van) de bestuurderstaken uitvoeren.

Figuur 6 laat zien in welke maatregel-effect combinaties de vragen voorkomen. De paragraaf over Parkeren beschrijft hoe dit kan worden gelezen. MaaS is niet in deze figuur opgenomen, maar kan grotendeels worden gezien als overkoepelende concept waarbij meerdere maatregelen worden gecombineerd.

	Score	Autobeit	Overstapweerstand	Relstijowaardering	Bestemmingskeuze	Vervoerswijzekeuze	Vertrektijdskeuze	Opstelcapaciteit	P-restcapaciteit (t)	OV gebruik	Doorstroming	Publieke ruimte
Deelmobiliteit	1.8	o				o	o		o		o	o
Taxi	3.5					o		o	o			o
MaaS abonnement bezit	3.8	o	o		o	o				o		o
E-bike	3.9					o						
Micromodaliteiten	4.1		o			o		o		o	o	o
Kostenstructuur	4.8	o	o		o	o		o	o	o		
Autom. voertuigen	6.2	o		o			o			o	o	o
		Reizigerskenm.		Keuzemodellen			Toedeling			Overig		

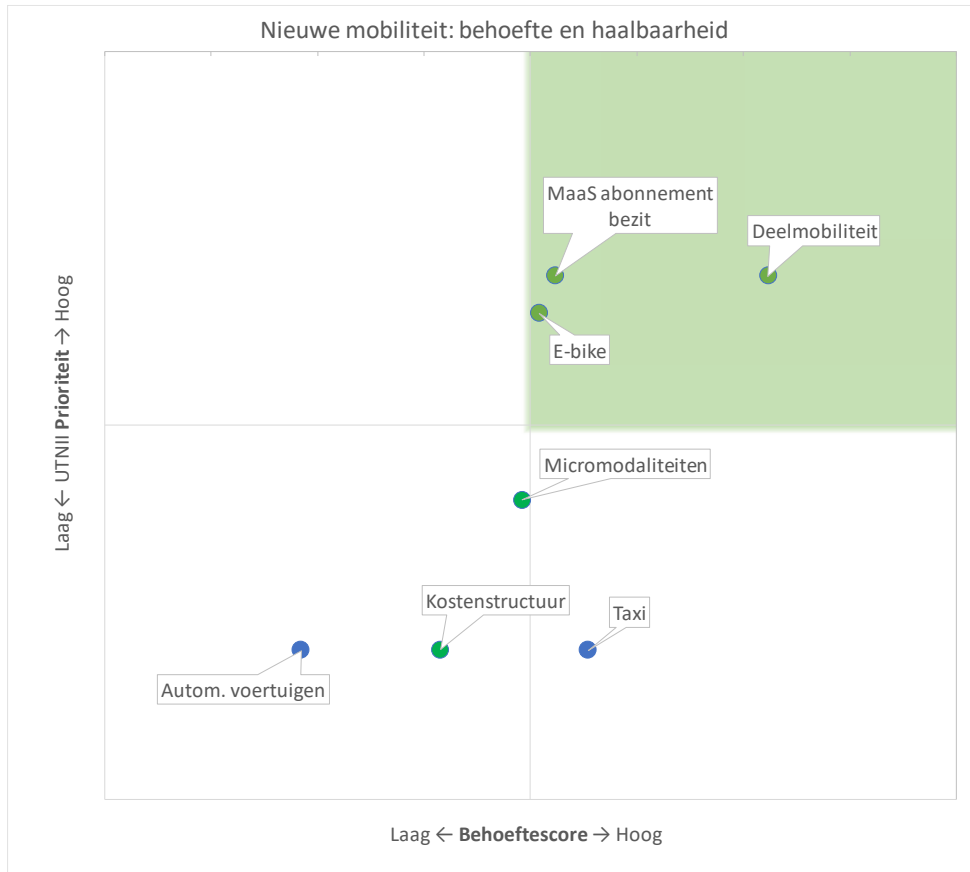
Figuur 6: Koppeling tussen te simuleren nieuwe mobiliteit maatregelen en effecten

Uit de discussie tijdens het projectgroepoverleg volgde dat er een sterke behoefte is om te bepalen welke reizigers geïnteresseerd zijn in het gebruik van deelmobiliteit. Qua nieuwe vervoerwijzen is de interesse ook het grootst in (deel)concepten die ingezet kunnen worden in MaaS-ketenverplaatsingen. Micromobiliteit (onder andere e-stepjes) is daarmee dus wel relevant, maar er is minder interesse in hyperloops en drones.

Figuur 7 laat de prioriteiten zien. Alhoewel "Taxi" een relatief hoge behoefte genoot, is hier weinig aandacht aan gegeven door de hoge inspanning die hiervoor nodig is.

Datum
8 april 2021

Blad
13/75



Figuur 7: Uiteindelijke prioriteit van nieuwe mobiliteits-onderwerpen, onderwerpen rechtsboven in het groene vlak hebben de hoogste prioriteit. Onderwerpen met een groene stip komen ook aan bod omdat ze een link hebben met de onderwerpen in het groene vlak

3 Modeluitgangspunten

Datum
8 april 2021

Blad
14/75

Dit hoofdstuk beschrijft de modeluitgangspunten, deels afkomstig uit het V-MRDH.

Basisjaar en prognosejaar: Het basisjaar is 2016 en het prognosejaar is 2030.

Tijdsperiodes: Feathers is een 24 uren model voor een gemiddelde werkdag. Voor het berekenen van de level-of-service en de toedelingen worden drie dagdelen onderscheiden:

- Ochtendspits (7.00-9.00)
- Avondspits (16.00-18.00 uur)
- Restdag

Zonering

De gebiedsindeling uit het V-MRDH wordt overgenomen (zie Figuur 8):

- Studiegebied: lichtblauwe gebied, MRDH-gebied
- Invloedsgebied: groene gebied, gebied net buiten de MRDH.
- Buitengebied: lichtgroen, samenvoeging gemeente-, LMS-, "samenvoeging gemeenten"- en COROP-buitengebieden

Het studiegebied en invloedsgebied worden gezamenlijk het modelgebied genoemd. Het buitengebied wordt extern gebied genoemd.

In het V-MRDH zijn aparte dummyzones opgenomen voor grote parkeergarages en P+R-locaties. In Urban Tools Next worden alle hubs (P+R, park & bike, park & walk) als dummy zone gemodelleerd. Hubs in het OV-netwerk (stations/haltes) zijn een uitzondering hierop. Deze worden als OV-knoop gemodelleerd.

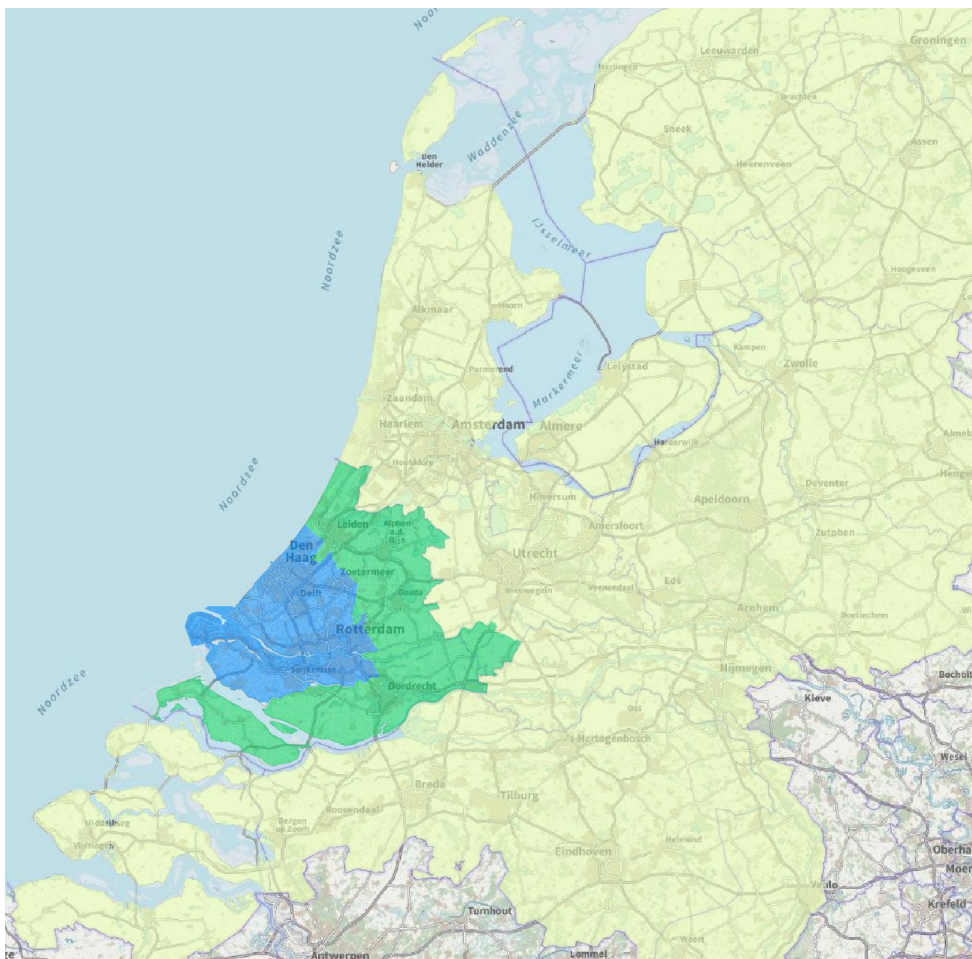
Netwerk: Het netwerk is identiek aan het netwerk in het V-MRDH 2.6. Het V-MRDH heeft een apart netwerk voor de auto en voor fiets-OV. Uiteindelijk is een volledig multimodaal netwerk wenselijk, maar dat valt buiten de scope van Urban Tools Next II.

Activiteitentypes

De volgende activiteitentypes worden onderscheiden: Huis, Werk, Zakelijk, Afhalen/brengen personen, Onderwijs volgen, Winkelen, Overig. Deze activiteiten zijn vergelijkbaar met "motieven" in klassieke modellen.

Datum
8 april 2021

Blad
15/75



Figuur 8: Zoning (bron: Verkeersmodel V-MRDH 2.0). Lichtblauw: studiegebied; groen: invloedsgebied; lichtgeel: buitengebied.

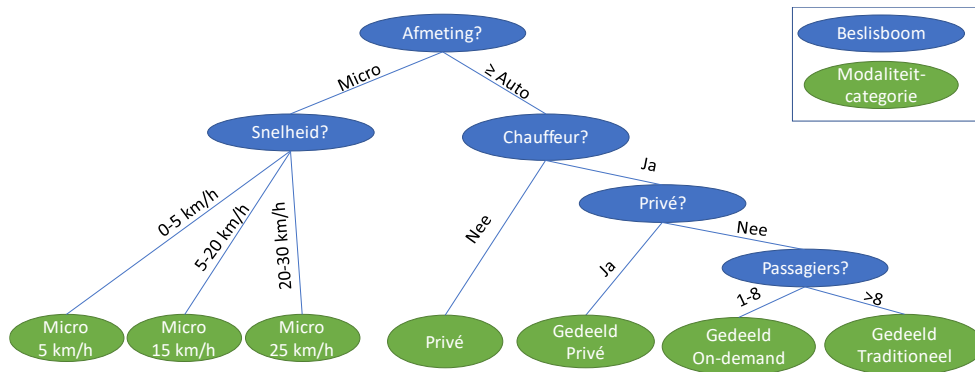
Hoofdmodaliteiten

Nieuwe mobiliteitsconcepten zijn gedefinieerd als vervoerwijzen met een nieuwe vorm van aandrijving (e.g. elektrisch), besturen (geautomatiseerd), bezit (e.g. deelfiets) of gebruik (e.g. Uber). Hierbij ligt de focus op personenvervoer. Vrachtverkeer is exogeen uit het V-MRDH overgenomen. Omdat het niet mogelijk is om elk nieuw concept vooraf te definiëren, is een categorisering gemaakt die is samengevat in Figuur 9. In totaal zijn er 7 categorieën gedefinieerd waarvan er 4 categorieën zijn die opgesplitst kunnen worden in eigen voertuigbezit of deelmobiliteit. Dit gaat om micro15, micro25 en privé en gedeeld⁴ privé. Onder de figuur is toegelicht hoe deze categorisering tot stand is gekomen.

⁴ Gedeeld verwijst hier naar het delen van een voertuig met één of meerdere andere personen.

Datum
8 april 2021

Blad
16/75



Figuur 9: Overzicht nieuwe modaliteiten

Om tot bovenstaande categorieën te komen zijn de volgende kenmerken van vervoersconcepten beschouwd:

- Snelheid – de gemiddelde snelheid van het vervoersconcept.
- Gewicht – het gemiddelde gewicht van het vervoersconcept.
- Omvang – de ruimte die het vervoersconcept inneemt.
- Individueel of collectief: of het vervoersconcept bedoeld is voor het vervoer van een persoon of voor groepen willekeurige personen.
- Mee te nemen in het OV: of het vervoersconcept gemakkelijk kan worden meegenomen in het OV, afgeleid van het gewicht en de omvang.
- Passagierscapaciteit: hoeveel personen de bestuurder kan meenemen in het vervoersconcept

Voor elk van deze categorieën is een lijst met mogelijke waarden gemaakt, zie Tabel 1. Hierbij hebben we ervoor gekozen om de omvang van het vervoerconcept uit te drukken in de omvang per persoon die gebruikmaakt van het vervoerconcept, equivalent aan hoe het verkeer wordt toegedeeld. Een passagier in een volle bus heeft daarmee een pae-waarde van ≤ 0.25 . De waarden van 0,25, 0,5 en 1 zijn indicatief. Het gaat er om dat er vervoerwijzen zijn die heel weinig ruimte per persoon innemen (bijvoorbeeld voetganger); iets meer ruimte per persoon innemen, maar nog steeds minder dan een auto (bijvoorbeeld fiets) en evenveel of meer dan een auto. De definitie van “Individueel of collectief” is dubbel met de definitie van passagierscapaciteit. In plaats daarvan definiëren we een extra categorie voor wie de chauffeur is: zelf (bijvoorbeeld als autobestuurder), of aanwezig (bijvoorbeeld in een bus). Zoals reeds vermeld is de categorie “mee te nemen in het OV” indirect af te leiden uit het gewicht en de omvang van het vervoerconcept.

Tabel 1: Mogelijke waarden per categorie voor categoriseren nieuwe mobiliteitsconcepten

Snelheid	5 km/h	15 km/h	25 km/h	≥ 50 km/h
Gewicht	Micromodaliteit	\geq Auto		
Omvang (per persoon)	≤ 0.25 pae (voetganger)	≤ 0.50 pae (fiets)	≥ 1 pae (auto)	
Passagierscapaciteit	0	1-8	>8	
Chauffeur	Ja (beroepschauffeur)	Nee (zelf rijden)		

Datum
8 april 2021

Blad
17/75

Niet elke mogelijke combinatie van elk van deze categorieën is realistisch. Het is bijvoorbeeld niet de verwachting dat een vervoermiddel met het gewicht en omvang van een stepje 100 km/h zal rijden. Door te kijken naar alle mogelijke combinaties ($4 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2 = 144$) van attributen en deze vervolgens weg te strepen als deze niet waarschijnlijk zijn, kunnen we op een gestructureerde wijze een aantal categorieën van vervoerconcepten overhouden waar alle nieuwe vervoerwijzen onder vallen.

De volgende combinaties van attributen zijn daarbij afgevallen:

1. Een gewicht \geq auto met een snelheid van 5 of 15 km/h. We gaan ervan uit dat dergelijke vervoerconcepten sneller kunnen rijden.⁵
2. Een gewicht \geq auto met een passagierscapaciteit van 0. We gaan ervan uit dat dergelijke vervoerconcepten ten minste 2 personen kunnen vervoeren (bestuurder + 1 passagier).
3. Een gewicht \geq auto met een pae-waarde van 1 of 0.5 en een passagierscapaciteit >8 . We nemen aan dat vervoerconcepten waar meer dan 5 personen in passen een grotere gemiddelde bezettingsgraad hebben dan 2 personen, en daarbij een lagere pae waarde per persoon.
4. Een passagierscapaciteit >8 waarbij geen beroepschauffeur aanwezig is⁶.
5. Micromodaliteit die door een chauffeur wordt bestuurd.
6. Micromodaliteit met een passagierscapaciteit > 1 ⁷.
7. Micromodaliteit met een snelheid van 50 km/h of meer.
8. Micromodaliteit met een omvang van >1 pae.
9. Micromodaliteit met een afmeting van 0.25 pae ("voetganger") met een snelheid groter of gelijk aan 15 km/h. We gaan ervanuit dat iedereen met een vervoermiddel waardoor een hogere snelheid dan lopen gehaald kan worden, altijd meer ruimte inneemt dan een voetganger.
10. Micromodaliteit met een afmeting van 0.50 pae met een snelheid van 5 km/h (dit zou geen verbetering ten opzichte van lopen opleveren).
11. Een passagierscapaciteit van 1-8 zonder chauffeur met een pae-waarde van 0.25. Dit zal altijd minstens 0.5 zijn.
12. Een gewicht \geq auto met pae-waarde lager dan 1 zonder beroepschauffeur.
13. Een pae waarde van 1 met beroepschauffeur.

Er blijven vervolgens nog 11 mogelijke combinaties van attributen over. Alle combinaties van snelheden van 25 km/h en ≥ 50 km/h en verder identieke attribuutwaarden voegen we samen. Dit geeft de volgende 7 combinaties van attributen:

⁵ Automatische shuttles zijn een uitzondering hierop. Deze vallen afhankelijk van de capaciteit in de categorie 'gedeeld on-demand' of 'gedeeld traditioneel'.

⁶ Volledig geautomatiseerd voertuigen zoals shuttles en metro's zijn een voorbeeld waarbij de capaciteit wel groter kan zijn 8 personen en geen beroepschauffeur aanwezig is. Deze vallen in de categorie waar ze ook zouden vallen in de niet geautomatiseerde vorm.

⁷ Tandems en bakfietsen zijn een uitzondering hierop, die buitenbeschouwing zijn gelaten.

Datum
8 april 2021

Blad
18/75

Tabel 2: Overgebleven combinaties van attributen

Snelheid	Gewicht	Omvang	Pax	Chauff.	Omschrijving
5 km/h	Micro	0.25 pae	0	Nee	Micro 5 km/h
15 km/h	Micro	0.50 pae	0	Nee	Micro 15 km/h
25 km/h	Micro	0.50 pae	0	Nee	Micro 25 km/h
25+ km/h	≥ Auto	1 pae	1-4	Nee	Privé
25+ km/h	≥ Auto	0.50 pae	1-4	Ja	Gedeeld privé
25+ km/h	≥ Auto	0.25 pae	1-4	Ja	Gedeeld on-demand
25+ km/h	≥ Auto	0.25 pae	>4	Ja	Gedeeld traditioneel

Let op dat de terminologie “gedeeld” enkel wordt gebruikt voor “ride-sharing”, oftewel het delen van het voertuig met meerdere personen. “Car-sharing”, oftewel het huren van een voertuig of het gebruikmaken van deel-concepten wordt in dit overzicht niet meegenomen, maar kan een eigenschap zijn van één van de modaliteiten zonder beroepschauffeur.

Vrijwel elk realistisch nieuw vervoersconcept kan in een van de zojuist genoemde combinaties worden gemodelleerd. Een naam en voorbeelden van elk van deze combinaties is gegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Categorieën van modaliteitsconcepten en voorbeelden

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

*Op te splitsen in eigen voertuigbezit of deelmobiliteit

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

Dit houdt dus in dat nieuwe mobiliteitsconcepten ingedeeld worden in één van de categorieën waar ze het meest op lijken gegeven de snelheid, gewicht, omvang, passagierscapaciteit en chauffeur-categorieën. De gemiddelde snelheid, kosten, parameters en beschikbaarheid kunnen worden aangepast aan de hand van een verdeling over verschillende vervoerwijzen.

Ook binnen Feathers zullen deze 7 categorieën worden meegenomen in het bepalen van de vervoerwijzekeuze. Een totaaloverzicht van alle nieuwe modaliteiten is weergegeven in Figuur 9.

Elektrificatie en automatisering worden als kenmerk van het voertuig gezien, die de snelheid, parameters uit de nutsfunctie en/of capaciteit beïnvloeden. Daarnaast geldt voor vier modaliteitscategorieën dat deze in een normale vorm en in een deelvorm (voertuigdelen) beschikbaar zijn (micro 15 km/h, micro 25 km/h, privé en

Datum
8 april 2021

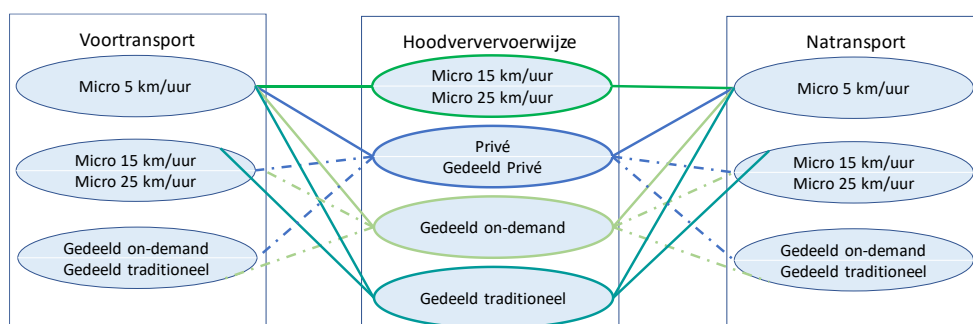
Blad
19/75

gedeeld privé). Voor de deelvorm worden aparte Level Of Service matrices gegenereerd, afhankelijk van waar de deelvorm beschikbaar is. Via de populatiekenmerken wordt doorgegeven of personen een abonnement bezitten voor het gebruik van deelvoertuigen in de betreffende categorie.

Voor- en natransport

In Feathers zijn alleen nog maar de hoofdvervoerwijzen te onderscheiden. De level-of-service matrices die daarvoor worden gebruikt, bevatten wel de voor- en natransport combinaties (geaggregeerd d.m.v. multinomiaal logit model van het V-MRDH). In een aanvullend voor- en natransportkeuzemodel (zie H6) wordt een keuze gemaakt voor voor- en natransport. Het voor- en natransportkeuzemodel kan in principe alle combinaties van vervoerwijzen aan, maar om het aantal te genereren level-of-service-matrices (LOS-matrices) te beperken zijn in Urban Tools Next II alleen de combinaties uit Figuur 10 beschouwd. Afhankelijk van het scenario dat wordt doorgerekend, kunnen sommige combinaties wel of niet worden meegenomen.

In Figuur 10 zijn de hoofdvervoerwijzen weergegeven. Micro 5km/uur is uit de figuur weggelaten, omdat daar geen voor- en natransport bij nodig is. OV-autocombinaties zijn in deze figuur onder OV (gedeeld traditioneel). Voor Privé, Gedeeld Privé en Gedeeld On-demand geldt dat voor deze hoofdvervoerwijzen altijd Micro 5 km/uur als voor- of natransport gekozen moet worden. Als Micro 5 km/uur als voortransport wordt gekozen, mogen alle andere vervoerwijzen als natransport worden gekozen en omgekeerd. Deze keuze is gemaakt om de complexiteit in het genereren van LOS-matrices te beperken. Op deze wijze gaat de verplaatsing namelijk maar via één hub, in plaats van twee. De verschillende voor- en natransport combinaties van OV maken wel gebruik van twee hubs. Die kunnen echter al standaard in de OV-toedeling worden gegenereerd.



Figuur 10: Opties voor- en natransport

4 Populatiegeneratie

Datum
8 april 2021

Blad
20/75

Dit hoofdstuk geeft achtereenvolgens een korte samenvatting van de populatiegenerator die tot nu toe was ontwikkeld voor Urban Tools Next, enkele basisverbeteringen en de wijzigingen die uitgevoerd zijn om parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten beter te kunnen modelleren.

4.1 Huidige situatie populatiegeneratie in Urban Tools Next

De populatie speelt een belangrijke rol in een ABM. Voor iedere inwoner moet voor het basisjaar en prognosejaar niet alleen bekend zijn waar hij/zij woont maar is ook nog een aantal andere persoonlijke kenmerken nodig. De populatiegenerator wordt gebruikt om op basis van CBS-microdata, OViN-data, open data van het kadaster (Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) voor parkeergebieden), data van het RDW (elektrische auto's) en aanvullende gegevens van het V-MRDH een synthetische populatie te genereren voor alle zones (modelgebied en extern gebied). De populatie bevat de volgende kenmerken: `persoons_id`, `zone`, `huishouden_id`, `geslacht`, `herkomst (roots)`, `leeftijdsklasse`, `huishoudsamenstelling`, `huishoudinkomen`, `betaald werk`, `onderwijs`, `studenten_ov`, `stedelijkheidsgraad`, `aantal auto's per huishouden`, `rijbewijsbezit`, `voertuigtype`, `fiets(type)`, `micro modaliteiten (5 km/u, 15 km/u, 25 km/u)` en `toegang tot verschillende soorten deervoertuigen (private, private_shared, shared_on_demand en shared_traditional)`.

De belangrijkste schattingsmethode die is gebruikt om de populatie te genereren, is de IPF-methode, Iterative Proportional Fitting (Choupani, 2016)⁸. Dit is een algoritme om een matrix te schatten als de rij- en kolomtotalen bekend zijn. In het geval van de populatiegenerator gaat het hierbij telkens om twee variabelen die bepaalde relatie met elkaar hebben, waarvan de totalen per zone wel bekend zijn, maar niet de combinatie van deze variabelen. Denk bijvoorbeeld aan de eigenschappen leeftijd en geslacht. Per zone is bekend hoeveel mensen er wonen per leeftijdscategorie en hoeveel mannen en vrouwen in totaal, maar niet hoeveel mannen en vrouwen er zijn per leeftijdscategorie. De IPF-methode gebruikt een achtergrondmatrix als initiële schatting, en voert vervolgens een aantal iteratieve berekeningen uit op de kolommen en rijen totdat de totalen kloppen. De personen worden met behulp van random trekking uit de met de IPF-methode berekende frequentiedistributies gegenereerd.

De uiteindelijke synthetische populatie komt op geaggregeerd niveau per zone (vrijwel) exact overeen met de "echte" populatie maar kan nog wel op detailniveau afwijken. Dus bijvoorbeeld het aantal mannen en vrouwen per zone klopt exact en ook het aantal mensen met een rijbewijs. Ook de verdeling van rijbewijzen over mannen en vrouwen komt overeen. Dit geldt voor alle combinaties van kenmerken,

⁸ Abdoul-Ahad Choupani, Amir Reza Mamdoohi. Population Synthesis Using Iterative Proportional Fitting (IPF): A Review and Future Research. In: Transportation Research Procedia, volume 17, 2016.

Datum
8 april 2021

Blad
21/75

waarvoor informatie over de verdeling beschikbaar is op zone-niveau. Als de informatie alleen beschikbaar is op landelijk niveau, wordt deze gekoppeld aan informatie over geslacht, leeftijd en herkomst en zodoende geschat op zone-niveau. Echter, op individueel persoonsniveau hoeft de combinatie van kenmerken niet overeen te komen.

Voor de populatie van 2030 is de populatie uit 2016 als basis genomen en wordt min of meer een vergelijkbare procedure gevolgd. Bevolkingsgegevens voor 2030 komen van het CBS maar zijn alleen op landelijk niveau beschikbaar. In eerste instantie is het aantal inwoners op het niveau van 2030 gebracht op basis van de prognose van het V-MRDH. De verschillen in de aantallen inwoners per zone tussen 2030 en 2016 zijn opgeteld bij de aantallen uit het basisscenario van 2016. De verdeling van geslacht, leeftijd en herkomst (westers/niet westers) is binnen het CBS als schatting voor 2030 alleen op landelijk niveau bekend. Deze verdeling is gebruikt als basis voor de populatie van 2030. Voor de overige kenmerken is de verdeling grotendeels overgenomen uit het basisjaar, behalve voor: rijbewijsbezit en opleidingsniveau (op basis van trends).

4.2 Basisverbeteringen populatiegenerator

De huishoudkoppeling is op diverse punten verbeterd:

- Correlatie tussen herkomsten binnen een gezin toegevoegd: voorheen kon bijvoorbeeld een kind een andere herkomst hebben dan zijn ouders; dit was niet gekoppeld. Nu worden ouders en kinderen zoveel mogelijk gekoppeld met een gelijke herkomst.
- De stedelijkheidsgraad is verbeterd op basis van berekende dichtheden. De stedelijkheid is voor het toekomstjaar 2030, uitgedrukt in categorieën 1 t/m 6. De methode is gebaseerd op de methode van GM4 (groeimethode 4, uit het LMS/NRM), maar met de aanpassing dat niet alleen de inwoners maar ook de arbeidsplaatsen en de leerling- en studentenplaatsen meegeteld worden bij het bepalen van de dichtheid (totaal aantal per hectare). De categoriegrenzen voor de categorieën zijn zo gekozen dat de frequentieverdeling van de categorieën, vergeleken met oude stedelijkheidsindelingen, voldoet aan ongeveer hetzelfde patroon, waarbij er wel een extra categorie (6) voor zeer hoog stedelijk, bij is gekomen. De methode voor het bepalen van de stedelijkheid wordt uitgebreider beschreven in Bijlage A.

Het voertuigbezit is verbeterd:

- Het voertuigbezit is nauwkeuriger geworden door het te koppelen aan personen in plaats van aan huishoudens, met verdeling per geslacht/leeftijdscategorie en herkomst. Het aantal voertuigen per persoon wordt ook toegekend aan een huishouden en de huishoudleden hebben wel/geen rijbewijs.
- De trend in afname/toename per leeftijdscategorie is doorgetrokken (uit CBS-microdata, 2010-2019; bevolkingsprognoses).
- Het aantal voertuigen is gefilterd op natuurlijk persoon. De overige categorieën (rechtspersoon/handelaar/importeur/erkend bedrijf) worden niet meer meegenomen. Vervolgens zijn de voertuigtypes gedifferentieerd naar type voertuig, voertuigleeftijd (ouder dan 25 jaar is verwijderd omdat deze vrijwel niet

Datum
8 april 2021

Blad
22/75

rondrijden tijdens een gemiddelde werkdag) en particulier bezit. (uit de CBS-microdata).

- Bij de voertuigtypes is de brandstofsoort toegevoegd uit CBS-microdata). Hierbij zijn de volgende brandstofsoorten gebruikt: benzine, diesel, hybride, LPG, elektrisch, anders.
- Er is een voertuigbezitsmodel ontwikkeld (zie Bijlage C) om de verandering in voertuigbezit als gevolg van een hogere of lagere parkeercapaciteit te kunnen berekenen.

De toekomstpopulatie van 2030 voor het Urban Tools Next 2 project is gegenereerd met behulp van dezelfde software als de populatie voor het basisjaar (2016), met aangepaste inputbestanden. De input is niet aangepast per regio (wegens gebrek aan informatie). De aangepaste inputbestanden en de aannames die we gedaan hebben, staan hieronder:

- Aantal inwoners per MRDH-zone:
 - Toename uit V-MRDH 2.6 2030 Hoog per zone.
 - Nieuwe inwoneraantallen (per zone): (V-MRDH 2030 – V-MRDH 2016) + ABM 2016
 - Het V-MRDH-model geeft een schatting van de verandering op zone-niveau (het CBS niet). Door als basis de ABM-aantallen te gebruiken, is de consistentie met de CBS-data beter.
 - Aantal inwoners 2016: 17.077.071 Aantal inwoners 2030: 18.236.300
- Leeftijdsverdeling, geslacht en herkomst:
Afgeleid uit prognose van CBS (StatLine). Per zone aangepast volgens de landelijke verdeling.
- Aantal huishoudens (1 persoons hh, hh zonder kinderen, hh met kinderen):
Per zone is het aantal huishoudens (per type) vermenigvuldigd met de factor waarmee het inwoneraantal van 2030 is veranderd t.o.v. 2016 (afgerond op gehele aantallen).
- Rijbewijsbezit:
groeipercentage per leeftijdscategorie 1985 -> 2014 (uit: 'de auto is van ons allemaal', Marie-José Olde Kalter) doorgetrokken naar 2030, afgetopt op max. 95% per leeftijdscategorie. Rijbewijsbezit 2016 62% => 2030 67%
- Aantal voertuigen per zone:
Het aantal voertuigen per zone voor het toekomstjaar is evenredig toegenomen c.q. afgenomen met de groei van het aantal inwoners in de zone. Dus per zone is het aantal voertuigen per 1000 inwoners gelijk gebleven. Daar waar in het basisjaar geen inwoners waren en in het toekomstjaar wel, is het landelijk gemiddelde aantal voertuigen per 1000 inwoners aangehouden. In de aangepaste toekomstscenario's is het nieuw ontwikkelde voertuigbezitsmodel (zie Bijlage C) toegepast om in een aantal zones de verandering in voertuigbezit uit te rekenen. Op basis van de lagere parkeernorm en daaruit voortvloeiende reductie in aantallen parkeerplaatsen (POET) is een reductie in voertuigbezit uitgerekend en in de populatie doorgevoerd.

Datum
8 april 2021

Blad
23/75

- **Educatie (opleidingsniveau):**
Groeipercentage uit opleidingsniveau in Rotterdam en Nederland van 2008-2017 doorgetrokken met een gemiddeld groeipercentage naar 2030. (Feitenkaart Opleidingsniveau Rotterdam op gebieds- en buurniveau 2017)
- **Voertuigtype/brandstof:**
De verdeling over verschillende brandstoftypen (benzine/ diesel/ hybride/ LPG/ elektrisch/ anders) voor personenauto's is geschat voor 2030 op basis van aantallen uit het verleden (2014 t/m 2019) uit de CBS-microdata en de geschatte veranderingen voor elk volgend toekomstjaar op basis van het verleden en aannames over de nieuw aangekochte voertuigen. Zo is per bouwjaar nagegaan welk deel hiervan verdwijnt voor het volgende jaar, en hoeveel nieuwe voertuigen erbij komen. Het aantal nieuwe voertuigen per jaar is constant gehouden op 400.000, wat ongeveer gelijk is aan het gemiddelde van de voorgaande jaren. Van de nieuwe voertuigen is een verdeling aangenomen over de brandstoftypes, waarbij het aandeel elektrisch (nieuw aangeschaft) steeds hoger wordt (aangenomen is dat dit percentage oploopt van 7% in 2019 tot 82% in 2030) en de overige brandstoftypes langzaam afnemen. De resulterende verdeling over de brandstoftypen in 2030 (en vergelijking met 2016) over alle bouwjaar is dan als volgt:

Tabel 4: Verdeling brandstoftypes

	2016	2030
Aandeel benzine	79,0%	58,0%
Aandeel diesel	16,3%	10,1%
Aandeel hybride	2,6%	5,3%
Aandeel volledig elektrisch	0,0%	25,8%
Aandeel lpg	1,9%	0,7%
Aandeel anders	0,1%	0,2%

Vervolgens is deze verdeling toegekend aan de matrix van de bevolking met geslacht/leeftijd/herkomst met behulp van de IPF-methode en de matrix uit 2016 als basis. De brandstoftypes kunnen voor diverse doeleinden worden gebruikt, zoals het bepalen van emissies en het bepalen van variabele autokosten. In Urban Tools Next II is echter verondersteld dat de autokosten gelijk zijn voor alle voertuigen.

- **Fietstype:**
Er is een verdeling over normale fietsen en elektrische fietsen gemaakt en doorgetrokken naar 2030. In de paragraaf over Nieuwe mobiliteitsconcepten in dit hoofdstuk wordt dit verder toegelicht.

Datum
8 april 2021

Blad
24/75

- Nieuwe deelmodus (cat. 1 t/m 7):
Er zijn 7 nieuwe deelmodi toegevoegd: micro_5, micro_15, micro_25, private, private_shared, shared_on_demand and shared_traditional. De input is niet uit data geschat maar als scenario input bepaald.

4.3 Parkeren aan de woonzijde

Parkeerbeleid is aan de woningzijde van invloed op het autobezit. In Bijlage B is beschreven hoe het aantal openbare parkeerplaatsen (op de straat en in parkeergarages) en het aantal parkeerplaatsen op eigen terrein is bepaald. Er is een voertuigbezitsmodel ontwikkeld om het autobezit in de populatiegenerator nauwkeuriger te maken en te kunnen schatten voor veranderde (toekomst)variabelen. Het is voor wat betreft parkeren afhankelijk gemaakt van de parkeercapaciteit aan de woonkant en de parkeertarieven. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het totaal aantal voertuigen per zone in de populatie van 2016 (uit de CBS-microdata), het aantal openbare parkeerplaatsen in een zone, het aantal parkeerplaatsen op eigen terrein. De kosten voor parkeervergunningen zijn niet meegenomen omdat die data niet op een hanteerbare manier beschikbaar is via het NPR. Uit de situatie in 2016 is een verband afgeleid tussen deze factoren en het autobezit, met regressieanalyse. Voor de populatie in 2030 is dit verband toegepast om het veranderde autobezit te bepalen. Het ontwikkelde voertuigbezitsmodel wordt uitgebreider beschreven in Bijlage C.

4.4 Parkeren aan de bestemmingszijde

Het aantal parkeerplaatsen bij een bestemming beïnvloedt ook het mobiliteitsgedrag. Echter, dit is geen eigenschap van de populatie, maar is meegenomen bij de bestemmingskeuze, vervoerwijzekeuze en de toedeling.

Tabel 5 geeft aan een overzicht van parkeren bij de woning en parkeren bij de bestemming. Parkeren bij de woning heeft direct betrekking op eigenschappen van de populatie, terwijl parkeren bij de bestemming betrekking heeft op bestemmingskeuze, vervoerwijzekeuze en parkeerlocatiekeuze. Dat wordt in hoofdstuk 5 en 7 verder toegelicht.

Datum
8 april 2021

Blad
25/75

Tabel 5: Onderscheid Parkeren naar herkomst en bestemming

Aspect	Data	Bij woning	Bij bestemming
Parkeer-capaciteit	B: Via diverse bronnen (BGT, NPR, parkeernormen) data verzamelen. T: Scenario-input	Invloed op autobezit.	Gekoppeld aan bestemmings-, modaliteits- en parkeerlocatiekeuze
Parkeer-normen	Indirect effect op parkeer capaciteit. n.v.t.		
Parkeer-vergunningen	Geen onderdeel Urban Tools Next II		
Parkeer-tarieven	B: Via diverse BGT en NPR-data verzamelen. T: Scenario-input (procentuele verandering)	Invloed op autobezit.	Gekoppeld aan bestemmings- en modaliteitskeuze
Fietsparkeer-capaciteit	Geen onderdeel Urban Tools Next II		

B: = basisjaar; T:= toekomstjaar

4.5 Ketens en hubs

Hubs kunnen in de toekomst een andere/grotere populatie mensen aantrekken en invloed hebben op het voertuigbezit. Factoren die dit beïnvloeden: afstand tot de hub, aantal beschikbare modes, faciliteiten bij de hub, lifestyle. In Urban Tools Next II is dit echter buiten beschouwing gelaten.

4.6 Nieuwe mobiliteitsconcepten

Nieuwe mobiliteitsconcepten leiden mogelijk tot andere keuzes ten aanzien van voertuigbezit en het bezit van MaaS-abonnementen. Het bezit van auto's, (E)-fietsen en MaaS-abonnementen is daarom aan de populatie toegevoegd. De invloed van parkeerbeleid (bijvoorbeeld autoluwe gebieden en lagere parkeernormen) op het bezit van MaaS-abonnementen is buiten beschouwing gelaten.

MaaS-abonnementen

Het is mogelijk om het bezit van MaaS-abonnementen, elektrische fietsen en auto's en automatische auto's modelmatig te bepalen. Hiervoor is echter wel inzicht in hoe een MaaS abonnement er echt uit komt te zien, welke kosten, welke bundels etc. O In Urban Tools Next II is echter een vereenvoudigde aanpak gevolgd door abonnementen als scenario-input mee te nemen. Voor de zeven hoofdvervoerwijzen kan worden opgegeven hoeveel procent een abonnement heeft op iedere hoofdvervoerwijze. De abonnementen zijn vervolgens random toegekend

aan de personen. Hierbij is in Urban Tools Next II geen onderscheid gemaakt naar leeftijd/geslacht/herkomst, maar dit is in principe wel mogelijk.

Datum
8 april 2021

Blad
26/75

E-Bikes

Voor zowel het basisjaar- als het toekomstjaar is een schatting van het fiets- en e-bikebezit (micro 15/25 km/uur) toegevoegd op basis van diverse databronnen. In de CBS-microdata is (nog) geen beschikbaar informatie over E-Bikes. Daarom is op basis van andere informatiebronnen het aantal E-bikes bepaald op landelijk niveau, gekoppeld aan leeftijd, geslacht en herkomst. Door gebrek aan informatie kon dit niet gekoppeld worden aan eigenschappen van een zone, zoals stedelijkheidsgraad, maar wel indirect via de eigenschappen van een persoon (leeftijd, herkomst en geslacht). Gebruikte bronnen zijn fietsplatform.nl, recente CBS onderzoeken, het OViN/ODiN, diverse onderzoeken van het KiM (o.a., 'Cycling and walking: the grease in our mobility chain', 'Cycling Facts Netherlands Institute for Transport Policy Analysis | KiM') en kennisplatform CROW. Voor prognosejaren is e-bikebezit als scenario-input meegenomen, door een tabel met (toegenomen) e-bike-bezit gerelateerd aan leeftijd, geslacht en herkomst (zie rapport D).

N.B. In het model wordt maar 1 fiets per persoon gebruikt; indien een persoon een of meerdere gewone fietsen en een elektrische fiets heeft, wordt alleen de elektrische fiets aangegeven.

Automatische voertuigen

Voor automatische voertuigen is het niveau van automatisering (niveau 0 t/m 5) en het communicatieniveau (autonoom of coöperatief) van belang. Dit kan als scenario-input in de populatiegenerator worden meegenomen en eventueel doorwerken via een lagere value of time in de vervoerwijzekeuze en hogere capaciteit in de toedeling. In Urban Tools Next is dit echter vanwege de late prioriteit (zie Figuur 7) buiten beschouwing gelaten.

Aanbevelingen

In dit project zijn veel verbeteringen die vooraf waren voorgesteld, gerealiseerd. Hieronder zijn enkele aanbevelingen voor verdere verbetering opgenomen:

- 1) MaaS-abonnementen toevoegen als eigenschap van personen in de populatie en het bepalen van de invloed van abonnementen op autobezit;
- 2) Methodische verbeteringen in de populatiegenerator door beter om te gaan met afrondingen van kleine getallen; meer dimensie toe te voegen dan leeftijd, geslacht, herkomst + 1 aanvullende variabele; correlatie tussen leeftijden binnen een gezin verfijnen en de huishoudkoppeling te verbeteren;
- 3) Methode verder automatiseren om makkelijker toekomstpopulaties te genereren;
- 4) Verbeteren van de koppeling tussen postcode-4 gebieden (niveau waarop veel data beschikbaar is) en V-MRDH zones. Dit gebeurt nu op basis van zwaartepunten, maar kan beter op basis van 2D doorsnijdingen (intersections) en dan op basis van percentages overlap of nog beter op basis van percentages van de aantallen adressen. Dit kan op basis van de BAG-adresdata.

5 Feathers

Datum
8 april 2021

Blad
27/75

Ook het Feathers basismodel uit Urban Tools Next is uitgebreid en verbeterd. De belangrijkste aanpassingen worden hieronder weergegeven:

5.1 Feathers 4

Voor Urban Tools Next I werd gebruik gemaakt van Feathers 3. Feathers 3 was in Python geïmplementeerd en maakt intern hoofdzakelijk gebruik van beslissingsbomen. Enkel voor locatiekeuze en modale keuze maakt Feathers 3 gebruik van discrete keuzemodellen. Voor Urban Tools Next II is overgeschakeld op Feathers 4. Feathers 4 is een volledige herimplementatie van het model waarbij alle keuzes in de vorm van discrete keuzemodellen werden geïmplementeerd. Net zoals in Feathers 3 wordt de consistentie van de gemodelleerde keuzes in tijd en ruimte gegarandeerd. De keuze voor deze multinomial logit modellen maakt de gemodelleerde keuzes inzichtelijker en laat ook makkelijker toe om desgewenst expert opinion in het model in te brengen.

Bij de Feathers 4 implementatie is extra nadruk gelegd op de rekensnelheid van het model. Daarom is overgeschakeld naar een implementatie in C, wat intrinsiek leidt tot snellere code dan Python. Om eveneens optimaal gebruik te kunnen maken van de hedendaagse computerarchitecturen (multi-core processoren) zijn in Feathers 4 een aantal functionaliteiten ingebouwd die toelaten om de simulatie in meerdere, parallelle rekentaken op te delen en zo de doorlooptijd van een simulatie te verkorten.

Feathers 4 bevat geen eigen component om de schatting van de modellen uit te voeren. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van Biogeme⁹, een state-of-the-art open source pakket voor de schatting van parametrische modellen. Feathers 4 kan de gegevens die Biogeme gebruikt om de modellen te schatten exporteren, waarna de schatting door Biogeme wordt uitgevoerd. Vervolgens converteert Feathers 4 het bekomen Biogeme model automatisch naar C-code die, na compilatie, in de Feathers simulatieruns gebruikt wordt. Deze werkwijze (automatisering) verkleint de kans op fouten en maakt het aanpassen van (sub-)modellen in Feathers efficiënter. Tegelijkertijd wordt op deze wijze de snelheidswinst die geboekt werd bij de overgang van Python naar C behouden.

5.2 Activiteitenkeuze

Dit onderdeel blijft onveranderd. Extra voorzieningen of faciliteiten kunnen tot activiteiten zoals winkelen op hubs leiden. Indien het voorzieningenniveau dusdanig omhoog gaat dat het wel aantrekkelijk wordt om speciaal voor bepaalde activiteiten daarheen te reizen, kan een dergelijke locatie als aparte zone worden gemodelleerd (bijvoorbeeld Hoog-Catharijne of nieuwe grote hubs) waarbij personen er voor

⁹ <https://biogeme.epfl.ch/>

kunnen kiezen om de activiteiten in de nieuwe zone uit te voeren in plaats van elders.

5.3 Bestemmingskeuze

Het Feathers basismodel uit Urban Tools Next I bevat een bestemmingskeuzemodel waarbij rekening wordt gehouden met het motief. Echter, het schatten van het model verloopt moeizaam omdat er meer dan 7000 zones beschouwd worden in het model, waardoor de datasets erg groot zijn, het schattingsproces traag verloopt en een goede modelfit niet gemakkelijk bereikt wordt. Om beter het hoofd te kunnen bieden aan deze uitdagingen is er in Urban Tools Next II voor gekozen om over te gaan van één bestemmingskeuzemodel waarin het motief als variabele gebruikt wordt naar meerdere bestemmingskeuzemodellen specifiek voor groepen van motieven. Vier groepen van motieven zijn gedefinieerd en voor elk van deze groepen is een apart bestemmingskeuzemodel met een eigen set relevante variabelen geschat. De motieven zijn als volgt gegroepeerd: groep 23: motieven werk (2) en zakelijk (3), groep 5: motief school (5), groep 6: motief shoppen (6), en groep 47: motieven brengen/halen (4) en de overige motieven (7). Het motief thuis (1) wordt buiten beschouwing gelaten bij het bestemmingskeuzemodel omdat de thuislocatie een kenmerk van het huishouden is.

Feathers maakt gebruik van discrete keuzemodellen om opeenvolgend (geen geneste structuur) de keuze van bestemming, vervoerwijze en tijdstip van de dag te bepalen. Daar de aantrekkelijkheid van een bestemming beïnvloed kan worden door later gemaakte keuzes (bijvoorbeeld door het vervoermiddel dat in de daaropvolgende vervoerwijzekeuze gekozen wordt en door het tijdstip van de dag waarop de verplaatsing gemaakt wordt) wordt in de literatuur vaak gebruik gemaakt van het logsum concept. Gelet op het feit dat het gecombineerd aantal alternatieven voor bestemming, mode en tijdstip erg groot is, kan het aantal raadplegingen van level of servicewaarden tijdens een simulatie oplopen tot 10^{12} bij een naïeve implementatie van de logsum. Gelet op de te verwachten explosie van de rekentijd is een vereenvoudigende, benaderende aanpak gevolgd.

Om de terugkoppeling van de modale keuze, via de reistijd en de reiskosten, naar de bestemmingskeuze in rekening te brengen is er ter vervanging van de logsum voor gekozen om de reistijd (inclusief evt. wachttijd) en de reiskosten voor de twee modi Privé (auto) en Gedeeld Traditioneel (traditioneel OV) als maatgevend voor de bereikbaarheid van de bestemming te hanteren. Daar de reistijden en reiskosten ook afhankelijk kunnen zijn van het tijdstip van de dag is op basis van een eerdere Feathers run gekeken naar de verwachte waarde van de reistijd en de reiskosten: de verdeling van de trips over de verschillende dagdelen is gebruikt als wegingsfactor bij het bepalen van de in rekening te brengen reiskosten en reistijden voor de beschouwde bestemming.

Datum
8 april 2021

Blad
29/75

5.4 Vervoerwijzekeuze

In Feathers zijn 7 hoofdvervoerwijzen (zie hoofdstuk 3) gemodelleerd. De vervoerwijzekeuze vindt per motief plaats. In aanvulling hierop worden in een apart voor- en natransportkeuzemodel (buiten Feathers, zie hoofdstuk 6) verschillende combinaties voor voor- en natransport gemodelleerd.

De hoofdmodaliteiten die door Feathers gemodelleerd worden (zie Figuur 9) bevatten ook nieuwe mobiliteitsconcepten zoals e-steps, e-bikes, gedeelde on-demand mobiliteitsconcepten, etc. Voor een aantal hoofdvervoerwijzen zijn twee specifieke modaliteiten beschikbaar: een gedeelde optie en een niet-gedeelde optie (bv. Micro15_niet gedeeld = de eigen fiets, micro15_gedeeld = een deelfiets). Per hoofdmodaliteit wordt eerst bepaald of er voorkeur is voor gedeeld of niet gedeeld. Vervolgens maakt Feathers op basis van de Level of Service van de 7 hoofdvervoerwijzen een keuze uit die vervoerwijzen.

De keuze voor gedeeld of niet gedeeld hangt af van persoonskenmerken (abonnementsbezit) en infrastructurele kenmerken (beschikbaarheid van gedeelde/niet-gedeelde modaliteiten in deelgebieden). Indien zowel een deelvoertuig als eigen voertuig beschikbaar is en de persoon over een deelabonnement beschikt wordt de optie gekozen met laagste Level of Service (reistijd/-kosten).

Bovenstaand mechanisme laat toe om, hoewel Feathers enkel hoofdmodaliteiten modelleert, scenario's door te rekenen waar nieuwe mobiliteitsconcepten (specifieke modaliteiten) al dan niet beschikbaar zijn op het vlak van zowel infrastructuur als op het persoonsniveau (bezit deelabonnement).

5.5 Level of Service

De Level of Service in Feathers bestaat uit een reeks matrices waarbij voor elke herkomst-bestemming combinatie in deze matrices een serviceniveau wordt bijgehouden. Dit serviceniveau is per gedeelde/niet-gedeelde modaliteit en dagdeel verschillend en wordt uitgedrukt in de reisweerstand, afstand, reistijd (inclusief congestie) en reiskosten. Binnen Feathers worden de Level of Service matrices gebruikt in verschillende discrete keuzemodellen zodat er een invloed bestaat tussen het serviceniveau en de vraaggeneratie.

Om geheugen te sparen bij het omgaan met de Level of Service matrices werd er in het vorige Urban Tools Next I project voor gekozen om de Level of Service te beperken tot afstand en reistijd, en werd enkel de ochtendspitsmatrix beschouwd voor de 8 vervoermiddelen.

In het Urban Tools Next II project zijn de volgende keuzes gemaakt:

- Zoals hierboven beschreven worden in Urban Tools Next II 7 hoofdmodaliteiten beschouwd. Voor sommige van deze hoofdmodaliteiten zijn twee specifieke modaliteiten (gedeeld en niet-gedeeld) beschikbaar. Daar er een verschil kan

Datum
8 april 2021

Blad
30/75

bestaan in de Level of Service voor de gedeelde en de niet-gedeelde modaliteiten worden de Level of Services van deze specifieke modaliteiten apart in Feathers behandeld. Er worden dus 11 specifieke modaliteiten beschouwd (die gegroepeerd zijn in de 7 hoofdmodaliteiten) en voor elk van deze specifieke modaliteiten moeten in Feathers Level of Service matrices worden beheerd.

- Aangezien kosten een belangrijke factor vormen in het keuzegedrag van mensen werden naast de attributen afstand en reistijd ook de reiskosten aan de Level of Service matrices toegevoegd. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld OV-tarieven meegenomen worden in de modellen. Bij het doorrekenen van de impact van veranderingen in bv. verschillende deelmobiliteit services (abonnementen, tarieven) is het een belangrijke meerwaarde dat Feathers ook deze monetaire kosten mee kan nemen in de utiliteitsfuncties van de discrete keuzemodellen. Hiervoor zijn kostenmatrices gegenereerd (zie Hoofdstuk 7) die gebruikt worden binnen Feathers.
- Tot slot zijn de Level of Service matrices voor drie aparte dagdelen ochtend, avond en restdag beschouwd in plaats van deze zoals voorheen te beperken tot de ochtendspits. Hierdoor kunnen de LOS- matrices die beschikbaar zijn in het V-MRDH in Urban Tools Next II gebruikt worden.

Bovenstaande keuzes leiden tot het in het geheugen inlezen van 99 matrices (3 dagdelen * 3 serviceniveaus * 11 vervoerwijzen) met ongeveer 7000 x 7000 cellen elk. Een dergelijke matrix vereist ongeveer 100MB geheugen, wat neerkomt op een geheugengebruik van ongeveer 9GB per Feathers proces¹⁰, wat haalbaar is op moderne infrastructuur.

5.6 Nutsfuncties

Samenhangend met de gebruikte LOS-matrices is in de verschillende discrete keuzemodellen in het Feathers basismodel voorheen enkel rekening gehouden met de weerstanden afstand en reistijd. Door de uitbreiding van de beschikbare Level of Service matrices met de kostprijs kan naast afstand en reistijd ook de monetaire kost in de utiliteitsfuncties in rekening gebracht worden.

Niet alle monetaire kosten die verbonden zijn aan een modaliteit zijn afhankelijk van de herkomst-bestemmingsrelaties in de Level of Service matrices. Zo zijn parkeerkosten bijvoorbeeld kosten die (bestemmings-)zone-specifiek zijn. De parkeerkosten worden in het vervoerwijzekeuzemodel in rekening gebracht gebruikmakend van de parkeertarieven in de bestemmingszone. Dit kan in de toekomst verder verfijnd worden door gebruik te maken van de werkelijke parkeerkosten (afhankelijk van de lengte van de activiteit uit Feathers te combineren met het parkeertarief) in plaats van het parkeertarief. Gelet op de volgorde van de submodellen in Feathers kon dit niet zonder ingrijpende aanpassingen toegevoegd worden en vergt dit verdere analyse.

¹⁰ Bij parallelisatie dient dit cijfer vermenigvuldigd te worden met het aantal parallelle processen aangezien er geen gebruik gemaakt wordt van gedeeld geheugen.

5.7 Externe agenten

Datum

8 april 2021

Blad

31/75

De gebiedsindeling is in het Urban Tools Next II project overgenomen uit het V-MRDH (zie Figuur 8). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het studiegebied, het invloedsgebied en het buitengebied. Het studiegebied en invloedsgebied worden gezamenlijk het modelgebied genoemd. Het buitengebied wordt extern gebied genoemd. Doordat in Feathers, omwille van rekestijden, enkel trips worden gegenereerd voor personen woonachtig in het modelgebied (studiegebied en invloedsgebied), ontbreken er trips van personen uit het buitengebied (het extern gebied). Dit verkeer is uit het V-MRDH geëxtraheerd, evenals het vrachtverkeer.

Daarnaast is gekeken of het mogelijk is om Feathers eenmalig op geheel Nederland toe te passen en de verplaatsingen van de personen uit het buitengebied uit deze Feathers-simulatie te hergebruiken. Initieel stootte deze werkwijze op problemen, waardoor er zoals hierboven vermeld voor geopteerd is om trips van personen uit het buitengebied uit het V-MRDH te extraheren om niet nodeloos vertraging op te lopen. Naar het eind van het project is de run voor geheel Nederland wel succesvol uitgevoerd. Een dergelijke run neemt ongeveer twee dagen in beslag (ter referentie: een run voor het modelgebied vereist 10 uur rekestijd). Indien voor deze aanpak geopteerd wordt, is het nog steeds nodig om het vrachtverkeer uit een ander model te betrekken.

5.8 Aanbevelingen

In het plan van aanpak van Urban Tools Next II waren nog enkele verbetermogelijkheden genoemd, die uiteindelijk niet zijn uitgevoerd omdat andere onderdelen meer prioriteit hadden. In het bijzonder gaat dit om het modelleren van interacties tussen agenten binnen een huishouden en het modelleren van speciale zones zoals ziekenhuizen, universiteiten, etc..

6 Voor- en Natransportkeuzemodel

Datum
8 april 2021

Blad
32/75

In Urban Tools Next I was voor- en natransport van OV in Feathers gemodelleerd. Om in Urban Tools Next II 'Ketens en Hubs' en nieuwe mobiliteitsconcepten beter te kunnen modelleren is besloten om een apart voor- en natransportkeuzemodel te ontwikkelen dat niet alleen voor de hoofdvervoerwijze OV het voor- en natransport bepaalt, maar voor alle hoofdvervoerwijzen kan bepalen welk voor- en natransport gekozen wordt. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om een overstap van de auto (privé) naar een deelfiets (micro 15 km/uur) te modelleren. Figuur 10 in hoofdstuk 3 geeft alle mogelijke combinaties weer.

Het voor- en natransportmodel gebruikt de door Feathers gegenereerde activiteitschema's inclusief gekozen hoofdvervoerwijzen als uitgangspunt en bepaalt voor alle verplaatsingen in een tour het voor- en natransport rekening houdend met een aantal restricties die bijvoorbeeld gericht zijn op beschikbaarheid van vervoerwijzen en consistentie van vervoerwijzekeuze in een tour. Er is geen directe terugkoppeling van het gekozen voor- en natransport naar Feathers.

6.1 Nutsfuncties

Voor iedere verplaatsing van een persoon wordt bepaald wat het nut is van de verschillende voor- en natransportopties passende bij de hoofdvervoerwijze van Feathers. Omdat het aantal multimodale verplaatsingen in OViN/ODiN beperkt is, zeker voor andere hoofdvervoerwijzen dan OV, was het niet mogelijk om alle modelparameters te schatten. In plaats daarvan is er voor gekozen om de nutsfuncties op te stellen op basis van de nutsfuncties voor de hoofdvervoerwijzen uit Feathers.

Het nut van een verplaatsing bestaat uit de volgende elementen:

- Sociaal-demografische kenmerken van de persoon, zoals leeftijd, geslacht, rijbewijsbezit, voertuigbezit, huishoudinkomen, huishoudsamenstelling, opleidingsniveau. Hierbij zijn de parameters voor de hoofdvervoerwijze gebruikt.
- Level-of-Service (LOS: parkeerzoektijd, reistijd (inclusief overstaptijd en wachttijd) en kosten. Een verplaatsing bestaat uit drie ritten (voortransport, hoofdtransport, natransport). Per rit is de LOS van de rit bepaald en gebruik gemaakt van de kosten- en tijdparameters uit Feathers voor de betreffende vervoerwijze. Voor verplaatsingen met OV (Gedeeld Traditioneel) als hoofdvervoerwijze is geen onderscheid gemaakt naar de verschillende ritten in een verplaatsing, maar is integraal de LOS bepaald voor de vier combinaties met micro 5 km/uur en micro 15 km/uur en zijn de kosten- en tijdparameters van OV gebruikt.
- Hubs: voor de overstap bij hubs is transfertijd gerekend. Als wordt overgestapt van een privévoertuig (bijvoorbeeld auto) naar een andere vervoerwijze, is een overstaptijd van 5 minuten per transfer verondersteld. Als wordt overgestapt van/naar Gedeeld Traditioneel (OV) is een overstaptijd van 8 minuten per transfer verondersteld.

Datum
8 april 2021

Blad
33/75

- Voor verplaatsingen met OV waarbij de fiets als voor- en/of natransport wordt gebruikt, is 10 minuten fietsparkeertijd gerekend.
- Vervoerwijze specifieke constante van de hoofdvervoerwijze. Voor verplaatsingen met OV als hoofdvervoerwijze is de vervoerwijze specifieke constante gekalibreerd zodat de verdeling over de verschillende voor- en natransportopties in de buurt komt van de verdeling uit het V-MRDH.
- Error terms: aan de nutsfunctie zijn twee normaal verdeelde error terms toegevoegd, één gekoppeld aan de persoon/vervoerwijze en één gekoppeld aan iedere verplaatsing in een tour. De error terms worden getrokken uit de normale verdelingen (probit).

Indien voor een vervoerwijze zowel een privévoertuig beschikbaar is als een deelvoertuig beschikbaar is, wordt het deelvoertuig gekozen. Beschikbaarheid is gerelateerd aan persoonskenmerken (voertuigbezit of bezit van een abonnement) en beschikbaarheid van een privévoertuig beschikbaar of deelvoertuig voor een bepaalde verplaatsing. Deze regel wijkt af van de Feathers gekozen regel, maar kan eenvoudig aangepast worden naar een andere regel.

6.2 Tours en Restricties

Voor iedere tour die een persoon maakt, wordt een keuzeset gegeneerd door combinaties te maken van alle mogelijke multimodale vervoerwijzen (voortransport-hoofdvervoerwijze-natransport) van alle verplaatsingen in de tour. Hierbij wordt rekening gehouden met de volgende restricties:

- Voertuigbezit (privévoertuig) of bezit abonnement (deelvoertuig)
- Voertuigbeschikbaarheid in de tour. Als een privéauto bijvoorbeeld niet voor de eerste verplaatsing is gekozen, is deze ook niet beschikbaar voor de tweede verplaatsing.
- Privévoertuigen moeten weer thuis terugkeren aan het eind van een tour.
- Gebruik voertuig toegestaan/mogelijk in de herkomst- en bestemmingszone van een verplaatsing.

Het nut van een tour wordt bepaald door het nut van iedere verplaatsing in een tour op te tellen. De tour waarvan het totale nut het hoogst is, wordt gekozen.

7 Toedeling

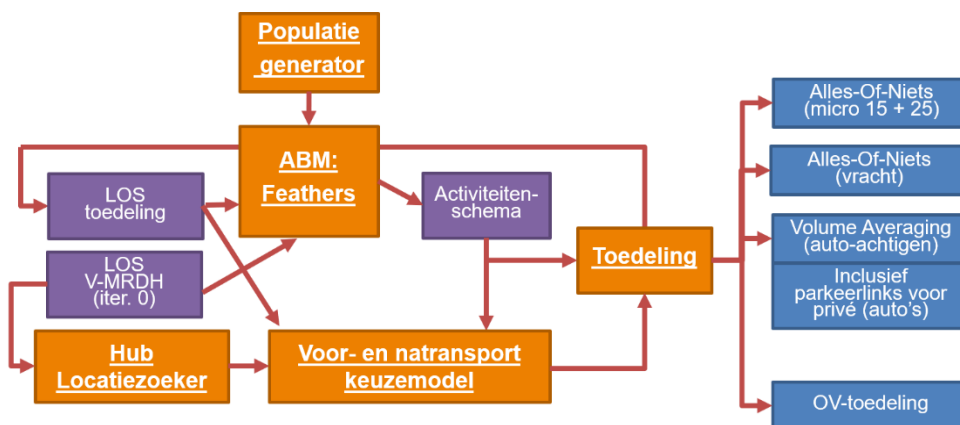
Datum
8 april 2021

Blad
34/75

Dit hoofdstuk beschrijft hoe de toedeling in Urban Tools Next II (en de bijbehorende Level-Of-Service) wordt uitgevoerd, met daarbij ook de gemaakte wijzigingen om parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten te modelleren.

7.1 Algemeen raamwerk

In de toedeling komen de verschillende modules van UTN-II samen. Het totaaloverzicht van de modules binnen UTN-II is weergegeven in Figuur 11.



Figuur 11: Totaaloverzicht modules UTN-II

Binnen de toedeling worden ten eerste de Level of Service matrices gegenereerd. De Level of Service (ook wel skims genoemd) zijn matrices waarmee het serviceniveau tussen twee zones wordt aangegeven. Dit serviceniveau is per modaliteit en dagdeel verschillend en wordt voor Feathers uitgedrukt in afstand, reistijd en kosten. Binnen Feathers worden de Level of Service matrices gebruikt in de keuzemodellen voor het generen van trips, en in de keuzemodellen van het voor- en natransportmodel. Daarnaast dienen deze Level of Service matrices ook als input voor de hublocatiezoeker (zie bladzijde 39).

Voor het openbaar vervoer worden de 4 Level of Service matrices per voor- en natransport optie (lopen-OV-lopen, lopen-OV-fietsen, fietsen-OV-lopen, fietsen-OV-fietsen) met behulp van de gebruikte multinominal logit in het V-MRDH omgezet in één gecombineerde LOS voor gedeeld traditioneel welke wordt gebruikt in Feathers.

De output van Feathers met de gegenereerde activiteitenschema's, aangepast door het voor- en natransportmodel, worden geaggregeerd per vervoerwijze en tijdperiode (ochtendspits, avondspits, restdag) en toegedeeld aan het V-MRDH-netwerk in OmniTRANS:

- Fietsers worden toegedeeld volgens de 'alles of niets'-methode, waarbij 1/3 de kortste reistijd kiest, 1/3 de kortste afstand, en 1/3 op basis van een mix tussen

Datum
8 april 2021

Blad
35/75

deze opties, het onderscheid tussen micro 5 km/h, micro 15 km/h en micro 25 km/h wordt gemaakt door middel van meerdere user-classes.

- Vrachtverkeer (overgenomen uit V-MRDH, niet gemodelleerd met Feathers) wordt toegedeeld volgens de gegeneraliseerde kosten en de ‘alles of niets’-methode zonder kruispuntmodellering.
- Personenauto's worden toegedeeld op basis van 20 capaciteitsafhankelijke iteraties ('volume averaging') en gecombineerd met kruispuntmodellering, parkeerlinks en ketens & hubs, waarbij het onderscheid tussen privé (niet gedeeld en gedeeld), gedeeld privé (gedeeld), gedeeld on-demand (gedeeld) en de verschillende parkeermotieven wordt gemaakt door middel van meerdere user-classes. Vracht wordt daarbij als pre-load meegenomen.
- OV wordt toegedeeld op basis van multirouting, haltekeuze en lijnkeuzemodellen ('Zenith')

De verschillende onderdelen en aanpassingen die in de toedeling en Level of Service generatie zijn gemaakt voor parkeren, ketens & hubs en nieuwe modaliteitsconcepten worden in de volgende secties toegelicht.

7.2 Parkeren

7.2.1 *Park & Walk en parkeercapaciteit*

Het autoparkeren ("Park & Walk") is toegevoegd in Urban Tools Next II, en kan helpen bij het maken van beleidsmatige keuzes voor capaciteit en tarieven. Bij het autoparkeren wordt hier zowel gerefereerd aan de woonzijde als aan de bestemmingszijde. Met de capaciteit van een parkeerlocatie wordt hiermee dus zowel parkeernormen als het daadwerkelijke aantal parkeerplekken bedoeld. De beschikbaarheid – het aantal vrije plekken – bepaalt of een parkeerplaats gebruikt kan worden.

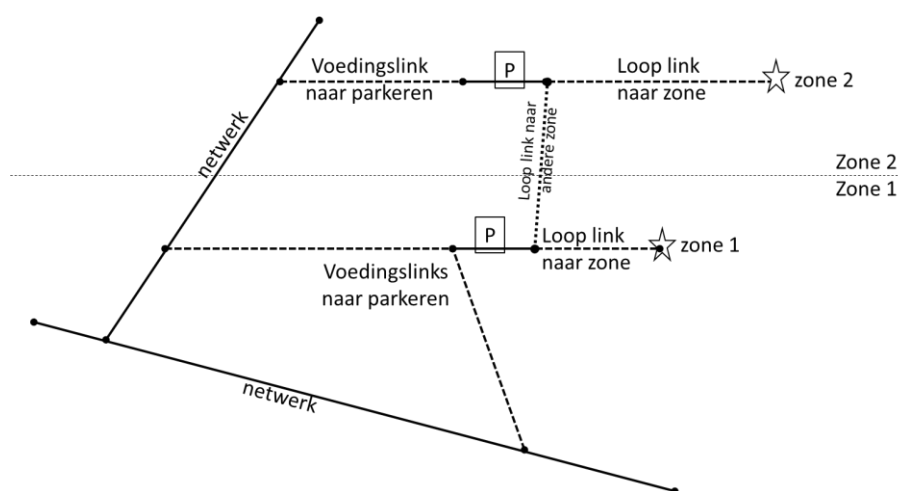
De parkeercapaciteit is het aantal parkeerplaatsen dat in elke zone beschikbaar is, zowel aan de bestemmingszijde als de woningzijde. In UTN-II maken we onderscheid tussen drie verschillende soorten parkeercapaciteiten: gratis parkeren, betaald parkeren en parkeren-op-eigen-terrein (POET). Het aantal beschikbare plekken voor gratis parkeren en betaald parkeren is uit diverse databases gehaald. Dit bevat ook de beschikbare parkeercapaciteit in parkeergarages en het 'straatparkeren' zonder een parkeervak. Voor het bepalen van het aantal parkeerplekken op eigen terrein (bijvoorbeeld opritten bij woningen) is er gebruikgemaakt van een nieuw ontwikkelde methode waarbij met behulp van kadasterdata het mogelijk beschikbare aantal parkeerplaatsen is geschat. De gebruikte methode en bijbehorende bronnen worden in "Bijlage B: Parkeerdata" nader toegelicht. Om potentiële parkeercapaciteitsproblemen buiten het V-MRDH gebied te voorkomen zijn daarnaast alle parkeercapaciteiten op oneindig ingesteld voor de zones buiten het studiegebied. Merk op dat voor de populatie in deze gebieden ook geen activiteitenschema's worden gegenereerd door Feathers.

Deze zonale data van het aantal parkeerplaatsen wordt vervolgens gebruikt tijdens de toedeling, ook wel 'park & walk' genoemd. Dit wordt gemodelleerd met behulp

Datum
8 april 2021

Blad
36/75

van parkeerlinks, gebaseerd op een voorstudie van TNO met het VMA-model¹¹. De parkeerzoektijd aan de bestemmingszijde wordt in deze optie gemodelleerd via een BPR-curve en verschillende capaciteiten per user-class op de parkeerlinks, waarbij de capaciteit is onderverdeeld in de drie verschillende eerder bepaalde capaciteiten (gratis, betaald, POET). Er wordt hierbij geen rekening gehouden met de turnover, dus met de capaciteit die voertuigen innemen die langer dan één tijdperiode geparkeerd staan. Als er meer voertuigen willen parkeren neemt de zoektijd toe, waardoor kan worden uitgeweken naar andere zones in de omgeving met meer capaciteit, wat met name relevant is bij hoog-stedelijke gebieden met weinig parkeercapaciteit. Aan de herkomstzijde nemen we aan dat iedereen via de kortst mogelijke route de zone verlaat, waarbij dit niet van belang is of dit via de parkeerlink is waar de auto daadwerkelijk is geparkeerd. Hierbij gaat het om de herkomstzijde van de tour, dus ook de terugreis van de tour aan de bestemmingszijde. Het effect op de toedeling en congestie in het netwerk is daarbij waarschijnlijk minimaal. Een aandachtspunt is dat vrachtverkeer in het V-MRDH eerst wordt toegedeeld. Er wordt aangenomen dat vrachtwagens geen gebruik maken van de parkeerplaatsen, zij maken dan ook geen gebruik van de parkeerlinks.



Figuur 12: Parkeerlinks uit de voorstudie VMA

Omdat het handmatig toevoegen van parkeerlinks te arbeidsintensief is voor het gehele V-MRDH-netwerk, is dit proces geautomatiseerd. Naast de originele voedingslinks worden parkeerlinks toegevoegd, deze zijn gesplitst in 4 soorten links: parkeer-voedingslinks, parkeerlinks, loop-parkeerlinks en interzonale looplinks (zie Figuur 12). Hierin staan de parkeerlinks zelf centraal, dit zijn de links waar de capaciteit in gewaarborgd wordt, en waar dus de extra zoektijd optreedt. Dan zijn er de parkeer-looplinks die de parkeerlinks met de zones verbinden. De parkeer-voedingslinks verbinden de parkeerlinks met het autonetwerk, op dezelfde

¹¹ Parkeren in het Verkeersmodel Amsterdam, Voorstudie. TNO-rapport 2017 R10792.

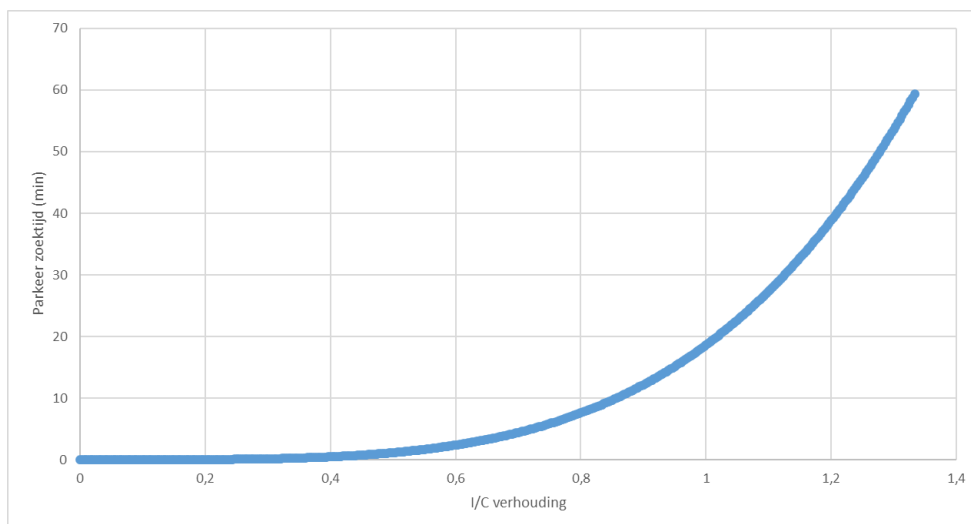
Datum
8 april 2021

Blad
37/75

aanhechtingspunten als de originele voedingslinks. Dit kunnen er dus meerdere per zone zijn (zoals in het figuur bij zone 1). Per zone is er echter maar één parkeerlink. De loop-parkeerlinks bevatten de afstand die gelopen moet worden van het netwerk tot aan het centrum van de zone. Deze 3 typen links worden toegevoegd voor iedere zone.

Tenslotte zijn er interzonale looplinks, die de uiteinden van parkeerlinks met elkaar verbinden. Deze interzonale looplinks worden enkel toegevoegd wanneer de afstand tussen twee zones voldoende klein is, binnen wandelafstand. Deze maximale wandelafstand is een parameter die gekozen kan worden als scenario-input. Daarnaast kan er nog worden aangenomen dat, in plaats van de rechtstreekse afstand van zone tot zone, er iets langer gelopen moet worden, om rekening te houden met straten en hoeken. In de eerste versie is de maximale loopafstand ingesteld op 250 meter, waarbij wordt aangenomen dat de afstand tussen zones 25% meer is dan de hemelsbrede afstand. Deze instelling kan in de automatische OmniTRANS-scripts voor parkeerlink-generatie van UTN-II worden aangepast. Daarnaast worden interzonale links rondom waterwegen en snelwegen handmatig verwijderd.

De parkeerlinks geven de zoektijd naar een parkeerplaats weer, door middel van een BPR curve. De parameters die gebruikt worden zijn 300 voor alpha, en 4.1 voor bèta. Deze parameters zijn gebaseerd op de voorstudie van het VMA en Lam et. al. (1999)¹². De bijbehorende BPR-curve is in Figuur 13 weergegeven.



Figuur 13: BPR-functie parkeerzoektijden

De waarden die voor de parkeer-looplinks, parkeer-voedingslinks en interzonale looplinks zijn aangenomen zijn 1 voor alpha en 4 voor bèta. De looplinks en interzonale links hebben een oneindige capaciteit. In de toedeling wordt per

¹² Lam, W.H.K., Tam, M.L., Yang, H., Wong, S.C., 1999. Balance of demand and supply of parking spaces. In: Ceder, A. (Ed.), Transportation and Traffic Theory. Elsevier, Oxford, pp. 707–731.

tijdperiode (ochtendspits, avondspits, restdag) bijgehouden hoeveel parkeerplaatsen bezet worden en vrijkomen tijdens deze periode. Hieruit wordt afgeleid hoeveel beschikbare plaatsen er zijn tijdens de periode. Er is echter geen overheveling van deze beschikbare capaciteit naar verschillende tijdsperiodes of een bepaalde voorbelasting (bijvoorbeeld auto's die gedurende de dag niet verplaatsen). In de restdag wordt bijvoorbeeld niet meegenomen dat er minder plaatsen beschikbaar zijn als deze in de ochtendspits al zijn gevuld. Dit zou kunnen worden toegevoegd als verdere verbetering van het model.

De parkeerlinks bestaan uit 3 verschillende links, met bijbehorende parkeercapaciteiten: voor gratis parkeren, betaald parkeren en Parkeren-Op-Eigen-Terrein. In het model zijn dit overigens niet drie links, maar één parkeerlink met een verschillende capaciteit per userclass welke wordt gebruikt in de Multi-User-Class toedeling. Niet elke parkeerlink is toegankelijk voor elk motief. Zo kunnen winkelende mensen enkel gebruikmaken van gratis of betaald parkeren. Voor UTN-II is de mapping tussen motieven en parkeertypes gemaakt zoals te zien in Tabel 6. Deze verdeling is vastgesteld in overleg met de projectgroep. Hierbij dient opgemerkt te worden dat parkeerterreinen van bedrijven ook worden gezien als POET-plaatsen.

Tabel 6: Motieven per type parkeerterrein

	POET	Gratis parkeren	Betaald parkeren	Niet parkeren
<i>Wonen</i>	X	X		
<i>Werk</i>	X	X	X	
<i>Zakelijk</i>	X	X		
<i>Winkelen</i>		X	X	
<i>Onderwijs</i>	X		X	
<i>Overig</i>		X	X	
<i>Afhalen en brengen, deelmobiliteit</i>				X

Uiteindelijk wordt er een multi-user class volume averaging toedeling uitgevoerd op het aangepast netwerk, waarbij elk motief als aparte user class wordt toegedeeld. Na elke iteratie wordt bepaald hoeveel plaatsen van elk type parkeercapaciteit worden gebruikt, welke weer in de volgende iteratie wordt gebruikt. Een auto-toedeling van voor één tijdperiode met alle motieven afzonderlijk toegedeeld duurt daarbij 12 uur. Als enkel de betaald parkeren capaciteit wordt meegenomen duurt dit 4.5 uur.

7.3 Ketens & hubs

Hubs zijn plaatsen waar meerdere modaliteiten samenkomen, waarbij gemakkelijk overgestapt kan worden op bijvoorbeeld auto, fiets en OV. Door de introductie van hubs is het uiteindelijk te verwachten dat alle soorten combinaties van modaliteiten mogelijk zijn binnen een trip. Bijvoorbeeld een trip waarbij je van huis met de fiets

Datum
8 april 2021

Blad
39/75

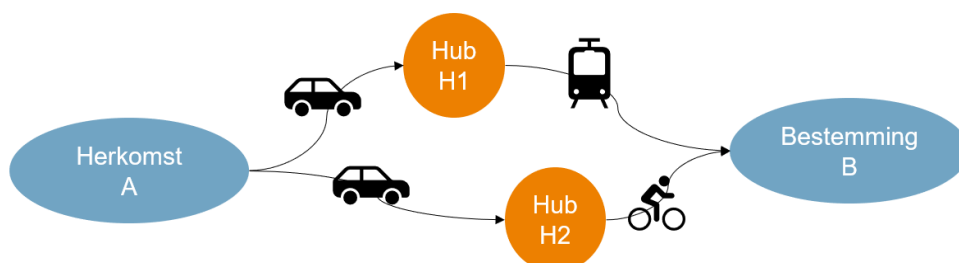
vertrekt naar de hub in de wijk, gevolgd door een rit met een deelauto naar een hub waar je een bus pakt waarna je vanaf de halte nog een stukje naar je werk loopt. In Urban Tools Next I zijn alleen de reeds aanwezige OV-ketens gebruikt. Dit zijn Lopen-OV-Lopen, Lopen-OV-Fietsen, Fietsen-OV-Lopen en Fietsen-OV-Fietsen. In UTN-II zijn de volgende nieuwe ketenverplaatsingen met auto als hoofdmodaliteit toegevoegd: Auto – Fiets, Fiets – Auto, Auto – OV en OV – Auto. Bij "fiets" kan verder onderscheid gemaakt worden tussen micro 15 km/h en micro 25 km/h. Er wordt aangenomen dat auto altijd de hoofdmodaliteit is van de trip. Bij de ketens met OV is daarnaast ook nog het voor- en natransport van OV aanwezig. Een keten Fiets – OV – Lopen – Auto is bijvoorbeeld ook mogelijk. Er is echter geen volledige vrijheid in ketens binnen een trip. Een trip Fietsen-Auto-OV-Lopen is bijvoorbeeld niet mogelijk.

7.3.1 Hublocatiezoeker

Voor het gebruiken van de ketens binnen het model wordt eerst per keten, per HB-paar de aantrekkelijkste hublocatie geselecteerd. Meerdere hublocaties per HB-paar, per keten, op basis van persoonskenmerken zou een toekomstige uitbreiding kunnen zijn, alhoewel hier nu onvoldoende data voor beschikbaar is.

Met behulp van de lijst met hubs wordt bepaald welk deel van de trips gebruikmaken van de hub via het voor- en natransport model (zie volgende paragraaf).

In de hublocatiezoeker wordt eerst gekeken naar de mogelijke hubs, op basis van een maximale straal welke gefietst kan worden en een maximale straal voor de OV-component. Voor auto wordt daarentegen een minimale straal aangenomen. Merk op dat in Urban Tools Next II enkel ketenverplaatsingen worden meegenomen waarvan de hoofdmodaliteit auto is (via de zogenoemde bestemmingstransferia). De mogelijkheid om vlakbij naar een hub te reizen en vervolgens een lang stuk per OV af te leggen (zoals bij de klassieke P+R) wordt hierbij niet meegenomen. Of de afstand kort (of lang) genoeg is om met fiets/OV (of auto) gereisd te worden, wordt bepaald door middel van de Level of Service afstand-matrices van de respectievelijke vervoerwijze. Indien de afstand van A naar hub H voldoet aan de gestelde waarden, alsmede de afstand van hub H naar B, dan wordt hub H opgenomen als mogelijke hub voor A naar B.

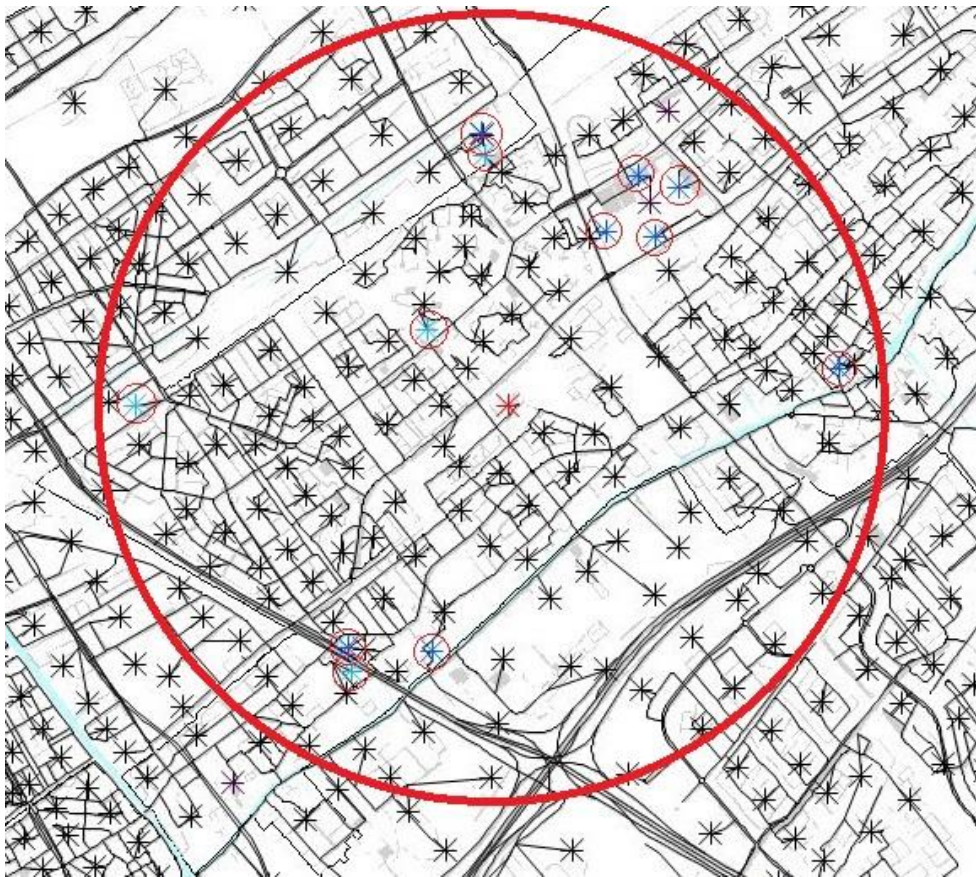


Figuur 14: Schematische weergave Ketens & Hubs

De huidige parameters voor de minimale/maximale straal zijn als volgt. Maximale fietsstraal is 3 km, maximale OV afstand is 10 km, de minimale auto-afstand is ingesteld op 20 km. Deze parameters kunnen gekozen worden als scenario-input.

Datum
8 april 2021

Blad
40/75



Figuur 15: Twaalf parkeerterreinen (en dus hubs) binnen een straal van 3km

Vervolgens wordt voor ieder HB-paar bepaald welke hub het aantrekkelijkst is voor iedere keten. Het kan namelijk zijn dat meerdere hubs voldoen aan de afstandseisen. Dit gebeurt op basis van de kortste gecombineerde reistijd, de reistijd van A naar hub H plus de reistijd van H naar B. In plaats van gecombineerde reistijd zou ook de gecombineerde kosten/tijd genomen kunnen worden. In werkelijkheid is de keuze voor een bepaalde hub ook persoonlijk: zo kunnen naast reistijd, afstand en parkeertarieven, ook (betrouwbare) beschikbaarheid van deelfietsen, bereidwilligheid tot fietsen en weersvoorspellingen invloed hebben op de keuze. Op dit moment is echter geen data beschikbaar om persoonlijke kenmerken mee te kunnen schatten. Momenteel wordt voor iedereen dan ook dezelfde aantrekkelijkste hub gekozen, onafhankelijk van persoonskenmerken of motief van de reis. De capaciteit van een hub wordt hierbij niet meegenomen – de aanname is dat de hub-grootte wordt aangepast op de vraag.

Als laatste wordt nog meegenomen dat de reisafstand per auto via een hub niet veel verder moet zijn vergeleken met de originele reisafstand per auto. Dit betekent dat de gereden afstand met de auto naar de hub (of vanaf de hub) niet veel langer mag zijn dan de afstand tussen herkomst en bestemming met de auto. Het is aannemelijk dat in sommige situaties het aantrekkelijk is om iets verder met de auto te reizen, bijvoorbeeld naar een hub aan de rand van de stad, om vervolgens met het OV de stad in te reizen. De maximale afstand die extra gereden mag worden is bepaald

met een omrijfactor. Deze omrijfactor is ingesteld op 0% extra afstand. Met een omrijfactor op oneindig waren de resulterende hubs overigens identiek. Het invoeren van de omrijfactor zorgt dus niet voor een ander resultaat, maar wel voor een kortere runtijd omdat een deel van de hubs vooraf reeds wordt weggefilterd. Ook de omrijfactor kan bepaald worden als scenario input.

De uit dit proces volgende aantrekkelijkste hub per keten per HB-paar dient als input voor het voor- en natransportmodel.

7.3.2 *Toedeling van ketenverplaatsingen*

Het voor- en natransport model levert aangepaste activiteitenschema's waarbij de hubs op een aantal routes worden gebruikt. Uiteraard worden de activiteiten zelf niet aangepast, enkel de trips (met hubs als tussenstop) waaruit de verplaatsingen bestaan. Bij het inlezen van deze schema's in OmniTRANS worden deze ketenverplaatsingen opgesplitst in losse ritten: een auto-fiets verplaatsing wordt daarbij één verplaatsing van herkomst naar hub met vervoerwijze auto, en één verplaatsing van hub naar bestemming met vervoerwijze fiets. Deze verplaatsingen worden opgeteld bij de normale matrices en vervolgens op de gebruikelijke wijze toegedeeld aan het netwerk. Uiteraard wordt het uiteindelijke keten-gebruik per hub opgeslagen voor verdere analyse.

7.4 **Nieuwe modaliteitsconcepten**

Nieuwe modaliteitsconcepten is een verzamelterm voor alle vervoerwijzen anders dan de traditionele auto, fiets, bus/tram/metro, trein en lopen. Voor UTN-II is hiervoor een categorisering gemaakt in 7 categorieën aan de hand van snelheid, gewicht, omvang, passagierscapaciteit en de aanwezigheid van een chauffeur, zie ook Hoofdstuk 2. De categorieën zijn micro 5 km/h (lopen), micro 15 km/h (fietsen, stepjes), micro 25 km/h (e-bike, scooter), privé (auto), gedeeld privé (autopassagier), gedeeld on-demand, en gedeeld traditioneel (OV). Daarnaast vindt er bij een aantal categorieën nog een verdere opsplitsing plaats tussen een gedeeld (bijv. deelfiets) of niet-gedeeld voertuig (bijv. eigen fiets).

Eerst wordt voor de 7 verschillende vervoerwijzen een Level of Service matrix opgesteld aan de hand van de bestaande Level of Service matrices uit het V-MRDH. De LOS-matrices van Lopen worden gebruikt voor micro 5 km/h, de LOS van Fiets worden gebruikt voor micro 15 km/h en (verhoogd met een snelheidsfactor) van micro 25 km/h. De LOS van Auto worden gebruikt voor privé, privé gedeeld en gedeeld on-demand. De 4 LOS van OV (lopen-OV-lopen, lopen-OV-fietsen, fietsen-OV-lopen, fietsen-OV-fietsen) worden met behulp van de gebruikte multinominal logit in het V-MRDH omgezet in één gecombineerde LOS voor gedeeld traditioneel.

Voor het berekenen van de LOS-matrices voor de nieuwe modaliteiten wordt gebruikgemaakt van diverse formules, waarbij de snelheid en kosten worden aangepast (bijvoorbeeld: een micro 25 km/h voertuig gaat 1.5 keer zo snel als micro 15 km/h; de gemiddelde zoektijd voor een 'micro 25 km/h met gedeeld voertuig' is 5 minuten; etc.). Deze waardes kunnen verschillend zijn voor gedeelde en niet-gedeelde voertuigen. Alle waardes zijn gebaseerd op scenario-input. Daarnaast

Datum
8 april 2021

Blad
42/75

wordt er ook rekening gehouden met in welke gebieden bepaalde vervoerwijzen beschikbaar zijn. Als een vervoerwijze niet beschikbaar is voor een bepaalde HB-relatie, wordt de reistijd op 'oneindig' gezet in de LOS-matrix.

Voor het basisjaar en het toekomstjaar is alleen een factor gebruikt voor de snelheid van de micro 25 km/h vervoerwijze: deze wordt met 1.5 vermenigvuldigd.

De HB-matrices van de nieuwe modaliteitsconcepten worden ten slotte toegedeeld volgens de gebruikelijke todelingsmethodes in de bestaande fiets-, auto- en OV-netwerken van het V-MRDH, zoals te zien in Tabel 7. Daarnaast worden ook nog de vracht-matrices toegedeeld aan het auto-netwerk als pre-load. Deze modaliteit wordt verder niet geschat of meegenomen in het activity based model. Uiteraard worden de 'gedeeld voertuig' varianten op dezelfde manier in dezelfde netwerken toegedeeld.

Tabel 7: Netwerk en todelingsmethode voor alle modaliteitsconcepten

Modaliteit	Netwerk voor toedeling	Toedelingmethode
Micro 5 km/h	n.v.t.	nv
Micro 15 km/h	Fiets	Alles-of-niets toedeling met verschillende snelheden (3 iteraties met verschillende afstand-reistijd waarderingen)
Micro 25 km/h	Fiets	
Privé	Auto	Multi-User class
Gedeeld privé	Auto	Volume Averaging toedeling met 20 iteraties
Gedeeld on-demand	Auto	
Gedeeld traditioneel	OV	Zenith toedeling

7.5 Totale scenario input

Voor het draaien van de toedeling met parkeren, ketens & hubs en nieuwe modaliteitsconcepten is diverse scenario input nodig, zoals al in de voorgaande paragrafen beschreven. In Tabel 8 wordt deze benodigde (en mogelijke) input samengevat.

Tabel 8: Scenario input Toedeling

Datum
8 april 2021

Blad
43/75

Onderdeel	Scenarioinput/benodigde data
Parkeren	<ul style="list-style-type: none"> - Parkeercapaciteit per zone, uitgesplitst per categorie (POET, gratis, betaald) - Looptijden van parkeerterreinen naar zones
Ketens & Hubs	<ul style="list-style-type: none"> - Hublocaties (eventueel per vervoerwijze) - Maximale afstand per OV binnen ketenverplaatsing - Maximale afstand per fiets binnen ketenverplaatsing - Minimale afstand per auto binnen ketenverplaatsing - Omrijfactor voor auto bij ketenverplaatsing
Nieuwe modaliteitsconcepten	<ul style="list-style-type: none"> - Gebieden waar (gedeelde) modaliteiten beschikbaar zijn - LOS-factoren voor snelheid en afstand ten opzichte van de bestaande modaliteiten auto, fiets en OV - LOS-constanten zoals de benodigde zoektijd voor een deelvoertuig - LOS-factoren voor het bepalen van de kosten: bijvoorbeeld start-up kosten, prijs per minuut, prijs per km

8 Conclusies en aanbevelingen

Datum
8 april 2021

Blad
44/75

In Urban Tools Next II hebben generieke ontwikkelingen en ontwikkelingen om maatregelen op het vlak van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten beter te kunnen modelleren plaatsgevonden in een unieke keten van modellen: populatiegenerator, Feathers, voor- en natransportmodel en toedelingen. Het voor- en natransportmodel is een compleet nieuw model. De andere modellen zijn op onderdelen uitgebreid.

Hieronder wordt per onderwerp beschreven welke verbeteringen zijn doorgevoerd en welke aanbevelingen voor vervolg mogelijk zijn. Conclusies en aanbevelingen ten aanzien van de beheersbaarheid en toepassing van de modellen zijn in rapport D opgenomen.

Generieke verbeteringen

In Urban Tools Next II is een nieuwe indicator voor de stedelijkheidsgraad ontwikkeld op basis van de indicatoren voor stedelijkheid in het Landelijk Model Systeem (LMS)/Nederlands Regionaal Model (NRM) van Rijkswaterstaat. In de populatiegenerator is de huishoudkoppeling verbeterd en is het voertuigbezit verbeterd door onder andere brandstoftypes toe te voegen en bezit van e-bikes toe te voegen. Feathers is opnieuw geïmplementeerd waarbij zowel inhoudelijke verbeteringen zijn doorgevoerd om betere schattingsresultaten te kunnen halen als optimalisaties van de implementatie om de rekentijd te verkorten. De inhoudelijke verbeteringen betreffen gebruik van discrete keuzemodellen voor alle keuzes, onderscheid naar groepen van motieven bij de bestemmings- en vervoerswijzekeuze, toevoeging van kosten aan de nutsfunctie en gebruik van Level of Service (LOS)-matrices voor drie aparte dagdelen ochtend, avond en restdag.

8.1 Parkeren

In overleg met de projectgroep is besloten om in Urban Tools Next II binnen het onderwerp parkeren aandacht te besteden aan parkeernormen, Park&walk, parkeercapaciteit, P+R-locaties en parkeertarieven.

Om goed zicht te krijgen op de parkeercapaciteit is een nieuwe data-analyse methode ontwikkeld om het aantal parkeerplaatsen op eigen terrein (POET) en straatparkeerplaatsen uit GIS-bestanden af te leiden. De ontwikkelde methode bleek in combinatie met een kalibratiestap bruikbare resultaten op te leveren. Hieronder zijn enkele aanbevelingen ter verbetering opgenomen:

- POET: de bepaling van de potentiële POET oppervlakte per perceel kan worden verbeterd door nog meer kenmerken uit de omgeving van het perceel in beschouwing te nemen en door met een hogere resolutie te rekenen. De toekenning van het aantal plaatsen op basis van de potentiële POET-oppervlakte kan nog worden verbeterd met een kalibratie met behulp van StreetView, waarbij bijvoorbeeld ook een afhankelijkheid van de stedelijkheid meegenomen wordt.

Datum
8 april 2021

Blad
45/75

- Parkeren langs de straat: de huidige methode om aantallen parkeerplaatsen langs de straat te bepalen levert een overschatting van de aantallen op. Deze methode houdt op dit moment nog geen rekening met parkeerverboden. Er is een landelijke database met verkeersborden die vermoedelijk bruikbaar is om straten te identificeren (en uit te sluiten) waar parkeerverboden gelden. Een uitdaging daarbij zijn de zones in binnensteden waar alleen langs de rand van de zones borden staan. Een ander aspect van parkeren langs de straat is het rekening houden met wegbreedtes; langs erg smalle straten kan niet aan beide zijden geparkeerd worden. De BGT bevat gegevens op basis waarvan de breedtes van wegvakken zijn te bepalen.
- Betaalde plaatsen en vergunningen: de toekenning van tarieven aan parkeerplaatsen is goed, maar het bepalen van gebieden waar vergunningen gelden bleek een uitdaging te zijn. Dit komt vooral doordat er heel veel verschillende vormen van vergunningen zijn en in het NPR is daar geen duidelijke systematiek voor. Toch moet het mogelijk zijn om voor het grootste deel van alle parkeerplaatsen vast te stellen of ze onder een vergunnings-regime vallen.
- Parkeergarages: Voor wat betreft de openbaar toegankelijke parkeergarages is gebleken dat sommige parkeergarages niet vermeld zijn in het NPR (een voorbeeld daarvan is de parkeergarage boven de Nijhofpassage in Delft). Wellicht zijn er betere bronnen van data over parkeergarages te vinden waarmee de compleetheid van de data verbeterd kan worden.

Verbeteringen per sub-model:

- Aan de populatiegenerator is autobezit toegevoegd. Tevens is een eenvoudig autobezitsmodel ontwikkeld om de invloed van parkeren op autobezit te kunnen bepalen.
- In Feathers zijn parkeertarieven toegevoegd en wordt rekening gehouden met een verhoogde parkeerzoektijd als de parkeercapaciteit wordt overschreden. In de toekomst kan de modellering van parkeren in Feathers nog worden verbeterd door rekening te houden met de parkeerduur op basis van het start- en eindtijdstip van activiteiten.
- Het voor- en natransportkeuzemodel houdt rekening met parkeerkosten.
- In de toedeling van autoverkeer wordt rekening gehouden met parkeercapaciteiten en uitwijkgedrag naar andere zones als de capaciteit in een zone wordt overschreden.

Onderwerpen die in Urban Tools Next II niet aan bod zijn gekomen, maar waar de projectgroep wel behoefte aan heeft (met lagere prioriteit) zijn parkeervergunningen, laadpalen, fietsparkeren, parkeerverwijssystemen, een maximale parkeerduur en beveiliging van parkeerplaatsen. Deze onderwerpen zouden in een vervolg wel in de modelketen kunnen worden opgenomen.

Datum
8 april 2021

Blad
46/75

8.2 Ketens & Hubs

In overleg met de projectgroep is besloten om in Urban Tools Next II binnen het onderwerp Ketens en Hubs aandacht te besteden aan park&walkµmodaliteiten en beschikbare deelmobiliteit.

Verbeteringen per sub-model:

- Populatiegenerator: geen specifieke aanpassingen. In de toekomst zou de populatiegenerator aangepast kunnen worden als blijkt dat de omgeving van hubs een specifieke populatie aantrekt.
- Feathers: geen aanpassingen. Feathers rekent alleen met hoofdvervoerwijzen.
- Het voor- en natransportkeuzemodel is specifiek ontwikkeld om verplaatsingen via hubs te kunnen modelleren voor een grote hoeveel aan combinaties van vervoerwijzen (bijvoorbeeld ook auto – deelfiets) rekening houdend met restricties ten aanzien van voertuigbezit en beschikbaarheid van voertuigen in de keten van verplaatsingen. In Urban Tools Next II is het aantal overstappen op hubs beperkt tot één overstap aan de bestemmingszijde, voor verplaatsingen met een andere hoofdvervoerwijze dan OV. In de toekomst is het wenselijk om hubs nabij de herkomst, en hubs nabij de bestemming te kunnen modelleren. Daarnaast worden complexere ketenverplaatsingen met meer dan twee vervoerwijzen (bijvoorbeeld Fiets-Auto-OV) nu niet meegenomen. Dit is wenselijk, maar vereist wel een grote aanpassing van het activity based model. Immers, er is dan waarschijnlijk geen hoofdmodaliteit meer aan te wijzen, waardoor het activity based model volledige multimodale ketens zou moeten schatten.
- In de toedeling zijn hubs als aparte zones gemodelleerd. Er is een hublocatiezoeker ontwikkeld die per HB-paar de aantrekkelijkste hublocatie selecteert. Het voor- en natransport model levert aangepast activiteitschema's waarbij de hubs op een aantal routes worden gebruikt. De ketenverplaatsingen worden opgesplitst in losse ritten en toegedeeld via de hubs.

Onderwerpen die in Urban Tools Next II niet aan bod zijn gekomen, maar waar de projectgroep wel behoefte aan heeft (met lagere prioriteit) zijn het facilitairniveau op hubs, reistijdbetrouwbaarheid en logistieke distributie hubs. Deze onderwerpen zouden in een vervolg wel in de modelketen kunnen worden opgenomen.

8.3 Nieuwe mobiliteit

In overleg met de projectgroep is besloten om in Urban Tools Next II binnen het onderwerp nieuwe mobiliteitsconcepten aandacht te besteden aan Maas-abonnementen, Deelmobiliteit en micromodaliteiten inclusief E-bikes. De kostenstructuur van nieuwe modaliteiten is hierbij ook deels aan bod gekomen.

Om nieuwe mobiliteitsconcepten te kunnen modelleren is een categorisering van 7 hoofdvervoerwijzen voorgesteld waarvan er 4 categorieën zijn die opgesplitst worden in eigen voertuigbezit of deelmobiliteit. Hierdoor is het mogelijk om vrijwel alle nieuwe mobiliteitsconcepten te modelleren.

Datum
8 april 2021

Blad
47/75

Verbeteringen per sub-model:

- Populatiegenerator: aan de populatie is het bezit van e-bikes toegevoegd. Tevens is voor de hoofdvervoerwijzen een mogelijkheid gecreëerd om aan te geven of een persoon een deelabonnement bezit voor de betreffende vervoerwijze. In Urban Tools Next is dit scenario-input, maar in de toekomst kan ook modelmatig worden bepaald als hiervoor data beschikbaar is.
- Feathers en voor- en natransportkeuzemodel: de 7 hoofdvervoerwijzen zijn toegevoegd en deelmobiliteit is toegevoegd waarbij regelgebaseerd wordt bepaald of een eigen voertuig of deelvoertuig wordt gebruikt. Het verdient aanbeveling om de regels die bepalen of een deelvoertuig gebruikt wordt of een privévoertuig in meer detail uit te werken en te valideren op basis van empirisch onderzoek. Qua modellering kan ook een nested-logit model geschat worden mits data hiervoor beschikbaar is.
- De 7 hoofdvervoerwijzen zijn aan de toedelingen toegevoegd. Voor het berekenen van de LOS-matrices voor de nieuwe modaliteiten wordt gebruikgemaakt van diverse formules, waarbij de snelheid en kosten worden aangepast. Deze waarden kunnen verschillend zijn voor gedeelde en niet-gedeelde voertuigen. Alle waarden zijn gebaseerd op scenario-input. Daarnaast wordt er ook rekening gehouden met in welke gebieden bepaalde vervoerwijzen beschikbaar zijn. Als een vervoerwijze niet beschikbaar is voor een bepaalde HB-relatie, wordt de reistijd op 'oneindig' gezet in de LOS-matrix.

Onderwerpen die in Urban Tools Next II niet aan bod zijn gekomen, maar waar de projectgroep wel behoefte aan heeft zijn taxi's en automatische voertuigen. Deze onderwerpen zouden in een vervolg wel in de modelketen kunnen worden opgenomen. Voor taxi's zou een deels vergelijkbare aanpak als gedeeld on-demand kunnen worden gevolgd.

9 Ondertekening

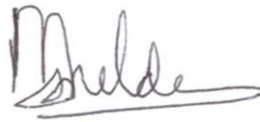
Datum
8 april 2021

Blad
48/75

Den Haag, 9 april 2021
TNO



Jeroen Dezaire
Afdelingshoofd



Maaïke Snelder
Auteur

Bijlage A: Stedelijkheidsgraad

Datum
8 april 2021

Blad
49/75

In het kader van Urban Tools Next II is de onderzoeksvraag naar voren gekomen hoe, voor het verkeersmodel, de stedelijkheidsgraad (kortweg stedelijkheid) het best gedefinieerd en bepaald kan worden.

Overzicht van methoden

Er zijn meerdere manieren om Stedelijkheidsgraad te bepalen en classificeren.

- PBL: de bepaling van indicatoren FSI, GSI, OSR, L en MXI zoals het PBL die hanteert in RUDIFUN [PBL2019]. Deze dataset is beschikbaar als open data, in de vorm van shapefiles per provincie. Bepaling kan op verschillende schaalniveaus: bouwblok, buurt, wijk, gemeente.
- Dashboard verstedelijking van het College van Rijksadviseurs [Cra2018].
- CBS Stedelijkheid: vijf categorieën. Op basis van adresdichtheid (adressen per km²). Zie verderop voor uitgebreidere beschrijving.
- Groeimodel 3 [GM3]. D11 begrippen en definities. 1 t/m 5: Land, Msted, Sted, Zsted, Gsted.
- Stedelijkheid in het GM4 [Sig2019]. Een indeling in 6 klassen, gebaseerd op bevolkingsdichtheid.

Het V-MRDH heeft geen 'verstedelijking' als zone-parameter. Wel is een dichthedenkaart met een inkleuring in 10 categorieën beschikbaar op basis van optelling van inwoners, arbeidsplaatsen en leerlingplaatsen gedeeld door de oppervlakte van de zonepolygoon". Dat is dus eigenlijk al geen stedelijkheid meer; hier is al een stap verder gezet naar het combineren met andere factoren om een maat voor productie en attractie te berekenen.

In het vervolg van deze bijlage worden de methodes met uitzondering van de methode van het PBL in meer detail beschreven, aangepast en berekend voor het V-MRDH gebied, om tot een nieuwe stedelijkheidsindicator voor Urban Tools Next II te komen.

Uitgebreidere beschrijving van methoden

Dashboard Verstedelijking

Dashboard Verstedelijking [Cra2018] heeft 4 (eigenlijk 5, zie verderop) categorieën:

- Hoogstedelijk (binnenstad, levendige, rustige en luxe stadswijken); dichtheid: >80 wo/ha; FSI: 0,75; totale vraag tot 2040: 82.500 woningen (33%) = 1.031 ha
- Centrumstedelijk (woonwijk laag- en hoogbouw); dichtheid: 50 wo/ha; FSI 0,43; totale vraag tot 2040: 80.000 woningen (32%) = 1.600 ha
- Groenstedelijk (woonwijk laagbouw); dichtheid: 30 wo/ha; FSI 0,33; totale vraag tot 2040: 32.500 woningen (22%) = 1.083 ha
- Dorps/landelijk (luke woonwijk, dorps, landelijk); dichtheid: 20 wo/ha; FSI 0,18; totale vraag tot 2040: 55.000 woningen (13%) = 2.750 ha

Datum
8 april 2021

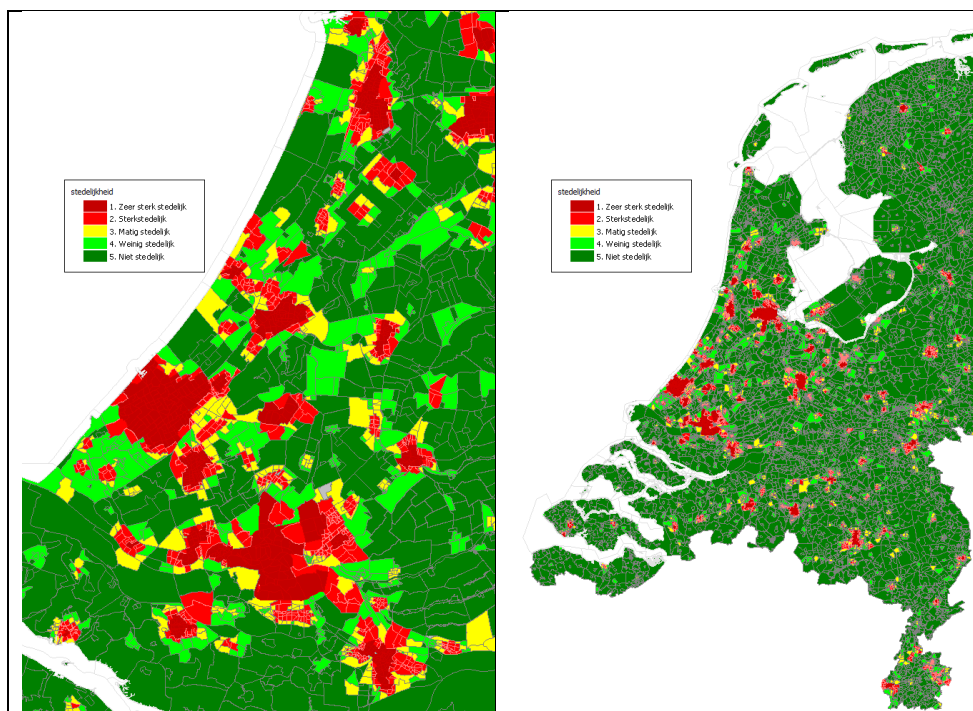
Blad
50/75

CBS. Stedelijkheid – omgevingsadressendichtheid [CBS]

Onder omgevingsadressendichtheid (oad) wordt verstaan het aantal adressen binnen een cirkel met een straal van één kilometer rondom een adres, gedeeld door de oppervlakte van de cirkel.

De volgende klassen worden onderscheiden:

- Zeer sterk stedelijk (omgevingsadressendichtheid van 2500 of meer);
- Sterk stedelijk (omgevingsadressendichtheid van 1 500 tot 2 500);
- Matig stedelijk (omgevingsadressendichtheid van 1 000 tot 1 500);
- Weinig stedelijk (omgevingsadressendichtheid van 500 tot 1 000);
- Niet-stedelijk (omgevingsadressendichtheid van minder dan 500).

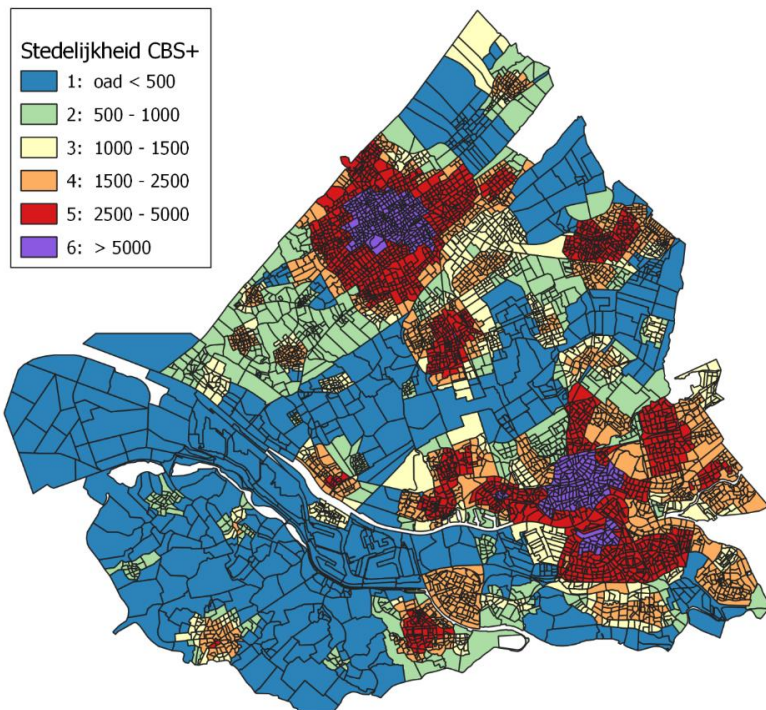


Figuur 16: CBS-stedelijkheid (klasse 1 t/m 5) op buurtniveau.

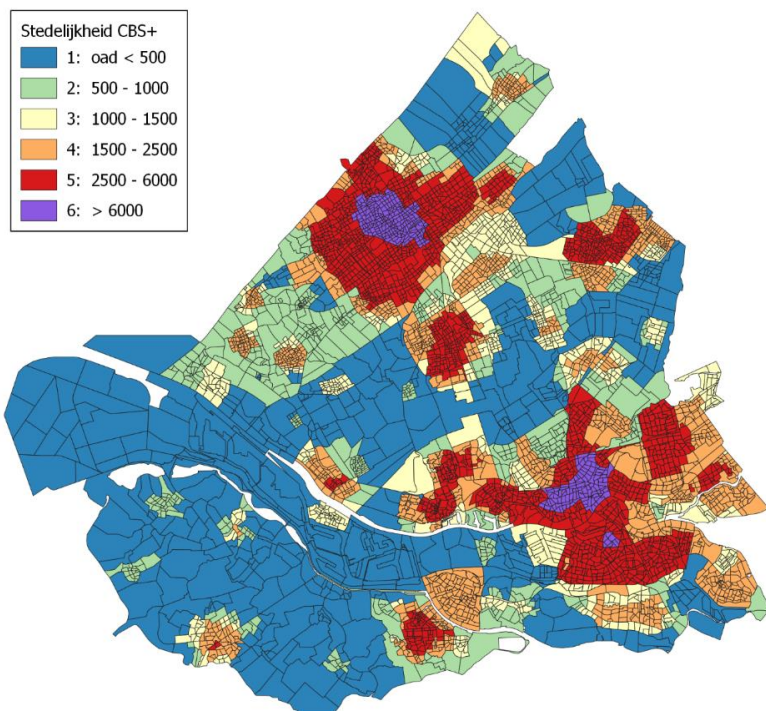
Omdat veel binnensteden als zeer sterk stedelijk zijn geclassificeerd is deze klasse door TNO opgesplitst in twee klassen waarbij de klasse met de hoogste stedelijkheidsgraad een omgevingsadressendichtheid heeft > 5000 (zie Figuur 17). Hier hebben zowel Rotterdam als Den Haag een significant deel van hun binnenstad als hoogste categorie geclassificeerd gekregen. Daarnaast is ook het binnenste zones van Schiedam en zelfs één zone in Delft als zodanig geclassificeerd. In Rotterdam zorgt de Nieuwe Maas ervoor dat niet het hele centrum als één geheel in categorie 6 geclassificeerd wordt. Wellicht is het wenselijk om de ondergrens voor klasse 6 iets hoger te leggen. Bij ondergrens 6000 vallen zowel Delft als Schiedam helemaal weg uit klasse 6. In Figuur 18 is het resultaat te zien met klassen 6: oad > 6000

Datum
8 april 2021

Blad
51/75



Figuur 17: Stedelijkheid op basis van CBS (oad), met toegevoegde categorie 6.



Figuur 18: Stedelijkheid op basis van CBS (oad), met toegevoegde categorie 6, met als ondergrens oad = 6000.

Datum
8 april 2021

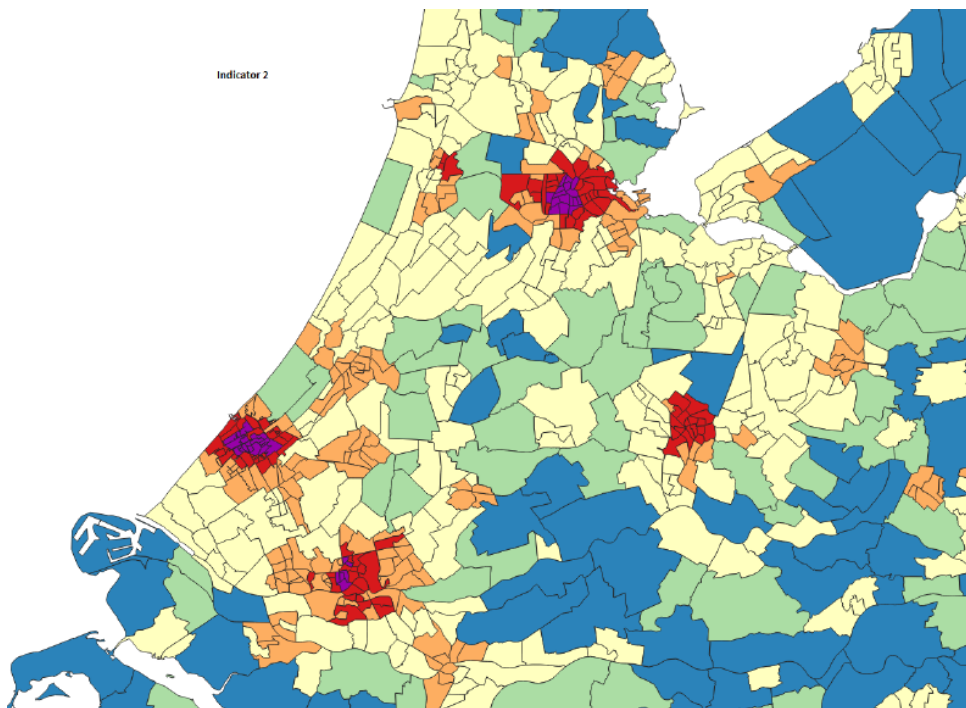
Blad
52/75

Groeimodel 3

Het GM3 heeft 5 categorieën:

1. (Land). Landelijk gebied met < 2,5 inw. per hectare
2. (MSted). Matig stedelijk gebied met < 6 inw. per hectare
3. (Sted). Stedelijk gebied met < 26 inw. per hectare
4. (ZSted). Zeer stedelijk gebied met < 52 inw. per hectare
5. (GSted). Grootstedelijk gebied met > 52 inw. per hectare

Voor het GM4 wordt een extra categorie (6) voorgesteld met een nog hogere stedelijkheid dan (5). De oorzaak ervan dat Leiden hier slechts als (3) Stedelijk wordt geclassificeerd en niet hoger is dat de afstandsparameter relatief groot (3 km) is gekozen en daardoor relatief laag bevolkte gebieden buiten de stad 'doorwerken' (invloed hebben) tot in het centrum.



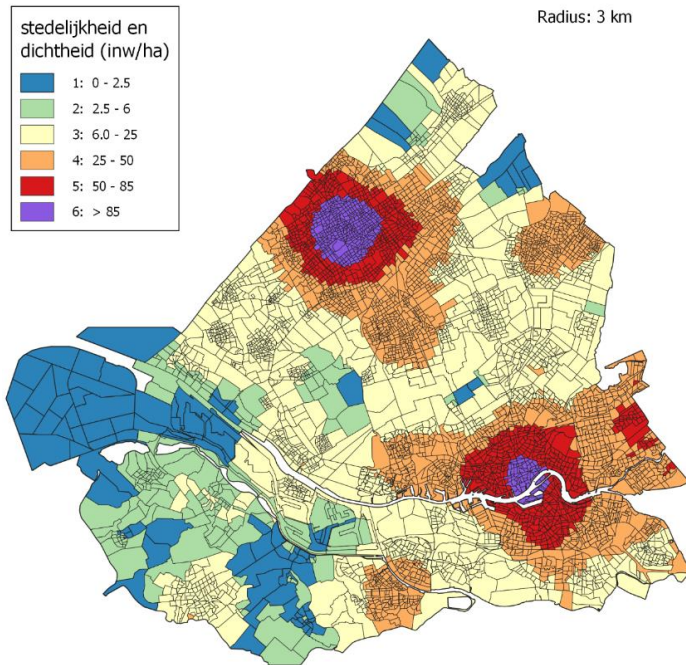
Figuur 19: Stedelijkheid in GM4 (volgens voorstel juni 2019) [Sig2019]

Groeimodel 4 (GM4)

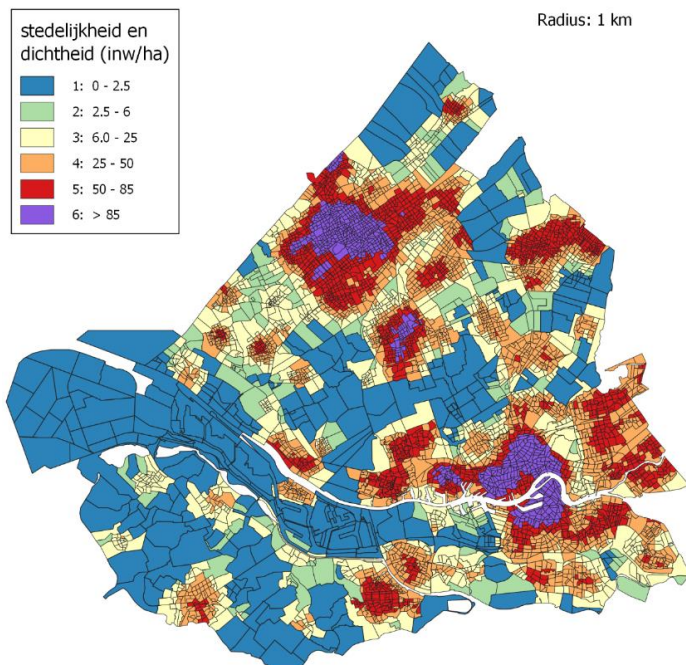
De stedelijkheid wordt bepaald aan de hand van de bevolkingsdichtheid. Omdat stedelijkheid geen lokaal kenmerk is, maar iets zegt over de omgeving van een zone wordt uitgegaan van de bevolkingsdichtheid in de omgeving van een zone. Figuur 20 en Figuur 21 en geven de indicator weer waarbij naar een omgeving van 3km en 1km is gekeken. Bij de analyses is gebleken dat de bevolkingsdichtheid in de zones in centraal Rotterdam die aan de Nieuwe Maas liggen onderschat werd omdat het wateroppervlak van de Nieuwe Maas werd meegenomen. Hier is voor gecorrigeerd in Figuur 20 en Figuur 21.

Datum
8 april 2021

Blad
53/75



Figuur 20: Stedelijkheidsgraad volgens de methode van Groeimethode 4, met verbeterde zones langs de Nieuwe maas.



Figuur 21: Stedelijkheidsgraad volgens de methode van Groeimethode 4 maar met een invloedsstraal van 1 km in plaats van 3 km.

Gemaakte keuzes

Datum

8 april 2021

Blad

54/75

In overleg met de projectgroep van Urban Tools Next II is besloten om een nadere uitwerking te maken van de methode van GM4, waarin ook de aantallen arbeidsplaatsen en leerlingen en studenten worden meegenomen bij de berekening van de dichtheid. Figuur 22 geeft een overzicht van resultaten. Uiteindelijk is de variant met een radius van 1,5 km en een optelsom van inwoners, arbeidsplaatsen en leerlingplaatsen gekozen, omdat deze het beste aansloot bij het beeld van stedelijkheid dat der projectpartners in de MRDH-regio hebben.

Bronnen:

[Cra2018] College van Rijksadviseurs. Dashboard Verstedelijking. oktober 2018.

[PBL2019]. PBL 2654. Ruimtelijke Dichtheden en Functiemenging in Nederland (RUDIFUN).

De bepaling van FSI, GSI, OSR, L en MXI geautomatiseerd. mei 2019.

[Sig2019]. Significance (Jaap Baak). Stedelijkheid in het GM4. juni 2019 (Memo aan RWS (WVL)).

[GM3]. 20170616 Technische Documentatie GM3.

20170616 Technische Documentatie GM3.pdf

TNO Shared\Work\WP3 Toepassing Vigerende
modellen\LMS_NRM\Documentatie_GroeiModel\

[CBS]. Stedelijkheid - omgevingsadressendichtheid.

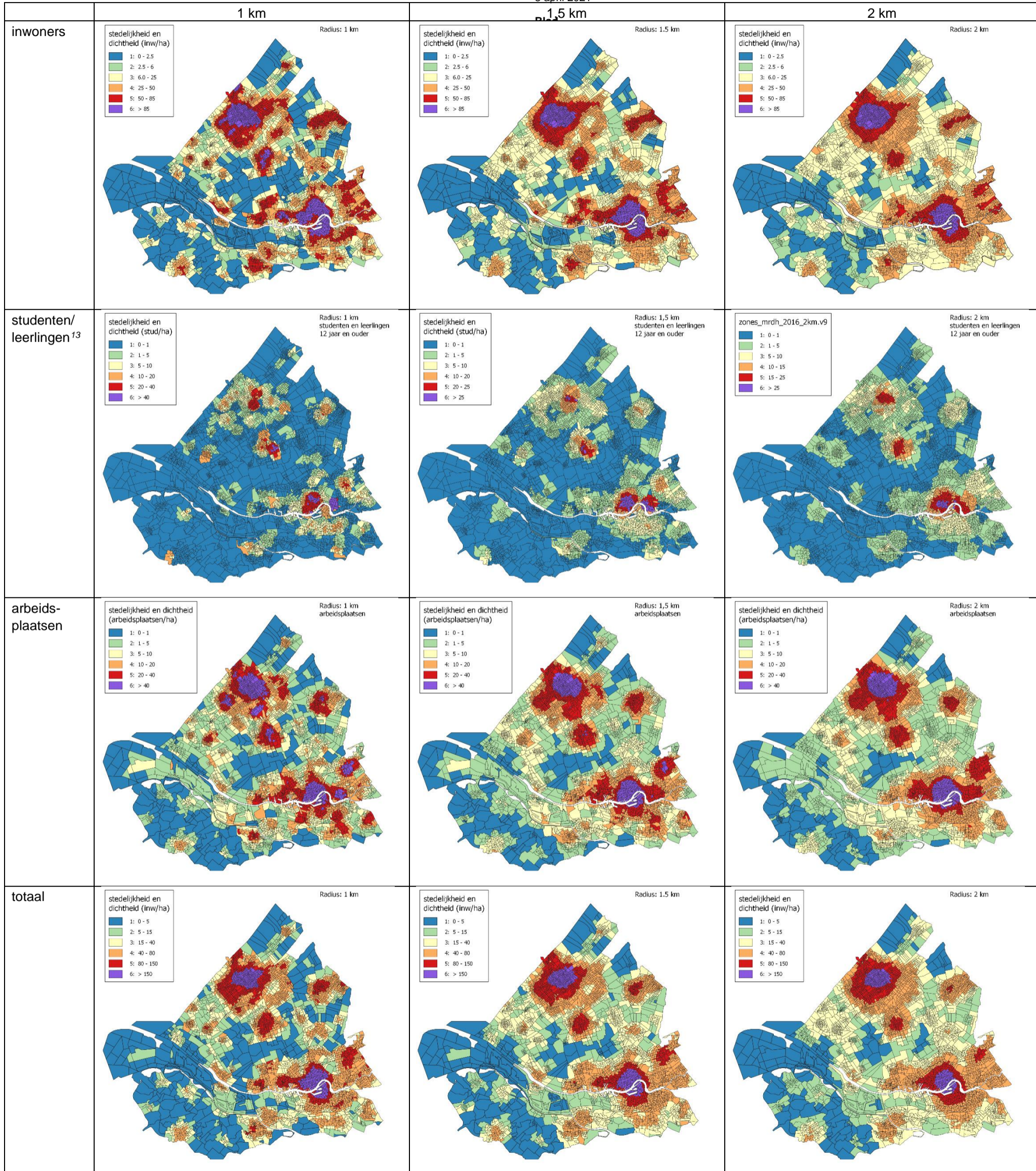
<https://www.cbs.nl/nl-nl/artikelen/nieuws/2019/44/meeste-afval-per-inwoner-in-minst-stedelijke-gemeenten/stedelijkheid>

<https://www.cbs.nl/nl-nl/onze->

[diensten/methoden/classificaties/overig/gemeentegrootte-en-stedelijkheid](https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/classificaties/overig/gemeentegrootte-en-stedelijkheid)

<https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/begrippen?tab=s>

Datum
8 april 2021



Figuur 22: Overzicht van de uitkomsten met de drie afstanden: 1, 1,5 en 2 km zowel voor inwoners, studenten/leerlingen, arbeidsplaatsen en totalen

¹³ Voor 1,5 km en 2 km is een andere legenda gebruikt (lagere grenzen) omdat er anders vrijwel geen zones waren met categorie 5 of 6

Bijlage B: Parkeerdata

Datum
8 april 2021

Blad
56/75

In het kader van het project Urban Tools Next II en verkeersmodellering in het algemeen is behoefte aan data over diverse aspecten van parkeren, zoals het aantal parkeerplaatsen in een zone, uitgesplitst in betaalde parkeerplaatsen, parkeerplaatsen op eigen terrein, vergunning parkeren, etc. Deze data is momenteel vaak enkel beschikbaar voor een specifieke stad of gebied, en niet voor een geheel modelgebied.

In dit project zijn daarom voor een aantal aspecten van parkeren methoden ontwikkeld om op basis van landelijk beschikbare open data schattingen te kunnen doen van een aantal van deze aspecten. De data waar het om gaat betreft gedetailleerde GIS-data van het Kadaster, wegendata van RWS en de data van het Nationaal Parkeerregister (NPR).

Dit document beschrijft de methoden die ontwikkeld zijn. Het gaat om de volgende aspecten, die in dezelfde volgorde beschreven worden:

1. Parkeren op eigen terrein (POET)
2. Parkeren in parkeervakken
3. Parkeren langs de straat
4. Bepaling van parkeertarieven

De eerstgenoemde methode is veruit het meest gecompliceerd en wordt ook veel uitgebreider beschreven dan de andere drie.

Parkeren op eigen terrein (POET)

Data over de hoeveelheid beschikbare parkeerplaatsen op eigen terrein (POET) is momenteel nauwelijks beschikbaar. In Urban Tools Next II is een methode ontwikkeld hoe met GIS-data een (groeve) schatting kan worden gedaan van welke percelen er wel of niet over een parkeerplaats op eigen terrein beschikken. Het gaat hierbij om parkeerplaatsen aan de woonzijde. In rapport D is een verdere beschrijving opgenomen voor het toevoegen van POET voor kantoren (werk gerelateerd). Er wordt daarvoor gekeken of er op eigen terrein voldoende ruimte aan vierkante meters onbebouwd terrein is, aan de straatkant of aan de zijkant van de woning, om een (of meer) auto's te parkeren.

Gebruikte data

De datasets die voor het bepalen van POET gebruikt worden, zijn:

- BAG (Basisregistratie Adressen en Gebouwen; voor de adrespunten en straatnamen)
- BRK/KBK (Basisregistratie Kadaster/Kadastrale BasisKaart; percelen en bebouwing)
- NWB (Nationaal Wegenbestand; wegen met straatnamen).
- BGT (Basisregistratie Grootchalige Topografie).

In Figuur 23 is een voorbeeld te zien waarin deze bronnen worden gecombineerd. Per perceel kan vervolgens bepaald worden welk gedeelte van het perceel *aan de*

Datum
8 april 2021

Blad
57/75

straatkant, onbebouwd is. Als deze onbebouwde oppervlakte groot genoeg is, is er een grote kans (geen zekerheid) dat er behalve een tuin ook een parkeerplaats van die ruimte deel uitmaakt. Naast *aan de straatkant* is het ook wenselijk om eventuele ruimte *aan de zijkant* van het huis mee te tellen. Veel hoekhuizen en twee-onder-een-kap woningen hebben opritten/carports juist aan de zijkant naast het huis.



Figuur 23:..Kadastrale percelen, bebouwing en wegassen.

Helaas is er geen geografische data die het mogelijk maakt om onderscheid te maken in het 'landgebruik' binnen percelen van woningen, behalve dan de aanwezigheid van bebouwing. Met andere woorden, er is geen onderscheid te maken tussen een tuin of een oprit of parkeerplaats.

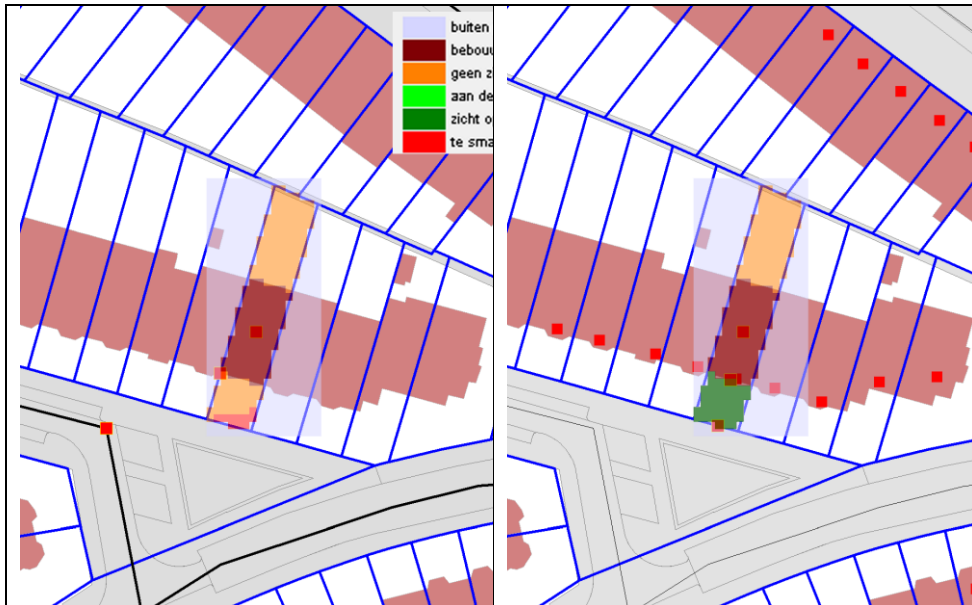
Stappenplan bepalen ruimte voor POET

De gebruikte manier om te bepalen welk deel *aan de straatkant* onbebouwd is, is als volgt:

1. Bepaal eerst voor het perceel wat het adres is.
2. Zoek in het NWB de weg (straat) op die hierbij hoort. Hierbij worden voetpaden die verder dan 10m van de straat liggen (bijvoorbeeld aan de achterzijde van het perceel) niet meegenomen.
3. Zoek, bijvoorbeeld vanuit het zwaartepunt van het perceel (P_{zwp}), het dichtstbijzijnde punt op de weg op (dit noemen we P_{weg}). Hiervoor wordt gebruikgemaakt van de BWG-wegvakken, gezien NWB-wegassen soms ver van het perceel verwijderd ligt (zie Figuur 24).

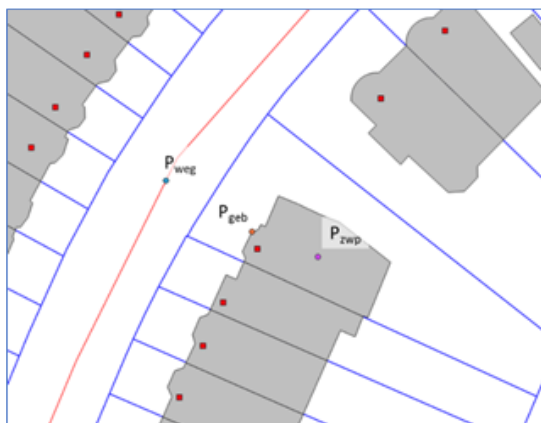
Datum
8 april 2021

Blad
58/75



Figuur 24: Een perceel waarvan de perceelgrens niet dicht bij de (NWB) weg-as ligt en de kortste lijn richting P_{weg} schuin gericht is. Tweede plaatje: Het dichtstbijzijnde punt op de rand van een (BGT) wegvlak.

4. Zoek het punt op de rand van het bebouwde deel dat het dichtst bij het dichtstbijzijnde punt van de straat ligt (dit noemen we P_{geb}). De gebruikte hulppunten P_{zwp} , P_{weg} , en P_{geb} zijn in een voorbeeld weergegeven in Figuur 25.



Figuur 25: Gebruikte hulppunten (de rode vierkantjes zijn de adrespunten).

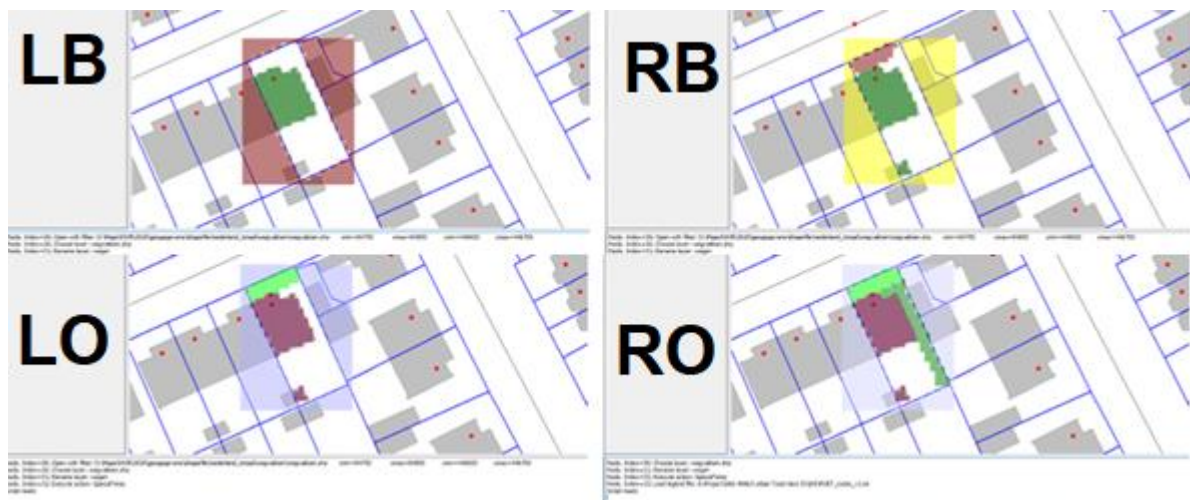
5. Construeer een raster van cellen van 1x1 meter over het perceel en over het bebouwde deel¹⁴. Dit is geïllustreerd in Figuur 26 linksboven.

¹⁴ Het discretiseren in vierkantjes van 1x1 meter is nuttig om problemen te voorkomen die optreden als er doorsnedes van complex gevormde polygonen gemaakt zouden moeten worden. Ook kan er hierdoor gebruik gemaakt worden van technieken uit de digitale beeldbewerking die pixel-gebaseerd zijn, zoals Object Labeling en Euclidean Distance Mapping.

Datum
8 april 2021

Blad
59/75

6. Classificeren van cellen: binnen of buiten het perceel; bebouwd of niet bebouwd. Dit gebeurt op basis van het middelpunt van de cel. Cellen kunnen dus gedeeltelijk over een grens heen vallen. Dit levert een kleine onnauwkeurigheid op die als ruis beschouwd kan worden, maar geen systematische afwijking oplevert. De ruis kan desnoods gereduceerd worden door met een hogere cel-resolutie te rekenen.
 - Classificeren van cellen die dichterbij P_{weg} liggen dan P_{geb} . Deze zijn te zien in Figuur 26 rechtsboven, als de rode cellen. Uit deze illustratie blijkt al uit dat dit criterium niet goed werkt. Er ontstaat een cirkelvormig gebied rond P_{weg} .
 - Classificeren van cellen die dichterbij de wegas liggen dan de afstand ($P_{geb} - P_{weg}$). Dit is in Figuur 26 linksonder te zien.
 - Classificeer elke cel als POET-cel van waaruit een rechte lijn loodrecht naar de weg te trekken is die niet door de bebouwing (of andere obstakels) of perceelgrens onderbroken wordt. M.a.w. er is een directe 'line of sight' vanuit de cel naar de weg.
 - Filter de POET-cellen weg welke te smal zijn om een auto te parkeren. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van EDM (Euclidean Distance Mapping), een techniek waarmee van elke pixel bepaald wordt hoe ver deze van de dichtstbijzijnde 'rand' vandaan ligt. Hierbij wordt een minimale breedte van 2.4 meter aangehouden.
 - Filter de POET-cellen weg die niet voldoen aan de lengte- en breedte criteria. Er wordt aangenomen dat er in de lengterichting minimaal 4.5 meter beschikbaar moet zijn, en in de breedterichting minimaal 2.4 meter.
7. Tel in het onbebouwd deel alle cellen die dichterbij de weg liggen dan P_{geb} . Daarmee is de oppervlakte bepaald van een deel van het perceel waar potentieel een eigen auto geparkeerd kan worden.



Figuur 26: Stappen in het proces van bepaling van POET oppervlakte.

LB: uitgangspunt: rechthoekig gebied (gridcellen van 1x1 m) dat het perceel omsluit; bebouwing markeren.

RB: P_{weg} en P_{gebouw} bepalen; gridcellen die dichterbij P_{weg} liggen dan P_{gebouw} markeren.

LO: gridcellen die dichterbij de weg liggen dan P_{gebouw} markeren.

RO: gridcellen die 'line of sight' naar de weg hebben markeren

De uitsnede die we hier zien ligt in Delft (Rotterdamseweg - Aleid van Malsenlaan).

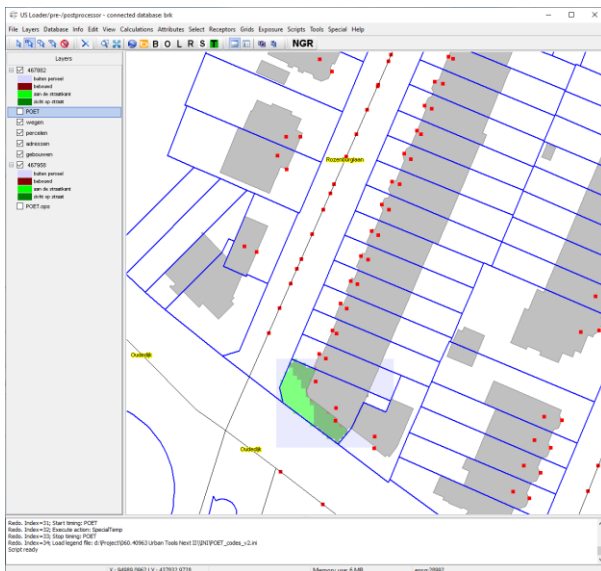
Datum
8 april 2021

Blad
60/75

Aannames en beperkingen

In de bepaling van POET-plaatsen aan de straatkant zijn een aantal aannames gemaakt:

1. Er is één adres per perceel en één perceel per adres. Bij een perceel met meerdere adressen wordt slechts één adres en één straatnaam meegenomen (zie Figuur 27). De implementatie om beide straatnamen mee te nemen is te ingewikkeld voor deze studie.
2. De straatnaam kan in het NWB altijd worden gevonden.
3. Er is een raster gebruikt van 1x1 meter.
4. De rasters liggen recht op de kaart, en bewegen niet mee met de richting van het perceel. Deze methode werkt vermoedelijk minder goed bij percelen die schuin liggen t.o.v. de weg.
5. Bij hoekhuizen wordt alleen de parkeerruimte vóór het huis meegenomen, terwijl hier wellicht ook de ruimte langs het huis meegenomen moet worden.

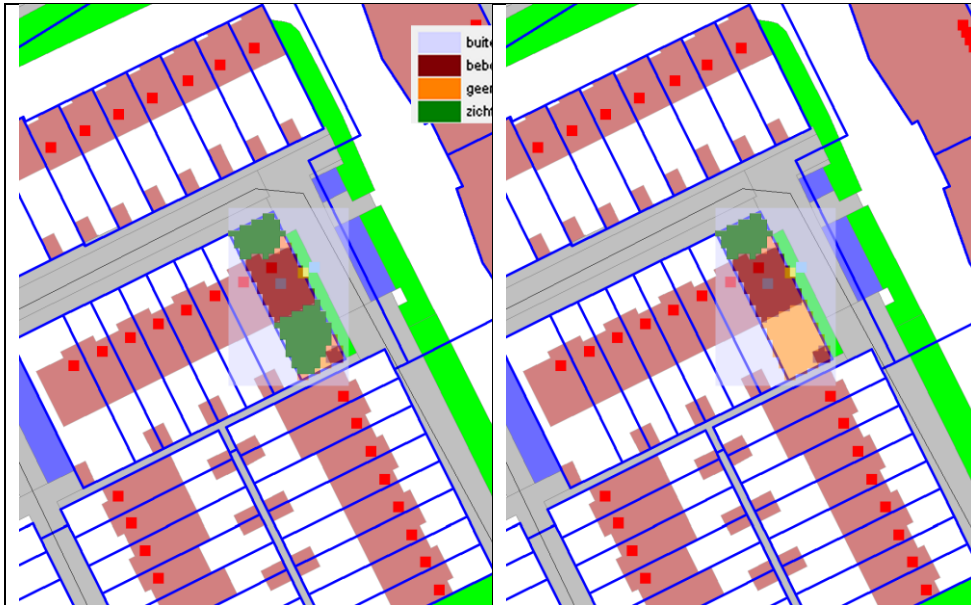


Figuur 27: Een perceel (nr. 467958 in Rotterdam) met adressen aan twee verschillende straten. Slechts één van beide wordt meegenomen in de POET-berekening.

6. Bij het weghalen van stroken die te smal zijn om te parkeren wordt gewerkt met hetzelfde raster van 1x1m. Dit zijn relatief grote vakken en is daardoor onnauwkeurig.
7. Voor het wegfilteren van plekken die te klein zijn (in de lengte- en breedterichting) wordt aangenomen dat de auto altijd loodrecht op de weg staat.
8. Er wordt gebruikgemaakt van wegdata van 31 december 2018. Veel wegen staan niet in de database vóór 2017, terwijl deze wel voor deze datum bestonden.
9. Groenstroken tussen de weg en het perceel worden niet meegenomen als belemmering om het perceel te bereiken (de line-of-sight). Dit zou kunnen worden toegevoegd door te kijken naar de BGT tabel "begroeidterreindeel", zoals geïllustreerd in Figuur 28.
10. Parkeervakken worden niet meegenomen als barrière voor de line-of-sight, terwijl dit in veel gevallen wel zo is: je kunt vaak niet over een parkeervak (waar al dan niet een auto staat geparkeerd) het eigen perceel oprijden.

Datum
8 april 2021

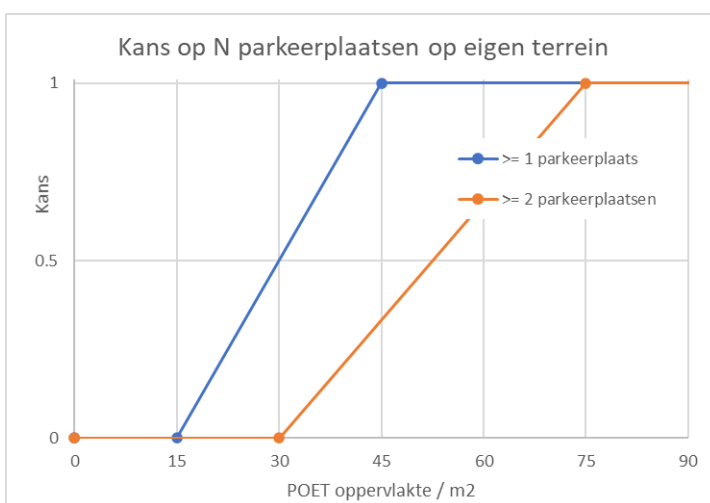
Blad
61/75



Figuur 28: Een perceel waarvan de achtertuin niet toegankelijk is vanwege een plantsoen.
Lichtgroen: plantsoenen; blauw: parkeervlakken. Rondom het huis is donkergroen beschikbaar voor parkeren, oranje niet. Links: voor toepassing van deze regel, rechts: na toepassing van deze regel.

Toekennen aantal POET plaatsen op basis van gevonden oppervlakte

Nadat alle POET-oppervlaktes zijn bepaald met de hiervoor beschreven methode, is een conversiestap nodig naar het aantal beschikbare parkeerplaatsen op de percelen. De veronderstelling is dat deze relatie eruit ziet zoals weergegeven in Figuur 29.



Figuur 29: Veronderstelde relatie tussen POET-oppervlakte en aantal POET-parkeerplaatsen. De getallen op de horizontale as zijn grove schattingen.

Datum
8 april 2021

Blad
62/75

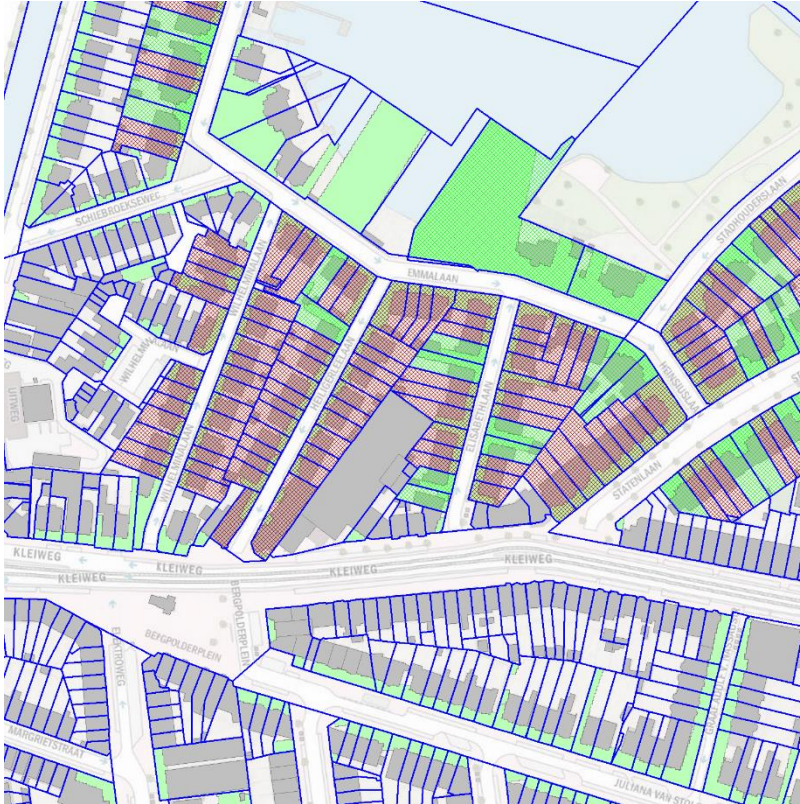
Een manier om dit middels een kleine steekproef te verifiëren is om gebruik makend van Google Street View voor een aantal adressen op het oog vast te stellen of daar daadwerkelijk op het eigen terrein een auto (of twee) geparkeerd kan worden en de relatie tussen waargenomen aantal POET-parkeerplaatsen en de POET-opervlakte te bepalen. Dit is uitgevoerd voor een wijk in Rotterdam (iets ten zuiden van de Kralingse Plas). Zie Figuur 30 voor een aantal Google Streetview screenshots, en Figuur 31 voor het resultaat van het POET-algoritme vergeleken met het tellen van plaatsen in Streetview.



Figuur 30: Straatbeeld Oranjelaan/ Pr. Julianalaan, Rotterdam, ontleend aan Google Street View

Datum
8 april 2021

Blad
63/75



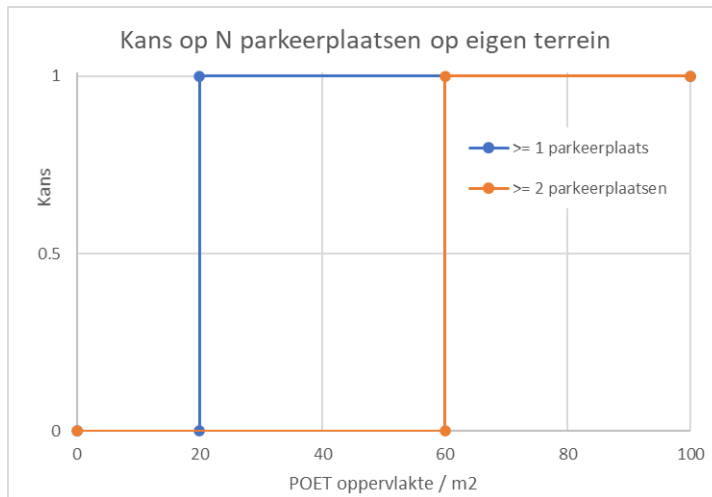
Figuur 31: In deze figuur zijn een aantal (vele tientallen) percelen aangeduid waarvan op het oog ('handmatig') is vastgesteld of daar wel (groen gearceerd) of niet (rood gearceerd) een parkeerplaats op eigen terrein aanwezig is. Daarnaast zijn de potentiële POET-oppervlakte op elk perceel ook in groen ingekleurd.

In deze wijk leek de relatie tussen POET-oppervlakte en POET-plaatsen overeen te komen. Echter, om nauwkeurige en betrouwbare uitspraken te kunnen doen over het verband tussen POET-oppervlakte en het aantal POET-parkeerplaatsen is het nodig om grotere aantallen percelen, in verschillende typen buurten, te analyseren. Dit is gezien de tijd en budgetbeperking van het Urban Tools Next II niet uitgevoerd.

Daarom is er gekozen voor 'ronde getallen' als drempelcriteria, om schijnnaauwkeurigheid te vermijden. Als de POET-oppervlakte groter is dan 20 m² dan wordt er 1 POET plaats toegekend, en als deze meer is dan 60 m² dan worden er 2 plaatsen toegekend, zoals weergegeven in Figuur 32.

Datum
8 april 2021

Blad
64/75



Figuur 32: Gebruikte relatie tussen POET-oppervlakte en aantal POET-parkeerplaatsen.

Rekentijd

Toegepast op de bounding box van het V-MRDH-gebied, ca. 50 x 45 km, op een werkstation met 40 cores op 2.4 GHz (waarvan er maar één tegelijk gebruikt werd), met 128 GB geheugen, duurde de run voor het bepalen van POET-plekken 3 uur en 7 minuten. Het algoritme is als test ook toegepast op heel Nederland, dit duurde ruim 39 uur. De nabewerkingen om de resultaten om te rekenen naar aantallen POET plaatsen en op te tellen per VMRDH-zone (of welke zone-indeling dan ook) zijn relatief eenvoudig en kosten minder dan een uur.

Conclusies en aanbevelingen POET-bepaling

Voor wat betreft de bepaling van de 'POET-oppervlakte' zou het wenselijk zijn om een assessment te doen van de betrouwbaarheid van de methode om deze oppervlakte te bepalen. De indruk is dat deze niet slecht is, maar dit verdient enige onderbouwing. Hier kan een inschatting van worden gemaakt door voor een aantal verschillende types buurten, voor een relatief klein gebied (bijvoorbeeld 250 x 250 meter) in detail naar de resultaten te kijken en op het oog (eventueel met behulp van gedetailleerder kaarten en Google Street View) vast te stellen of er onbedoeld stukken perceel meegeteld dan wel juist niet meegeteld zijn als POET-oppervlakte. Een dergelijk assessment levert ook concrete aanknopingspunten op om de methode verder te verbeteren. Naast de zaken die genoemd worden in de paragraaf met aannames en beperkingen, is de meest voor de hand liggende verbetering het rekenen met een hogere resolutie: bijvoorbeeld door gebruik van cellen van 0.5 x 0.5 meter in plaats van 1 x 1 meter.

Daarnaast is het wenselijk om het verband tussen oppervlakte en aantal POET plaatsen te kalibreren m.b.v. Google StreetView. Daarbij zou ook nog onderzocht kunnen worden of dit verband afhankelijk is van de stedelijkheid van een wijk of buurt, of van andere wijk-kenmerken.

Datum
8 april 2021

Blad
65/75

Parkeerplaatsen in vakken

Behalve voor ‘parkeren op eigen terrein’ kan de data van het Kadaster ook gebruikt worden om andere aspecten van parkeren uit af te leiden. Met name het aantal **parkeervakken** is op basis van de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) goed te analyseren. De BGT-data bevat een tabel **wegdeel**, die alle polygoon bevat die deel uitmaken van straten en wegen in Nederland. Elk van deze wegdelen heeft een kenmerk `bgt_functie` en één van de mogelijke waarden van dit kenmerk is “parkeervlak”.

Om de aantallen parkeerplaatsen in parkeervlakken te bepalen per (V-MRDH) zone zijn de volgende stappen doorlopen:

- Met een query op de BGT-database zijn alle polygoon geselecteerd die als `bgt_functie` de waarde ‘parkeervlak’ hebben.
- Van elke polygoon is het oppervlakte en het zwaartepunt bepaald.
- Het aantal parkeerplaatsen is bepaald door de oppervlakte (in vierkante meters) van elk polygoon te delen door 11 en af te ronden.
- De toekenning aan de (V-MRDH) zones is gedaan op basis van het zwaartepunt van elk vlak.
- Het zwaartepunt is tevens gebruikt om vast te stellen of het betreffende parkeervlak in een betaalde zone valt of niet (zie paragraaf verderop: tarieven).

Parkeren langs de straat.

Voor het bepalen van parkeerplaatsen langs de straat (buiten parkeervlakken) is ook een methode ontwikkeld die gebruik maakt van open (geografische) data. Hiervoor worden de wegassen gebruikt zowel van het Nationaal Wegenbestand (NWB) als van OpenStreetMaps (OSM). Beide datasets zijn nodig omdat OSM een goed bruikbare classificering van wegtypes heeft, maar niet alle wegsegmenten opdeelt ter plaatse van kruisingen. Dit laatste is in het NWB wel het geval.

Als ‘langsparkeerbare’ OSM wegtypes zijn de volgende types geïdentificeerd:

- access
- bridleway
- living_street
- residential
- road
- tertiary
- tertiary_link
- unclassified

De methode volgt de volgende stappen:

- Selecteer alle OSM-wegsegmenten die als wegtype kenmerk (“highway”) een waarde hebben uit de hiervoor genoemde lijst.
- Bepaal voor alle NWB-wegsegmenten het punt dat halverwege het begin- en eindpunt ligt.
- Zoek de OSM weg waar dit punt het dichtstbij ligt, met een maximum van 4 meter. Als er geen OSM weg wordt gevonden dan is de NWB weg geen ‘langsparkeerbare’ weg en wordt deze geëlimineerd.

Datum
8 april 2021

Blad
66/75

Voor de overblijvende NWB-segmenten:

- Genereer punten aan beide zijden van de weg, met onderlinge afstand van 3 meter en minimaal 2 meter van begin- en eindpunt van het wegsegment (in verband met kruisingen).
- Elimineer punten die in parkeervlakken vallen (zie ook de voorgaande sectie over parkeervlakken)
- Elimineer punten die binnen 3 meter van een POET plaats liggen (in verband met het niet mogen blokkeren van een inrit)
- Elke set van 3 ononderbroken achter elkaar liggende punten (2 intervallen van 3 meter) wordt geteld als 1 parkeerplaats.
- Het middelste van de 3 achter elkaar liggende punten wordt gebruikt als puntlocatie op basis waarvan de parkeerplaats aan een zone wordt toegekend.

Een voorbeeld van deze bepaling van parkeren langs de straat is weergegeven in Figuur 33.



Figuur 33: Parkeerplaatsen langs de weg, resulterend uit de hierboven geschetste methode. De blauwe rondjes geven de locaties aan van de gevonden parkeerplaatsen. Waar rode stipjes staan maar geen blauwe, zijn ofwel parkeervlakken ofwel POET plaatsen aanwezig.

Conclusies en aanbevelingen

Bij het inspecteren van de resultaten op meerdere plekken in vergelijking met satellietfoto's, blijken er twee belangrijke tekortkomingen te zijn:

1. In stedelijke omgevingen en vooral in binnensteden gelden vaak parkeerverboden of vergunning-regimes. Deze methode houdt daar geen rekening mee. Als onderdeel van het NWB is recent ook een nationaal bestand met alle verkeersborden openbaar geworden. Het is wellicht mogelijk om daaruit de verkeersborden te filteren die met parkeerverboden en vergunningen te maken hebben en daarmee het grootste deel van de plaatsen waar niet geparkeerd mag worden te elimineren.
2. Sommige wegen zijn te smal om aan beide zijden ervan te kunnen parkeren. Deze methode houdt daar geen rekening mee. De NWB noch OSM bevatten

geschikte data over wegbreedtes. Op basis van de (veel gedetailleerdere) BGT is het in principe wel mogelijk om wegbreedtes te bepalen.

Datum
8 april 2021

Blad
67/75

Ook uit de vergelijking met parkeer-attracties van zones uit het VMRDH valt op te maken dat de aantallen parkeerplaatsen door deze methode overschat worden.

Parkeergarages en parkeertarieven

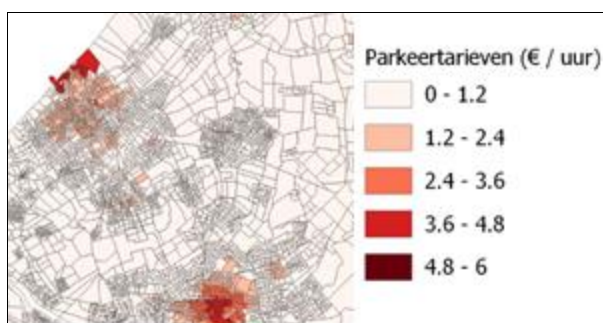
Via het Nationaal Parkeer Register is de dataset Open Parkeerdata beschikbaar gesteld. De RDW verzamelt en publiceert hierin informatie over de parkeergebieden en de bijbehorende tarieven van alle openbare parkeervoorzieningen binnen de Nederlandse gemeenten. Hierin zitten geen privégarages zoals van een specifieke winkel of een woontoren.

De data wordt aangeboden in de vorm van een set CSV-files, in combinatie met json files per parkeerplaats (een kleine 10000 files). Na het combineren van de gegevens uit de tabellen met de bijbehorende json data ontstaat een dataset met polygonen die parkeergebieden representeren, gekoppeld aan eigenschappen zoals de capaciteit en de tarieven. Voor parkeergarages zijn vaak de in- en uitgangen, zowel voor de voertuigen als voor de voetgangers, als puntlocaties gegeven.

De gegevens over tarieven zijn gecompliceerd. Er zijn uur-, twee-uur-, dag- en weektarieven, tarieven per minuut, met korting voor het eerste uur enzovoort, vaak voor elke dag van de week apart gegeven.

Om zo eenduidig mogelijk één tarief (kosten per uur) aan elke parkeerplaats toe te kennen is gekozen om het tarief te nemen dat geldt op dinsdagmiddagen om 15:00 uur en als daar meerdere mogelijkheden voor zijn, het tarief dat geldt voor de kortste tijdsperiode.

Dit levert de gemiddelde parkeertarieven per V-MRDH-zone op zoals weergegeven in Figuur 34.



Figuur 34 Per zone gemiddelde parkeertarieven van de betaalde parkeerplaatsen

Bijlage C: Autobezitsmodel

Datum
8 april 2021

Blad
68/75

Zowel vanuit modelmatig oogpunt (het is plausibel dat er een verband is) als vanuit beleidsmatig oogpunt (het kan als sturingsmiddel gebruikt worden) is het wenselijk om verbanden te zoeken tussen parkeermogelijkheden in een zone en aantallen auto's per zone die in bezit zijn van de inwoners. Leaseauto's zijn hierbij ook meegenomen (op basis van coördinaten gekoppeld aan zones). In deze bijlage wordt beschreven welke stappen zijn doorlopen om tot zo'n model te komen.

Data voor autobezitsmodel

De lijst met attributen die geselecteerd zijn om in verband te brengen met autobezit zijn in Tabel 9 weergegeven.

Het grootste deel van deze attributen (uitzonderingen: stedelijkheid, parkeerdata en aantal arbeidsplaatsen) is ontleend aan data van het CBS, in de meeste gevallen geldend op 31 december 2016 (het 'basis jaar' van Urban Tools Next II). De stedelijkheid is bepaald door middel van een in dit project ontwikkelde methode, die beschreven is in Bijlage A. Daarbij is niet alleen gekeken naar het aantal inwoners maar ook naar het aantal arbeidsplaatsen en het aantal leerling- en studentplaatsen in de zone zelf en een gebied van 1.5 km daaromheen. De data met betrekking tot parkeren (zowel parkeren op eigen terrein (POET), parkeren op straat als betaald parkeren), is ook bepaald met een in dit project ontwikkelde methode, met gebruikmaking van data uit landelijk beschikbare open databronnen. Deze methode is beschreven in Bijlage B. Het aantal arbeidsplaatsen binnen een bepaalde straal rond het centrum van de zone is bepaald door middel van eenvoudige GIS-bewerkingen op de landuse data van het V-MRDH, waarin de aantallen arbeidsplaatsen per zone gegeven zijn.

Een complicatie is dat het CBS vereist dat zones waarin een aantal van een bepaalde categorie lager is dan 10, het werkelijke aantal verborgen wordt en vervangen door -1. Om in de regressies te kunnen gebruiken, moeten deze -1-waarden vervangen worden door een zo goed mogelijk kloppend positief getal. Een aantal opties om dit op te lossen zijn overwogen:

- -1 vervangen door 5. Nadeel: dit is een overschatting (wet van Benford).
- -1 vervangen door 3. Nadeel: dit is een grove benadering en een kleine onderschatting.
- -1 vervangen door een waarde die in verhouding staat tot de totale populatie van de zone, maar nooit hoger dan 9. Nadeel: dit is bewerkelijk.

De keuze is gemaakt om overal -1 door 3 te vervangen.

Tabel 9: Attributen regressiemodel autobezit

Datum
8 april 2021

Blad
69/75

Attribuut	Categorieën	Definitie/betekenis van de variabele
Voertuigbezit (n.v.t.) Dit is de doelvariabele	n.v.t.	aantal voertuigen (auto's) in bezit van inwoners ¹⁵ van deze zone, per 1000 inwoners
leeftijdsopbouw Leeftijdxyyp1000	1. 0 t/m 14 jaar 2. 15 t/m 24 jaar 3. 25 t/m 44 jaar 4. 45 t/m 64 jaar 5. 65 jaar en ouder	aantal mensen van deze leeftijdscategorie per 1000 inwoners.
rijbewijsbezit Rijbewijsp1000	n.v.t.	aantal mensen met rijbewijs per 1000 inwoners.
Geslacht Geslacht	n.v.t.	de fractie mannen (aantal mannen gedeeld door aantal inwoners)
herkomst herkomstNp1000	0 ¹⁶ . autochtoon 1. westerse allochtoon 2. niet-westerse allochtoon	aantal mensen van deze herkomstcategorie per 1000 inwoners
inkomensgroep InkomenNp1000	huishoudinkomen 1. < 40 ^e percentiel 2. tussen 40 ^e en 80 ^e percentiel 3. > 80 ^e percentiel	aantal mensen in deze inkomensgroep per 1000 inwoners
huishoudsamenstelling HHsamenstellingNp1000	1. eenpersoons huishoudens 2. huishoudens zonder kinderen 3. huishoudens met kinderen	aantal huishoudens in deze huishoudsamenstellingscategorie per 1000 inwoners.
stedelijkheid stedelijkheid	n.v.t.	De <i>density</i> in personen per ha, waarbij personen de optelsom is van inwoners, arbeidsplaatsen en leerling- en studentplaatsen in deze zone en de zones binnen een straal van 1.5 km.
aantal parkeerplaatsen P_PPPp1000	POET: parkeerplaatsen op eigen terrein FREE: gratis parkeren op straat	het aantal in de zone beschikbare parkeerplaatsen van deze categorie per 1000 inwoners

¹⁵ Uitzonderd autohandelaren en dergelijke

¹⁶ Bij de regressie is deze categorie genummerd van 0 tot en met 2.

Datum
8 april 2021

Blad
70/75

	PAID: betaald parkeren	
Studenten Studentp1000	n.v.t.	het aantal studenten (MBO en hoger) per 1000 inwoners
aantal arbeidsplaatsen Arbeidsplaatsen_xx_yy	5 – 10 km 10 – 20 km 20 – 50 km	het aantal arbeidsplaatsen binnen een straal van x kilometer van het centrum van de zone
betaald werk BetwerkNp1000	0: 0 uur per week 1: < 12 uur per week 2: 12 – 30 uur per week 3: >= 30 uur per week	het aantal mensen met x uren betaald werk per week, per 1000 inwoners

Regressieanalyse.

De regressieanalyse is gedaan in een aantal stappen:

1. elimineren van data (opschonen) en exploreren van enkelvoudige correlaties
2. regressieanalyse en verwijderen van variabelen (om diverse redenen)
3. uiteindelijke regressie berekening

Regressie stap 1. Elimineren van data (opschonen) en exploratieve regressie

De eerste stap is het elimineren van zones waar (te veel) -1 waarden in de data voorkomen. Als er meer dan 2 van de attribuut-waarden gelijk zijn aan -1, wordt deze zone niet meegenomen. (Als dat al bij één of meer gedaan zou zijn, zouden er maar 1500 zones meegenomen worden). Voor zones waar nog steeds attributen -1 voorkomen, zijn deze waarden vervangen door de waarde 3. Na het opschonen is een correlatiematrix berekend van elke variabele met elke andere variabele. Deze dient ten eerste om variabelen met een hoge onderlinge correlatie te identificeren om ze te kunnen elimineren en ten tweede om per variabele een indruk te krijgen wat zijn correlatie is met het voertuigbezit.

Tabel 10 geeft de correlaties van de individuele variabelen met het voertuigbezit per 1000 inwoners weer. Dit geeft een globaal idee welke variabelen sterk en minder sterk correleren met autobezit.

Datum
8 april 2021

Blad
71/75

Tabel 10: Correlatie tussen attributen en aantal voertuigen per 1000 inwoners

Attribuut	Correlatiecoëfficiënt
Aantal voertuigen(p1000)	1
Leeftijd jonger dan 15(p1000)	-0.0671
Leeftijd [15, 25] (p1000)	-0.3492
Leeftijd [25,45] (p1000)	-0.5688
Leeftijd[45, 65] (p1000)	0.5896
Rijbewijs(p1000)	0.8861
herkomst0(p1000)	0.7851
herkomst1(p1000)	-0.4122
herkomst2(p1000)	-0.7496
Inkomen1(p1000)	-0.7191
Inkomen2(p1000)	0.4295
Inkomen3(p1000)	0.3728
HHsamenstelling1(p1000)	-0.5901
HHsamenstelling2(p1000)	0.4794
HHsamenstelling3(p1000)	0.1762
P_POET(p1000)	0.5736
P_FREE(p1000)	0.4506
P_PAID(p1000)	-0.2349
Studenten(p1000)	-0.4679
Geslacht	0.0185
Stedelijkheid	-0.7285
Arbeidsplaatsen50_20	0.1396
Arbeidsplaatsen20_10	0.0057
Arbeidsplaatsen10_5	-0.2202
Arbeidsplaatsen_5	-0.674
BetWerk0(p1000)	-0.2633
BetWerk1(p1000)	-0.1949
BetWerk2(p1000)	0.1971
BetWerk3(p1000)	0.298

Regressie stap 2. Verwijderen van attributen

In de tweede stap zijn attributen weggelaten uit de analyse in verband met onderstaande redenen:

- 1) Collineariteit met variabelen uit dezelfde categorie. Van elk van deze categorieën wordt er op voorhand één variabele weggelaten. In het algemeen wordt er de voorkeur aan gegeven om dan de grootste categorie weg te laten. Om pragmatische redenen is echter steeds de laatste categorie weggelaten.
- 2) Hoge onderlinge correlatie tussen 2 variabelen. Correlaties met een absolute waarde hoger dan 0.75 zijn geselecteerd:
 - a. Leeftijdmin15p1000 (correlatie met 'hh met kinderen')

Datum
8 april 2021

Blad
72/75

- b. Leeftijd1525p1000 (correlatie met 'student')
 - c. rijbewijsp1000 (correlatie met herkomst cat 1)
 - d. Arbeidsplaatsen_5 (correlatie met stedelijkheid)
- 3) Geen significante correlatie met de doelvariabele; eliminatie via het mechanisme van backwards selection:
- herkomst0p1000
 - BetWerk1p1000

Regressie stap 3. Uiteindelijke regressie berekening

Met de uiteindelijke set van invoervariabelen is nogmaals de regressieberekening gedaan. Vervolgens zijn outliers waarvan de absolute waarde van het residu groter is dan 3x de standaarddeviatie geëlimineerd en is de definitieve regressie gedaan. Het elimineren van de outliers betekent dat er 39 zones afvielen en er 3541 zones overbleven in de regressie.

Figuur 35 geeft de resultaten weer. De fit is behoorlijk goed (R-squared ligt heel dicht bij 1). Met een α van 0.05 zijn door middel van backwards selection covariaten uit de regressie gehaald. In totaal zijn 19 significante covariaten overgebleven. De kolom $P > |t|$ geeft aan hoe 'significant' iedere covariaat is. Hoe kleiner het getal in kolom $P > |t|$ hoe significanter het resultaat.

Source	SS	df	MS	Number of obs = 3541		
Model	30015495.5	19	1579762.92	F(19, 3521) = 1878.91		
Residual	2960417.7	3521	840.788895	Prob > F = 0.0000		
Total	32975913.2	3540	9315.2297	R-squared = 0.9102		
				Adj R-squared = 0.9097		
				Root MSE = 28.996		

aantalvoertuigenp1000	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Leeftijd2545p1000	-.1577796	.0186393	-8.46	0.000	-.1943246	-.1212347
Leeftijd4565p1000	.1613709	.0179494	8.99	0.000	.1261786	.1965632
herkomst1p1000	-.1268832	.0140489	-9.03	0.000	-.1544281	-.0993383
Inkomen1p1000	-.320428	.0122567	-26.14	0.000	-.3444589	-.296397
Inkomen2p1000	.2134301	.0177027	12.06	0.000	.1787214	.2481388
HHsamenstelling1p1000	.0815204	.0122822	6.64	0.000	.0574395	.1056013
HHsamenstelling2p1000	.5571929	.0197545	28.21	0.000	.5184615	.5959243
P_POETp1000	.0970754	.0080975	11.99	0.000	.0811991	.1129516
P_FREEp1000	.0046358	.000332	13.96	0.000	.0039849	.0052867
P_PAIDp1000	-.0096566	.0012725	-7.59	0.000	-.0121515	-.0071617
Studentenp1000	-.194901	.0254706	-7.65	0.000	-.2448396	-.1449625
geslacht	55.01845	22.96338	2.40	0.017	9.995587	100.0413
stedelijkheid	-.4952604	.0138467	-35.77	0.000	-.5224089	-.468112
Arbeidsplaatsen_50_20	-4.91e-06	1.03e-06	-4.79	0.000	-6.92e-06	-2.90e-06
Arbeidsplaatsen_20_10	7.72e-06	3.14e-06	2.46	0.014	1.56e-06	.0000139
Arbeidsplaatsen_10_5	-.000053	6.21e-06	-8.53	0.000	-.0000652	-.0000408
BetWerk0p1000	.1625197	.0435908	3.73	0.000	.077054	.2479855
BetWerk2p1000	.201407	.0527982	3.81	0.000	.0978889	.3049251
BetWerk3p1000	.3024643	.0459544	6.58	0.000	.2123644	.3925642
_cons	145.6739	43.24883	3.37	0.001	60.87859	230.4692

Figuur 35: Regressieresultaten.

Datum
8 april 2021

Blad
73/75

De regressie resultaten zijn als volgt te interpreteren:

- Voor de genormaliseerde variabelen (aantallen per 1000 inwoners) geldt dat een toename met 1 van het aantal personen per 1000 inwoners in die categorie leidt tot een toename van *Coef* auto's in die zone. Een voorbeeld: Als het aantal inwoners per 1000 in de leeftijdscategorie van 45 tot 65 met 1 stijgt, neemt het aantal auto's per 1000 inwoners toe met 0.16.
- Van de genormaliseerde variabelen heeft *BetWerk3* (> 30 uur werk per week) de grootste coëfficiënt. Als dit percentage met 1% stijgt, stijgt het aantal auto's met 3.0 per 1000 inwoners.
- Als het percentage mannelijke inwoners met 1% stijgt (de fractie stijgt dan met 0.01), dan neemt het aantal auto's per 1000 inwoners toe met 0.55 auto's.
- Als het aantal POET-parkeerplaatsen per 1000 inwoners toeneemt met één, dan zal het aantal autobezitters per 1000 inwoners toenemen met 0.097.

Conclusies en aanbevelingen autobezitsmodel

Het autobezitsmodel in Urban Tools Next II kan nog op diverse punten worden verbeterd:

- Weglaten van de grootste categorie i.p.v. de laatste.
- Huishoudsamenstelling cat. 3 niet weglaten.
- Rijbewijsbezit niet weglaten.
- -1 vervangen door een beter geschatte waarde.
- Minder zones weglaten
- Leeftijdscategorie 65+ opsplitsen in 65 – 80 en 80 – 100.
- Niet-lineaire verbanden ook mogelijk maken.

Bijlage D: OmniTRANS jobs

Datum
8 april 2021

Blad
74/75

De lijst met OmniTRANS jobs zoals gebruikt in Urban Tools Next II is weergegeven in onderstaande tabel. Scripts 0 moeten vooraf eenmalig worden uitgevoerd. De rest kan op volgorde van het nummer worden gedraaid. Eventueel kunnen scripts 6 en 7 (LOS en hubexport) worden weggelaten als er slechts één iteratie van Feathers gedaan wordt.

00a. Parkeerlinks toevoegen (project)	Dit script maakt voor iedere zone een set van voedingslink(s) naar de parkeerlink, parkeerlink en een looplink.
00b. Parkeerlinks toevoegen (variant)	Zoals 00a, maar dan om de parkeerlinks naar een variant te kopiëren
00c. Lopen skimmen	Generatie loopskims voor gebruik in Feathers en voor- en natransportmodel
01a. ImportFeathers & Voor en Natransportmodel	Importeert activiteitenschema's uit Feathers/voor- en natransportmodel en zet deze om in HB-matrices per tijdsperiode. Maakt gebruik van OtFeathers-utn2_outputvoorEnNaTransport.rb
01b. Maak matrices met extern verkeer	Splitst het extern verkeer van de V-MRDH matrices
01c. Voeg extern verkeer toe aan output Voor en Na Transport Model	Voegt extern verkeer (1b) toe aan HB-matrices uit activiteitenschema's (1a)
01d. Optellen matrices voor KPI analyse	Optellen van nieuwe modaliteiten in matrices voor auto-achtigen en fiets-achtigen, voor vergelijking met V-MRDH matrices.
02a. Toedelen en Skimmen MVT	Toedeling MVT, enkel gebruikmakend van betaald parkeren capaciteit
02b. Toedelen en Skimmen MVT scenario1a1b	Toedeling MVT, gebruikmakend van alle typen parkeercapaciteit. Gebruikt in scenario 1a en 1b.
03a. Toedelen en Skimmen OV en Fiets	Toedeling OV en fiets
03b. Samenvoegen 4 OV skims tot 1 tbv Feathers	4 OV-skims (L-OV-L, L-OV-F, F-OV-L, F-OV-F) samenvoegen tot één d.m.v. MNL. Deze wordt in de Feathers schatting gebruikt

Datum
8 april 2021

Blad
75/75

04a. Skims Aanpassen en aanmaken	De skims voor auto en fiets aanpassen naar de eigenschappen van de nieuwe modaliteiten.
04b. Skims nabewerken – micro alleen in centrum + van/naar hubs	Gedeelde micromodaliteiten alleen toestaan in het centrum en van/naar hubs, gebruikt in scenario 2b.
04b. Skims nabewerken – micro gedeeld niet beschikbaar in laagstedelijk gebied	Gedeelde micromodaliteiten alleen toestaan in hoogstedelijk gebied, gebruikt in scenario 3.
05. Hub routes en skims	De hublocatiezoeker die ideale hubs zoekt aan de hand van de gegenereerde skims.
06. Hubs exporteren	Hubs exporteren t.b.v. het voor- en natransport keuzemodel.
07a. LOS export voor VNT model	LOS exporteren voor het voor- en natransport keuzemodel.
07b. LOS export voor Feathers	LOS exporteren voor Feathers. De data is gelijk aan de data voor het VNT model, maar het dataformaat is net anders.
08a. KPI hub gebruik en ketenindicator	Bepalen van KPIs rondom hubgebruik. Genereert een excel-sheet (d.m.v. OtExcel).
08b. KPI parkeerlinkgebruik	Bepalen van KPIs rondom gebruik van parkeerlinks.
08c. KPI interne trips en modal split	Bepalen van KPIs voor het aantal trips en modal split. Deze kan gegenereerd worden zonder de toedeling te draaien (na script 1d).
08d. KPI trip lengte en interne trips	Bepalen van KPIs rondom triplengtes.
08e. KPI tellingen	Bepalen van KPIs voor vergelijking met (weg)tellingen.
09a. Voertuigkilometers Auto Vracht	Bepalen van KPIs voor voertuigkilometers voor auto en vracht.
09b. Voertuigverliesuren Auto Vracht	Bepalen van KPIs voor voertuigverliesuren voor auto en vracht.