

## **Wat zie je toch veel busjes tegenwoordig: bestelverkeer in het stedelijke model van Amsterdam**

Jos van den Elshout – Gemeente Amsterdam – [j.van.den.elshout@amsterdam.nl](mailto:j.van.den.elshout@amsterdam.nl)  
Sebastiaan Thoen – Significance – [thoen@significance.nl](mailto:thoen@significance.nl)

### **Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 13 en 14 oktober 2022, Utrecht**

#### **Samenvatting**

Het verkeersmodel van Amsterdam (VMA) bevat een nieuwe module die bestelverkeer berekent, bestaande uit beroepsmatige verplaatsingen en postbezorging. De aanleiding voor een nieuwe module binnen het modelsysteem is dat met de traditionele werkwijze om het model te schatten op verplaatsingsenquêtes de werkelijkheid steeds minder goed wordt benaderd. De reden is dat in een grootstedelijke omgeving veel verkeer rijdt dat niet of nauwelijks onderdeel uitmaakt van de verplaatsingsenquêtes. Denk bijvoorbeeld aan beroepsmatig verkeer zoals bouwverkeer en serviceverleners en postbezorging, maar ook taxiverplaatsingen en verplaatsingen gemaakt door buitenlandse toeristen.

Daarnaast neemt de beleidsmatige aandacht voor stedelijke logistiek toe. De druk op de openbare ruimte is groot en stedelijke logistiek is van invloed op de leefbaarheid in de stad. De modellering van beroepsmatig bestelverkeer en postbezorging is een eerste stap om extra inzicht te bieden in de ontwikkeling van logistieke stromen.

In dit paper wordt de werking van de bestelmodule beschreven: hoe is het model opgebouwd, welke data gaat erin en wat is het resultaat.

## **1. Waarom modelleren van bestelverkeer?**

Het verkeersmodel Amsterdam (VMA) kent een aantal groepen van autoverplaatsingen die niet zijn vertegenwoordigd in het model. Voorbeelden zijn autoverplaatsingen gemaakt door buitenlandse toeristen, taxiritten, postbezorging en beroepsmatige verplaatsingen. Dat komt omdat de synthetische automatrix worden geschat met behulp van de verplaatsingsenquêtes OViN/ODiN<sup>1</sup>. Hierbij wordt alleen gebruik gemaakt van de persoonlijke verplaatsingen die door de respondenten zijn opgegeven. Bovengenoemde groepen autoverplaatsingen maken niet of nauwelijks onderdeel uit van de verplaatsingsenquêtes.

Als de synthetische automatrices worden gekalibreerd blijkt dat er een groot gat zit tussen het aantal verplaatsingen in Amsterdam volgens de verplaatsingsenquêtes en het aantal verplaatsingen na kalibratie. De gekalibreerde personenautomatrices bevatten circa 60% meer Amsterdamse verplaatsingen dan de synthetische matrices geschat op basis van de verplaatsingsenquêtes. Dit betekent dat het model maar ten dele in staat is om het verkeer op straat te beschrijven en te verklaren.

Een deel van het verkeer dat ontbreekt in de synthetische matrices is beroepsmatig bestelverkeer. Hierbij kan men denken aan ritten van servicediensten zoals monteurs en zorgverleners, en bouwverkeer zoals aannemers. In hoofdlijnen gaat het om beroepsmatig verkeer dat op een dag meerdere adressen of klanten aandoet. Een tweede groep is pakketbezorging, de verplaatsingen die worden gemaakt door de grote pakketbezorgers.

Een tweede aanleiding is de toenemende beleidsmatige aandacht voor stedelijke logistiek. De druk op de openbare ruimte wordt steeds groter. Er is een toenemende behoefte om meer inzicht te krijgen in de logistieke stromen en in de effecten van beleidsmaatregelen op het logistieke verkeer.

In dit paper wordt de werking van modellering van beroepsmatig bestelverkeer en postbezorging in het verkeersmodel Amsterdam beschreven. Allereerst wordt beschreven hoe de modules zijn geïntegreerd in het model. Vervolgens wordt in detail ingegaan op de werking van de module voor beroepsmatig bestelverkeer en voor de postbezorging. Tot slot wordt ingegaan op de mogelijkheden van verdere doorontwikkeling.

## **2. Toepassing in het VMA**

Het VMA maakt onderscheid in personenauto's en vrachtverkeer. In Figuur 1 is de onderverdeling naar doelgroepen en lengte-categorieën beschreven. Personenauto's vallen in de lengtecategorie L1 (korter dan 5,6 meter). Vrachtverkeer bestaat uit de lengtecategorieën L2 en L3 (langer dan 5,6 meter). Bestelverkeer valt in L1 of L2, afhankelijk van de grootte van de bestelauto.

---

<sup>1</sup> OViN: Onderzoek Verplaatsingen in Nederland.  
ODiN: Onderweg in Nederland.

Het reguliere personenautoverkeer wordt geschat op basis van OVIN/ODIN en wordt standaard berekend in het verkeersmodel. Bouw- en serviceverkeer en pakketbezorging worden berekend met de nieuwe beroeps- en bestelmodule. In de nieuwe versie van het verkeersmodel is ook de wijze waarop goederenvervoer wordt berekend gewijzigd, maar dit valt buiten de scope van het paper.

*Figuur 1. Verdeling van verkeer over doelgroepen en voertuigcategorieën in VMA*

Bronnen		Voertuigcategorie in VMA				
		Personen	Bestelverkeer		Vracht	
		L1	L1	L2	L2	L3
<b>CBS: bestelverkeer</b>	Bouw					
	Service					
	Goederen					
	Pakketbezorging					
<b>OVIN: mobiliteit</b>	Personen					

De bestelverkeer-module berekent matrices per dagdeel voor beroepsmatig verplaatsingen (bouw en service) en de pakketbezorging. De matrices worden uitgesplitst naar de lengtecategorieën L1 en L2. De L1-matrices worden opgeteld bij de synthetische personenautomatrices, de L2-matrices bij de synthetische vrachtmatrices. De gecombineerde personenauto-bestelauto (L1) matrices worden gekalibreerd op de personenautotellingen. Het resultaat is de gekalibreerde basismatrix.

De vrachtmatrices inclusief bestelauto's behorende tot categorie L2 worden gekalibreerd op de vrachttellingen. Er wordt dus niet gekalibreerd op afzonderlijke bestelautotellingen. Het gevolg is dat in de basismatrix geen onderscheid meer is te maken tussen het aandeel personenauto en het aandeel bestelauto.

### 3. Modelleren van beroepsmatig verkeer

De module beroepsmatig verkeer modelleert de segmenten bouw en service. De beroepsverkeermodule bestaat uit twee hoofdstappen: ritproductie/attractie en distributie. In het ritproductie/attractie deel van de module wordt bepaald hoeveel ritten er vertrekken per VMA-zone en hoeveel ritten er aankomen per VMA-zone voor de gebruikssegmenten bouw en service. In het distributiedeel worden die producties en attracties in een zwaartekrachtmodel gebruikt om een matrix te vormen met het aantal ritten tussen de VMA-zones.

De empirische basis wordt gelegd door de Bestelauto-enquête van het CBS. De resultaten van deze enquête worden gebruikt in de modellering van bestelwagens in de landelijke modellen LMS en NRM. Als basis voor deze module gebruiken we de basismatrices voor NRM-West, die zijn opgesplitst naar 4 gebruikssegmenten: bouw, service, goederen en post. Op basis van dit bestand zijn regressiemodellen geschat voor

de ritproductie en attractie, en is een zwaartekrachtmodel geschat voor de modellering van de HB-patronen.

### 3.1 Ritproductie en attractie

De module start met het bepalen van het aantal ritten dat wordt geproduceerd in iedere zone en het aantal ritten dat iedere zone aantrekt. Hiervoor gebruiken we regressievergelijkingen die op zoneniveau geschat zijn. In deze vergelijkingen worden sociaaleconomische gegevens op zoneniveau met de geschatte productie-/attractiefactoren vermenigvuldigd. De sectoren bouw en service zijn apart geschat. Buitenlandse producties en attracties worden niet gemodelleerd. Uit de CBS-gegevens blijkt dat er weinig bestelverkeer tussen Amsterdam en het buitenland rijdt.

De schattingen zijn uitgevoerd op de jaarintensiteiten en voor beide lengtecategorieën (L1 en L2) bij elkaar. Als basis voor de schattingen zijn de vrachtdata en SEGS (sociaal-economische gegevens, informatie over aantal arbeidsplaatsen en inwoners) van het NRM West 2014 gebruikt. Het aantal arbeidsplaatsen behorend tot de categorieën landbouw, industrie en overig volgen direct uit de SEGS. Voor de zones waar een haven of luchthaven is worden de arbeidsplaatsen van industrie en overig overgeheveld naar haven of luchthaven. Voor deze zones worden dan industrie en overig op nul gezet. Voor de verklarende variabele 'oppervlakte distributiecentra' is het aantal vierkante meter distributiecentra per zone bepaald aan de hand van de distributiecentra-dataset van RWS. Het oppervlak aan pakkeetsorteercentra wordt tijdens het uitvoeren van de module bepaald op basis van het opgestelde invoerbestand met pakkeetsorteercentra. In Tabel 2 is aangegeven welke variabelen zijn meegenomen in de schatting en welke variabelen significant zijn gebleken.

*Tabel 1. Verklarende variabelen per model en significantie van de variabelen (ja/nee)*

<b>Verklarende variabele</b>	<b>Bouw</b>	<b>Service</b>
Arbeitsplaatsen landbouw	Ja	Ja
Arbeitsplaatsen industrie	Ja	Ja
Arbeitsplaatsen detail	Nee	Ja
Arbeitsplaatsen diensten	Ja	Ja
Arbeitsplaatsen overig	Nee	Ja
Arbeitsplaatsen haven	Ja	Ja
Arbeitsplaatsen luchthaven	Ja	Ja
Aantal inwoners	Ja	Ja
Oppervlakte postsorteercentra	Nee	Nee
Oppervlakte distributiecentra	Ja	Nee

### 3.2 Distributie

Na het bepalen van de producties en attracties wordt het aantal ritten tussen iedere HB-relatie bepaald aan de hand van een zwaartekrachtmodel. Voor het schatten van de distributie is gebruik gemaakt van de producties en attracties (aantal ritten) van de VMA-zones en de reiskosten per HB-relatie. De reiskosten berekenen we op basis van de restdag reistijden en afstanden en uur- en kilometerkosten voor bestelauto's uit

BasGoed. Hierbij wordt het gemiddelde van de reiskosten voor de heenreis en de terugreis gepakt, om tegemoet te komen aan de invloed van eenrichtingsverkeer.

Tot slot worden de ritten verdeeld over de drie dagdelen op basis van dagdeelfactoren, en wordt een onderscheid aangebracht tussen beroepsmatig verkeer kleiner dan 5,6 meter (L1) en groter dan 5,6 meter (L2).

Uit geaggregeerde statistieken van het bestelauto-enquête van het CBS is af te leiden dat voor de segmenten bouw en service 13,4% langer dan 5,6 meter is en dus 86,6% van het verkeer kleiner dan 5,6 meter is en binnen de L1 telling valt. Deze factoren worden voor zowel basisjaar als prognosejaar aan het einde van deze module toegepast. Deze factoren zijn afzonderlijk instelbaar voor basisjaar en toekomstjaar. Er wordt voornamelijk met hetzelfde percentage voor alle scenario's en zichtjaren gewerkt. Dit omdat er geen kwantitatieve informatie beschikbaar is over de ontwikkeling van deze verdeling in lengtecategorieën.

#### **4. Pakketbezorging**

In de pakkettenmodule worden de last-mile rondritten voor pakketbezorging gemodelleerd (B2B en B2C). Het gaat in deze pakketbezorgingmodule enkel om de last-mile-delivery, dus de rondritten vanaf het sorteercentrum naar de uiteindelijke ontvanger, de grote stromen tussen depots worden omvat door de vrachtmodule.

De pakkettenmodule bestaat uit twee hoofdstappen: vraagbepaling en ritplanning. In het vraagdeel van de module wordt het aantal pakketten bepaald tussen iedere depot en zone. In de ritplanning worden rondritten gevormd vanuit de depots om de pakketten te bezorgen.

##### *4.1 Vraagbepaling*

De module start met het bepalen van het aantal pakketten dat in iedere zone moet worden afgeleverd. Hiervoor gebruiken we de bevolking en arbeidsplaatsen in een zone en parameters voor het gemiddeld aantal pakketten per dag per huishouden en werknemer. We modelleren alleen de pakketbezorging in Noord-Holland, Zuid-Holland, Utrecht en Flevoland; de pakketbezorging in de andere provincies heeft nauwelijks tot geen effect op de verkeersafwikkeling in en rondom Amsterdam.

Uit de Post- en Pakkettenmonitor van de ACM (2018) blijkt dat in 2018 in Nederland 240 miljoen pakketten zijn bezorgd in het B2C-segment en 91 miljoen pakketten in het B2B-segment. Met een jaarlijkse groei van ongeveer 15% komen we voor 2014, het jaar waarvoor de module is geschat, op 137 miljoen B2C-pakketten en 52 miljoen B2B-pakketten. Merk op dat het in deze studie alleen gaat om postpakketten en brievenbuspakketjes met Track & Trace, afgeleverd door PostNL, DHL, DPD, GLS, UPS of FedEx. Expresdiensten en e-commerce-bedrijven die aan eigen vervoer doen (denk bijvoorbeeld aan Coolblue met +/- 1 miljoen pakketten per jaar ) vallen dus buiten deze getallen.

Gegeven dat in de SEG's voor 2014 7,66 miljoen huishoudens en 7,95 miljoen arbeidsplaatsen zijn te vinden in Nederland, komen we met een jaarfactor van 209 voor bestelverkeer op de volgende parameters:

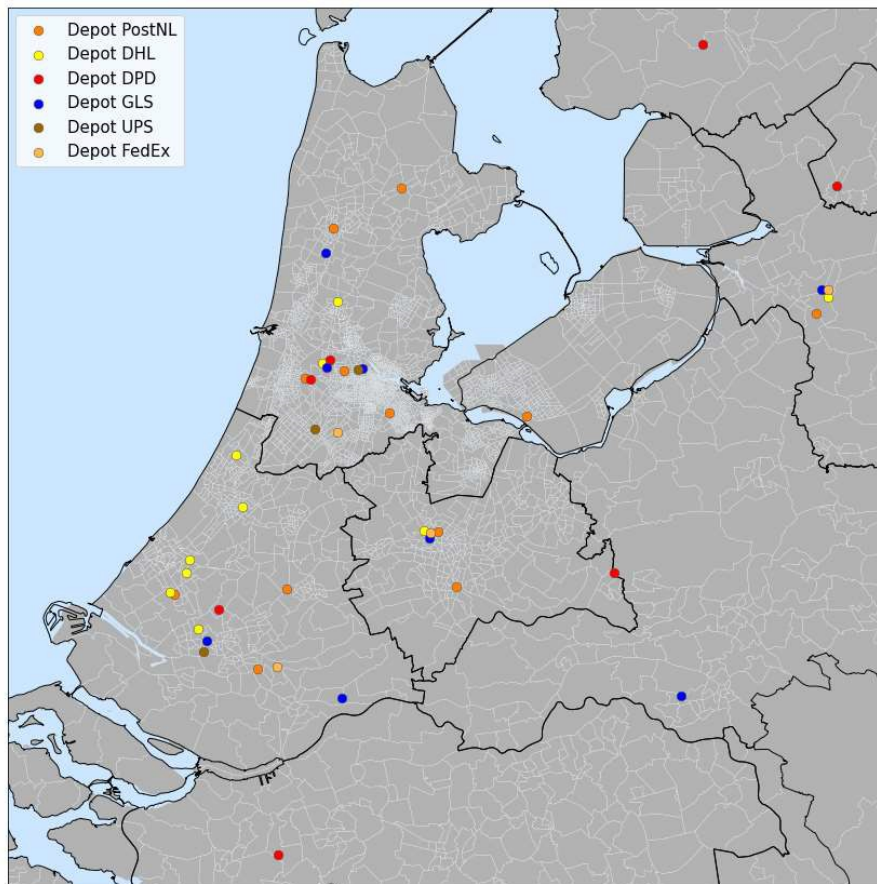
- 0,086 pakketten per huishouden per dag
- 0,031 pakketten per werknemer per dag

Op dezelfde rekenwijze komen we voor 2018 op de waarden 0,150 en 0,055.

Niet alle pakketjes worden bij de eerste afleverpoging afgeleverd, daarom nemen we ook een afleversuccespercentage mee als parameter. Uit onderzoek bij verschillende pakketvervoerders blijkt dat het percentage pakketten waarvoor een tweede afleverpoging wordt gemaakt rond de 25% ligt. Het afleversuccespercentage zetten we daarom op 75%.

#### 4.2 Ritplanning: de verdeling van de pakketten

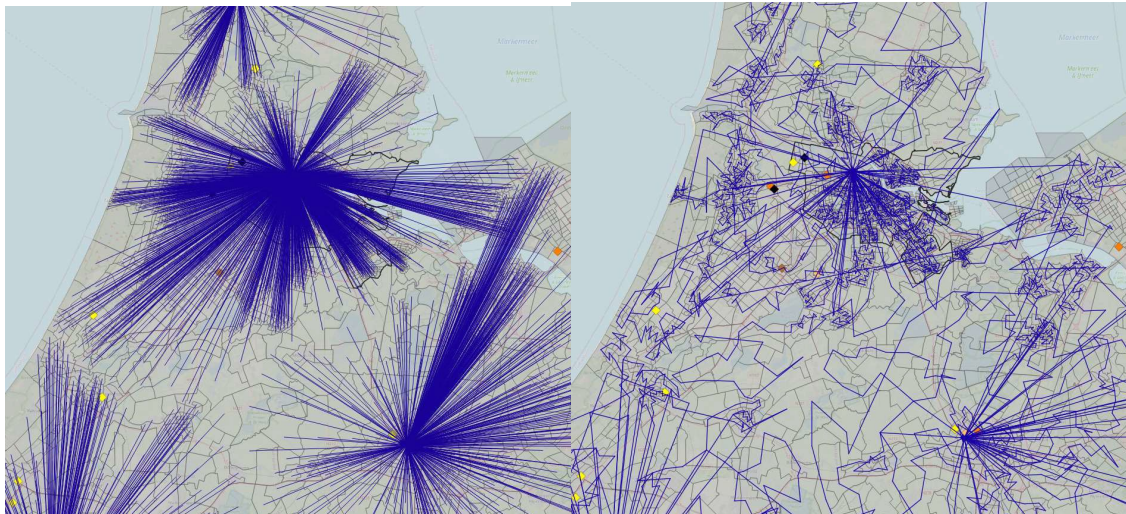
Vervolgens wordt het aantal pakketten per zone verdeeld over de koeriers aan de hand van de marktaandelen van de koeriers. Nadat bepaald is welke koerier welke pakketten bezorgt, worden deze per zone toegekend aan de dichtstbijzijnde depot van deze koerier. De locaties van de depots zijn geïdentificeerd met behulp van Google Maps en lokale kennis.



*Figuur 2. Geïdentificeerde pakkettendepots*

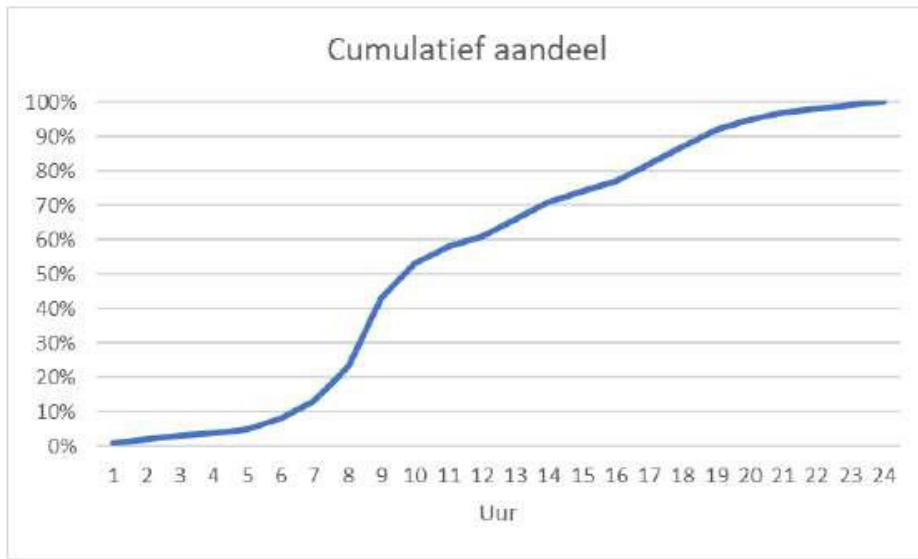
Vervolgens worden per depot de rondritten gevormd om de pakketten te bezorgen. Hier wordt achtereenvolgens telkens de dichtstbijzijnde volgende zone gekozen totdat de voertuigcapaciteit is bereikt, dan gaat de rondrit weer terug naar de depot. Omdat deze zogeheten 'nearest-neighbor' heuristiek niet altijd tot de meest logische volgorde leidt, wordt de volgorde vervolgens verbeterd door een post-optimalisatie-heuristiek: wissel telkens een tweetal locaties qua volgorde en behoud deze wisseling als dit leidt tot een verkorting van de totale reisafstand.

Een voorbeeld van de vraagverdeling is te zien in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Links is de uitvoer weergegeven van de vraagbepaling voor de koerier GLS. Ieder lijntje is een pakkettenstroom met als herkomst een depot van GLS en als bestemming een zone waar de pakketten bezorgd worden. Hier is duidelijk te zien dat per zone het dichtstbijzijnde depot (o.b.v. netwerkafstand) wordt gezocht voor de bezorging. Rechts zien we hoe de sub-module voor ritplanning rondritten heeft gevormd om deze pakketten te bezorgen.



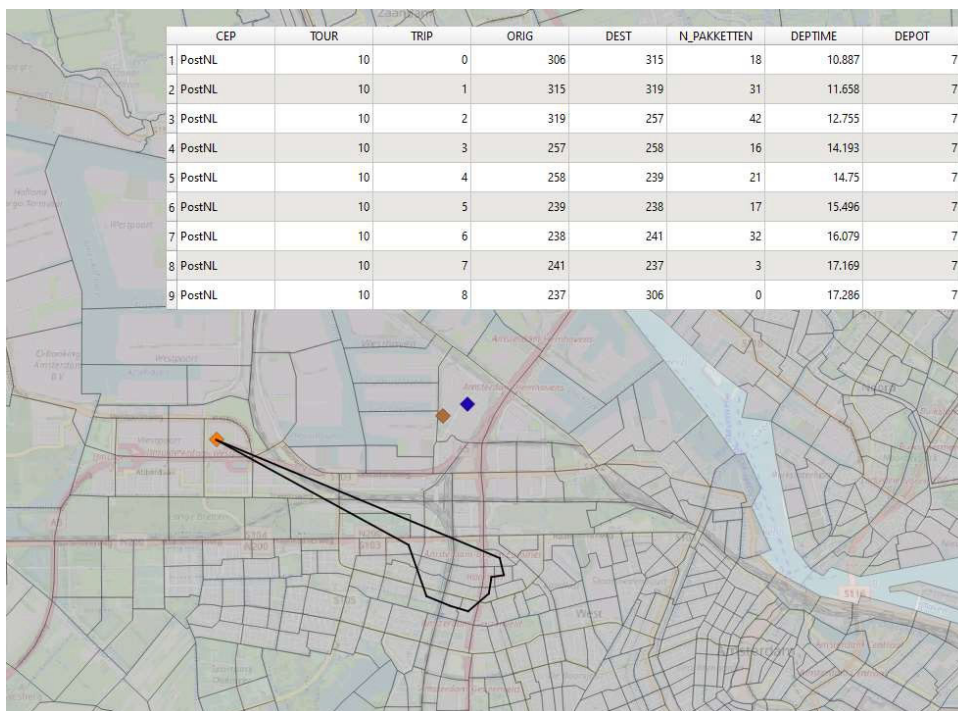
*Figuur 3. Voor postkoerier GLS: Links de pakkettenvraag (iedere lijn heeft als herkomst een depot en als bestemming een VMA-zone voor bezorging). Rechts de rondritten (iedere lijn is een rit gereden van de ene VMA-zone naar de volgende VMA-zone).*

Nadat de rondritten zijn gevormd, wordt per rondrit een vertrektijd bepaald. Een van de 24 uren van de dag wordt getrokken uit de verdeling getoond in Figuur 3 waar bovenop een willekeurige trekking bepaalt hoeveel minuten na het hele uur de rondrit vertrekt. De vertrektijden van de opeenvolgende deelritten worden bepaald aan de hand van de reistijden de aflevertijden (o.b.v. instelbare parameter, nu gezet op 120 seconde per pakket).



*Figuur 4. De aangenomen vertrektijdverdeling van pakketrondritten*

In Figuur 4 zien we een voorbeeld van een rondrit uit de pakkettenmodule. Deze specifieke rondrit start op het depot van PostNL in de Westpoort in VMA-zone 306. Vervolgens worden achtereenvolgens pakketten afgeleverd in zones VMA-zones 315, 319, 257, 258, 239, 238, 241 en 237. Daarna volgt een terugkeerrit naar het depot. In totaal zijn 180 pakketten afgeleverd tijdens deze rondrit, dit is de opgegeven capaciteit van het voertuig. Alleen wanneer er geen pakketten meer over zijn om af te leveren vanuit het depot dan zullen er minder dan 180 pakketten afgeleverd worden in een rondrit.



*Figuur 5. Voorbeeld van een gevormde rondrit vanaf het PostNL sorteercentrum in de Westpoort.*

Tot slot worden de ritten weer ingedikt naar HB-matrices voor ochtendspits, avondspits en restdag. Bij het indikken naar HB-matrices wordt ook een onderscheid aangebracht tussen pakketverkeer met voertuigen korter dan 5,6 meter (L1) en langer dan 5,6 meter (L2). Uit geaggregeerde statistieken van de bestelauto-enquête 2018 van het CBS is af te leiden dat voor de segmenten goederen en post & pakket 26.6% langer dan 5,6 meter is en dus 73.4% van het verkeer korter dan 5,6 meter is en binnen de L1 telling valt. In de post- en pakketmarkt worden in vergelijking met het beroepsmatige verkeer dus meer lange bestelwagens gebruikt. In deze langere bestelwagens kan qua volume meer worden meegenomen, maar het totale toegestane ladingsgewicht van deze bestelwagens is kleiner. Deze factoren worden voor zowel basisjaar als prognosejaar aan het einde van deze module toegepast. Deze factoren zijn afzonderlijk instelbaar voor basisjaar en toekomstjaar. Er wordt vooralsnog met hetzelfde percentage voor alle scenario's en zichtjaren gewerkt. Ook hier geldt namelijk dat er geen kwantitatieve informatie beschikbaar is over de ontwikkeling van deze verdeling in lengtecategorieën.

## **5. Doorontwikkeling**

De eerste versie van de bestel- en postmodule draagt bij aan een hogere verklarende waarde van het verkeersmodel. Het gat tussen de theoretische synthetische matrix en de uiteindelijke basismatrix is verkleind. De module is nu een vast onderdeel in de modelberekeningen.

Net als bij de andere onderdelen in het modelsysteem zijn er voor de bestelmodule mogelijkheden denkbaar voor doorontwikkeling.

In de eerste plaats kunnen er nog stappen worden gezet in de verbetering van de invoer. Sommige invoer van het model is nu nog (gedeeltelijk) gebaseerd op aannames. Een voorbeeld is het vertrekprofiel van postbezorgers. Deze invoer kan nog verder worden verbeterd door te baseren op empirische data. Denk bijvoorbeeld aan tellingen nabij postsorteercentra. De verbetering van de invoer zal plaatsvinden gaandeweg het gebruik, waarbij net als bij het reguliere model de afweging zal worden gemaakt tussen de benodigde inspanning en de impact op het resultaat.

De synthetische bestelmatrixen worden nu niet afzonderlijk gekalibreerd. Er zijn nog te weinig betrouwbare tellingen beschikbaar waarbij bestelverkeer als afzonderlijke categorie wordt geteld. Naarmate er steeds meer tellingen beschikbaar komen die dat onderscheid wél kunnen maken komt de optie om bestelverkeer afzonderlijk te kalibreren meer in beeld. Wat ook meespeelt in de afweging is de complexiteit van het kalibratieproces. De kalibratiemethode moet om kunnen gaan met die complexiteit en er moet voldoende rekenkracht beschikbaar zijn om de kalibratie uit te kunnen voeren.

In het VMA is nog geen koppeling gelegd tussen de groei van het bestelautoverkeer en de groei van het aantal tours vanaf huis. Technisch zou je het scenario van een groter wordende bestelmarkt kunnen modelleren. Dat gebeurt al standaard omdat bestelverkeer direct is gekoppeld aan de groei van inwoners en arbeidsplaatsen, maar dat kan ook door het aantal pakketten per huishouden of arbeidsplaatsen te verhogen. Dat zou je kunnen doen in een scenario waarin wordt uitgegaan dat in de toekomst nog meer aan huis

wordt bezorgd. Het gevolg is dat het aantal pakketten toeneemt, en daarmee het aantal verkeersbewegingen gemaakt door bezorgdiensten. Nu wordt nog niet gemodelleerd dat het aantal winkelverplaatsingen afneemt omdat mensen minder vaak gaan winkelen. Een koppeling tussen de bestelmodule en de module die de tours per verplaatsingsmotief berekent zou mogelijkheden kunnen bieden om de substitutie van verplaatsingen te modelleren.

## **6. Referenties**

Autoriteit Consument & Markt, 2018. Post- en pakkettenmonitor 2018

CBS. Bezit en gebruik bestelauto's. <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/onderzoeksomschrijvingen/korte-onderzoeksbeschrijvingen/bezit-en-gebruik-bestelauto-s>