

RAPPORT

SIVMO Ritgeneratie in Verkeersmodellen

Klant: SIVMO

Referentie: BK9029-HAS-0-0-RP-0-0001

Status: Definitief/01

Datum: 12 mei 2026

HASKONING NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Mobility & Infrastructure
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
E-mail: info@haskoning.com
Website: haskoning.com

Titel document: SIVMO Ritgeneratie in Verkeersmodellen
Ondertitel:
Referentie: BK9029-HAS-0-0-RP-0-0001
Uw kenmerk: -
Status: Definitief/01
Datum: 12 mei 2026
Projectnaam: SIVMO-Ritgeneratie
Projectnummer: BK9029
Auteur(s): Erik de Romph, Loes Hazenberg, Marcel Scholten, Geraldo Cyrbia

Opgesteld door: [Click here to enter text.](#)

Gecontroleerd door: Niels Dijkhuis

Datum:

Goedgekeurd door: Gilbert Mulder

Datum:

Classificatie: Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. Haskoning Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van Haskoning Nederland B.V. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat. Dit document kan zijn opgesteld met behulp van kunstmatige intelligentie (AI); alle door AI gegenereerde inhoud is beoordeeld en gevalideerd door onze experts.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Verkeersgeneratie in verkeersmodellen	2
2.1	Het trip-based model	2
2.2	Het tour-based model	4
2.3	Kalibratie	5
2.4	Conclusie	5
3	Literatuuronderzoek	6
3.1	Trip-based modellen	6
3.1.1	Productie	6
3.1.2	Attractie	7
3.2	Tour-based modellen	8
3.2.1	Ritproductie	8
3.2.2	Attractie	9
3.3	Autoluw beleid	11
3.3.1	Parkeren	11
3.3.2	Autodelen	12
3.4	Conclusie	13
4	Analyse CROW-kentallen	15
4.1	Hoe kunnen de kencijfers worden gebruikt?	15
4.2	Hoe zijn de kencijfers bepaald?	16
4.3	Kanttekeningen CROW-kencijfers	17
4.4	Conclusie	18
5	Analyse uitkomsten verkeersmodel	19
5.1	Inleiding	19
5.2	Verkeersmodel Metropoolregio Rotterdam Den Haag (V-MRDH 3.0.2)	19
5.2.1	Motieven	19
5.2.2	Ritgeneratie	20
5.2.3	Speciale verkeersaantrekkende locaties	22
5.2.4	Correctie korte autoritten en basisschoolfietsritten	22
5.2.5	Distributie en vervoerwijzekeuze	23
5.2.6	P&R en parkeergarages	23
5.2.7	Parkeerplafonds	23
5.2.8	Kalibratie	24
5.3	Verkeersmodel Amsterdam (VMA)	25
5.3.1	Autobezitsmodel	25
5.3.2	Persoonstypes	25

5.3.3	Tourketens en -frequenties en vervoerwijze- en bestemmingskeuzen	26
5.3.3.1	Primaire tourketens en -frequenties	27
5.3.3.2	Primaire vervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuze	27
5.3.3.3	Nevenbestemmingen	28
5.3.4	Parkeren	29
5.4	Provinciaal model Limburg (PMLB)	30
5.4.1	Persoonstypes	30
5.4.2	Tourketens	30
5.4.3	Tourfrequenties	31
5.4.4	Attracties	31
5.4.5	Tourmodel	32
5.4.6	Parkeren	32
5.5	Conclusie	32
6	Analyse werkelijke metingen	34
6.1	Locaties	34
6.2	Data	35
6.2.1	Modelwaarde	35
6.2.2	CROW-berekening	36
6.2.3	Metingen	38
6.3	Analyse	38
6.3.1	Wilhelminapier	39
6.3.2	Noordereiland	40
6.3.3	Lloydkwartier	41
6.3.4	Purmerend	42
6.3.5	Broek op Langedijk	43
6.3.6	Lelystad	44
6.3.7	Ghandilaan	45
6.3.8	Steigereiland	46
6.3.9	Retailpark Roermond	47
6.3.10	Woonwijk Sittard	48
7	Conclusie & Aanbevelingen	49
8	Bibliografie	65

Tabellen

Tabel 1: invloed factoren voor de ritproductie in trip-based modellen.	7
Tabel 2: invloed factoren voor de ritattractie in trip-based modellen.	8
Tabel 3: invloed factoren voor de ritproductie in tour-based modellen.	9
Tabel 4: invloed factoren voor de ritattractie in tour-based modellen.	10

Tabel 5: categorieën onderverdeling verkeersgeneratie CROW publicatie 744 (Parkeerkencijfers 2024 (CROW, 2024)).	17
Tabel 6: motieven en verklarende variabelen.	20

Figuren

Figuur 1: overzicht kencijfers CROW voor de voorziening 'Buurtsupermarkt' uit het jaar 2024.	16
Figuur 2: Productie en attractie factoren	21
Figuur 3: tabel met modelwaarden (motorvoertuigen).	36
Figuur 4: CROW gegevens en generatie (motorvoertuigen).	37
Figuur 5: metingen (motorvoertuigen).	38
Figuur 6: resultaten Wilhelminapier.	39
Figuur 7: resultaten Noordereiland.	40
Figuur 8: resultaten Lloydkwartier.	41
Figuur 9: resultaten Purmerend.	42
Figuur 10: resultaten Broek op Langedijk.	43
Figuur 11: resultaten Lelystad.	44
Figuur 12: resultaten Ghandilaan.	45
Figuur 13: resultaten Steigereiland.	46
Figuur 14: resultaten Retailpark Roermond.	47
Figuur 15: resultaten Sittard.	48
Figuur 16: verkeersgeneratie alle locaties.	49
Figuur 17: steigereiland invloed Stedelijkheidsgraad.	50
Figuur 18: afwijking per Stedelijkheidsgraad (1: zeer sterk stedelijk, 2: sterk stedelijk, 3: matig stedelijk, 4: weinig stedelijk).	50
Figuur 19: afwijking per type zone.	51
Figuur 20: model en CROW-waarde versus meting.	52
Figuur 21: Noordereiland en modelzones in V-MRDH.	55
Figuur 22: opstelstroken VRI's Noordereiland.	55
Figuur 23: Wilhelminapier en modelzone in V-MRDH.	56
Figuur 24: opstelstroken VRI's Wilhelminapier.	56
Figuur 25: Lloyd kwartier.	57
Figuur 26: Lloyd kwartier in V-MRDH.	57
Figuur 27: Purmerend en modelzone in VENOM.	58
Figuur 28: Broek op Langedijk.	59
Figuur 29: Broek op Langedijk modelzone in Venom.	59
Figuur 30: Lelystad.	60

Figuur 31: Lelystad modelzone in VENOM.	60
Figuur 32: Ghandilaan, Amsterdam.	61
Figuur 33: Ghandilaan in VMA.	61
Figuur 34: Steigereiland en modelzones VMA.	62
Figuur 35: retailpark Roermond en modelzones PMLB.	63
Figuur 36: woonwijk Sittard en modelzone in PMLB.	64

Bijlagen

Bijlage 1: Beschrijving locaties

Noordereiland, Rotterdam

Wilhelminapier, Rotterdam

Lloyd-kwartier (Oost), Rotterdam

Woonwijk, Purmerend

Woonwijk, Broek op Langedijk

Woonwijk, Lelystad

Ghandilaan, Amsterdam

Steigereiland, IJburg, Amsterdam

Retailpark Roermond

Woonwijk, Sittard

1 Inleiding

Verkeersmodellen spelen een belangrijke rol in het besluitproces rond ruimtelijke ontwikkelingen en de interactie met infrastructuur. Ze worden veelvuldig gebruikt om inzicht te geven in het effect van allerlei interventies en beleidsvoornemens in zowel de huidige situatie als diverse toekomstige situaties. Verkeersmodellen doen dit meestal voor een gemiddelde werkdag zonder ongevallen of andere verstoringen (zoals slecht weer).

Een belangrijk onderdeel van deze berekeningen is het bepalen van de zogenaamde verkeersgeneratie. Dit onderdeel bepaalt hoeveel verkeer een gebied, een zone, produceert of aantrekt. Deze verkeersgeneratie bepaalt feitelijk voor een groot deel de hoeveelheid verkeer in het model en is daarmee dus van cruciaal belang voor een goed model.

In een multimodaal model wordt de verkeersgeneratie bepaald voor alle vervoerswijzen tezamen. In sommige modellen wordt echter alleen maar de automobilititeit berekend. De verkeersgeneratie in deze modellen betreft dan ook alleen maar autoverplaatsingen. Voor vrachtverkeer wordt de verkeersgeneratie altijd apart bepaald. Vracht valt buiten de scope van dit onderzoek.

De verkeersgeneratie is afhankelijk van de voorzieningen die aanwezig zijn in een gebied. Bij woonwijken gaat dit vaak over het aantal huishoudens en inwoners. In sommige modellen worden de inwoners ingedeeld per leeftijdsklasse en/of geslacht en de huishoudens op inkomenscategorie en autobezit. Sommige zones zijn vooral een bestemming. Voor deze zones is dan bijvoorbeeld het aantal arbeidsplaatsen of het winkelloppervlak van belang. Naast de aanwezigheid van diverse voorzieningen is de beschikbaarheid van parkeerplaatsen van grote invloed en is er voor het besluitproces een toenemende behoefte aan inzicht in het effect van bijvoorbeeld autoluw maken, bouwen met lage parkeernormen en autodelen.

Gebleken is dat de methodes die gebruikt worden voor de verkeersgeneratie nogal uiteenlopen tussen verschillende verkeersmodellen. Daarnaast beschikt het CROW over een grote database aan kentallen waarmee de (auto) verkeersgeneratie voor allerlei woningtypen, werklocaties en voorzieningen berekend kan worden en hoeveel parkeerplaatsen er dan nodig zijn. Denk daarbij bijvoorbeeld aan een bioscoop of een supermarkt. Uit onderzoek van SIVMO blijkt dat de resultaten van zowel de verkeersmodellen onderling als de resultaten op basis van de kentallen van het CROW verschillende resultaten kunnen opleveren. Het doel van dit rapport is inzicht te geven in de verschillende uitgangspunten die gehanteerd worden bij het opstellen van de verkeersgeneratie in verkeersmodellen en de CROW-kencijfers, welke methoden worden gebruikt in drie geselecteerde modellen en wat de gemeten verkeersgeneratie is op tien locaties in Nederland.

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op de verschillende methodes die in verkeersmodellen gebruikt worden. Dit geeft een raamwerk voor de resterende hoofdstukken. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 op basis van de literatuur inzicht gegeven in enerzijds de meest gangbare methodes voor het bepalen van de verkeersgeneratie in modellen en anderzijds specifiek naar methodes waarin parkeernormen en autodelen worden meegenomen. In hoofdstuk 4 onderzoeken we de cijfers van het CROW. Hoe zijn die gestructureerd en hoe komen ze tot stand. In hoofdstuk 5 beschrijven we in meer detail hoe de verkeersgeneratie in drie specifieke Nederlandse modellen tot stand komt. Hoofdstuk 6 beschrijft een onderzoek waarin we daadwerkelijk de (auto) verkeersgeneratie gaan meten en we sluiten in hoofdstuk 7 af met een conclusie.

2 Verkeersgeneratie in verkeersmodellen

Om een beter beeld te krijgen van de verkeersgeneratie worden in dit hoofdstuk eerst een aantal definities en begrippen beschreven. Daarna worden de verschillende methodes die er bestaan om de verkeersgeneratie te bepalen in een verkeersmodel globaal beschreven. Dit geeft een raamwerk voor de resterende hoofdstukken.

De eenheid van rekenen in een verkeersmodel noemen we een zone. Dit is in principe een gebiedje waarvoor de verkeersgeneratie bepaald wordt op basis van de eigenschappen van die zone. Voorbeelden van deze eigenschappen zijn het aantal inwoners, arbeidsplaatsen, winkelloppervlakte, leerlingplaatsen, etc. Deze eigenschappen noemen we de sociaal economische gegevens (SEGS) van een zone. Welke eigenschappen allemaal meegenomen worden kan erg verschillen per model. Soms worden bijvoorbeeld inwoners nog opgesplitst in verschillende leeftijdscategorieën, inkomenscategorieën, etc.

Verkeersgeneratie is een algemene term die zowel voor de productie van verkeer als de aantrekking van verkeer gebruikt wordt. In een verkeersmodel en ook in dit document wordt onderscheid gemaakt in de *productie* van verkeer (ritten of trips) en de *attractie* van verkeer. Wat nu precies productie en attractie is en hoe dit berekend wordt, hangt erg af van het type verkeersmodel. In dit rapport gaan we in principe uit van een multimodaal model. De verkeersgeneratie wordt dan meestal bepaald voor alle vervoerswijzen tezamen. Pas in een vervolg model wordt de verdeling over de vervoerswijzen bepaald. Binnen de multimodale modellen is het van belang om twee typen modellen te onderscheiden: het trip-based model en het tour-based model. Deze worden in de volgende twee paragrafen kort beschreven.

Nadat een model de generatie, distributie en modal-split heeft bepaald volgt er vaak nog een kalibratie. In deze stap worden de resulterende matrices nog aangepast om zo goed mogelijk de tellingen te reproduceren als de matrix wordt toegedeeld op het netwerk. In de laatste paragraaf wordt dit proces nog kort toegelicht.

2.1 Het trip-based model

In een geaggregeerd trip-based model (ook wel zwaartekrachtmodel) wordt onderscheid gemaakt in verschillende motieven van een verplaatsing. Voor elke zone in het model wordt, per motief, de productie en de attractie bepaald. De meeste modellen onderscheiden ongeveer zes activiteiten: werk, zakelijk, onderwijs, winkelen, recreatie en overig. De motieven die gemodelleerd worden in een trip-based model zijn eigenlijk combinaties van een herkomst- en bestemmingsactiviteit, bijvoorbeeld woon-werk, werk-woon, woon-winkel, etc. Dit resulteert dan vaak in tien of meer combinaties. Veel van deze combinaties hebben “woon” aan het begin of het eind. Sommige ritten worden hiermee niet gemodelleerd. Bijvoorbeeld een rit van een werk activiteit naar een winkel activiteit komt niet voor. Deze “niet-thuis-gebonden” ritten worden allemaal in een soort rest categorie “overig” gemodelleerd samen met activiteiten die niet in de reeds gemodelleerde motieven voorkomen, zoals familiebezoek, sporten, uitgaan, etc.

Trip-based modellen kunnen zowel uni- als multimodaal zijn. Bij unimodale trip-based modellen worden (veelal) alleen de motorvoertuigen gemodelleerd. Bij een multimodaal model wordt de vervoerswijzekeuze meegenomen in het model. Hierbij wordt vaak onderscheid gemaakt tussen auto, fiets en OV. Aangezien de verkeersmodellen van de SIVMO partners allemaal multimodaal zijn, is er gekozen om in deze rapportage het multimodale trip-based model te beschouwen.

Binnen een trip-based model wordt de productie en de attractie dus per motief bepaald. De productie voor woon-werk zal bijvoorbeeld afhankelijk zijn van het aantal inwoners en/of huishoudens in de herkomstzone terwijl de attractie juist afhankelijk is van het aantal arbeidsplaatsen in de bestemmingszone. Voor woon-werk geeft de productie van het verkeer aan de woningkant dus alleen het

deel aan dat ergens gaat werken. Het deel dat bijvoorbeeld gaat winkelen zit in de productie voor woon-winkel. Alle motieven bij elkaar geven pas een beeld van de totale productie van een zone.

Er zijn ook motieven waar geen “woon” inzit, die dus niet thuis beginnen of eindigen. Een rit van bijvoorbeeld werk naar winkel hoort eigenlijk in het motief werk-winkel. De productie en attractie voor dit motief is echter niet eenvoudig te bepalen. Hoeveel verkeer genereert een zone waar mensen werken die ergens willen gaan winkelen en hoeveel verkeer trekt een zone met winkels voor mensen die van hun werk komen. Meestal worden al deze “moeilijke” combinaties gemodelleerd in het motief “overig” wat eigenlijk een soort restgroep is van activiteitencombinaties plus de ritten van een activiteit die niet in de standaard zes activiteiten voorkomen. In de praktijk blijkt dat dit motief erg veel ritten bevat in een model.

Per motief moet de som van de producties over alle zones gelijk zijn aan de som van de attracties over alle zones. Om dit te realiseren wordt meestal één van de twee aangepast. De andere wordt dan geschaald. In de praktijk wordt meestal de “woonkant” als maatgevend gekozen omdat hier de meeste zekerheid over bestaat. De attractiekant wordt dus vaak achteraf aangepast en wordt dus beïnvloed door de productiekant.

Er zijn veel kleine variaties mogelijk met trip-based modellen. Veel modellen berekenen de productie aan de woningkant apart voor mensen met een auto en zonder auto. Aan de attractiekant wordt dit onderscheid niet gemaakt. In de distributiestap van het trip-based model worden er dan twee matrices tegelijk geschat waarbij de productie per matrix bepaald is maar de attractie alleen van de som van de twee matrices bekend is.

Het model dat het meest gebruikt wordt voor het bepalen van de productie en de attractie is een lineair regressie model met als verklarende variabelen de kenmerken van een zone; de SEGS. Dit model noemt men vaak het ritgeneratiemodel of “trip generation model”. In trip-based modellen kan de regressie voor ritgeneratie zowel op zoneniveau als op huishoudniveau worden uitgevoerd. Regressie op huishoudniveau maakt het mogelijk om meer variatie in het verplaatsingsgedrag te modelleren, omdat verschillen tussen huishoudtypes expliciet worden meegenomen. Wanneer huishoudniveau-regressie wordt toegepast, worden de zonetotalen berekend door de ritproducties van de verschillende huishoudtypes, bepaald op basis van hun specifieke trip-rates, te vermenigvuldigen met het aantal huishoudens van die types binnen de zone. Omdat de productie en de attracties ook afhangen van de omgeving wordt vaak onderscheid gemaakt in stedelijkheidsgraad van een zone. Er is dus een formule per motief en per stedelijkheidsgraad. Dus twee zones met exacte dezelfde kenmerken kunnen toch een verschillende generatie hebben omdat de één in het centrum van een stad ligt en de andere ergens buiten de stad. Wanneer een model een onderscheid maakt in autobezit, worden aan de woonkant de ritten gesplitst over mensen die een auto hebben en die geen auto hebben.

Als de productie en de attracties van een bepaald motief zijn bepaald worden ze meestal gebalanceerd om ervoor te zorgen dat ze in totaal gelijk zijn. Dit kan op verschillende manieren maar meestal wordt naar de woning kant geschaald.

De coëfficiënten van de regressieformules moeten in principe geschat worden per motief op basis van waarnemingen. Dit betekent dat er data beschikbaar moet zijn van de daadwerkelijk productie en attractie van een groot aantal zones met verschillende kenmerken. Het motief van een rit moet dan ook bekend zijn. Meestal is deze data niet beschikbaar en worden de coëfficiënten bepaald op basis van verschillende datasets en expert-opinion. Daarbij wordt veel gebruik gemaakt van verhoudingen. Bijvoorbeeld het totale aantal verplaatsingen met motief woon-werk kan uit ODIN worden afgeleid. Het totaal aantal inwoners in Nederland is ook bekend. Indien de productie voor het motief woon-werk alleen afhangt van inwoners geeft deze deling van het totaal aantal ritten door het totaal aantal inwoners de juiste coëfficiënt. Dit is niet voor alle motieven triviaal. Om de attractie van winkelen bijvoorbeeld uit te rekenen wordt vaak gebruik gemaakt van kencijfers van het CROW. Met name voor het motief “overig” is er geen eenduidige methode.

Als de productie en de attractie van alle motieven bepaald is, staat de hoeveelheid ritten die er gemaakt worden in het model in principe vast. In de modelstappen daarna worden de distributie en de modal-split bepaald en eventueel de dagdeelverdeling. In sommige modellen worden de producties en attracties gelijk per dagdeel bepaald en is de dagdeelverdeling achteraf niet meer nodig.

Een complicatie bij trip-based modellen is dat alle ritten afzonderlijk worden gemodelleerd. Daardoor is er mogelijk inconsistentie tussen de motieven, de modaliteiten en de dagdelen. Zones kunnen in de ochtendspits meer autoritten bevatten die vertrekken dan er in de avondspits terugkomen. Dit probleem wordt opgelost in een tour-based model.

2.2 Het tour-based model

In een gedesaggregeerd tour-based model worden geen afzonderlijke ritten tussen de activiteiten bepaald maar wordt een zogenaamde tour beschouwd. Een tour begint in principe thuis en bezoekt één of meer bestemmingen en eindigt weer thuis. Op de bestemmingen wordt meestal hetzelfde onderscheid gemaakt in activiteiten zoals die ook in een trip-based model voorkomen. Een voorbeeld van een tour is een verplaatsing van huis naar werk naar winkel en weer naar huis (home-work-shop-home → H-W-S-H). Voor de personen in een zone worden allerlei tours bepaald met verschillende combinaties van activiteiten. De meest gemaakte tours zijn tours die maar één activiteit bevatten. Bijvoorbeeld home-work-home → H-W-H. Het aantal tours dat er gemaakt wordt vanuit een zone en het aantal mensen dat er woont bepaalt in feite de productie van die zone. Voor alle zones die worden aangedaan in een tour wordt impliciet direct de generatie bepaald. Welke zones worden bezocht in een tour is wel afhankelijk van de attractie van een zone voor die bepaalde activiteit.

Om het aantal tours vanuit een bepaalde zone goed te kunnen bepalen worden de personen die in de zone wonen, opgedeeld in verschillende persoonstypes of in sommige modellen zelfs in individuen. Beide methoden hebben voor- en nadelen¹ maar de systematiek met betrekking tot de verkeersgeneratie is vrijwel gelijk. Personen kunnen worden ingedeeld op basis van bijvoorbeeld geslacht, leeftijd, inkomen, huishoudtype en werkstatus. Dit verschilt per model. Voor elke type persoon wordt vervolgens bepaald welke tours hij (of zij) gaat maken. Bij een model met individuen is dat altijd een geheel getal. Een tour wordt wel of niet gemaakt. In een model met persoonstypen is dit een fractie of frequentie. Een persoon kan op een dag meerdere tours maken. De som van alle tours van de personen in een zone bepaalt dan in feite de productie van die zone. De attractie is in dit type model eigenlijk niet relevant voor de hoeveelheid verkeer in het model. Het is natuurlijk wel relevant voor de bestemmingen die worden aangedaan in de tours. De verkeersgeneratie van de bestemmingszones is dus een uitkomst van het model. In een tourmodel kan de attractie van de bestemmingszones eigenlijk gezien worden als een soort relatieve waarde. De absolute waarde is niet van belang. In sommige modellen wordt de attractie wel expliciet bepaald en dat kan op dezelfde manier als bij trip-based modellen. In veel modellen zijn de SEGS echter zelf opgenomen in de (utility) functies van het bestemmingskeuze model en wordt de bestemmingskeuze bepaald op basis van de persoonskenmerken (of persoonstype), de level of service van de verplaatsing én de SEGS van de bestemming. In deze modellen wordt er dus eigenlijk geen expliciete attractie van een zone bepaald en is het aantal aankomsten in een zone het gevolg van de bestemmingskeuze. Dit worden single-constrained tour-based modellen genoemd, omdat de attractie van een zone niet door het model wordt afgedwongen. Het is echter wel degelijk mogelijk om een tour-based model uit te breiden met een mechanisme om de berekende attracties wel zo goed mogelijk te benaderen. Dan moet het model iteratief worden toegepast. In dat geval wordt het tour-based model doubly-constrained genoemd. Er moet dan wel een expliciete attractie (per activiteit) bepaald worden in het model. In hoofdstuk 5.4 wordt er meer uitleg gegeven over de werking van een doubly-constrained tour model.

¹ Dat valt verder buiten de scope van dit rapport

Het model waarin de tours per persoon of persoonstype worden bepaald noemen we het tour-frequentie model. In dit model wordt per persoonstype bepaald *welke tours* worden gemaakt en met *welke frequentie* de tour gemaakt wordt. Dit zijn meestal discrete keuze modellen die geschat kunnen worden op basis van ODIN data aangevuld met de SEGS (van de woningkant) voor de waargenomen locaties. Welke variabelen allemaal in de SEGS worden meegenomen varieert per model en is ook afhankelijk van de beschikbaarheid van deze data.

In sommige modellen, zoals het LMS/NRM wordt er ook nog een categorie van zogenaamde “niet-huisgebonden-tours” meegenomen. Dit zijn tours die niet vanaf huis beginnen maar bijvoorbeeld vanaf de werklocatie en daar ook weer eindigen. De productie van deze tours is vaak afhankelijk van de uitkomsten van de “thuis-gebonden-tours”. In andere tour-based modellen zijn deze ritten een onderdeel van de “thuis-gebonden-tours”. Dus bijvoorbeeld home-work-business-work-home (H-W-B-W-H). Waarbij de werk activiteit op dezelfde locatie is.

2.3 Kalibratie

Het resultaat van zowel een trip-based model als een tour-based model is een matrix met de verplaatsingen tussen de zones. Er is meestal een matrix per vervoerswijze en per dagdeel. De motieven binnen deze matrices worden bij elkaar opgeteld. Deze matrices kunnen vervolgens aan het netwerk worden toegedeeld en dan ontstaat er een beeld per vervoerswijze en per dagdeel. Voor auto en fiets zijn dit de intensiteiten op de weg en voor openbaar vervoer zijn dit de passagiers in de bus/metro/tram en de trein. Deze intensiteiten en passagiers kunnen vervolgens vergeleken worden met tellingen. Om de tellingen zo goed mogelijk te laten aansluiten op de uitkomsten van het model wordt nog een kalibratie uitgevoerd. In deze kalibratie worden de matrices aangepast op een dusdanige manier dat de tellingen beter matchen. Er bestaan veel verschillende (wiskundige) methodes om dit te doen. Belangrijk is echter om te beseffen dat sommige van deze methodes ook een effect kunnen hebben op het aantal aankomsten en vertrekken in een zone en dus eigenlijk op de verkeersgeneratie. Een onderzoek naar verschillende kalibratiemethodes valt buiten de scope van dit onderzoek.

2.4 Conclusie

Het type verkeersmodel maakt veel uit voor het bepalen van de totale verkeersgeneratie in een verkeersmodel. In een tour-based model is de productie aan de woningkant uitsluitend bepaald op basis van het aantal en het type tours die persoonstypes vanuit huis maken. De attractie is uitsluitend het gevolg van de bestemmingskeuze. Soms wordt de attractie per activiteit wel expliciet bepaald maar dat betekent nog niet dat er ook daadwerkelijk zoveel verkeer naar een zone gaat. Dit is namelijk ook afhankelijk van de bereikbaarheid. Door het model iteratief te runnen is het wel mogelijk die attractie zo goed mogelijk te benaderen.

In trip-based modellen is de totale verkeersproductie de som van de motieven die onderscheiden worden in het model. Voor sommige motieven is de verkeersproductie niet eenvoudig te bepalen. Omdat de generatie en de attractie per motief in principe gelijk moeten zijn wordt vaak de woningkant als maatgevend genomen. De attractiekant schaaft zich dan naar deze kant. Dit betekent dus dat het resultaat van de berekening door de schaling nog aangepast wordt. De bereikbaarheid van een zone speelt geen rol in een zwaartekrachtmodel met betrekking tot de verkeersproductie. De bereikbaarheid heeft enkel effect op de verdeling van de ritten.

Tot slot is het van belang om te beseffen dat sommige kalibratiemethodes de verkeersgeneratie in een zone nog aanzienlijk kunnen aanpassen.

3 Literatuuronderzoek

Zoals beschreven in Hoofdstuk 2 is de manier waarop ritgeneratie wordt bepaald erg afhankelijk van het type model. Daarnaast moet er onderscheid gemaakt worden in de productie van een zone en de attractie van een zone. Het literatuuronderzoek is ook op deze manier ingedeeld. Per type model wordt beschreven welke factoren we in de literatuur tegen komen die van belang zijn voor de ritgeneratie van een zone. In paragraaf 3.3 wordt specifiek ingegaan op literatuur waarin het effect van “autoluw beleid” wordt besproken.

3.1 Trip-based modellen

Zoals beschreven in hoofdstuk 2, wordt de ritgeneratie van een trip-based model per motief bepaald. In deze paragraaf beschrijven we eerst de methodes die aan de woningkant (productie) worden toegepast en dan de methodes aan de attractiekant.

3.1.1 Productie

Zoals beschreven in hoofdstuk 2, wordt de ritgeneratie van een trip-based model per motief bepaald met een lineair regressie model. Het fundamentele principe van het trip-based model is dat de productie vooral afhangt van het aantal inwoners in een zone (Lenormand, Bassolas, & Ramasco, 2016). In de meeste literatuur en toepassingen in Nederland is dit nog steeds de basis (Petterson & Schmöcker, 2010; Cotrus, Prashker, & Shiftan, 2005; De Dios Ortúzar & Willumsen, 2011; V-MRDH; BBMA). Bij de meeste modellen wordt er echter wel een onderscheid gemaakt tussen type inwoners voor de verschillende motieven. Zo wordt ervoor bijvoorbeeld het motief “werk” vaak gekeken naar de beroepsbevolking en wordt er voor het motief “onderwijs” gekeken naar het aantal inwoners onder een bepaalde leeftijd. Daarnaast wordt in veel modellen ook onderscheid gemaakt naar het aantal leerlingen of studenten in verschillende onderwijsniveaus, zoals basisonderwijs, voortgezet onderwijs en hoger onderwijs (Aloc & Amar, 2013).

Echter toont onderzoek aan dat de hoogte van de productie ook afhangt van het inkomen (De Dios Ortúzar & Willumsen, 2011; Petterson & Schmöcker, 2010; Wootton & Pick, 1967; Kitamura, 2009), het auto-bezit (De Dios Ortúzar & Willumsen, 2011; Petterson & Schmöcker, 2010; Wootton & Pick, 1967; Kitamura, 2009; Cotrus, Prashker, & Shiftan, 2005), de samenstelling van een huishouden (De Dios Ortúzar & Willumsen, 2011; Petterson & Schmöcker, 2010; Wootton & Pick, 1967; Kitamura, 2009) en het aantal mensen met een rijbewijs binnen een huishouden (Petterson & Schmöcker, 2010; Kitamura, 2009; Cotrus, Prashker, & Shiftan, 2005).

Als laatste stelt De Dios Ortúzar & Willumsen (2011) dat de productie ook afhangt van de bereikbaarheid van een zone. In Nederlandse modellen wordt dit in zekere zin meegenomen door de productie per stedelijkheidsgraad te bepalen (V-MRDH; NRM).

Parkeren aan de woningkant speelt in veel modellen nog een ondergeschikte rol. Het belang ervan wordt echter wel steeds belangrijker, aangezien verschillende onderzoeken uitwijzen dat parkeerrestricties een effect hebben op de ritproductie van een woonwijk. Restricties die aan de woningkant gelden gaan vooral over beperkte parkeercapaciteit en parkeervergunningen en worden meestal via (minder) autobezit in het model meegenomen. Uit onderzoek van Francis Ostermijer (2022) blijkt dan ook dat een toename van de kosten van een parkeer-vergunning met 100 euro resulteert in een afname van 1,7% van het autobezit. Naast het effect op het aantal verplaatsingen hebben parkeerrestricties ook effect op de vervoerswijzekeuze en de bestemmingskeuze (Yan, Levine, & Marans, 2019; Vidovic & Simicevic, 2022). In deze modellen worden de parkeerrestricties meegenomen als extra reistijd (bijvoorbeeld voor de extra loopafstand en zoektijd). Deze extra componenten beïnvloeden de modal-split en de bestemmingskeuze. In hoofdstuk 3.3.1 wordt verder uitgeweid over de effecten van parkeerrestricties.

In Tabel 1 zijn de factoren die veelal gebruikt worden voor het bepalen van de ritproductie in trip-based modellen weergegeven.

Tabel 1: invloed factoren voor de ritproductie in trip-based modellen.

Persoonskenmerken	Zonale kenmerken
Aantal inwoners	Stedelijkheidsgraad
Aantal inwoners per leeftijdsklasse	
Inkomen	
Auto-bezit (auto's/inwoners)	Parkeerrestricties
Samenstelling huishouden	
Aantal mensen met rijbewijs	
Bevolking werkzame leeftijd	Parkeervergunningen
Studenten per onderwijsniveau	

Parkeervergunningen worden veelal via het autobezit verwerkt in het model en zijn daarmee niet altijd als directe variabele zichtbaar in het model.

3.1.2 Attractie

Voor de attractie wordt er voornamelijk gekeken naar de voorzieningen in een zone. Hierbij worden er twee dingen benoemd die invloed hebben op de hoeveelheid verkeer: de oppervlakte van de voorzieningen (Sasidhar, Vineeth, Vineethreddy, & Subbarao, 2016; Uddin, et al., 2012) en het aantal arbeidsplaatsen (Sasidhar, Vineeth, Vineethreddy, & Subbarao, 2016; George & Kattor, 2013). Voor onderwijs wordt vaak gebruik gemaakt van het aantal leerlingplaatsen. Daarnaast hebben sommige modellen nog een aantal speciale attracties, zoals bijvoorbeeld musea of bioscopen. Voor deze zones is de generatie vaak apart bepaald op basis van tellingen.

Het aantal arbeidsplaatsen wordt voor sommige modellen opgegeven als het totaal aantal arbeidsplaatsen, maar soms zijn de arbeidsplaatsen opgesplitst per sector. Voor het motief werk worden de arbeidsplaatsen in veel modellen onderverdeeld in arbeidsplaatsen voor industriële, commerciële en andere diensten. In sommige studies wordt de aantrekkingskracht verder verfijnd door niet alleen het totaal aantal arbeidsplaatsen mee te nemen, maar specifiek het aantal bedrijven met meer dan een bepaald aantal werknemers, omdat grotere werkgevers een disproportioneel grotere stroom aan werkgerelateerde ritten genereren (Berki & Monigl, 2017).

Voor het motief onderwijs worden in veel verkeersmodellen het aantal leerlingplaatsen meegenomen. In sommige modellen wordt onderscheid gemaakt naar het aantal leerlingen of studenten in verschillende onderwijsniveaus, zoals basisonderwijs, voortgezet onderwijs en hoger onderwijs (Aloc & Amar, 2013).

Bij andere motieven, zoals winkelen en recreatie speelt vooral de oppervlakte van diverse voorzieningen een rol. Zo benoemt Lim & Kamatham (2023) dat bij veel trip-based modellen het aantal vierkante meters winkel de ritattractie van reizen voor winkeldoeleinden bepaalt. Daarnaast worden in veel trip-based modellen ook toeristische indicatoren meegenomen om recreatieve en andere niet-woongebonden ritten te schatten. Het aantal hotels en het aantal door bezoekers gerealiseerde overnachtingen vormen

hiervoor veelgebruikte variabelen, omdat zij een directe maat geven voor de toeristische aantrekkingskracht van een zone (Berki & Monigl, 2017; Budiman, Bethary, Syahid, & Fajri, 2024). Zones met een hogere concentratie aan accommodaties en meer overnachtingen trekken doorgaans meer verkeer aan voor motieven zoals recreatie en overige niet-thuisgebonden activiteiten. Ook het aantal ziekenhuizen wordt in diverse modellen als attractiefactor gebruikt, omdat zorginstellingen een grote stroom aan 'overig' ritten aantrekken, zoals bezoeken en afspraken (Budiman, Bethary, Syahid, & Fajri, 2024).

Aan de attractiekant spelen parkeren en parkeerrestricties een belangrijke rol. De meeste modellen nemen het parkeertarief mee. Dit wordt dan als onderdeel van de gegeneraliseerde kosten gezien en is daarmee een onderdeel van de bereikbaarheid voor de auto van een zone. Daarnaast zijn er ook modellen die de parkeercapaciteit van een zone als een beperking (plafond) van de attractie gebruiken (V-MRDH).

In Tabel 2 zijn de factoren die veelal gebruikt worden voor het bepalen van de ritattractie in trip-based modellen weergegeven.

Tabel 2: invloed factoren voor de ritattractie in trip-based modellen.

Voorzieningen	Zonale kenmerken
Oppervlakte voorzieningen	Stedelijkheidsgraad
Aantal arbeidsplaatsen	
Aantal bedrijven met meer dan X werknemers	Parkeer-restricties, capaciteit
Academische plaatsen	
Bezoekersovernachtingen	
Aantal hotels	
Aantal ziekenhuizen	

3.2 Tour-based modellen

3.2.1 Ritproductie

In gedesaggregeerde tour-based modellen speelt de populatie een veel belangrijkere rol en wordt het verplaatsingsgedrag veel meer bepaald op basis van de kenmerken van een persoon. In deze modellen is de eerste stap het bepalen van deze populatie. Voor elke zone in het model moet de populatie bepaald worden. Er zijn veel verschillende methodes om dit te doen met verschillende detailniveaus. Voor de persoonstype gebaseerde modellen is het huishoudtype vaak een kenmerk van een persoon. In modellen waarin de tours op individueel niveau worden bepaald worden vaak de huishoudens bepaald met daarinbinnen de personen die tot dat huishouden behoren. De populatie wordt bepaald met een apart model (population-synthesizer) en valt buiten de scope van dit onderzoek.

De uiteindelijke productie van een zone wordt vervolgens bepaald aan de hand van de persoonstypen of de individuen en het aantal tours en het type tour dat zij maken. Hiervoor wordt vaak een apart tour-frequentie model gebruikt of de tour-frequentie vormt een vaste input. Deze persoonstypes of de individuen hebben allerlei karakteristieken en karakteristieken van het huishouden waartoe zij behoren.

De meest voorkomende categorisatie is vaak op leeftijd, geslacht, samenstelling van het huishouden, het aantal auto's per huishouden en het gemiddeld besteedbaar inkomen van een huishouden (Arentze & Timmermans, 2000; Bradley, Bowman, & Griesenbeck, 2009; Davidson, Vovsha, Freedman, & Donnelly, 2010; Zhou, Dorsman, Mandjes, & Snelder, 2023; STRAVEM). Daarnaast zijn er verschillende modellen die meenemen of iemand (parttime) werkt (Arentze & Timmermans, 2000; Bradley, Bowman, & Griesenbeck, 2009; STRAVEM). Binnen het NRM/LMS wordt ook nog informatie over rijbewijsbezit, of een persoon student is en het bezit van een studenten-reisproduct meegenomen.

Het autobezit speelt een belangrijke rol als kenmerk bij de generatie van tourtypes en tourfrequenties. Parkeerrestricties worden vaak verwerkt in de modellen via het autobezitsmodel. Een beperkte parkeer capaciteit en parkeervergunningen resulteren in minder auto's in een zone. Dit resulteert niet direct in minder tours vanuit een bepaalde zone maar omdat het autobezit ook in het modal split model en het bestemmingskeuze model een rol speelt heeft dit wel effect op het aantal ritten dat met de auto wordt gemaakt.

In Tabel 3 zijn de factoren die veelal gebruikt worden voor het bepalen van de ritproductie in tour-based modellen weergegeven.

Tabel 3: invloed factoren voor de ritproductie in tour-based modellen.

Persoonskenmerken	Zonale kenmerken
Leeftijd	Stedelijkheidsgraad
Geslacht	Parkeer-restricties, parkeervergunningen
Samenstelling huishouden	
Aantal auto's huishouden	
Gemiddeld besteedbaar inkomen	
Wel of niet (parttime) werkzaam	
Student, studentenreisproduct	
Rijbewijsbezit	

Parkeervergunningen worden veelal via het autobezit verwerkt in het model en zijn daarmee niet altijd als directe variabele zichtbaar in het model.

3.2.2 Attractie

Zoals beschreven in hoofdstuk 2, kan er binnen de tourmodellen op twee manieren omgegaan worden met attracties. Enerzijds door de individuele attractie variabelen mee te nemen als onderdeel van het keuzemodel voor de bestemmingskeuze, anderzijds zijn er tourmodellen die wel een expliciete attractie waarde berekenen.

In de modellen die geen expliciete attractie bepalen dienen de attractie variabelen puur om de ritten die geproduceerd zijn te verdelen over de diverse zones in het bestemmingskeuzemodel. Bij deze modellen is de attractie van een zone het gevolg van de persoonskenmerken, de bereikbaarheidsvariabelen en de bestemmingsvariabelen. Veel voorkomende bestemmingsvariabelen zijn het aantal arbeidsplaatsen per sector en de dichtheid van het aanbod van voorzieningen (zoals winkels) (Bradley, Bowman, & Griesenbeck, 2009; Bhat, Guo, Srinivasan, & Sivakumar, 2004). Voor het motief onderwijs wordt in de meeste verkeersmodellen het aantal leerling plaatsen meegenomen. Hierbij wordt meestal een

onderscheid gemaakt tussen verschillende leerling plaatsen (bijvoorbeeld basisschool, middelbare school, etc.).

In de modellen die wel een expliciete attractie bepalen is de berekening daarvan vergelijkbaar met de methode voor trip-based modellen (paragraaf 3.1.2). Deze attractie wordt vastgelegd in een activiteit specifiek doelpotentieel, waarbij voor elke activiteit, zoals werk, onderwijs of winkelen, een zone-specifieke waarde wordt bepaald die de kwantitatieve aantrekkingskracht weergeeft. Dit doelpotentieel wordt gecombineerd met een utiliteitsmaat die de bereikbaarheid en reiskwaliteit tussen herkomst en bestemming weergeeft, waarbij reistijd, afstand en mode-specifieke kenmerken (zoals overstappen in het OV) via een logsum-term worden meegenomen. Daarnaast worden per activiteit en per persoonsgroep afzonderlijke parameters gebruikt die bepalen hoe sterk de attractie reageert op verschillen in bereikbaarheid, waardoor de bestemmingskeuze voor bijvoorbeeld werkenden, scholieren of recreatieve bezoekers op een gedragsechte manier varieert (PTV Group, 2025).

Parkeerrestricties aan de bestemmingskant in tourmodellen worden net zoals bij trip-based modellen in ieder geval meegenomen doormiddel van de parkeerkosten. Deze parkeerkosten worden vaak opgenomen in de level-of-service matrices. Daarmee worden ze onderdeel van de bereikbaarheid van een zone. Daadwerkelijke parkeerbepeningen door middel van een parkeercapaciteit worden in sommige modellen meegenomen door het verkeer na het bestemmingskeuze en modalsplit model nog te herverdelen naar zones met meer parkeercapaciteit. Het is ook mogelijk om binnen het bestemmingskeuze en modal-split model het aantal auto-aankomsten in een zone te beperken. Dit moet dan iteratief opgelost worden. Het NRM/LMS bepalen de parkeercapaciteit zelfs over de dagdelen heen door het aantal aankomsten en vertrekken bij te houden. Dit vergt een apart sub-model dat in een iteratief schema met het bestemmingskeuze en modalsplit model wordt geplaatst.

In Tabel 4 zijn de factoren die veelal gebruikt worden voor het bepalen van de ritattractie in tour-based modellen weergegeven.

Tabel 4: invloed factoren voor de ritattractie in tour-based modellen.

Voorzieningen	Zonale kenmerken	Bereikbaarheid
Oppervlakte voorzieningen	Stedelijkheidsgraad	Diverse level of service componenten
Aantal arbeidsplaatsen	Parkeerkosten	
Schoolplaatsen	Parkeercapaciteiten	
Recreatieve voorzieningen		

3.3 Autoluw beleid

De factoren die in de voorgaande paragraaf zijn besproken, geven een algemeen beeld van de bepaling van de ritgeneratie. In deze paragraaf wordt specifiek ingegaan op autoluw beleid. Autoluw beleid is een brede term waar diverse maatregelen onder vallen om het autogebruik terug te dringen.

Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) heeft in september 2023 een rapportage uitgebracht over het autoluw beleid bij gemeenten (Jorritsma, Arendsen, & Faber, 2023). Hierin worden onder andere een aantal maatregelen en effecten van de maatregelen besproken. De rapportage is gebaseerd op literatuuronderzoek en ervaringen uit zowel binnen- als buitenland.

Het KiM maakt een onderscheid tussen drie type maatregelen:

1. Bebouwde omgeving: verdichting van steden en mengen van functies.
2. Wegen en straten: doorstroming en rijsnelheid van auto's beperken.
3. Parkeren: onder andere verminderen parkeerplekken en verhogen parkeertarieven.

Als extra punt kan nog worden toegevoegd:

4. Deelmobiliteit.

Punt 1 is vooral van invloed op nabijheid van diverse activiteiten. Dit zal een effect hebben op het autogebruik. De meeste activiteiten zijn dan immers per fiets of te voet bereikbaar. Punt 2 is vooral van invloed op de bereikbaarheid met de auto van diverse locaties. De eerste twee punten grijpen dus vooral in op de bestemmingskeuze en de modal-split in een verkeersmodel. De overige twee punten grijpen wel meer direct in op de (auto-)verkeersgeneratie in een verkeersmodel. In de volgende twee paragrafen worden deze twee punten nader beschreven.

3.3.1 Parkeren

Er is een sterke relatie tussen verkeersgeneratie en parkeermaatregelen. Zoals in de vorige paragraaf beschreven, zijn er diverse manieren om de effecten van diverse parkeermaatregelen mee te nemen in verkeersmodellen. In de rapportage van het KiM wordt er gekeken naar drie parkeermaatregelen:

1. Verwijderen van bestaande parkeerplaatsen.
2. Verhogen van parkeertarieven/parkeervergunningen.
3. Parkeren op afstand/strengere parkeernormen nieuwbouw.

Op basis van verscheidene bronnen heeft het KiM conclusies getrokken over de effecten van de verschillende maatregelen. Zo concludeert het KiM dat het verwijderen van bestaande parkeerplaatsen leidt tot een afname van het autobezit en dat het verhogen van de parkeertarieven/parkeervergunningen resulteert in een afname van het autogebruik. Echter is een aandachtspunt bij die laatste maatregel dat de effectiviteit afhangt van de kostenstructuur en kostendrager (werkgever of individu). Het KiM geeft als verklaring voor deze resultaten dat het aantal parkeerplaatsen in een woonwijk min of meer een maximumaantal auto's is dat wijkbewoners kunnen bezitten. De tweede maatregel is voornamelijk gericht op de activiteiten zijde. Hierdoor heeft dit vooral effect op het aantal motorvoertuig verplaatsingen van en naar deze zone. In tegenstelling tot deze maatregelen, resulteren strengere parkeernormen bij nieuwbouw (parkeren op afstand) in een afname van zowel het autogebruik als het autobezit. Echter moet er in acht worden genomen dat het parkeren op afstand maar tot een bepaalde hoogte acceptabel is voor bewoners en dat deze maatregel kan resulteren in zoekverkeer.

De effecten die hierboven zijn beschreven, geven een globale indicatie van het effect. De lokale context en precieze uitwerking van de maatregel bepalen de grootte van het effect voor iedere situatie. Zo speelt de toegankelijkheid tot andere modaliteiten een belangrijke rol bij de effectiviteit van de maatregel. Ook

benoemt het KiM dat bij nieuwbouwwijken met een lage parkeernorm zelfselectie optreedt (Ettema & Nieuwenhuis, 2017). Zelfselectie houdt in dat personen of huishoudens hun woonlocatie af laten hangen van hun voorkeur voor de manier van reizen. Onderzoek van Mureau, van Oort, & Annema (2025) toont echter aan dat ook bij bewoners die niet bewust voor autoluw wonen kiezen, maar wie 'ondanks' het autoluwe concept toch in een autoluwe woonwijk wonen, ook het mobiliteitsgedrag verandert. Net als bij de bewoners die bewust kiezen voor een autoluwe woonwijk, nemen het autobezit en autogebruik af.

Een aandachtspunt bij het introduceren van parkeerbeleid is het waterbedeffect. Wanneer autoluwe maatregelen lokaal worden ingevoerd, kan het beleid in aanliggende straten of gebieden anders zijn. Hierdoor kan de parkeerdruk zich naar de omliggende gebieden verplaatsen.

De effecten van de maatregelen kunnen gekoppeld worden aan de factoren zoals beschreven in paragraaf 3.1 en 3.2. Zo wordt in deze paragrafen het autobezit benoemd als een factor die de ritproductie van een zone beïnvloed. Aangezien de autoluwe maatregelen hier ook effect op hebben, kan deze factor wellicht inzicht geven in de verkeersproductie in autoluwe woonwijken. Een andere factor die meegenomen kan worden in nieuwbouwwijken met een lage parkeernorm, zijn de persoonskarakteristieken van de inwoners. Door de zelfselectie in deze wijken kan de ritproductie wellicht verklaard worden op basis van het typen personen wat beoogd wordt te gaan wonen in de nieuwbouwwijk. Daarnaast kunnen in verkeersmodellen de eventuele waterbedeffecten meegenomen worden door verkeer naar een andere modelzone over te plaatsen. Bij autoluwe maatregelen wordt de ritattractie van een gebied voornamelijk gestuurd door de parkeerkosten. Daarom zou dit een verklarende factor kunnen zijn voor de ritattractie in een zone.

3.3.2 Autodelen

Naast autoluw beleid, is het gebruik van deelauto's een andere ontwikkeling die invloed heeft op de verkeersgeneratie. Ook voor deze ontwikkeling heeft het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) een rapportage uitgebracht naar de beweegredenen en effecten van autodelen (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2015). Uit verschillende onderzoeken naar autodelers blijkt dat het autogebruik afneemt (Shaheen, Mallery, & Kingsley, 2012; Meijkamp, 2000; Jong & Jakobs, 2009). Deze afname is voornamelijk het resultaat van personen die minder de auto gebruiken omdat zij hun auto hebben weggedaan. Echter is de grootte van de afname verschillend en hangt af van de context van de situatie. Ondanks deze afname, worden de deelauto's niet alleen gebruikt ter vervanging van de eigen auto, maar is een deel van de deelauto-ritten een alternatief voor reizen die voorheen werden gemaakt met het openbaar vervoer. Daarnaast resulteren de deelauto's ook in nieuwe mobiliteit, doordat er ritten worden gemaakt die niet gemaakt zouden worden wanneer er geen deelauto ter beschikking was (Nijland, van Meerkerk, & Hoen, 2015).

Daarnaast resulteert de toename van autodelen ook in een toename van andere vervoerswijzen. Dit komt doordat deelautogebruikers ook zoeken naar andere vervoerswijzen, bijvoorbeeld de fiets op kortere afstanden. Dit komt doordat na verloop van tijd de voordelen van andere vervoerswijzen zijn ontdekt.

Zoals eerder gezegd, hangt de impact van deelautogebruik af van de situatie. Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2015) benoemt zes factoren die van invloed zijn op het deelautogebruik:

1. Lokaal verkeers- en vervoersbeleid.
2. Variëteit van het aanbod van deelauto's in combinatie met hoge bebouwingsdichtheid.
3. Gemak en flexibiliteit van het systeem.
4. Integratie deelautosysteem met het openbaar vervoer.
5. Marketing op de doelgroep.
6. Deelautosysteem als sociale onderneming.

Een groot deel van deze factoren zijn lastig mee te nemen bij het bepalen van de verkeersgeneratie in een verkeersmodel. Echter heeft Zhou et al. (2023) een onderzoek gedaan naar het integreren van Mobility as a Service (MaaS), wat grotendeels bestaat uit het concept van autodelen, in een multimodaal tourmodel. Daarnaast speelt ook het aanbod van de services mee, dit wordt gestuurd door onder andere de locaties, vlootomvang en de tarieven. Zhou et al. (2023) heeft een tourmodel gemaakt waarbij een multimodale utiliteit berekend wordt op basis van sociaaleconomische gegevens, tijd en kosten componenten en foutmarges. Voor de sociaaleconomische gegevens worden de leeftijd, geslacht, rijbewijs, aantal auto's per huishouden, inkomen van huishouden, samenstelling van huishouden, onderwijsniveau en type activiteit meegenomen. De sociaaleconomische gegevens worden gebruikt voor de utiliteitsfunctie van de hoofdvervoerswijze. Het model gebruikt hiervoor schattingen van unimodale modellen. Voor de tijd en kosten componenten worden de zoektijd, reistijd, operationele kosten, opstart kosten, parkeerkosten en overstaptijd meegenomen. De foutmarges bestaan uit een error voor de persoonlijke voorkeur en voor specifieke random rit effecten (zoals het weer). Daarnaast houdt het tourmodel ook rekening met of een individu eigenaar is van een voertuig of in het bezit is van een MaaS/autodelen abonnement.

Buiten de eerder benoemde invloedsfactoren, blijkt uit een literatuuronderzoek van Daou & Leurent (2024) dat het gebruik van MaaS/autodelen onder andere afhankelijk is van de leeftijd (Jittrapirom, et al., 2017), inkomen en onderwijsniveau (Alonso-González, Hoogendoorn-Lanser, van Oort, Cats, & Hoogendoorn, 2020), de samenstelling van huishoudens (o.a. het aantal kinderen), huidige abonnementen op MaaS/autodelen producten en de huidige modaliteitskeuzes en houding tegenover MaaS/Autodelen (Alonso-González, Hoogendoorn-Lanser, van Oort, Cats, & Hoogendoorn, 2020). Deze resultaten worden ondersteund door de autodelen Factsheet van Rijkswaterstaat (Rijkswaterstaat, 2025). Daarin wordt geconcludeerd dat autodelers vaker wonen in zeer sterk stedelijke gebieden, vaker hoog opgeleid zijn en gemiddeld jonger zijn. Daarnaast gebruiken alleenstaanden, huishoudens zonder kinderen en huishoudens zonder auto's gemiddeld vaker een deelauto.

3.4 Conclusie

De kenmerken die de verkeersgeneratie bepalen in een verkeersmodel zijn voor trip-based modellen en tourmodellen grofweg vergelijkbaar maar met een verschillende detail niveau vooral aan de productiekant.

In trip-based modellen wordt de productie en attractie sterk bepaald door de motiefindeling en de kenmerken die voor elk motief worden meegenomen. Er is beperkt aandacht voor het verschil in productie per persoonstype. Vaak wordt wel onderscheid gemaakt tussen personen met en zonder auto. Voor sommige motieven wordt ook nog wel onderscheid gemaakt in leeftijdsklasse. Parkeren kan zowel aan de productie als aan de attractiekant meegenomen worden. Aan de productiekant is dat dan vaak via het autobezit. Een groot probleem in een trip-based model is dat het voor sommige motieven, met name het motief "Overig" erg moeilijk is om de productie en de attractie te verklaren.

In een tourbased model worden veel meer persoonskenmerken meegenomen en wordt de totale verkeersgeneratie in het model vooral bepaald door de inwoners en de tours die zij maken. Het probleem met het motief "overig" is hier veel kleiner omdat verplaatsingen tussen alle mogelijke motief-combinaties in de tours worden meegenomen en daarmee niet in het motief "overig" belanden. De productie aan de woningkant wordt verklaard door de inwoners en er wordt onderscheid gemaakt tussen diverse persoonstypes. Autobezit is een van die kenmerken waarmee indirect parkeerrestricties en parkeervergunningen aan de woningkant meegenomen kunnen worden. De attractie van zones wordt vaak niet apart bepaald maar is onderdeel van het bestemmingskeuze model en het modal-split model. Daarmee is de verkeersgeneratie van een zone dus ook afhankelijk van de bereikbaarheid van een zone.



De zonale kenmerken die gebruikt worden aan de attractiekant zijn voor beide modeltypen grofweg vergelijkbaar.

4 Analyse CROW-kentallen

Dit hoofdstuk geeft een korte beschouwing van de CROW-kentallen voor verkeersgeneratie. Het CROW heeft een lijst van parkeerkencijfers en kencijfers voor verkeersgeneratie welke een inschatting geven van de hoeveelheid gemotoriseerd verkeer dat gegenereerd wordt als gevolg van een nieuwe ontwikkeling. Deze kencijfers gaan uitsluitend over autoverkeer. De kentallen worden in de praktijk veel gebruikt om een inschatting te maken van de (auto) verkeersgeneratie van een nieuwe ontwikkeling en voor de hoeveelheid parkeerplaatsen die daarbij nodig is. De tabellen zijn gemaakt op basis van praktijkervaringen in combinatie met literatuur voor zo'n honderd bestemmingsfuncties. Deze honderd bestemmingsfuncties zijn onderverdeeld in zeven hoofdgroepen: wonen; werken; winkelen en boodschappen; sport, cultuur en ontspanning; horeca en (verblijfs)recreatie; gezondheidszorg en (sociale) voorzieningen; onderwijs (CROW, 2024).

Informatie over de totstandkoming van de CROW-kentallen is nauwelijks beschikbaar. De informatie in dit hoofdstuk is deels bepaald op basis van interviews met medewerkers van Sweco en Goudappel. Medewerkers van het CROW zelf konden hier geen tijd voor vrijmaken.

4.1 Hoe kunnen de kencijfers worden gebruikt?

Zoals beschreven, kunnen de kencijfers gebruikt worden om een inschatting te geven voor het aantal autoverplaatsingen wat ontstaat als gevolg van een nieuwe ontwikkeling. CROW heeft dit gedaan door voor zo'n honderd bestemmingsfuncties de kencijfers voor parkeren en verkeersgeneratie op te stellen. Deze kencijfers worden gecategoriseerd naar woonmilieutype en stedelijkheidsgraad (CROW, 2012). Op basis van de locatie van de nieuwe ontwikkeling, kan er dus een inschatting gemaakt worden van het aantal verplaatsingen wat gegenereerd wordt door de nieuwe ontwikkeling.

Om de cijfers beter te kunnen duiden, wordt er een voorbeeld gegeven van een situatie waar een nieuwe buurtsupermarkt ontwikkeld wordt. In Figuur 1 is een overzicht gegeven van de kencijfers voor een buurt supermarkt. Voor dit voorbeeld kijken we naar een buurtsupermarkt van 200 m² bruto vloeroppervlakte die ontwikkeld wordt in matig stedelijk gebied in de schil van het centrum. Uit de figuur kan afgelezen worden, dat er tussen de 43,7 en 95,5 ritten per 100 m² bvo gegenereerd worden als gevolg van de ontwikkeling van een buurtsupermarkt op deze locatie. Dit houdt in dat er voor deze ontwikkeling tussen de 87,4 (2*43,7) en 191 (2*95,5) ritten gegenereerd worden. Deze generatie omvat zowel de vertrekken als aankomsten van de ontwikkeling. In totaal zijn er dus tussen de 43,7 en 95,5 vertrekken en dus tussen de 43,7 en 95,5 aankomsten. Binnen deze range moet de gebruiker zelf een keuze maken welke verkeersgeneratie het meest reëel is voor de ontwikkeling. Hierbij kan dus ook een inschatting worden gemaakt op basis van lokale context zoals concurrentie en beleid. Het is belangrijk voor deze keuze om in acht te nemen dat het doel van de kencijfers is om ervoor te zorgen dat de infrastructuur rondom een nieuwe ontwikkeling zeker al het verkeer kan afwikkelen. Daarom zijn de kencijfers in veel situaties aan de hoge kant, zodat de infrastructuur zeker al het verkeer kan afwikkelen.

Bij het gebruik van de kencijfers voor verkeersgeneratie is het daarnaast goed om in acht te nemen dat de cijfers voor parkeren niet altijd op basis van de kencijfers voor verkeersgeneratie zijn bepaald of andersom. Ze zijn vaak gebaseerd op verschillende onderzoeken. In de laatste update zijn bijvoorbeeld de parkeerkencijfers voor een aantal voorzieningen aangepast op basis van diverse parkeeronderzoeken. De verkeersgeneratiecijfers zijn al enige tijd niet aangepast en zijn vaak weer gebaseerd op andere onderzoeken.

Parkeerkencijfers (per 100 m ² bvo)									
	Centrum		Schil centrum		Rest bebouwde kom		Buitengebied		Aandeel laadpunten
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
Zeer sterk stedelijk	0,4	2,4	1,0	3,0	1,6	3,6	n.v.t.	n.v.t.	0 - 13%
Sterk stedelijk	0,9	2,9	1,7	3,7	2,4	4,4	n.v.t.	n.v.t.	
Matig stedelijk	0,9	2,9	1,7	3,7	2,5	4,5	n.v.t.	n.v.t.	
Weinig stedelijk	1,3	3,3	2,2	4,2	3,1	5,1	n.v.t.	n.v.t.	
Niet stedelijk	1,4	3,4	2,3	4,3	3,3	5,3	n.v.t.	n.v.t.	

Opmerking

Aandeel bezoekers: 89%

Verkeersgeneratie (per 100 m ² bvo)									
	Centrum		Schil centrum		Rest bebouwde kom		Buitengebied		
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
Zeer sterk stedelijk	11,5	63,4	26,5	78,4	41,6	93,4	n.v.t.	n.v.t.	
Sterk stedelijk	23,5	75,4	43,3	95,2	63,1	115,0	n.v.t.	n.v.t.	
Matig stedelijk	23,8	75,6	43,7	95,5	63,6	115,4	n.v.t.	n.v.t.	
Weinig stedelijk	32,6	84,4	56,0	107,8	79,4	131,2	n.v.t.	n.v.t.	
Niet stedelijk	35,6	87,5	60,2	112,1	84,9	136,7	n.v.t.	n.v.t.	

Opmerking

Aandeel bezoekers: 99%

Figuur 1: overzicht kencijfers CROW voor de voorziening 'Buurtsupermarkt' uit het jaar 2024.

4.2 Hoe zijn de kencijfers bepaald?

Het CROW brengt regelmatig een nieuwe publicatie uit met daarin de kencijfers voor verkeersgeneratie en parkeren. In deze publicatie worden de cijfers (deels) geüpdatet ten opzichte van de kencijfers van de vorige publicatie. Zo werden in de publicatie van 2024, de kencijfers gecorrigeerd voor een toename in het percentage autobezit ten opzichte van 2017 (het jaar waarop de vorige publicatie is uitgegeven) (CROW, 2024).

Gezien de enorme hoeveelheid kencijfers door de diversiteit van voorzieningen is het onmogelijk om al deze kentallen jaarlijks te updaten. Hiervoor zou een enorm onderzoek opgezet moeten worden om een betrouwbare schatting te kunnen maken. Aan de voorzieningenkant zijn tijdens de laatste update(s) alleen de kencijfers voor parkeren bijgewerkt. De verkeersgeneratie kencijfers zijn niet herzien. De update van de parkeerkencijfers gebeurt op basis van verschillende gegevens die beschikbaar zijn uit bijvoorbeeld parkeeronderzoeken en tellingen. Tijdens deze update worden alleen de kencijfers aangepast waar ook daadwerkelijk genoeg data beschikbaar was om de kencijfers te kunnen onderbouwen. Telkens elke update wordt dus steeds een deel van de kencijfers aangepast. Een deel van de kencijfers is dus gebaseerd op onderzoeken uit het verleden.

Zoals te zien is in het bovenstaande voorbeeld, worden de kencijfers gecategoriseerd naar woonmilieutype en stedelijkheidsgraad. Dit onderscheid is gemaakt omdat onderzoek uitwijst dat het aantal motorvoertuig verplaatsingen afhangt van het aanbod en de kwaliteit van andere vervoerswijzen. Met name de aanwezigheid van openbaar vervoer speelt een rol. Studies tonen aan dat dit voornamelijk in het centrum resulteert in een lagere verkeersgeneratie voor dezelfde functies elders in de bebouwde kom. Naast het aanbod en kwaliteit van het openbaar vervoer, speelt daarbij ook dat in het centrumgebied het parkeerbeleid vaker sturend is ten opzichte van andere gebieden binnen de bebouwde kom (CROW,

2024). Omdat deze factoren vaak afhangen van de stedelijke zone en stedelijkheidsgraad, worden de kencijfers hierin gecategoriseerd, zie Tabel 5 voor een overzicht van de categorieën.

Tabel 5: categorieën onderverdeling verkeersgeneratie CROW publicatie 744 (Parkeerkencijfers 2024 (CROW, 2024)).

Categorieën stedelijke zones	Categorieën stedelijkheidsgraad
Centrum	Zeer sterk stedelijk
Schil/overloopgebied	Sterk stedelijk
Rest bebouwde kom	Matig stedelijk
Buitengebied	Weinig stedelijk
	Niet stedelijk

In de CROW-publicaties wordt er een onderscheid gemaakt in drie hoofdgroepen: wonen, werken en voorzieningen. Voor wonen geldt dat de parkeerkencijfers zijn bepaald op basis van het autobezit. Dit autobezit is berekend per woningtype doormiddel van een analyse van CBS-microdata. Echter, is de verkeersgeneratie van woningen bepaald door middel van het uitvoeren van tellingen. Hierbij zijn er rondom een woonwijk tellingen op de in- en uitgangswegen uitgevoerd. Deze tellingen zijn vervolgens omgerekend naar het aantal verplaatsingen per woning. Op basis van onder andere expert opinion is de verkeersgeneratie geschaald naar de verschillende woningtypes.

In CROW-publicatie 317 (CROW, 2012) staat dat de kencijfers worden bepaald aan de hand van vier stappen:

1. Bepalen bezoekersaantallen/werknemers per eenheid, zoals 100 m² bruto vloeroppervlakte (bvo).
2. Modal split bepalen om het aandeel autogebruik te achterhalen.
3. Het aantal autoritten bepalen door het resultaat te delen door de bezettingsgraad van de auto's.
4. Verkeersgeneratie berekenen door het resultaat te vermenigvuldigen met twee vanwege het meenemen van zowel aankomst als vertrek.

Voor de eerste drie stappen wordt er gebruik gemaakt van verscheidene bronnen. Dit omvat onder andere:

- Verkeerskundig onderzoek naar bezoekersaantallen en/of autogebruik bij vergelijkbare voorzieningen.
- Branchegegevens over bezoekersaantallen en verblijfstijden.
- Statistische gegevens van het CBS.
- Wettelijke regelingen, richtlijnen, voorschriften en/of normen.

Deze stappen resulteren in een verkeersgeneratie per eenheid voor de verschillende bestemmingen. Zoals eerder benoemd, wordt deze verkeersgeneratie gecategoriseerd volgens de categorieën die zijn weergegeven in Tabel 5. Uit de interviews blijkt dat de kencijfers die hieruit voort zijn gekomen al een lange tijd vast liggen en maar minimaal worden aangepast bij nieuwe publicaties. Het doel van de verkeersgeneratie cijfers is dan ook om de maximale verkeersgeneratie van een voorziening weer te geven zodat het zeker is dat de infrastructuur voldoende capaciteit biedt om al het verkeer af te wikkelen. Hierdoor vallen de kencijfers vaak hoog uit.

4.3 Kanttekeningen CROW-kencijfers

Aangezien de kencijfers zijn gebaseerd op praktijkervaringen en literatuur, beschrijven ze een gemiddeld beeld van de verkeersgeneratie van een nieuwe ontwikkeling. Hierdoor zijn er een aantal kanttekeningen aan de CROW-cijfers. Bijvoorbeeld de bereikbaarheids- en mobiliteitskenmerken van de locatie (en diens

gebruikers/bezoekers) en het gemeentelijke mobiliteitsbeleid kunnen verschillen. Hierdoor wordt de verkeersgeneratie beïnvloed. Daarnaast spelen ook de specifieke eigenschappen, zoals de aantrekkelijkheid, kwaliteit en het invloedsgebied, van de functie een rol. CROW geeft hiervoor een voorbeeld dat sommige winkelcentra een hoge kwaliteit en grote regionale uitstraling hebben, terwijl andere winkelcentra, met hetzelfde vloeroppervlakte, een geringere aantrekkingskracht hebben. Door dit verschil, is de verkeersgeneratie in vergelijkbare omstandigheden niet hetzelfde voor de winkelcentra. Daarnaast stelt het CROW dat de kencijfers zijn opgesteld onder 'normale' omstandigheden. Wanneer er sprake is van zodanige concurrentie dat de bezoekersaantallen lager zijn, beïnvloedt dit ook de verkeersgeneratie. Hetzelfde geldt aan de woningkant. Afhankelijk van de locatie kunnen er aanzienlijke verschillen zijn in de het aantal huishoudens of de omvang van huishoudens en daarmee ook het autobezit in een gebied. Deze context speelt in de CROW-kentallen geen rol. Om deze reden zijn de kencijfers opgesteld met een bandbreedte zodat de gebruiker hierin een keuze kan maken (CROW, 2024).

Door deze kanttekeningen komen de cijfers nooit (exact) overeen met de werkelijkheid. Aangezien de cijfers bedoeld zijn als hulpmiddel voor het inzichtelijk maken van de verkeersgeneratie in een vroeg stadium van een ruimtelijke ontwikkeling, is dit ook niet noodzakelijk (CROW, 2024). Echter is het goed om dit scherp te houden wanneer de kencijfers worden vergeleken met resultaten uit verkeersmodellen.

4.4 Conclusie

Op basis van de analyse van de CROW-kencijfers voor verkeersgeneratie, kan er geconcludeerd worden dat deze bedoeld zijn om de maximale verkeersgeneratie van een voorziening/woning weer te geven. Met behulp van de kencijfers kan er vervolgens bepaald worden of de capaciteit van de infrastructuur genoeg is om al het gegenereerde verkeer van een nieuwe ontwikkeling af te wikkelen. Om deze reden zijn de kencijfers in de praktijk aan de hoge kant. Ze zijn dan ook vooral bedoeld voor nieuwe ontwikkelingen en minder geschikt voor bestaande ontwikkelingen. Aangezien de kencijfers een algemeen beeld geven, maken de kencijfers ook geen onderscheid naar de lokale context zoals parkeerbeleid of autobezit.

Wanneer de variabelen vergeleken worden met de variabelen die gebruikt worden in verkeersmodellen, valt het op dat het CROW de verkeersgeneratie op een andere manier benaderd. De kencijfers van het CROW worden veelal bepaald per woningtype. In verkeersmodellen daarentegen, wordt de verkeersproductie vaak bepaald op basis van inwoners en persoonskenmerken. Ook aan de verkeersattractie-kant is er een verschil. Zo maken de kencijfers voor werklocaties en voorzieningen veelal gebruik van vierkante meter vloeroppervlakte, terwijl in verkeersmodellen voornamelijk het aantal arbeidsplaatsen wordt gebruikt als verklarende variabele.

5 Analyse uitkomsten verkeersmodel

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de verkeersgeneratie van drie geselecteerde verkeersmodellen nader beschreven. De modellen zijn geselecteerd uit de vigerende modellen bij de SIVMO-partners. Daarbij is gestreefd om ten minste één trip-based en één tour-based model te selecteren. Dit zijn respectievelijk het V-MRDH en het VMA geworden. Beide modellen gebruiken OmniTRANS als software. Waarbij het VMA het groeimodel voor de vraagmodellering gebruikt. Als derde model is het Provinciaal Model Limburg gekozen. Dit is ook een tour-based model maar dit is gemaakt met andere software; Aimsun. Met deze drie modellen kan een redelijk divers beeld van de gebruikte methodieken en software van de modellen in Nederland geven worden.

5.2 Verkeersmodel Metropoolregio Rotterdam Den Haag (V-MRDH 3.0.2)

Het Verkeersmodel Metropoolregio Rotterdam Den Haag 3.0.2 is een multimodaal zwaartekrachtmodel of geaggregeerd trip-based model met basisjaar 2020 en prognosejaren 2030 en 2040. Bij de ritgeneratie, - distributie en vervoerwijzekeuze wordt hierbij als uitgangspunt genomen dat deze verklaard worden uit sociaaleconomische gegevens, netwerken en weerstanden / aantrekkelijkheid per vervoerwijze. Het model bestaat uit een apart zwaartekrachtmodel per periode (ochtendspits, restdagperiode en avondspits). Voor elke periode worden de vervoerswijzen (auto, fiets, ov) met een simultaan zwaartekrachtmodel bepaald.

In de volgende paragrafen wordt eerst de motiefindeling besproken. Daarna hoe de productie is bepaald voor elk motief en attractie per motief. In het V-MRDH volgen daarna nog een aantal extra stappen of correcties.

5.2.1 Motieven

Zoals eerder beschreven wordt de ritgeneratie in een trip-based model bepaald per motief. In het V-MRDH worden tien motieven onderscheiden:

Motief
Woning – Werk
Werk – Woning
Woning – Zakelijk
Zakelijk – Woning
Zakelijk
Woning – School
School – Woning
Woning – Winkel
Winkel – Woning
Overig

De meeste motieven zijn woning-gebonden, voor de motieven zakelijk en overig geldt dit niet. De productie en de attractie wordt per motief bepaald. Aan de woningkant van een motief wordt de generatie apart bepaald voor “auto-beschikbaar” en “niet auto-beschikbaar”.

5.2.2 Ritgeneratie

Per motief en aan de woningkant per autobeschikbaarheidsklasse (auto beschikbaar of niet een auto beschikbaar) wordt de productie en de attractie bepaald middels de volgende generieke formule:

$$\text{Ritgeneratie} = \text{verklarende variabele} * \text{ritgeneratieparameter.}$$

De verklarende variabelen en parameters zijn bij de ontwikkeling van het model met een analyse uitgevoerd voor de Metropoolregio op basis van kentallen uit ODIN (gestapeld 2018-2019 inclusief aanvullende enquêtes voor de MRDH). In deze analyse zijn per type stedelijkheidsgraad ten eerste de verklarende variabelen geïdentificeerd. Daarbij is per motiefrichting (zoals werk-woon en woon-werk) beoordeeld welke sociaaleconomische variabelen een significante verklarende waarde hebben. Vervolgens zijn de ritgeneratieparameters per verklarende variabele geschat met behulp van lineaire regressie. Dit is gedaan voor zowel de productiezijde als de attractiezijde.

Beide zijden beschrijven verschillende mechanismen die bepalen hoeveel ritten ontstaan en waar deze ritten naartoe worden verdeeld. Omdat de woningzijde wisselend als attractie of al productie in een motief kan voorkomen beschrijven is het niet juist om te spreken van productie als het over de woningkant gaat.

De verklarende variabelen aan de woningzijde van een motief zijn gegevens van de bevolking in de zone, zoals huishoudsamenstelling, inkomen, autobeschikbaarheid, leeftijdsopbouw of stedelijkheidsgraad. Deze variabelen verklaren waarom bepaalde zones meer ritten produceren of aantrekken dan andere. De regressieparameters bepalen de totale productie of attractie van een motief waarin “woon” voorkomt.

De verklarende variabelen aan de “niet woning kant” zijn gerelateerd aan functies en activiteiten in de bestemmingszone, zoals werkgelegenheid, onderwijsplaatsen, winkelvloeroppervlak of andere relevante attractievariabelen. Deze variabelen bepalen de mate waarin een zone aantrekkelijk is als herkomst of bestemming voor een specifiek motief.

Voor de motieven zakelijk en overig, waarin geen woning-kant zit worden combinaties van woning en niet-woning variabelen gebruikt.

Het toegepast zwaartekrachtmodel in V-MRDH is een zogenaamd doubly-constrained model, en beide zijden worden gelijktijdig gebruikt. Hierbij moet de totale productie van een motief worden afgestemd met de totale attractie van een motief. De regressieanalyse van ODIN heeft bepaald, per motiefrichting, welke variabelen significant bijdragen aan het verklaren van deze productie- en attractiewaarden en daarvoor worden de parameters geschat.

In de volgende tabel staan, per motief, de gebruikte variabelen.

Tabel 6: motieven en verklarende variabelen.

Motief	Verklarende variabele(n) productiezijde	Verklarende variabele(n) attractiezijde
Woning – Werk	Beroepsbevolking	Totaal aantal arbeidsplaatsen
Werk – Woning	Totaal aantal arbeidsplaatsen	Beroepsbevolking
Woning – Zakelijk	Beroepsbevolking	Totaal aantal arbeidsplaatsen
Zakelijk - Woning	Totaal aantal arbeidsplaatsen	Beroepsbevolking
Zakelijk	Totaal aantal arbeidsplaatsen	Totaal aantal arbeidsplaatsen
Woning – Schoolbezoek	Inwoners tot 34 jaar	Leerlingplaatsen VO/MBO/HBO/WO ouder dan 12 jaar

School – Woning	Leerlingplaatsen VO/MBO/HBO/WO ouder dan 12 jaar	Inwoners tot 34 jaar
Woning – Winkel	Inwoners	Aantal arbeidsplaatsen detail
Winkel – Woning	Aantal arbeidsplaatsen detail	Inwoners
Overig	Inwoners / huishoudens / totaal aantal arbeidsplaatsen	Inwoners / huishoudens / totaal aantal arbeidsplaatsen

De parameters voor elk motief zijn apart geschat voor zes stedelijkheidsgraden:

1. Landelijk
2. Dorps
3. Laagsuburbaan
4. Suburbaan
5. Stedelijk
6. Hoogstedelijk

Daarnaast komt de stedelijkheidsgraad 0 voor in het model. In het studiegebied worden de stedelijkheidsgraden toegekend aan de zones. Buiten het studiegebied hebben alle zones stedelijkheidsgraad 0. In het V-MRDH zijn er dan ook uiteindelijk zeven coëfficiënten nodig waarvoor een riteindeparameter is geschat. Dit is dan per motief en per autobeschikbaarheidsklasse. Dit leidt tot ca. 50 combinaties van motief en verklarende variabele, met elk zeven parameters. Omdat het model uit drie aparte dagdelen bestaat zijn er drie van deze sets variabelen nodig. In onderstaande tabel staat een voorbeeld voor een aantal motieven voor de ochtendspits voor zowel de productie als de attractie met de bijbehorende verklarende variabele.

Motief	Verklarende variabele(n) productiezijde	ochtendspits, productiezijde						
		Stedelijkheidsgraad						
		0	1	2	3	4	5	6
Woning – Werk	Beroepsbevolking	0.23871	0.320711	0.320711	0.320711	0.145084	0.180372	0.127593
Werk – Woning	Totaal aantal arbeidsplaatsen	0.000615	0.001985	0.001985	0.001985	0.001143	0.001295	0.001047
Woning – Zakelijk	Beroepsbevolking	0.011906	0.019875	0.019875	0.019875	0.009297	0.008159	0.006742
Zakelijk - Woning	Totaal aantal arbeidsplaatsen	0.000633	0.002044	0.002044	0.002044	0.001177	0.001334	0.001079
Zakelijk	Totaal aantal arbeidsplaatsen	0.00036	0.000319	0.000319	0.000319	0.000145	0.000246	0.000143
Woning – Schoolbezoek	Inwoners tot 34 jaar	0.007487	0.010767	0.010767	0.010767	0.005822	0.006232	0.00838
School – Woning	Leerlingplaatsen VO/MBO/HBO/WO ouder dan 12 jaar	0.000196	0.000271	0.000271	0.000271	0.000111	0.000241	0.000167
Woning – Winkel	Inwoners	0.006223	0.007138	0.007138	0.007138	0.004411	0.006342	0.006887
Winkel – Woning	Aantal arbeidsplaatsen detail	0.069797	0.031146	0.031146	0.031146	0.024593	0.037766	0.03665

Motief	Verklarende variabele(n) attractiezijde	ochtendspits, attractiezijde						
		Stedelijkheidsgraad						
		0	1	2	3	4	5	6
Woning – Werk	Totaal aantal arbeidsplaatsen	0.229496	0.327611	0.327611	0.327611	0.187302	0.196148	0.160665
Werk – Woning	Beroepsbevolking	0.000683	0.002159	0.002159	0.002159	0.000927	0.001236	0.00089
Woning – Zakelijk	Totaal aantal arbeidsplaatsen	0.010598	0.019356	0.019356	0.019356	0.008417	0.009424	0.008385
Zakelijk - Woning	Beroepsbevolking	0.000703	0.002223	0.002223	0.002223	0.000955	0.001273	0.000917
Zakelijk	Totaal aantal arbeidsplaatsen	0.000364	0.000393	0.000393	0.000393	0.000168	0.000185	0.000126
Woning – Schoolbezoek	Leerlingplaatsen VO/MBO/HBO/WO ouder dan 12 jaar	0.02393	0.040595	0.040595	0.040595	0.029424	0.015312	0.01592
School – Woning	Inwoners tot 34 jaar	6.25E-05	0.000105	0.000105	0.000105	5.51E-05	0.000128	0.000109
Woning – Winkel	Aantal arbeidsplaatsen detail	0.156957	0.081018	0.081018	0.081018	0.058213	0.094069	0.092766
Winkel – Woning	Inwoners	0.002825	0.002303	0.002303	0.002303	0.001651	0.002142	0.002289

Figuur 2: Productie en attractie factoren

Voor het bepalen van de productie en attractie van elke motief wordt in OmniTRANS het “TripEndModel” gebruikt. De uitvoer is per zone, per motief de productie en attractie. Aan de woningkant is dit dus gesplitst in wel en geen auto.

5.2.3 Speciale verkeersaantrekkende locaties

De ritgeneratie van speciale verkeersaantrekkende locaties / speciale functies, zoals publiekstrekkers als musea, pretparken, ziekenhuis, IKEA, schouwburg, theater, enzovoort is als extern toegevoegd verkeer berekend op basis van de bezoekersaantallen (op basis van CROW-verkeersgeneratie berekend). Deze speciale functies kunnen namelijk niet vanuit de sociaaleconomische gegevens berekend worden, vanwege afwijkende ritgeneratiepatronen.

Vervolgens zijn de bezoekersaantallen per jaar omgerekend naar het aantal bezoekers per weekdag en er is per type functie een factor toegepast om van week- naar werkdag te komen. Deze factor is wederom afgeleid van CROW. Per functies is bij de modelontwikkeling een inschatting / aannname gemaakt van de verdeling van de ritten over de ochtend-, avondspits en restdagperiode. Deze inschatting is door de (modeller?)werkgroep van het MRDH vastgesteld. Alleen locaties met meer dan 100.000 bezoekers per jaar zijn meegenomen in het verkeersmodel en het aantal ritten is toegevoegd in de bestaande modelzone waarin de speciale functie in werkelijkheid aanwezig is, tenzij de locatie een specifieke, eigen infrastructurele ontsluiting heeft.

Het rechtstreeks invoeren van jaarlijkse bezoekersaantallen in V-MRDH 3.0.2 zou leiden tot een overschatting van het aantal verplaatsingen. Veel bezoeken worden binnen één dag gecombineerd en sommige functies trekken groepen met een afwijkend reisgedrag, zoals een hoger aandeel auto en een hogere autobezetting dan in ODIN is aangenomen. Om dit te voorkomen zijn de bezoekersaantallen per functie gecorrigeerd (bron niet bekend uit de documentatie): bij toeristische functies is een functieafhankelijke correctiefactor op het aantal bezoeken toegepast, zodat dubbeltelling in bezoekersaantallen wordt voorkomen (0,75 voor attractieparken, 0,9 casino/bioscopen, 1,0 theaters/schouwburgen, 0,5 musea en ziekenhuizen 0,75).

5.2.4 Correctie korte autoritten en basisschoolfietsritten

Na de ritgeneratie en modelschatting bleek bij de ontwikkeling van het V-MRDH dat de intensiteiten op regionale wegvakken goed aansluiten bij de telgegevens, maar dat binnenstedelijk vooral korte autoverplaatsingen ontbreken. Om dit tekort te corrigeren wordt een aanvullende module toegepast die zeer korte autoritten (gemiddeld ongeveer 2 km) toevoegt in de ritgeneratie als extra motief in de matrixschatting. Deze ritten worden gegenereerd op basis van woningen en arbeidsplaatsen als verklarende variabelen, waarna een unimodale schatting met een (top)lognormale verdeling wordt uitgevoerd. Het resulterende verkeer wordt toegevoegd aan het motief ‘overig’ in de restdagperiode en vormt ongeveer 12% van het totale restdagvolume. De module richt zich specifiek op dit motief, omdat hier de grootste onderrapportage van korte ritten optreedt.

Daarnaast wordt een correctie uitgevoerd voor ontbrekende fietsverplaatsingen van basisschoolleerlingen. Voor deze ritten worden inwoners jonger dan 12 jaar en leerlingplaatsen in het primair onderwijs gebruikt als verklarende variabelen (deze aanvullende variabelen zijn afgeleid en toegevoegd aan de sociodata). Op basis hiervan wordt in zowel de ochtendspits als de restdag een unimodale matrixschatting uitgevoerd met een korte gemiddelde ritlengte van circa 1,5 km. De uitkomst wordt toegevoegd aan de fietsmatrix binnen het motief ‘onderwijs’.

5.2.5 Distributie en vervoerwijzekeuze

Na het bepalen van de producties en de attracties en na de correcties daarop wordt een simultaan zwaartekrachtmodel toegepast voor de verdeling over bestemmingen en vervoerswijzen. Dit gebeurt per dagdeel apart met een lognormale distributiefunctie, die de relatie beschrijft tussen de bereidheid om een verplaatsing te maken en de bijbehorende weerstand (kosten). De distributiefuncties zijn gekalibreerd op ODIN, zodat de resulterende herkomst - bestemmingsmatrices aansluiten bij de ritlengteverdeling en vervoerwijzekeuze uit ODIN. Het zwaartekracht model levert per motief en vervoerswijze een trips-matrix op. In deze stap verandert de verkeersgeneratie niet.

5.2.6 P&R en parkeergarages

Het zwaartekrachtmodel modelleert geen ketenverplaatsingen, zoals autoritten die eindigen op een P&R-locatie gevolgd door een OV-rit. Daarom worden P&R-verplaatsingen na afloop van de ritdistributie en vervoerwijzekeuze via een overhevelingsmodule toegevoegd. Hierbij wordt een autorit van herkomst naar bestemming opgesplitst in een autorit naar een P&R-locatie en een OV-rit van de P&R-locatie naar de eindbestemming. De P&R-terreinen zijn hiervoor als dummyzones in het model opgenomen.

Per P&R-locatie is vastgelegd uit welke herkomstgebieden de gebruikers komen en naar welke bestemmingen zij reizen. Voor P&R-locaties in het studiegebied is het aantal parkeerders per dagdeel bepaald op basis van metingen uit 2019. Deze gegevens zijn door de werkgroep MRDH aangeleverd en vormen de input voor de overheveling.

Voor grotere parkeerterreinen en -garages wordt een vergelijkbare nabewerking toegepast. Deze voorzieningen liggen in binnensteden vaak nabij belangrijke bestemmingen, zoals winkelgebieden. In het model worden de winkelarbeitsplaatsen gebruikt als verklarende variabele voor ritproductie en -attractie, waardoor deze locaties autoverplaatsingen aantrekken. In de praktijk parkeren bezoekers regelmatig aan de randen van het gebied en lopen zij het laatste deel van de route. Daarom zijn zones toegevoegd voor de grootste parkeergarages (capaciteit >150 plaatsen) en wordt verkeer uit omliggende zones naar deze locaties overgeheveld. De capaciteit en bezetting per dagdeel zijn hiervoor geïntroduceerd en geactualiseerd waar nodig. In 2020 zijn 126 garages gemodelleerd; in 2030 en 2040 zijn dit er 139.

Betaald parkeren wordt al in de ritdistributie en modal-split meegenomen via de weerstandsberekening. Per zone is vastgelegd of betaald parkeren geldt en welk tarief van toepassing is, inclusief een motiefweging. Hierdoor wordt de modal-split naar gebieden met hogere parkeertarieven al in de schatting beïnvloed. De parkeertarieven zijn aangeleverd door de MRDH en gemeenten en regionaal afgestemd. Buiten de MRDH worden geen parkeertarieven toegepast.

5.2.7 Parkeerplafonds

Voor hoogstedelijke gebieden geldt daarnaast nog een parkeerplafond en dit onderdeel is geïntroduceerd in V-MRDH 3.0.2. In het V-MRDH 3.0.2 is een simultaan zwaartekrachtmodel toegepast, waarin meerdere randvoorwaarden mogelijk zijn. Dit is een multi-constrained zwaartekrachtmodel. Hiermee kunnen voor het V-MRDH 3.0.2 per (groep van) zone(s) parkeerplafonds worden ingesteld, waardoor het model voorkomt dat meer autoverplaatsingen naar een gebied worden toegewezen dan de beschikbare parkeercapaciteit toelaat. Zodra een plafond wordt bereikt, wijkt het model uit naar een andere modaliteit of een alternatieve bestemming op basis van de laagste generaliseerde kosten.

Het model is geïntegreerd in het bestaande proces voor het opstellen van herkomst- en bestemmingsmatrices. Via een aanvullend parameterbestand kunnen parkeerplafonds per dagdeel en per scenario eenvoudig worden gevarieerd. Omdat de ruimtelijke vulling en daarmee de stedelijkheidsgraad

per scenario verschillen, varieert ook de hoogte van de parkeerplafonds per modeljaar. Tussen het hoge en lage scenario ontstaan hierdoor verschillen; tussen het hoge en stedelijke referentiescenario niet, omdat de onderliggende sociaal-economische gegevens gelijk zijn. Voor het bepalen van de parkeerplafonds is de standaard 65×65-gebiedsindeling verfijnd. De basis vormt de 65×65-matrixcompressie, aangevuld met extra detail in gebieden met sterk wisselende parkeerdruk, in:

- Kralingen Oost
- Kralingen West
- Charlois Noord
- Charlois Zuid
- Hillegersberg Zuid
- Hillegersberg Rest en Schiebroek
- Prins Alexander Noord
- Prins Alexander Zuid
- Delft Centrum
- Delft Rest

Hier wordt als volgt te werk gegaan:

1. De parkeerplafonds voor het basisjaar worden bepaald op basis van de beschikbare parkeercapaciteit per modelzone. Deze capaciteit bestaat uit parkeren op eigen terrein (POET), gratis en betaald parkeren en parkeergarages. Voor stedelijke gebieden (stedelijkheid 5 en 6) wordt POET wonen berekend met stedelijkheidsfactoren die aangeven welk deel van de woningen over eigen parkeerruimte beschikt.
2. De parkeercapaciteit wordt vervolgens samengevoegd naar een 70×70-indeling / hercodering.
3. Op basis van een initiële modelrun zonder parkeerplafonds worden dagdeelfactoren vastgesteld, die aangeven welk deel van de parkeerdruk in elk dagdeel optreedt.
De parkeerplafonds per dagdeel worden bepaald door de totale parkeercapaciteit te verdelen volgens deze dagdeelfactoren. In deze laatste stap worden de parkeerplafonds vermenigvuldigd met een gebiedsafhankelijke parkeerplafondcorrectiefactor. Deze correctiefactor is opgesteld door de werkgroep van de MRDH en wordt onder meer bepaald op basis van de turnover van parkeerplaatsen en de gemeten parkeerdruk in het betreffende gebied. Door deze correctie sluiten de door het model berekende parkeerdruk en de waargenomen parkeerdruk in het basisjaar zo goed mogelijk op elkaar aan. (Ter info: dit zijn 36 gebieden, 1 gebied met correctiefactor 0,75 = Rotterdam Centrum, 8 gebieden met een factor 1,2 = Den Haag, overig = factor 1,1 = Rotterdam)

5.2.8 Kalibratie

De a priori synthetische matrices worden verrijkt met GSM-data en daarna gekalibreerd met SigKal op tellingen uit 2019-2022, met uitsluiting van COVID-maanden. De kalibratie is bedoeld als finetuning op wegvakniveau: de gemodelleerde intensiteiten worden bijgesteld zonder de vraagstructuur wezenlijk te veranderen. De riteinden blijven daarom zoveel mogelijk behouden; alleen beperkte verschuivingen binnen de matrix worden toegestaan.

De kalibratie stuurt op twee typen condities. Enerzijds wordt per modaliteit gefit op dagdeel- en etmaaltellingen. Anderzijds bewaken interne condities de structuur van de oorspronkelijke matrices, waaronder de HB-indeling, ritlengteverdeling en de productie- en attractiewaarden per zone. Elke conditie heeft een gewicht, zodat de optimalisatie bij conflicten naar de belangrijkste condities toewerkt.

De kalibratie is modaliteitsgewijs uitgevoerd in de volgorde vracht → auto → OV → fiets, aansluitend bij de toedelingslogica.

5.3 Verkeersmodel Amsterdam (VMA)

Het VerkeersModel Amsterdam (VMA) is een gedesaggregeerd, tour-based verkeersmodel dat wordt gebruikt om het reisgedrag op een zeer gedetailleerd sociaaldemografisch niveau voor de Amsterdamse regio te simuleren.

De vraaggeneratie binnen VMA wordt aangestuurd door een set gedragsmodules die beschrijven hoe huishoudens en individuen reisbeslissingen nemen. Het model deelt de bevolking op in gedetailleerde persoonstypen, zodat variatie in leeftijd, inkomen, beroepsstatus, huishoudsamenstelling en autobeschikbaarheid wordt weerspiegeld in het reisgedrag. Op basis hiervan schat VMA-tourfrequenties, tourketens en keuzes voor vervoerwijze, bestemming en dagdeel, waarbij zowel primaire verplaatsingen als tussentijdse stops binnen een uitgebreid nutsgebaseerd kader worden gemodelleerd.

Daarnaast voorspelt een autobezitsmodel de voertuigbeschikbaarheid en het autobezit. Parkeercapaciteit en parkeerkosten worden eveneens als belangrijke factoren meegenomen voor autobezit en reisgedrag. VMA is gebaseerd op OViN-huishoudensonderzoeken uit 2013 en 2015, die hebben bijgedragen aan het voorspellen van tourketens en -frequenties. Het model hanteert 2019 als basisjaar.

5.3.1 Autobezitsmodel

De eerste stap in het VMA is het autobezitsmodel (CARMOD). Dit model is gebaseerd op een Multinomial Logit-structuur om te voorspellen of huishoudens 0, 1, 2 of 3+ voertuigen bezitten, op basis van nationale reisgegevens (OVIN) en sociaaleconomische factoren. Belangrijke bepalende factoren zijn het huishoudinkomen, de huishoudgrootte en de mate van verstedelijking, waarbij de bevolkingsdichtheid binnen een straal van 5 km dient als een primaire indicator van stedelijke druk. Om de nauwkeurigheid binnen Amsterdam te verbeteren, wordt een aanvullend regressie-gebaseerd prognosemodel gebruikt dat lokale variabelen meeneemt, zoals parkeervergunningen, WOZ-waarden en de fysieke parkeercapaciteit.

5.3.2 Persoonstypes

Het VMA verdeelt de bevolking in verschillende persoonstypen. Deze persoonstypen worden gecategoriseerd op basis van geslacht, leeftijd, inkomensklasse, arbeidsmarktpositie, het aantal auto's en het bezit van een rijbewijs, evenals de huishoudsamenstelling.

Het huishoudinkomen is onderverdeeld in zes klassen en, om aan te sluiten bij GM3 (Groeimodel versie 3, RWS/WVL), is de indeling van leeftijdscategorieën uitgebreid van negen naar tien categorieën. Hiervoor is de categorie 65+ opgesplitst in twee groepen: 65-74 jaar en 75 jaar en ouder.

*PT = Parttime, FT = Fulltime

Kenmerk	Indeling										
Geslacht	Man					Vrouw					
Leeftijd (jaar)	0-5	6-11	12-17	18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	75 of ouder	
Besteedbaar huishoudinkomen (€)	Tot 10.000		10.000-20.000		20.000-30.000		30.000-40.000		40.000-50.000		50.000 of meer
Participatie	FT Werkzaam (3+ uur/week)		PT Werkzaam (12-30 uur/week)		Scholier of student		Gepensioneerd/V UT		Overig		
Aantal auto's in huishouden	Geen auto's				Een auto			Twee of meer auto's			
Huishoudsamenstelling	1 volwassene zonder kinderen			2+ volwassenen zonder kinderen			1 volwassene met kind(eren)		2+ volwassenen met kind(eren)		

Naast de persoonlijke kenmerken wordt ook de zone-eigenschap “stedelijkheidsniveau” opgenomen in het persoonstype. Hierbij worden vijf categorieën van stedelijkheid onderscheiden.

Met deze informatie werd de populatie gesynthetiseerd met behulp van de Population Synthetiser, VMAPopu. Vanaf versie VMA5.0 is deze module echter komen te vervallen. Sinds VMA5.0 sluiten de gehanteerde huishoudtypen daarom aan bij de huishoudtypen uit het LMS/NRM Groeimodel. Het synthetiseren van de populatie valt buiten de scope van deze studie.

5.3.3 Tourketens en -frequenties en vervoerwijze- en bestemmingskeuzen

Het VMA-model modelleert voor ieder persoonstype verschillende tourketens met de bijbehorende frequenties. Er worden vijf motieven onderscheiden: werk, zakelijk, winkelen, educatie en overig. Een bijzonder kenmerk van het model is dat het reis-motieven sequentieel verwerkt, waarbij elk motief als een afzonderlijke, onafhankelijke beslislaag wordt behandeld in plaats van alle keuzes tegelijk te berekenen. Eerst wordt de kans bepaald dat iemand voor een specifiek motief reist (met bijbehorende bestemming, vervoerwijze en dagdeel), waarna het model in de volgende stap bepaalt of er een extra motief aan dezelfde keten wordt toegevoegd.

Dit betekent bijvoorbeeld dat de kans op een thuis-werk-thuis-tour eerst wordt vastgesteld voordat wordt bepaald of hieraan een extra motief, zoals winkelen, moet worden toegevoegd, dat kan leiden tot een keten zoals thuis-werk-winkelen-thuis. Het model blijft vervolgens extra motieven bepalen, vanuit een beperktere lijst van opties, tot maximaal acht deelverplaatsingen binnen één tourketen.

De primaire schatting bepaalt het hoofd-motief, de bestemming en de vervoerwijze. De tweede, derde en vierde schatting volgen sequentieel en bepalen de aanvullende bestemmingen of motieven voor de deeltrips. Hierbij wordt aangenomen dat de vervoerwijze van het primaire motief ook voor alle secundaire verplaatsingen geldt.

In de volgende paragrafen wordt de methodologie en werkwijze uiteengezet waarmee de primaire en secundaire trips respectievelijk worden vastgesteld.

5.3.3.1 Primaire tourketens en -frequenties

Voor de primaire tourketen en frequenties zijn de volgende ketens vastgesteld: thuis-werk, thuis-zakelijk, thuis-educatie, thuis-winkelen, thuis-overig, werk-zakelijk, werk-overig, kind-educatie, kind-winkelen en kind-overig. Voor de kindmotieven zijn alleen kinderen jonger dan 12 jaar opgenomen in de schatting; voor de overige motieven gaat het om personen van 12 jaar en ouder. Een uitzondering is gemaakt voor het educatiemotief, waarbij binnen de thuis-educatie-keten een onderscheid is gemaakt tussen kinderen van 12 tot 17 jaar en personen van 18 jaar en ouder.

Activiteiten/motieven in het VMA	Voor < 12 jaar	Voor > 12 jaar	Apart motief voor 12-17 jaar en > 17 jaar
Werk		x	
Zakelijk		x	
Winkel	x	x	
Educatie	x	x	x
Overig	x	x	

De tourfrequentiemodellen voorspellen, op basis van persoonlijke en huishoudkenmerken en de stedelijkheids-grad van de zone zoals hierboven beschreven, de kans dat individuen op een gemiddelde werkdag een bepaald aantal tours maken voor elk motief. Er wordt onderscheid gemaakt tussen woninggebonden en werkgerelateerde tours. De tourfrequenties worden geschat met behulp van ODIN-data.

Het tourfrequentiemodel heeft dezelfde structuur als in het Groeimodel (GM) en bestaat uit twee gelijktijdig geschatte keuzemodellen: het 0/1+-model en het stop/repeat-model. Het 0/1+-model voorspelt de kans dat een persoon wel of geen tour maakt. Wanneer minimaal één tour wordt gemaakt, voorspelt het stop/repeat-model de kans dat op een gemiddelde werkdag extra tours worden toegevoegd. Het maken van drie of meer tours wordt samengenomen in een 3+-alternatief.

5.3.3.2 Primaire vervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuze

De vervoerwijze-bestemming-dagdeelmodellen (MODEST) voorspellen de kans dat reizigers een specifieke combinatie van vervoerwijze(n), bestemming en dagdeel (alleen voor autobestuurders) kiezen, op basis van Level-of-Service (tijd en kosten) en zonale, persoonlijke en huishoudkenmerken. Dit wordt gemodelleerd voor de tours die in het tourfrequentiemodel zijn voorspeld. Omdat deze keuzes gelijktijdig worden gemodelleerd, is het aantal alternatieven groot: in totaal bestaan er 106.280 mogelijke combinaties.

De keuzes die reizigers maken bij het plannen van een tour hangen sterk samen met het onderliggende reismotief. Daarom zijn per motief de relevante alternatieven bepaald met behulp van een nutsfunctie. In sommige gevallen zijn bepaalde alternatieven niet beschikbaar; zo kunnen kinderen bijvoorbeeld niet kiezen voor de vervoerwijze autobestuurder. Een kenmerk van het VMA-model is dat alle componenten (de Level-of-Service, zonale kenmerken en persoons- en huishoudkenmerken) direct worden opgenomen in de nutsfunctie. Elke component krijgt daarbij een eigen coëfficiënt, afhankelijk van de vervoerwijze, bestemmingskenmerken, het dagdeel en het motief.

Hoofdgroepen van de nutsfunctie	ASC	LOS	Kenmerken van herkomst- en bestemmingszones	Persoons- en huishoudkenmerken
Componenten	Belangrijkste vervoerwijzen, toegang- en uitstapmodi, dagdeelcombinaties	Reistijd (met verschillende subcomponenten afhankelijk van de modus), kosten, afstand, parkeertijd voor auto's	Grootte-variabelencoëfficiënten per motief voor onderwijsplaatsen en arbeidsplaatsen	Inkomen, geslacht, leeftijd, beroepsstatus, autobezit en rijbewijs, huishoudgrootte

De vervoerwijze-bestemming-dagdeelmodellen zijn geschat met behulp van de gestapelde OViN-data uit de jaren 2013 en 2015. Uit deze data zijn observaties van tours afgeleid die de basis vormden voor het schattingsbestand.

Het model is “doubly-constrained”. In een iteratief proces vergelijkt het model het aantal aankomsten met de doelwaarden en past een balanceringsfactor aan. Dit proces wordt drie keer herhaald. Het model gebruikt doelwaarden om deze balanceringsfactoren te bepalen; deze worden berekend als het aandeel van een zone in de totale attractie (bijvoorbeeld: als een zone 2% van alle winkelbanen heeft, zou zij ook 2% van de winkelreizen moeten ontvangen). Het is belangrijk op te merken dat, vanwege imperfecte data, een zekere flexibiliteit is toegestaan: het model dwingt geen 100% exacte overeenkomst af.

5.3.3.3 Nevenbestemmingen

Het modelleren van aanvullende bestemmingen gebeurt in twee stappen:

- Secundaire bestemmingen.
- Tertiaire en quartaire bestemmingen.

Secundaire tourketens en -frequenties, bestemmings- en dagdeelkeuze

De eerste stap bij het modelleren van secundaire bestemmingen is het identificeren van mogelijke secundaire bestemmingen binnen een tour. In het secundaire-bestemmingsmodel wordt eerst, binnen het frequentiemodel, een logitmodel gebruikt om de kans te bepalen dat een eerste secundaire bestemming wordt bezocht. Dit model is identiek aan het Growth Model van het LMS/NRM. Vervolgens wordt, gegeven de kans op een secundaire bestemming, een tweede logitmodel toegepast om de kans te bepalen dat elke zone als secundaire bestemming wordt gekozen. Afhankelijk van het type secundaire bestemming dat gekozen wordt, worden de tourketens en motieven aangepast om het nieuw toegevoegde doel te weerspiegelen.

Het frequentiemodel wordt geschat per primair motief en per richting (heenreis of terugreis). Dit betekent dat alle oorspronkelijke motieven kunnen leiden tot een secundaire bestemming. Er worden daarbij enkele beperkingen opgelegd aan specifieke tours en motieven. Zo kan het werk-alternatief alleen voorkomen als het primaire motief thuis-werk is, en kan het zakelijk-alternatief alleen voorkomen als het primaire motief thuis-werk of thuis-zakelijk is. Voor het educatiemotief is een uitzondering gemaakt: educatiereizen kunnen geen secundaire bestemming hebben, en het educatiemotief kan zelf ook geen secundaire bestemming zijn. Deze acht modellen worden toegepast op elke herkomst-bestemming (HB)-relatie. Bij de toepassing van het secundaire-bestemmingsmodel is informatie over persoonstypen niet beschikbaar.

De modelspecificatie voor het (secundaire) bestemmingskeuzemodel is eveneens identiek aan het Groeimodel van het LMS/NRM. Hierbij is vastgesteld dat secundaire bestemmingen meestal worden gekozen in de nabijheid van de woonlocatie of de primaire bestemming, doorgaans binnen 20 kilometer.

Het bestemmingskeuzemodel gebruikt daarbij het totaal aantal banen (voor werk/zakelijk), het aantal banen in de detailhandel (voor winkelmotieven) en het aantal inwoners (voor overige secundaire bestemmingen).

Tertiaire en quartaire tourketens en -frequenties, bestemmings- en dagdeelkeuze

Wanneer tijdens de heenreis of terugreis meerdere secundaire bestemmingen worden bezocht, wordt slechts de eerste (heenreis) of de laatste (terugreis) secundaire bestemming gemodelleerd. Voor elke niet woninggebonden trip die ontstaat in de fase van de secundaire bestemmingen, wordt opnieuw een logitmodel toegepast om de kans te bepalen op het bezoeken van een tweede aanvullende bestemming. De trip die ontstaat vanuit deze tweede aanvullende bestemming kan vervolgens leiden tot verdere aanvullende verplaatsingen. Eventuele extra bestemmingen die meer dan vier bewegingen per richting binnen één tour veroorzaken, worden genegeerd. In totaal kan één tour daarom maximaal acht tripsegmenten genereren.

De werking van het frequentiemodel voor tertiaire en quartaire secundaire bestemmingen is identiek aan dat van de secundaire bestemmingen. Hierbij zijn enkele vereenvoudigingen en aannames toegepast:

- Secundaire winkeltrips zijn samengevoegd met overige trips en werk.
- Een werkstop tijdens een zakelijke trip wordt gelijk verdeeld (50/50) tussen "niet-woninggebonden zakelijk" en "niet-woninggebonden overig".
- Een werkstop tijdens een "overig" reis wordt toegewezen aan het motief "niet-woninggebonden overig".
- Een "overig" stop tijdens een zakelijke trip komt zo weinig voor dat deze niet in het model is opgenomen.

Het bestemmingsmodel voor tertiaire en quartaire bestemmingen is identiek aan het bestemmingskeuzemodel voor secundaire bestemmingen. De niet woninggebonden trips die ontstaan uit het model voor secundaire bewegingen kunnen zowel tijdens de heenreis als tijdens de terugreis plaatsvinden.

5.3.4 Parkeren

In het verkeersmodel wordt parkeren meegenomen binnen drie modules:

- Autobezit (CARMOD): het niveau van parkeertarieven in een zone beïnvloedt het autobezit. Daarnaast spelen het aantal parkeerplaatsen en het aantal parkeervergunningen een rol bij het bepalen van het aantal auto's in Amsterdam voor de prognosejaren.
- Vervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuze (MODEST): parkeertarieven worden beschouwd als een extra weerstand voor autoverkeer voor alle motieven. Daarnaast is het mogelijk om bepaalde zones volledig autovrij te maken.
- Aankomstcorrecties (alleen VMA): aankomsten van autobestuurders worden aangepast op basis van grote parkeervoorzieningen. Reizen naar vooraf gedefinieerde "donorzones" worden overgeheveld naar grote parkeergarages. De parkeerterreinen en grote garages die veel auto's aantrekken worden niet meegenomen in de initiële schattingen, maar worden als nabewerking toegevoegd.
- 'Autovrij'-schakelaar: dit is een optie in het model voor scenario's waarin nieuwe ontwikkelingen volledig autovrij worden ontworpen, waarbij alternatieven die gebaseerd zijn op de auto als "niet beschikbaar" worden ingesteld.

5.4 Provinciaal model Limburg (PMLB)

Het provinciaal model Limburg (PMLB) is een multimodaal verkeersmodel waarbij het personenvervoer met een gedesaggregeerd tour-based model wordt gemodelleerd. Binnenkort wordt versie 2.0 opgeleverd met basisjaar 2022 en prognosejaar 2040H. Het PMLB bestaat uit verschillende onderdelen welke invloed hebben op de verkeersgeneratie. Op basis van de persoonstypes, de tourketens en de tourfrequenties wordt de totale ritproductie van een zone bepaald. Vervolgens worden op basis van de attractievariabelen attracties per motief bepaald. De bestemmingskeuze en de vervoerswijzekeuze module in het tourmodel bepaalt dan de daadwerkelijke aankomsten in elke zone. Het PMLB is een doubly-constrained model. De berekende attracties en de daadwerkelijke aankomsten per zone worden daardoor vrij nauwkeurig benaderd. Daarnaast wordt in dit rapport de parkeermodule van het PMLB toegelicht omdat dit van invloed is op autoluw beleid. In deze paragraaf wordt er dieper ingegaan op de onderdelen die van invloed zijn op de verkeersgeneratie in het PMLB.

5.4.1 Persoonstypes

Het PMLB deelt de bevolking in het model in persoonstypes in. Deze persoonstypes zijn gecategoriseerd naar leeftijd (0-17, 18-34, 35-64, 65+), aantal auto's in het huishouden (0, 1, >1), werkstatus (full time, part time, geen werk) en inkomensklasse (hoog, middel, laag). Omdat voor een aantal van de persoonstypes combinaties niet genoeg waarnemingen zijn in het ODIN of omdat verplaatsingsgedrag van bepaalde combinaties vrijwel hetzelfde is, worden bepaalde combinaties van persoonstypes samengevoegd. Dit resulteert in 63 persoonstypes in totaal. Naast de persoonskenmerken, wordt ook nog de zone-eigenschap stedelijkheidsgraad meegenomen aan de persoonstype. Voor de stedelijkheidsgraad worden 5 stedelijkheidsgraad categorieën meegenomen.

5.4.2 Tourketens

In het PMLB zijn verschillende tourketens opgenomen. Deze tourketens worden gevormd op basis van 9 verschillende activiteiten. De activiteiten zijn bepaald op basis van de verschillende verplaatsingsmotieven uit het ODIN. Een aantal van deze verplaatsingsmotieven zijn samen ondergebracht in één activiteit. De tourketens beginnen en eindigen altijd thuis. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de verschillende activiteiten die opgenomen kunnen worden in de tourketens van het PMLB.

Activiteiten/motieven in het PMLB
Naar huis
Werken
Zakelijk
Halen/Brengen
Onderwijs basis/voortgezet
Onderwijs Studie
Winkelen
Vrije Tijd
Overig

Op basis van deze activiteiten zijn de tourtypes opgesteld. Hierbij zijn alleen de tourtypes met maximaal twee tussenliggende activiteiten meegenomen om ervoor te zorgen dat er genoeg ODIN waarnemingen zijn van elk tourtype en om de rekentijd van het model beperkt te houden. Daarnaast zijn een aantal andere tourtypes vereenvoudigd omdat de combinatie tourfrequentie van dat tourtype erg laag is. De vereenvoudiging vond plaats door de activiteit met de kortste verblijfsduur uit de keten te halen.

5.4.3 Tourfrequenties

Nadat alle mogelijke tourtypes per persoonstype zijn bepaald worden de tourfrequenties bepaald. Deze tourfrequenties zijn verschillend per stedelijkheidsgraad. De tourfrequenties worden met behulp van ODIN data geschat. Omdat verschillende analyses laten zien dat in ODIN het aantal verplaatsingen wordt onderschat, worden de tourfrequenties voor een aantal tours opgehoogd. De tourfrequenties zijn invoer voor het model. De totale productie van een zone is het resultaat van het aantal personen van een bepaald persoonstype te vermenigvuldigen met de tourfrequentie per tourtype behorend tot dat persoonstype. Aangezien de activiteiten per persoonstypes verschillen, zijn ook de tourtypes per persoonstype anders. In totaal zijn er per persoonstype gemiddeld ongeveer 15 verschillende tourtypes, met elk een eigen tourfrequentie per stedelijkheidsgraad.

5.4.4 Attracties

De attractie van een zone wordt bepaald op basis van verschillende attractievariabelen. Doormiddel van een lineaire combinatie wordt er per zone een attractiewaarde per activiteit type berekend. Voor iedere activiteit wordt een andere lineaire combinatie gebruikt welke verschillende verklarende attractievariabelen meeneemt. Per activiteit worden er gewichten aan de attractie-variabelen gehangen wat het effect van een variabele is op de attractie van een activiteit, dit worden de attractie-coëfficiënten genoemd. Deze coëfficiënten zijn deels op basis van ODIN data en deels op basis van CROW-kentallen bepaald. De coëfficiënten zijn verschillend per stedelijkheidsgraad. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de attractie-variabelen per activiteit.

Activiteit/Motief	Verklarende variabelen in model
Werken	Aantal Arbeidsplaatsen Landbouw Aantal Arbeidsplaatsen Industrie Aantal Arbeidsplaatsen Detail Aantal Arbeidsplaatsen Diensten Aantal Arbeidsplaatsen Overheid Aantal Arbeidsplaatsen Overig Aantal Arbeidsplaatsen Zorg Aantal Arbeidsplaatsen Onderwijs Aantal Arbeidsplaatsen Horeca
Zakelijk	Aantal Arbeidsplaatsen Landbouw Aantal Arbeidsplaatsen Industrie Aantal Arbeidsplaatsen Diensten Aantal Arbeidsplaatsen Overheid Aantal Arbeidsplaatsen Overig Aantal Arbeidsplaatsen Zorg
School	Aantal Leerling plaatsen Basisonderwijs Aantal Leerling plaatsen Voortgezet onderwijs Aantal Leerling plaatsen MBO Aantal Leerling plaatsen HBO & WO
Winkelen	m2 Supermarkt m2 Woonboulevard m2 Bouwmarkt m2 Tuin Centrum m2 Winkel overig
Vrije Tijd	Recreatie Sport Recreatie Vakantie Recreatie Overig

Halen/Brengen	Aantal Leerling plaatsen Basisonderwijs Aantal Leerling plaatsen Voortgezet onderwijs Aantal Kind plaatsen Kinderdagopvang/BSO BVO m2 Zorg
Overig	Aantal Arbeidsplaatsen Diensten Aantal Arbeidsplaatsen Overheid Aantal Arbeidsplaatsen Overig BVO m2 Zorg Inwoners

5.4.5 Tourmodel

Voor elk persoonstype wordt voor elke tour die gemaakt wordt de bestemmingskeuze en de vervoerswijzekeuze bepaald. De bereidheid om met een bepaalde vervoerswijze naar een bepaalde bestemming te reizen wordt eerst voor de primaire activiteit van de tour berekend. Op basis van deze bereidheid wordt een verdeling over alle mogelijke bestemmingen en vervoerswijzes berekend. Deze bereidheid wordt bepaald op basis van de gegeneraliseerde kosten en de attractie van een zone. De gegeneraliseerde kosten zijn de kosten om van de herkomst zone naar de bestemmingszone te reizen met een bepaalde modaliteit. Deze kosten worden per modaliteit berekend en nemen voor bijvoorbeeld auto de afstand, de reistijd, eventuele tol en de parkeerkosten mee.

De standaard methodiek in een tour-model is 'Single-constrained'. De verkeersgeneratie ligt alleen aan de productiekant vast. Het PMLB is echter 'Doubly-constrained'. In een iteratief proces worden de attracties aan de daadwerkelijke aankomsten gematched. Na het bepalen van het aantal aankomsten in een zone, wordt dit getal vergeleken met de attractie-waarde van die zone. Op basis van deze vergelijking wordt er een gewicht aan de attractie gehangen, afhankelijk van of het aantal aankomsten te hoog of te laag is. In het PMLB worden tien iteraties uitgevoerd.

5.4.6 Parkeren

In het PMLB wordt parkeren op twee manieren meegenomen. Ten eerste worden de parkeerkosten meegenomen in de level-of-service. De level-of-service worden uitgedrukt in de gegeneraliseerde kosten, welke gebruikt worden om de bestemming en vervoerwijze keuze te berekenen. Door hogere parkeerkosten worden sneller andere bestemmingen of vervoerwijze keuzes gekozen. De tweede manier waarop parkeren meegenomen wordt, is door het overplaatsen van autoverplaatsingen naar een parkeerzone/parkeergarage. Dit gebeurt nadat het tourmodel heeft gedraaid. Het parkeermodel vergelijkt de parkeercapaciteit van de bestemmingszone met zones, waaronder speciale parkeerzones, in de buurt. Op basis van de reistijd, naar de parkeerzone en de looptijd naar de bestemming, en de parkeercapaciteit van de parkeerzone, wordt de kans bepaald dat er in die zone geparkeerd wordt. Op basis van al deze kansen wordt verkeer overgeheveld naar andere zones. Wanneer er in de oorspronkelijke zone parkeercapaciteit is, zal een deel van het verkeer de originele bestemming houden.

5.5 Conclusie

De methodiek in de drie beschouwde modellen verschilt aanzienlijk. In het V-MRDH wordt de ritgeneratie in eerste instantie bepaald door de productie en attractie per motief te berekenen. Hierin valt op dat in de meeste motieven maar één verklarende variabele wordt meegenomen. Aangezien de niet woningkant geschaald wordt naar de woningkant betekent dit dat de totale verkeersgeneratie grotendeels bepaald wordt door inwoners, verdeeld in wel en geen auto. Het motief zakelijk wordt volledig bepaald door

arbeidsplaatsen. Alleen in het motief overig wordt een combinatie van inwoners en arbeidsplaatsen gebruikt.

Het VMA en het PLMB zijn tour-based modellen. In deze modellen wordt de verkeersgeneratie ook hoofdzakelijk bepaald door inwoners. Het gedrag van deze inwoners is echter gedifferentieerd per persoonstype. In het VMA gaat deze classificatie veel verder dan in het PLMB. Het PLMB kent daarentegen weer veel meer attractievariabelen. Daarnaast zijn er tussen het VMA en het PLMB nog flinke verschillen in hoe de tours bepaald worden en een andere afhandeling van primaire bestemmingen en secundaire bestemmingen. Dit zal van invloed zijn op de aankomsten en vertrekken op de bestemmingen in een tour. Beide modellen passen een doubly-constrained methode (in een iteratief proces) toe om de bestemmingskeuze enigszins te matchen aan de attracties van een zone. Het PLMB berekent hiertoe een specifieke attractie per motief. Het VMA gebruikt hiervoor de verhouding tussen de zones.

Alle modellen beschikken over aparte toevoegingen om met parkeerrestricties en/of parkeercapaciteiten om te gaan. Aan de bestemmingskant wordt dit voor alle modellen via het autobezit verdisconteerd. Aan de bestemmingskant is dit vaak onderdeel van het bestemmingskeuzemodel. In het V-MRDH zijn er restricties toegevoegd aan het maximale aantal auto-verplaatsingen naar een zone. In het PLMB wordt dit pas na afloop gedaan door autoritten te verplaatsen naar dichtbij gelegen zones met voldoende parkeercapaciteit.

6 Analyse werkelijke metingen

In dit hoofdstuk zijn tien specifieke locaties onderzocht voor de generatie van autoverkeer. Voor elke locatie maken we inzichtelijk wat de verkeersgeneratie is conform drie verschillende bronnen:

1. Berekend door het verkeersmodel.
2. Wat de uitkomst volgens de CROW-kentallen zou zijn.
3. Wat er daadwerkelijk gemeten is.

De tien locaties zijn geselecteerd op basis van de volgende criteria:

- Zijn er al bestaande metingen beschikbaar?
- Is het gebied makkelijk sluitend meetbaar?
- Is de koppeling met de modelzone goed te maken?
- Is het een interessant gebied (bijvoorbeeld autoluw beleid)?
- Goede verdeling over stedelijkheidsgraad.

Twee locaties in Rotterdam konden gemeten worden met behulp van VRI-lussen. Voor deze locaties zijn de data van de maand September 2025 gebruikt. Voor de locaties in Amsterdam is de data van een parkeeronderzoek uit 2024 gebruikt. Deze metingen zijn gedaan van 22 november tot en met 5 december 2024. De locatie in Sittard is permanent gemeten met Dinaf tellers. Voor de overige locaties zijn metingen uitgevoerd door Meetel van maandag 2 maart tot en met zondag 15 maart 2026. Dit is een periode waarin geen vakantiedagen vielen. Er waren ook geen bijzondere weersomstandigheden. Voor alle locaties zijn alleen de werkdagen gebruikt, de weekenden zijn eruit gefilterd. De CROW-berekeningen zijn gecorrigeerd naar werkdagen zoals het CROW dat voorschrijft.

6.1 Locaties

De volgende locaties zijn gemeten.

Nr	Locatie	Plaats	Model	Data	Periode
1	Noordereiland	Rotterdam	V-MRDH	VRI	Sept 2025
2	Wilhelminapier	Rotterdam	V-MRDH	VRI	Sept 2025
3	Loyd-kwartier (Oost)	Rotterdam	V-MRDH	Meetel	Maart 2026
4	Woonwijk	Purmerend	Venom	Meetel	Maart 2026
5	Woonwijk	Broek op Langedijk	Venom	Meetel	Maart 2026
6	Woonwijk	Lelystad	Venom	Meetel	Maart 2026
7	Ghandilaan	Amsterdam	VMA	Parkeeronderzoek	Nov 2024
8	Steigereiland, IJburg	Amsterdam	VMA	Parkeeronderzoek	Nov 2024
9	Retailpark Roermond	Roermond	PVML	Dinaf tellers	April 2026
10	Woonwijk	Sittard	PVML	Meetel	Maart 2026

In bijlage 1 zijn alle locaties kort beschreven, inclusief een afbeelding en de locatie van de meetpunten.

6.2 Data

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de data die per locatie is verzameld. Voor elk gebied zijn de intensiteiten zoals die in verkeersmodel zijn berekend overgenomen, de CROW-waarde is uitgerekend en de gemeten waarde is overgenomen. Voor de modelwaarden en de metingen zijn de intensiteiten voor de spitsen en de restdag gebruikt. De volgende definitie geldt voor alle locaties:

- Ochtendspits, 7:00-9:00 (2 uur-waarde).
- Avondspits, 16:00-18:00 (2 uur-waarde).
- Rest: (20 uur waarde).

De CROW-waarde kan alleen uitgerekend worden voor een etmaal. Voor het model en metingen zijn de etmaal waarden ook bepaald en zijn gelijk aan de som van de drie dagdeelwaarden.

De intensiteiten representeren motorvoertuigen. Zowel in het model als voor de metingen zijn de intensiteiten voor auto's en vrachtwagens bij elkaar opgeteld.

In de volgende paragrafen worden eerst de modelwaarden behandeld, dan de CROW-waarden en daarna de gemeten waarden. In paragraaf 6.2.4 worden alle waarden in een aantal grafieken naast elkaar getoond. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een conclusie.

6.2.1 Modelwaarde

De modelwaarden zijn overgenomen uit de modellen V-MRDH, VENOM, VMA en PMLB. Voor elke locatie wordt de productie en de attractie weergegeven. Deze waarde is bepaald door respectievelijk het rijtotaal en kolomtaal te bepalen van de trip-matrices in het model. Dit is gedaan voor zowel de synthetische matrix als voor de gekalibreerde matrix. De synthetische matrices bevatten voor sommige modellen nog een aantal aanvullingen of correcties. Per model zijn die als volgt:

- V_MRDH: Correctie voor parkeren (P&R, parkeergarages en parkeerplafonds).
- VENOM: Correctie voor parkeren.
- VMA: Correctie voor parkeren.
- PMLB: Correctie voor parkeren en hubs.

In het model wordt een waarde bepaald voor de ochtendspits, de avondspits en de restdag. Deze drie waarden zijn bij elkaar opgeteld om tot een etmaal waarde te komen.

Voor de gebieden in VENOM zijn de zones groter dan het gemeten gebied. Omdat dit voornamelijk zones zijn met woningen zijn de modelwaarden voor deze gebieden gecorrigeerd op basis van het aantal huishoudens in het totale gebied in het model en het aantal huishoudens in het gemeten gebied. De gegevens voor het aantal huishoudens zijn uit het kadaster (BAG) gehaald.

In de volgende tabel staat in de eerste rij het gebruikte scenariojaar en daarna de modelwaarden in de rijen. De locaties staan in de kolommen.

		Wilhelminapier	Loydkwartier	Noordereiland	Purmerend	Lelystad	Broek op Langedijk	Steigereiland	Ghandlaan	Sittard Noord	Retailpark
	Model	V-MRDH	V-MRDH	V-MRDH	VENOM	VENOM	VENOM	VMA	VMA	PMLB	PMLB
	Scenario	2025	2025	2025	2019	2019	2019	2019	2019	2024	2024
Ochtendspits	Prod_Syn	234	145	383	160	85	276	296	179	567	93
	Prod_Cal	216	223	326	170	256	226	233	260	719	90
	Attr_Syn	1703	269	355	57	29	120	339	89	411	389
	Attr_Cal	1227	143	508	72	99	142	340	82	428	335
Avondspits	Prod_Syn	1301	268	411	91	46	164	374	133	525	1029
	Prod_Cal	333	182	822	115	136	200	411	217	573	1018
	Attr_Syn	421	161	437	179	94	300	344	211	689	648
	Attr_Cal	135	167	675	209	241	278	202	346	771	871
Restdag	Prod_Syn	1668	992	2167	435	217	714	1123	566	2457	3967
	Prod_Cal	1996	970	2268	645	601	769	1151	1021	2637	3881
	Attr_Syn	1572	965	2210	451	222	735	1107	576	2451	3645
	Attr_Cal	2160	1103	1974	653	653	776	1256	1070	2619	4228
Etmal	Prod_Syn	3204	1404	2962	686	348	1153	1794	877	3550	5101
	Prod_Cal	2545	1375	3416	930	993	1194	1795	1498	3932	5002
	Attr_Syn	3696	1395	3003	688	345	1155	1790	875	3555	4686
	Attr_Cal	3522	1413	3157	933	993	1196	1799	1498	3820	5442

Figuur 3: tabel met modelwaarden (motorvoertuigen).

Wat opvalt in deze tabel is:

- Dat de productie en de attractie voor de etmaalwaarde niet voor alle locaties gelijk zijn:
 - Voor de locaties in Rotterdam waar het V-MRDH wordt gebruikt komt dit omdat een zwaartekrachtmodel dit niet per se afdwingt.
 - Voor de locaties uit het VMA en VENOM is de synthetische en de gekalibreerde productie en attractie vrijwel gelijk voor de etmaal periode.
 - De twee locaties uit het PMLB laten ook een kleine afwijking zien tussen productie en attractie. Dit komt omdat het PMLB een twee lagen model is en de data in dat geval uit het fijnere onderliggende model is genomen. In dit verfijningsmodel kunnen kleine verschillen ontstaan.
- Alle modellen behalve het PMLB laten ook forse verschillen zien tussen synthetisch en gekalibreerd op etmaalniveau. Dit geeft aan dat er in de kalibratie nog behoorlijke aanpassingen aan de totale productie en attractie van een zone gedaan worden. Dit heeft vooral te maken met de instellingen van de kalibratie.

6.2.2 CROW-berekening

Om de verkeersgeneratie conform het CROW te bepalen is voor elk gebied een inventarisatie gemaakt van de woningen, diensten en voorzieningen in het gebied. De data is op basis van de BAG bepaald. Voor de CROW-berekening is de stedelijkheidsgraad en het type van de zone (centrum, schil-overloopgebied, rest van de bebouwde kom, buitengebied) van belang voor de kentallen. De stedelijkheidsgraad is overgenomen van het CBS. Het type van de zone is ingeschat. Omdat het CROW erg veel verschillende type woningen, soorten services en voorzieningen onderscheidt zijn er veel rijen in de tabel. Voor elke rij is ook de eenheid waarin het CROW dit wil hebben toegevoegd.

De verkeersgeneratie conform het CROW is vervolgens een vermenigvuldiging met het CROW kental en het betreffende getal bij een voorziening. Dit geeft een verkeersgeneratie per voorziening. De optelling van al deze verkeersgeneraties geeft de uiteindelijke totale verkeersgeneratie voor het gebied. Standaard gaat het CROW daarbij uit van een weekdag. Om de verkeersgeneratie te bepalen voor een werkdag

geeft het CROW een correctiefactor. Deze factor is in het model ook toegepast. De uiteindelijke waarde is dus de verkeersgeneratie van het gebied voor een werkdag voor een etmaal. Omdat het CROW een minimum en een maximumwaarde onderscheidt zijn beide waarden weergegeven in de laatste twee rijen van de tabel.

Het aantal huishoudens dat in het verkeersmodel is gebruikt is ook in deze tabel opgenomen. Dit maakt het mogelijk om het aantal huishoudens dat gebruikt is voor de berekeningen in het verkeersmodel te vergelijken met het aantal woningen voor de CROW-berekening.

		Wilhelminapier	Loydkwartier	Noordereiland	Purmerend	Lelystad	Broek op Langedijk	Steigereiland	Ghandlaan	Sittard Noord	Retailpark
	UNIT										
Stedelijkheidsgraad		1	1	1	2	4	4	3	1	2	4
Zone gebied		centrum	centrum	centrum	schil_cnr	rest	schil_cnr	schil_cnr	schil_cnr	schil_cnr	rest
Zonetype		Mixed	Mixed	Mixed	Woon	Woon	Woon	Mixed	Woon	Woon	Winkel
Model Scenario		2025	2025	2025	2019	2019	2019	2019	2019	2024	2024
Huishoudens (model)		988	1764	1980	1628	679	3260	935	787	1055	0
Woningen (CROW)		1063	744	1983	450	190	663	961	683	1081	0
ap_ <75 m2	1	157	100	694	0	0	0	148	0	20	0
ap_75-100 m2	1	458	318	811	0	0	0	246	0	175	0
ap_100+ m2	1	448	326	478	0	0	0	250	0	0	0
huis_tussen	1	0	0	0	450	0	443	150	683	450	0
huis_vrijstaand	1	0	0	0	0	190	220	167	0	436	0
school	m2	0	1569	1100	0	0	0	2500	0	6864	0
supermarkt	m2	420	0	2867	0	0	0	0	0	0	0
restaurant	m2	6369	0	1428	0	0	0	130	0	0	1463
kantoor	m2	134332	2143	9946	0	0	0	15776	0	482	1479
winkel	m2	72	0	1780	0	0	0	100	0	0	0
hotel	kamers	563	2	0	0	0	0	0	0	0	0
film theater	m2	3473	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sporthal	m2	755	2237	0	0	0	0	437	0	0	0
avondonderwijs	studenten	60	0	30	0	0	0	0	0	0	0
fysiotherapie	behandelkamer	2	0	4	0	0	0	0	0	1	0
tandarts	behandelkamer	6	3	4	0	0	0	1	0	0	0
fitnesstudio	m2	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0
theater	m2	15536	2449	0	0	0	0	270	0	0	0
daycare	m2	0	0	0	0	0	0	2332	0	0	0
DIY winkel	m2	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
huisart	behandelkamer	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
industrie	m2	23902	2062	9824	0	0	0	6113	0	0	1112
winkelboulevard	m2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45064
sportschool	m2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1440
CROW Min		9768	2716	6051	3197	1645	5273	9219	4094	8593	11108
CROW Max		15938	3683	10128	3596	1814	5862	10868	4700	9775	12607

Figuur 4: CROW gegevens en generatie (motorvoertuigen).

De CROW Min en CROW Max zijn het resultaat van de berekening en betreffen een etmaal waarde. De waarde geeft de productie of de attractie aan. Het CROW bepaalt alleen maar een totale “verkeersgeneratie”. De productie of de attractie is de helft hiervan.

Het CROW laat zich niet altijd uit of de bepaalde waarde inclusief vrachtwagens is. Bij een aantal functies, zoals kantoren en commerciële ruimtes wordt vermeld dat de generatie inclusief vracht is. Verondersteld is dus dat de verkeersgeneratie inclusief vracht is.

De stedelijkheidsgraad en het type van het gebied hebben een flinke invloed op de uiteindelijke uitkomsten. Er wordt dan voor alle attributen een andere set kentallen gebruikt. Soms is de inschatting

van het CBS niet altijd even bruikbaar. Zo is Steigereiland, wat toch in Amsterdam ligt, minder stedelijk dan de zone in Purmerend. Dit komt omdat er relatief veel water om dit gebied ligt. Voor deze locatie is een variatie van de stedelijkheidsgraad geanalyseerd in paragraaf 6.3.

Het verschil tussen de min en max waarde is voor gebieden met een hoge stedelijkheidsgraad aanzienlijk hoger dan gebieden met een lage stedelijkheidsgraad, vooral bij voorzieningen zoals een supermarkt.

6.2.3 Metingen

Voor elke locatie is het ingaande en het uitgaande verkeer gemeten. De data is beschikbaar per uur zodat de waarde voor de ochtendspits, de avondspits en de restdag bepaald kan worden. De etmaalwaarde is vervolgens eenvoudig te bepalen door deze waarden op te tellen. In onderstaande tabel zijn de intensiteiten voor motorvoertuigen per locatie gegeven. Dit zijn dus auto's en vrachtwagens samen.

		Wilhelminapier	Loydkwartier	Noordereiland	Purmerend	Lelystad	Broek op Langedijk	Steigereiland	Ghandilaan	Sittard Noord	Retailpark
Ochtendspits	Prod	298	294	406	206	136	406	291	293	665	132
	Attr	642	205	396	52	42	139	310	125	411	212
Avondspits	Prod	750	187	467	128	83	248	305	211	527	1174
	Attr	454	221	593	253	154	500	322	308	756	1048
Restdag	Prod	3211	871	2613	764	455	1199	1231	1184	2284	4420
	Attr	3186	910	3019	780	464	1310	1492	1287	2356	4472
Etmaal	Prod	4258	1352	3487	1099	674	1852	1827	1688	3476	5726
	Attr	4282	1337	4008	1085	661	1949	2124	1720	3524	5731

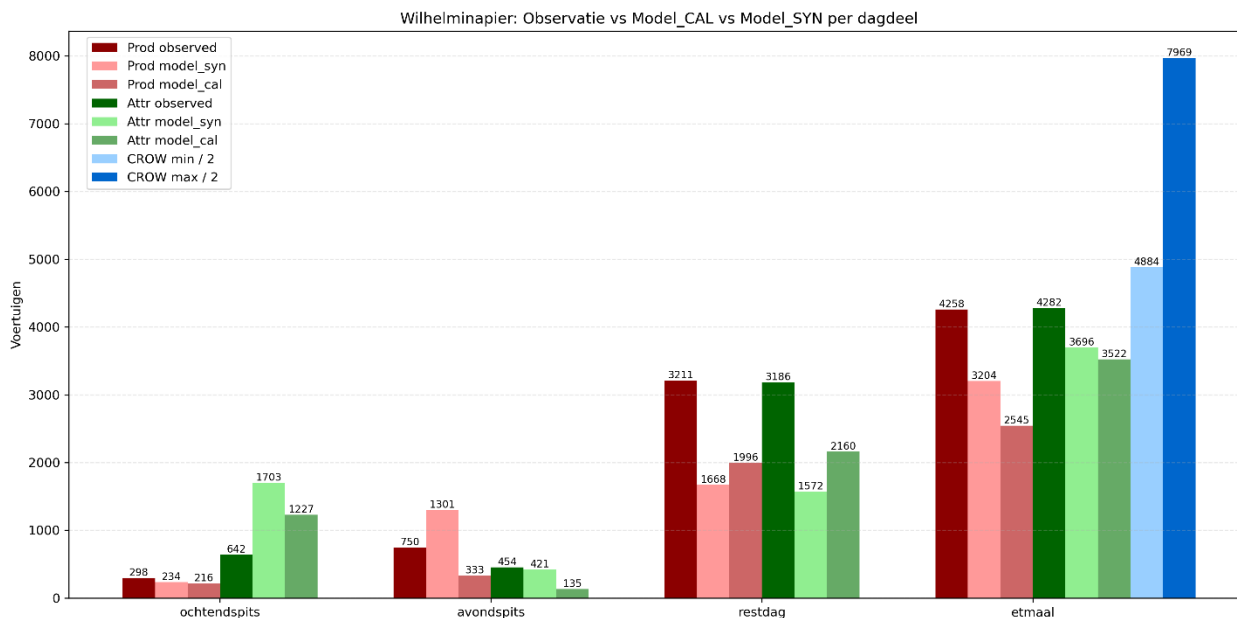
Figuur 5: metingen (motorvoertuigen).

Voor alle locaties is er op etmaal niveau een redelijke goede balans tussen in- en uitgaand verkeer gemeten.

6.3 Analyse

In deze paragraaf worden de waarden uit het verkeersmodel en de CROW-waarden vergeleken met de gemeten waarden. Dit wordt per locatie in een grafiek weergegeven om vergelijking mogelijk te maken. Per locatie worden de waarden voor de ochtendspits, de avondspits, de restdag en het etmaal weergegeven. Voor de CROW-waarden is enkel het etmaal bekend. Per locatie volgt een korte conclusie. De eindconclusie staat in hoofdstuk 7.

6.3.1 Wilhelminapier



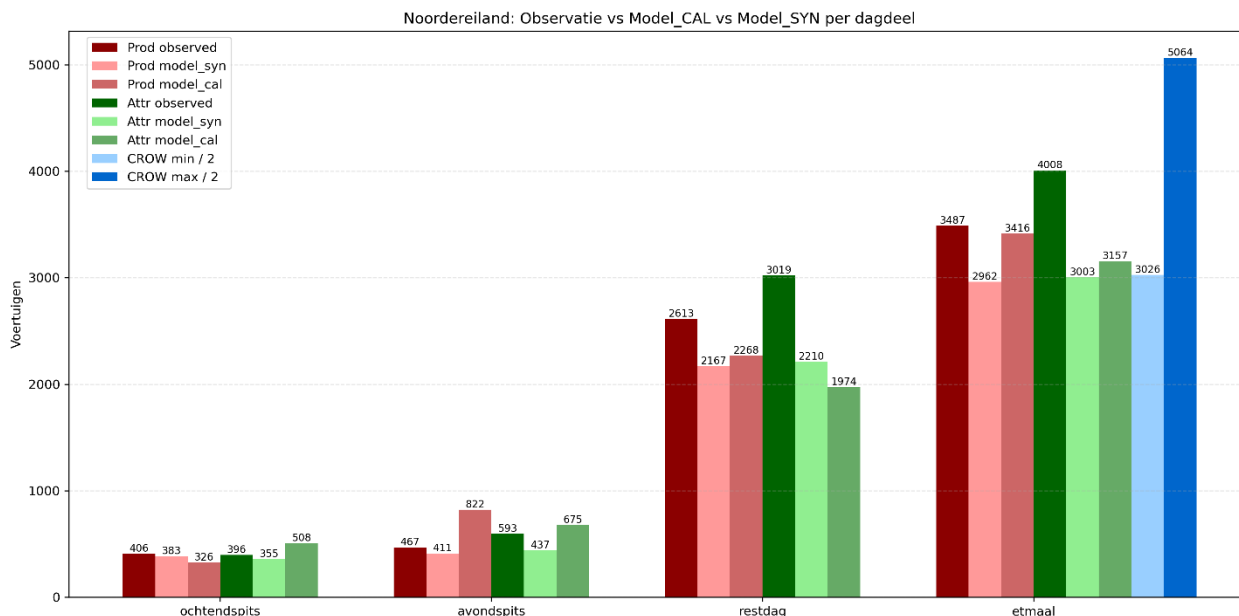
Figuur 6: resultaten Wilhelminapier.

Conclusie voor de Wilhelminapier:

- Voor de ochtendspits wordt een iets hogere productie gemeten dan het model voorspelt. Voor de attractie wordt echter een fors verschil geconstateerd. Het model voorspelt veel meer aankomende voertuigen dan er gemeten zijn. In de kalibratie wordt dit nog wel wat omlaag gecorrigeerd maar er blijft een verschil van bijna factor twee.
- Voor de avondspits geldt het omgekeerde patroon. Meer vertrekken in het model dan gemeten. De kalibratie voert hier echter een grote correctie uit waardoor de uiteindelijke waarde bijna minder dan de helft is. Voor de aankomsten in de avondspits zit het model maar iets lager. Ook hier corrigeert de kalibratie echter de waarde erg ver omlaag zodat er nog maar een kwart ten opzichte van de gemeten waarde overblijft.
- Voor de restdagperiode is zowel de gemeten productie als de gemeten attractie veel hoger dan de modelwaarden. De kalibratie corrigeert dit nog iets omhoog maar de waarde blijft veel te laag.
- Het beeld van de dagdeelperiodes komt terug in het etmaal. De metingen zijn hoger dan de modelwaarden. De kalibratie corrigeert vooral omlaag. De CROW-waarden zijn hoger dan de gemeten waarde. De max-CROW waarde is erg hoog.

Indien de gemeten waarden hier als waarheid worden verondersteld kan worden geconcludeerd dat voor de Wilhelminapier de CROW-waarden te hoog zijn en de modelwaarden te laag. De max-CROW waarde is wel erg hoog. Het verkeersmodel lijkt moeite te hebben met de vele functies van de Wilhelminapier. Dit uit zich in de grote afwijking op de attractie in de ochtendspits en de productie in de avondspits. De reizigers die in de ochtend vertrekken zijn gebaseerd op de woningen en die kloppen vrij goed. De aankomsten zijn alleen maar gebaseerd op arbeidsplaatsen en dat is niet voldoende om de attractie voldoende te beschrijven. Dit uit zich ook in de restdag. De hoge waarden voor CROW zijn deels te verklaren door de goede bereikbaarheid met het openbaar vervoer en wellicht ook een deel van de verplaatsingen die intrazonaal plaatsvinden. Die zijn niet gemeten maar worden door CROW wel bepaald.

6.3.2 Noordereiland



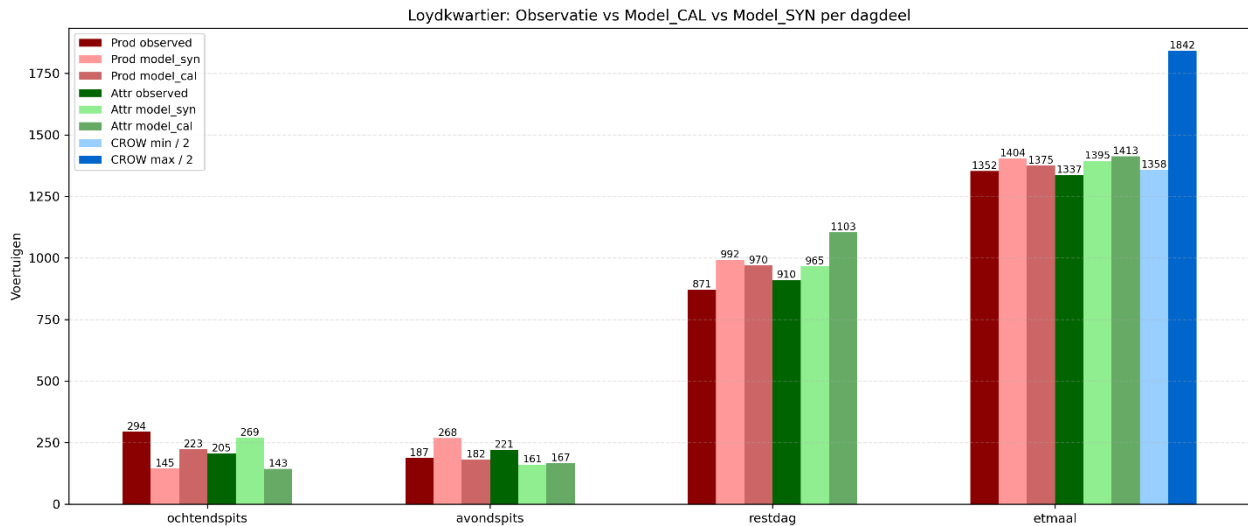
Figuur 7: resultaten Noordereiland.

Conclusie voor het Noordereiland:

- De metingen voor het Noordereiland zijn gebaseerd op VRI-lussen en kloppen en vertonen op etmaal niveau nog een aanzienlijk verschil tussen productie en attractie.
- Voor de ochtendspits wordt synthetisch zowel de productie als de attractie goed door het model benaderd. De attractie wordt in de kalibratie eigenlijk onnodig opgehoogd.
- Voor de avondspits benadert het synthetische model de productie vrij goed. De attractie is iets te laag. De kalibratie voert een grote correctie uit voor de productie waardoor het resultaat verslechtert. De attractie wordt ook flink verhoogd waardoor de waarde nu juist te hoog uitpakt.
- Voor de restdagperiode is zowel de gemeten productie als de gemeten attractie veel hoger dan de modelwaarden. De kalibratie correctie is beperkt en maakt het voor de attractie nog iets slechter.
- De etmaal metingen zijn hoger dan de model-waarden. Dit wordt grotendeels bepaald door de restdagwaarden. De kalibratie corrigeert hier vooral omhoog. De min-CROW waarde zit onder de gemeten waarde en de max-CROW waarde er flink boven.

Indien de gemeten waarden hier als waarheid worden verondersteld kan worden geconcludeerd dat voor het Noordereiland het model redelijk presteert in de spitsen maar voor de restdag veel te laag zit. De CROW-waarde laat een flinke range zien maar de meting zit wel tussen de min en max waarde.

6.3.3 Lloydkwartier



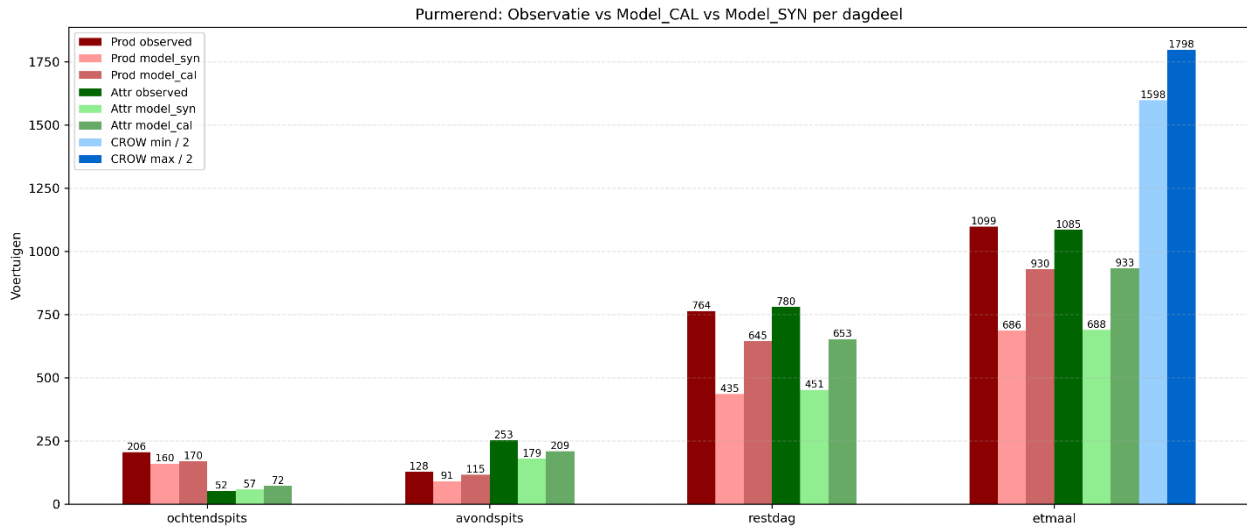
Figuur 8: resultaten Lloydkwartier.

Conclusie voor het Lloydkwartier:

- Voor de ochtendspits wordt synthetisch de productie door het model onderschat. De kalibratie corrigeert dit enigszins. De attractie wordt juist overschat door het model. De kalibratie corrigeert dit maar iets te veel.
- Voor de avondspits schat het synthetische model voor de productie te veel verkeer. De kalibratie corrigeert dit naar bijna de gemeten waarde. De attractie is iets te laag. De kalibratie voert een kleine correctie uit.
- Voor deze locatie zijn de modelwaarden in de restdagperiode juist te hoog. Zowel de productie als de attractie. De kalibratie maakt de productie iets beter maar de afwijking op de attractie wordt nog groter.
- De etmaal metingen zijn redelijk in lijn met de model-waarden. De min-CROW waarde ook. De max-CROW waarde zit er flink boven.

Indien de gemeten waarden hier als waarheid worden verondersteld kan worden geconcludeerd dat voor het Lloydkwartier het model redelijk presteert voor alle dagdelen. De CROW-waarde laat een flinke range zien waarbij de min-waarde vrij goed past. De max-waarde is erg hoog.

6.3.4 Purmerend



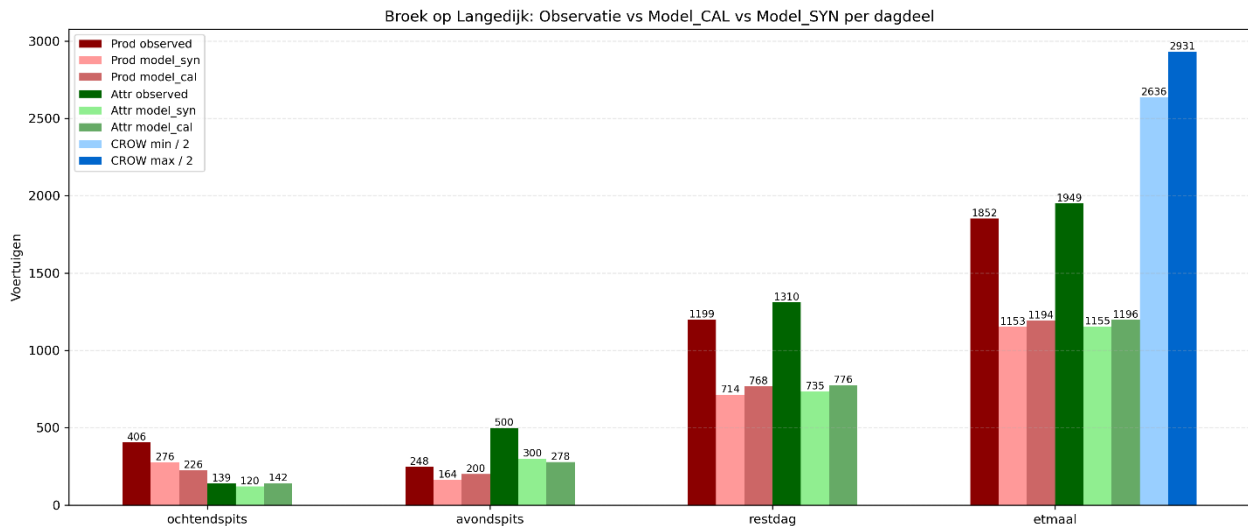
Figuur 9: resultaten Purmerend.

Conclusies voor woonwijk Purmerend:

- Voor de ochtendspits worden de waarden redelijk goed door het model gereproduceerd.
- Voor de avondspits schat het synthetische model voor de productie iets te weinig verkeer. De kalibratie corrigeert dit. De attractie is iets te laag. De kalibratie voert daar een kleine correctie op uit.
- Voor deze locatie zijn de modelwaarden in de restdagperiode te laag. Zowel de productie als de attractie. De kalibratie corrigeert dit voor een flink deel.
- De etmaal modelwaarden zijn hierdoor ook te laag. De min en max-CROW waarde zijn voor deze locatie veel te hoog.

Indien de gemeten waarden hier als waarheid worden verondersteld kan worden geconcludeerd dat voor deze woonwijk in Purmerend de modelwaarden in de spitsen de metingen redelijk reproduceren. In de restdag is vooral het synthetisch model veel te laag. De CROW-waarde daarentegen lijken juist veel te hoog.

6.3.5 Broek op Langedijk



Figuur 10: resultaten Broek op Langedijk.

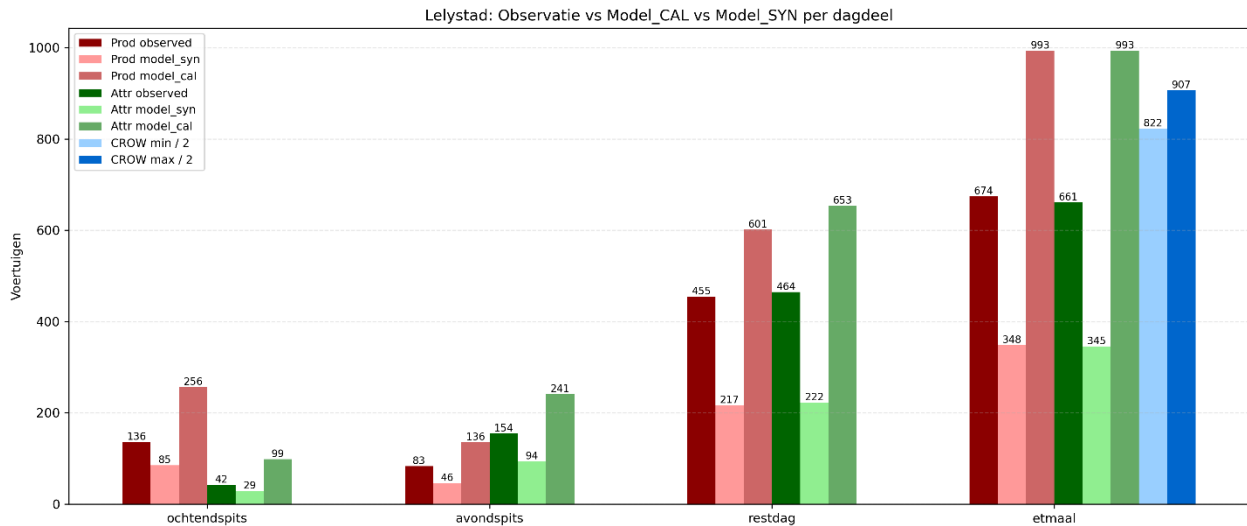
Conclusies voor woonwijk Broek op Langedijk:

- Voor de ochtendspits wordt synthetisch de productie door het model onderschat. De kalibratie maakt dit verschil nog iets groter. De attractie wordt goed gereproduceerd door het model.
- Voor de avondspits schat het synthetische model voor de productie de waarde juist vrij goed, De attractie is te laag. De kalibratie corrigeert dit niet.
- Voor deze locatie zijn de modelwaarden in de restdagperiode te laag. Zowel de productie als de attractie. De kalibratie corrigeert in dit geval nauwelijks.
- De etmaal modelwaarden zijn hierdoor ook te laag. De min en max-CROW waarde zijn voor deze locatie te hoog.

Indien de gemeten waarden hier als waarheid worden verondersteld kan worden geconcludeerd dat voor deze woonwijk in Broek op Langedijk het model te lage waarden genereert voor alle dagdelen. De CROW-waarde zitten hier juist veel te hoog.

Opgemerkt dient te worden dat deze woonwijk voor een deel pas gerealiseerd is na 2019. Aangezien de modelwaarden uit het scenario van 2019 komen is het logisch dat de gemeten waarden veel hoger liggen dan het model.

6.3.6 Lelystad



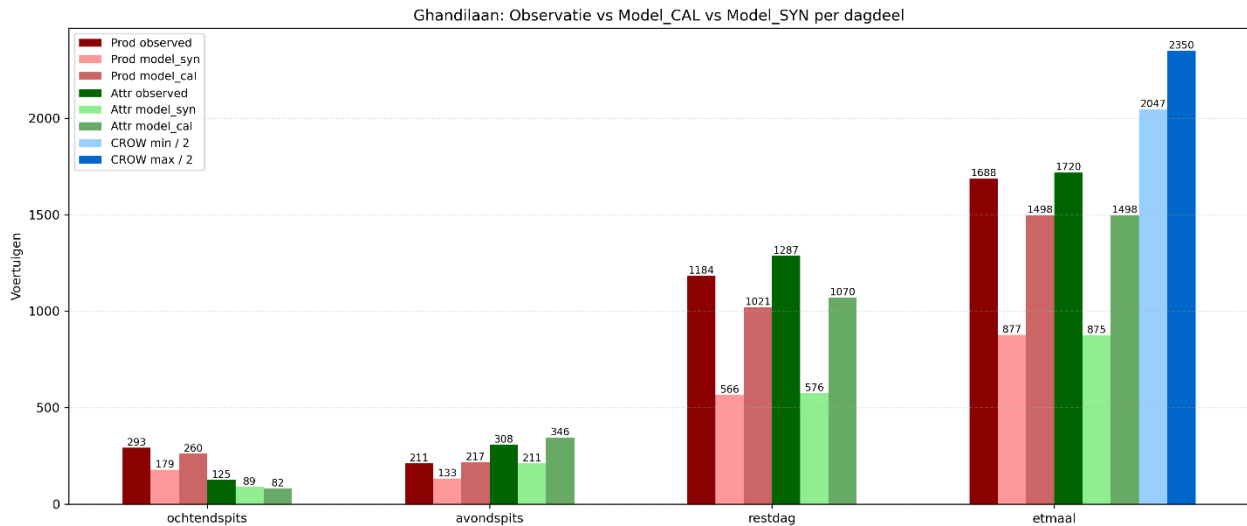
Figuur 11: resultaten Lelystad.

Conclusies voor woonwijk Lelystad:

- Voor de ochtendspits wordt synthetisch de productie door het model onderschat. De kalibratie corrigeert dit maar veel te veel. De attractie is iets te laag en ook hier is de kalibratiecorrectie te groot.
- De avondspits geeft vrijwel hetzelfde beeld.
- De restdag ook.
- De synthetische etmaal modelwaarden zijn hierdoor te laag en de gekalibreerde waarden juist te hoog. De min en max-CROW waarde zijn voor deze locatie te hoog.

Indien de gemeten waarden hier als waarheid worden verondersteld kan worden geconcludeerd dat voor deze woonwijk in Lelystad het model synthetisch te lage waarden genereert voor alle dagdelen terwijl de kalibratiecorrectie juist te hoge waarden geeft. De CROW-waarden zitten hier te hoog. Opvallend is de kleine bandbreedte bij de CROW-waarden voor dit type locatie.

6.3.7 Ghandilaan



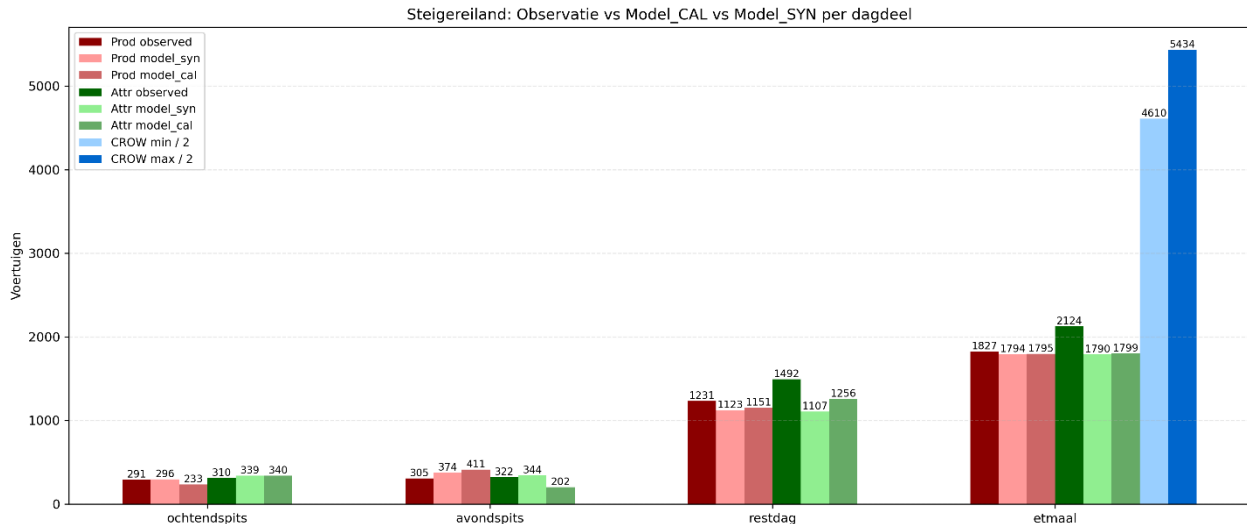
Figuur 12: resultaten Ghandilaan.

Conclusies voor woonwijk rond de Ghandilaan in Amsterdam:

- Voor de ochtendspits wordt synthetisch de productie door het model onderschat. De kalibratie corrigeert dit voor het grootste deel. De attractie wordt ook onderschat door het model. De kalibratie corrigeert dit niet.
- Ook voor de avondspits zijn de synthetische waarden te laag. De kalibratie corrigeert dit.
- Voor deze locatie zijn de modelwaarden in de restdagperiode flink te laag. Zowel de productie als de attractie. De kalibratie corrigeert dit voor een flink deel.
- De etmaal modelwaarden zijn hierdoor ook te laag. De min en max-CROW waarde zijn voor deze locatie te hoog.

Indien de gemeten waarden hier als waarheid worden verondersteld kan worden geconcludeerd dat voor deze woonwijk in Amsterdam het model te lage waarden genereert voor alle dagdelen. De CROW-waarde zit juist te hoog.

6.3.8 Steigereiland



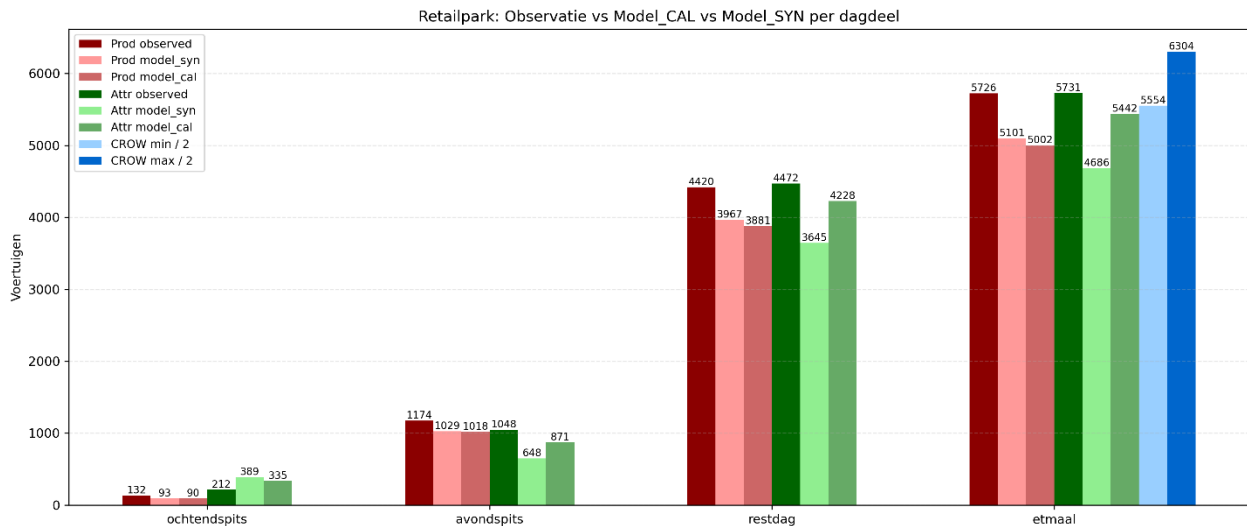
Figuur 13: resultaten Steigereiland.

Conclusies voor Steigereiland in Amsterdam:

- Voor de ochtendspits reproduceert het model vrij goed de gemeten waarde voor zowel de productie als de attractie.
- Ook voor de avondspits schat het model de waarden vrij goed. Voor de attractie verlaagd de kalibratie de waarde echter en maakt de afwijking groter.
- Voor deze locatie zijn de modelwaarden in de restdagperiode iets te laag. Zowel de productie als de attractie. De kalibratie corrigeert dit een klein beetje.
- De etmaal modelwaarden zijn hierdoor ook iets te laag. De min en max-CROW waarde zijn voor deze locatie veel te hoog.

Indien de gemeten waarden hier als waarheid worden verondersteld kan worden geconcludeerd dat voor Steigereiland in Amsterdam het model de metingen vrij goed reproduceert. De CROW-waarde zitten hier echter veel te hoog. Een mogelijke verklaring voor de afwijkende CROW-waardes kan zijn dat deze zone goed bediend is met openbaar vervoer en dat een flink deel daarvan als bestemming Amsterdam centrum heeft. De auto is daarvoor minder voor de hand liggend. Het model vangt deze modal-split goed op. De CROW-kentallen houden daar echter geen rekening mee.

6.3.9 Retailpark Roermond



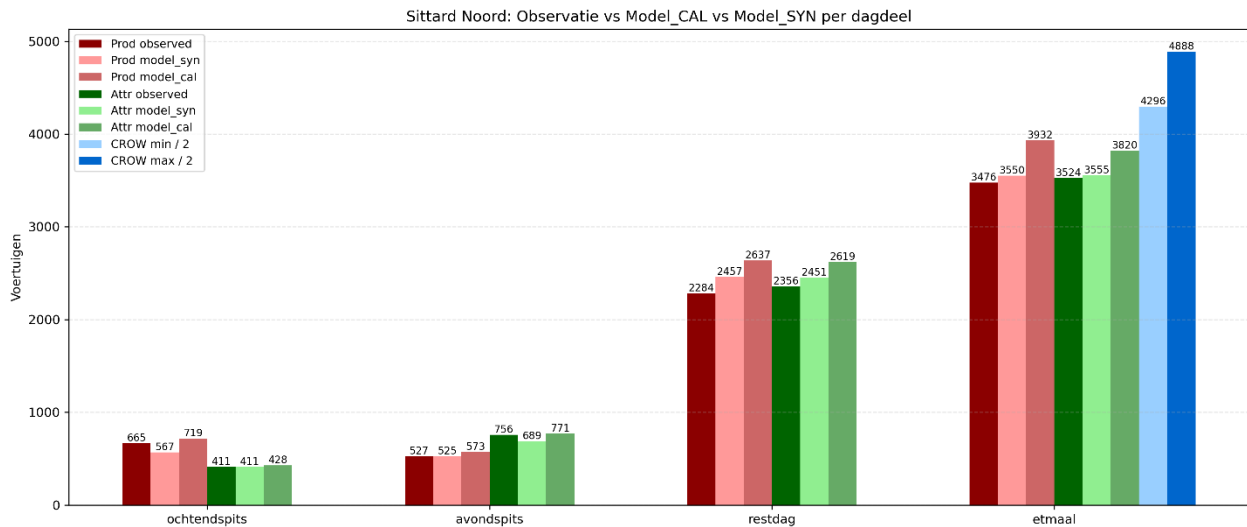
Figuur 14: resultaten Retailpark Roermond.

Conclusies voor retailpark Roermond:

- Voor de ochtendspits wordt synthetisch de productie door het model redelijk goed benaderd. De attractie wordt overschat door het model. De kalibratie corrigeert dit een klein beetje.
- Voor de avondspits schat het synthetische model voor de productie iets te weinig verkeer. De attractie is te laag. De kalibratie voert daar een kleine correctie op uit.
- Voor deze locatie zijn de modelwaarden in de restdagperiode te laag. Zowel de productie als de attractie. De kalibratie corrigeert dit alleen voor de attractie voor een deel.
- De etmaal modelwaarden zijn hierdoor ook te laag. De min en max-CROW waarde zijn voor deze redelijk goed. De max-waarde is iets te hoog.

Indien de gemeten waarden hier als waarheid worden verondersteld kan worden geconcludeerd dat voor het retailpark in Roermond het model iets te lage waarden genereert voor bijna alle dagdelen behalve voor de attractie in de ochtendspits. Daar zit het model te hoog. De CROW-waarden zijn redelijk goed waarbij de max-waarde te hoog is.

6.3.10 Woonwijk Sittard



Figuur 15: resultaten Sittard.

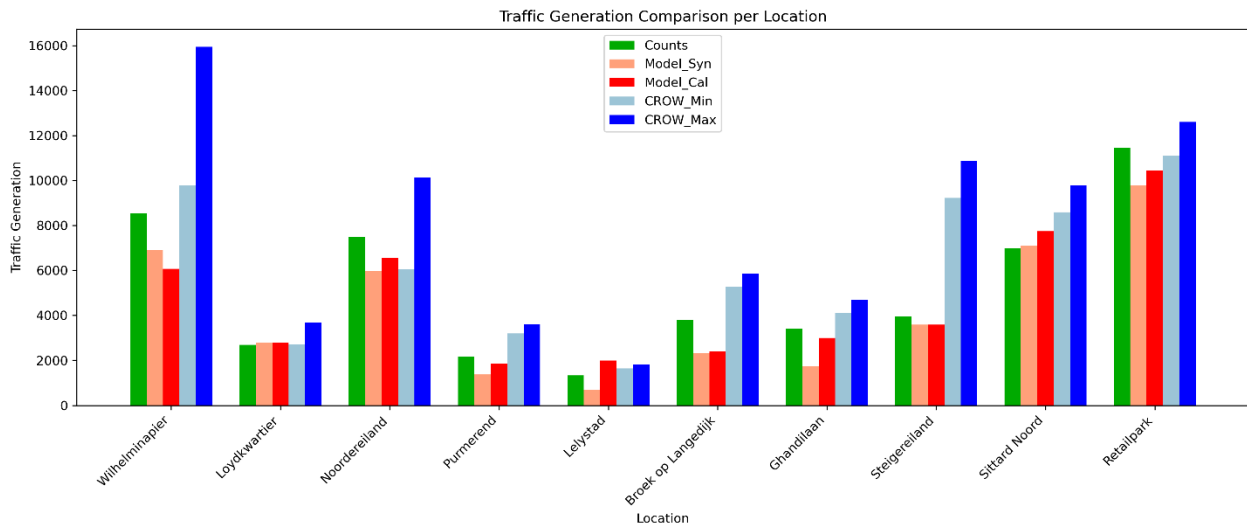
Conclusies voor woonwijk Sittard:

- Voor de ochtendspits wordt synthetisch de productie door het model iets onderschat. De kalibratie corrigeert dit naar het juiste niveau. De attractie wordt goed gereproduceerd.
- Voor de avondsplits schat het synthetische model voor de productie een goede waarde. De kalibratie corrigeert de waarde nauwelijks. De attractie is iets te laag. De kalibratie voert daar een kleine correctie op uit.
- Voor deze locatie zijn de modelwaarden in de restdagperiode iets te hoog en de kalibratie verhoogt ze nog een klein beetje.
- De etmaal modelwaarden kloppen vrij goed. De kalibratie verhoogt ze echter een beetje. De min en max-CROW waarde zijn voor deze locatie hoger dan de gemeten waarden.

Indien de gemeten waarden hier als waarheid worden verondersteld kan worden geconcludeerd dat voor deze woonwijk in Sittard het model de metingen vrij goed reproduceert voor alle dagdelen. De CROW-waarde zitten hier juist wat hoger.

7 Conclusie & Aanbevelingen

De tien locaties laten een divers beeld zien. Voor het overzicht is de totale etmaal verkeersgeneratie (productie en attractie samen) weergegeven in onderstaande afbeelding.

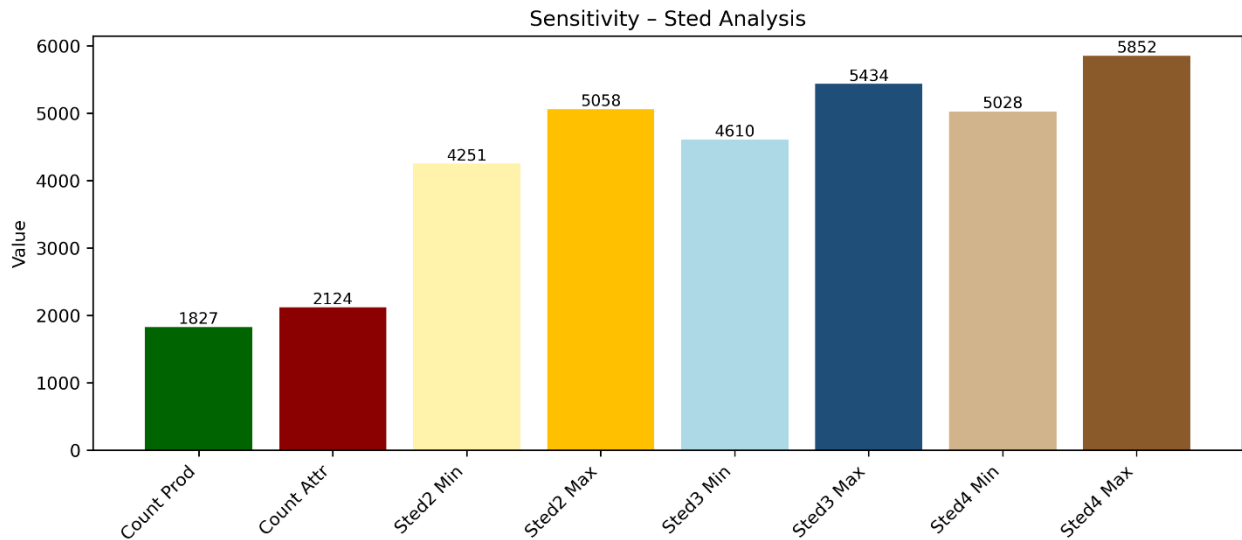


Figuur 16: verkeersgeneratie alle locaties.

Hieruit blijkt dat het lastig is een algemene conclusie getrokken kan worden over de afwijking van de modelwaarde ten opzichte van de gemeten waarde. Voor sommige locaties is de modelwaarde redelijk goed maar er zijn ook een paar locaties waar de waarde behoorlijk afwijkt met name in de restdag. In het V-MRDH, VMA en VENOM wordt de waarde soms behoorlijk aangepast door de kalibratie. Dit heeft uiteraard ook te maken met de nabijheid van telgegevens die het model behoorlijk kunnen beïnvloeden maar heeft bovenal te maken met de vrijheid die de modelleur aan de kalibratie geeft. Het effect van de kalibratie in het PMLB is iets minder. De invloed van een trip of tour-based model lijkt geen grote invloed te hebben. Een tour-based model is per definitie symmetrisch voor een etmaal periode. In het V-MRDH is dit niet altijd het geval.

Voor de CROW-waarde is de algemene conclusie dat de waarde consequent aan de hoge kant zit. Met name de max-waarde is altijd te hoog. De minimale waarde komt meestal dicht bij de gemeten waarde maar is ook nog vaak te hoog. Daarnaast is het verschil tussen de minimale en de maximale waarde erg afhankelijk van de soorten voorzieningen in het gebied en de stedelijkheidsgraad. Bijvoorbeeld het verschil tussen de min en de max waarde voor een supermarkt in stedelijk gebied is bijna een factor zes. Ook voor kantoren is dit verschil groot. Dit zorgt voor het grote verschil voor de locatie Wilhelminapier.

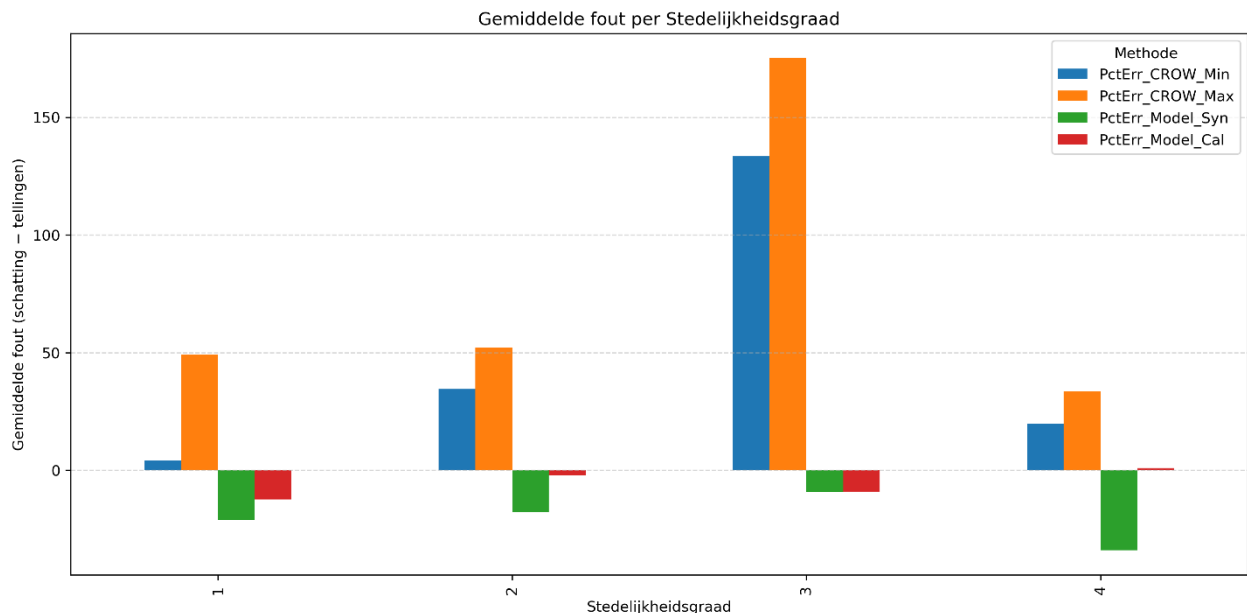
Voor de locatie Steigereiland lijkt de stedelijkheidsgraad van het CBS (3, matig stedelijk) niet goed overeen te komen met de ligging van dit gebied aan de rand van Amsterdam. Om de invloed van de stedelijkheidsgraad te toetsen is de CROW-berekening voor deze locatie ook nog een met een stedelijkheidsgraad van 2 (sterk stedelijk) en 4 (weinig stedelijk) bepaald. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande afbeelding.



Figuur 17: steigereiland invloed Stedelijkheidsgraad.

Hieruit blijkt dat de stedelijkheidsgraad weliswaar van invloed is op de uitkomsten maar er nog steeds een grote afwijking ten opzichte van de metingen blijft.

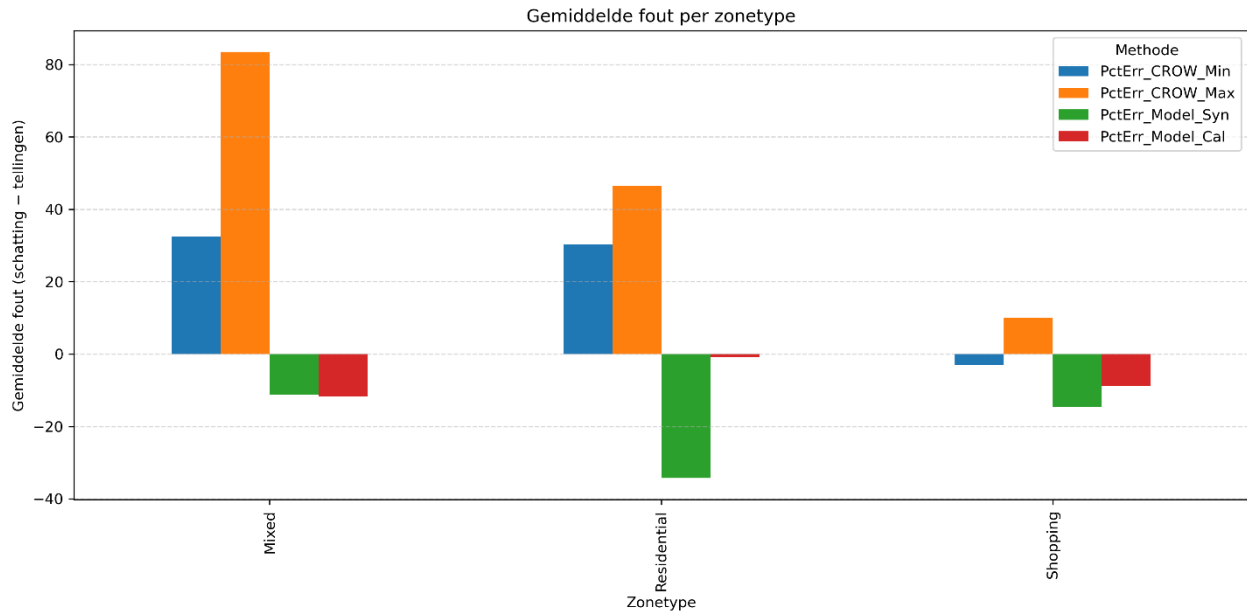
In de volgende afbeelding is de afwijking ten opzichte van de meting uitgezet tegen de stedelijkheidsgraad voor alle locaties om de invloed van de stedelijkheidsgraad te analyseren.



Figuur 18: afwijking per Stedelijkheidsgraad (1: zeer sterk stedelijk, 2: sterk stedelijk, 3: matig stedelijk, 4: weinig stedelijk).

Hieruit blijkt dat de modelwaarden vaak een onderschatting geven terwijl de CROW-waarden vaak te hoog zijn. Bij een hogere stedelijkheidsgraad wordt deze afwijking groter. Voor stedelijkheidsgraad 4 (weinig stedelijk) wordt de afwijking echter weer kleiner. Opgemerkt dient te worden dat er per stedelijkheidsgraad maar een paar locaties zijn. Voor stedelijkheidsgraad 3 (matig stedelijk) is dit alleen maar Steigereiland waar juist een grote afwijking voor de CROW-waarde werd geconstateerd.

In de volgende afbeelding zijn de resultaten gesplitst voor de locaties met vooral woningen ten opzichte van de locaties met veel meer gevarieerde functies en locatie met alleen winkels.

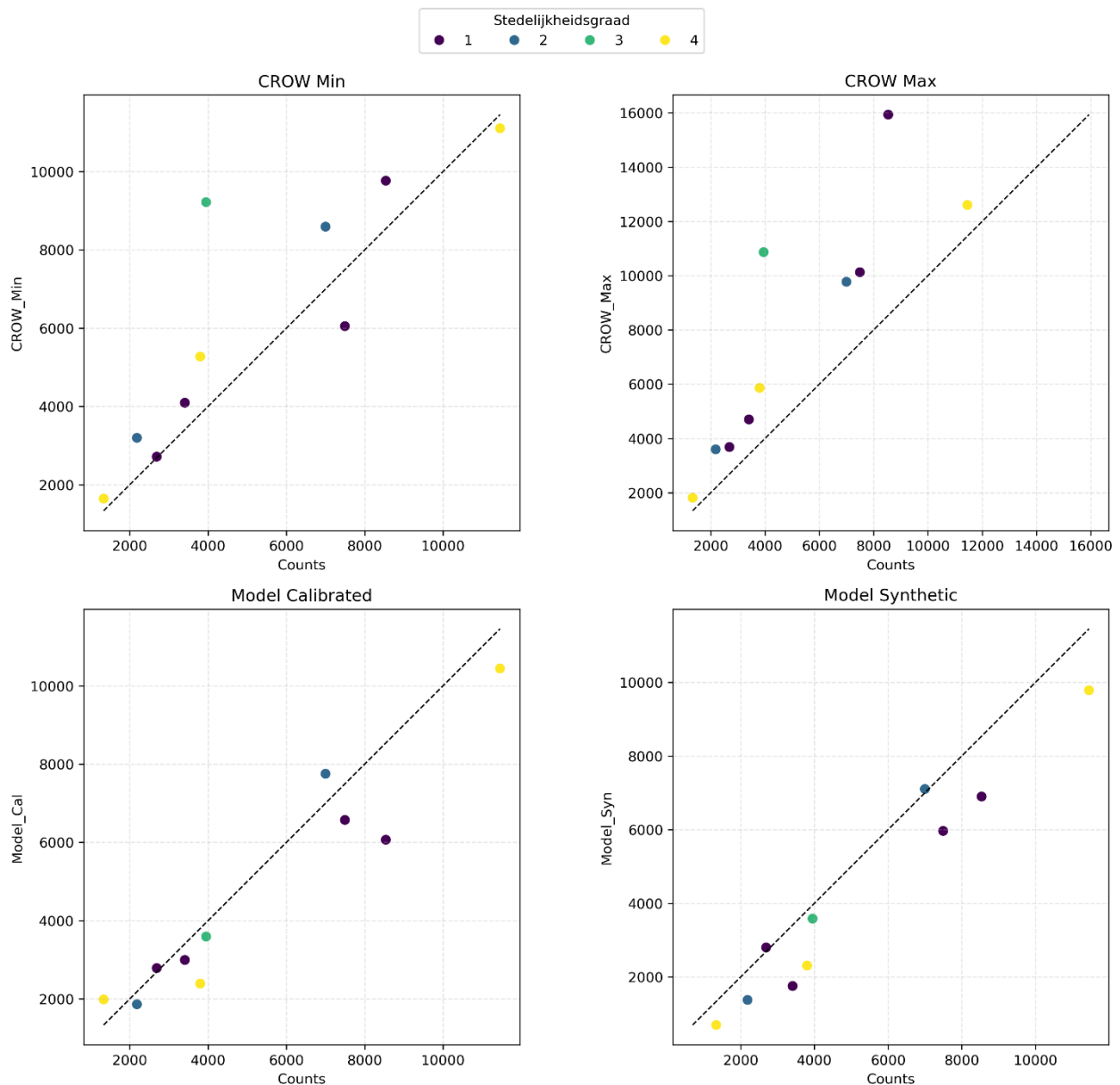


Figuur 19: afwijking per type zone.

Hieruit blijkt dat het CROW voor de gevarieerde zones en de woonzones een overschatting laat zien. Voor de gevarieerde zones is dit deels verklaarbaar doordat er wellicht ook verplaatsingen binnen de zone tussen de wonen en werken/voorzieningen plaatsvinden. De modellen onderschatten juist dit type zones. Dit kan komen door de beperkte data (alleen arbeidsplaatsen) die gebruikt wordt voor de generatie in dit soort gebieden. De modellen onderschatten met name voor de woonlocaties die vervolgens in de kalibratie wel fors gecorrigeerd worden. Een groot deel van deze onderschatting zit in de restdag. Voor de winkellocatie schat het CROW de waarde redelijk goed. Het model zit hier weer wat lager. Opgemerkt dient te worden dat er maar één winkellocatie in de locaties zit.

In de volgende afbeelding zijn de CROW-waarden en de modelwaarden uitgezet tegen de metingen. Elke punt is een locatie. Hierbij is de stedelijkheidsgraad van de locatie met een kleur weergegeven.

Validatie van verkeersgeneratiemethoden ten opzichte van waargenomen tellingen



Figuur 20: model en CROW-waarde versus meting.

Ook hierin is te zien dat de CROW-waarden vrijwel altijd te hoog zijn. De min-waarde scoort hierin beter dan de max-waarde. De modelwaarden zitten vaker onder de lijn dan erboven waarbij de gekalibreerde waarden over het algemeen de beste reproductie van de meting lijkt te zijn.

Een algemene aanbeveling is op basis van deze tien locaties met betrekking tot de modelwaarden lastig te geven. Er kunnen zeer veel redenen zijn voor de afwijkingen, zoals andere invoer en een ander jaar. In

het V-MRDH hebben de tellingen veel invloed op de productie en de attractie. Kennelijk heeft de kalibratie in dit model meer vrijheid dan in de andere modellen. De modellen zouden verbeterd kunnen worden door voor gebieden met een mix aan functies meer attributen mee te nemen dan alleen arbeidsplaatsen en bijvoorbeeld winkeloppervlaktes per type winkel mee te nemen zoals in het PMLB gebeurt.

De modelwaarden zijn over het algemeen beter dan de CROW-waarden. De max-CROW-waarde is altijd te hoog. Het is wellicht beter om de minimumwaarde te gebruiken. Verder is het van belang om in ieder geval altijd zowel de min als de max CROW-waarde te bepalen omdat, met name bij hoge stedelijkheid, de variatie behoorlijk hoog kan zijn.

Met betrekking tot autoluw beleid of locaties met parkeerbeperkingen is een conclusie niet heel duidelijk te maken. De locatie Wilhelminapier is waarschijnlijk de meest autoluwe locatie. Voor deze locatie schat het model de generatie te laag in. Het CROW juist te hoog. Het model reageert op de beperkte parkeercapaciteit en de goede OV-bereikbaarheid. De CROW-kentallen houden hier geen rekening mee en zijn juist bedoeld om de benodigde parkeercapaciteit te bepalen. Daarmee is het ook logisch dat de waarde hoger zal liggen.

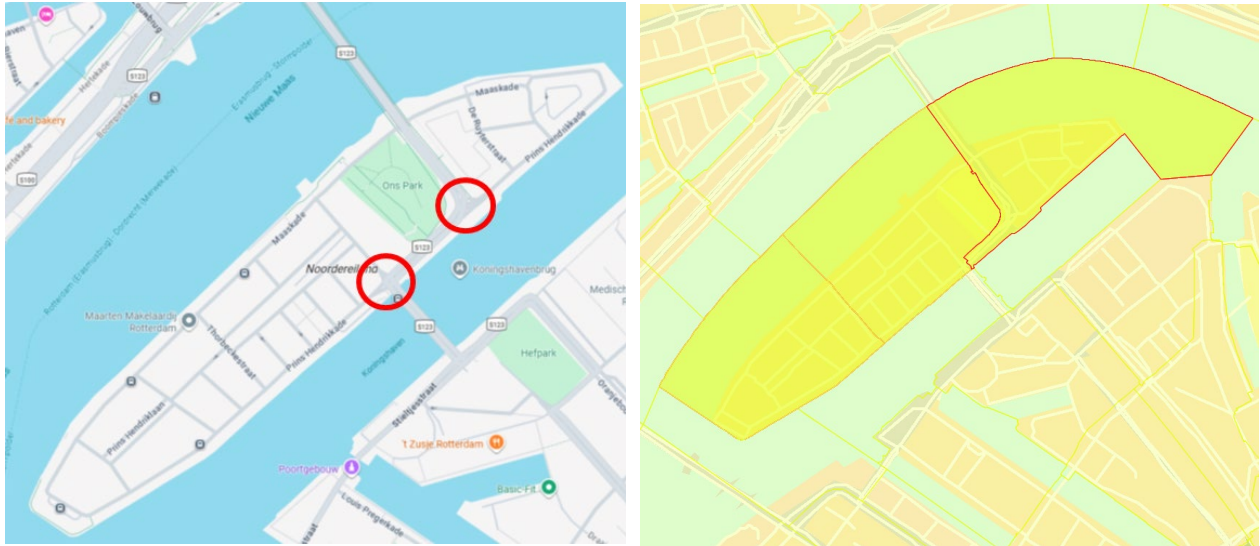
Voor specifieke autoluwe locaties of ontwikkelingen met een lage parkeernorm is meer onderzoek nodig en vooral meer data. Op dit moment zijn er nog meer erg weinig locaties waar een dergelijk onderzoek uitgevoerd zou kunnen worden.

Bijlage 1: Beschrijving locaties

In deze bijlage is per locatie een korte beschrijving gegeven en de locatie van de meetpunten aangegeven door middel van figuren.

Noordereiland, Rotterdam

Het Noordereiland in Rotterdam is een gebied ontsloten door twee bruggen en daarmee relatief eenvoudig te meten. In onderstaande figuur zijn de kruispunten waar het verkeer op en van het eiland kan komen aangegeven met een cirkel.



Figuur 21: Noordereiland en modelzones in V-MRDH.

In onderstaande figuur zijn de gebruikte opstelstroken aangegeven op de twee kruispunten. Het gebied zit in het Verkeersmodel van de MRDH (V-MRDH) en bestaat daarin uit drie zones.

Voor beide kruispunten zijn er aparte opstelstroken om op en af het eiland te komen.



Figuur 22: opstelstroken VRI's Noordereiland.

De data van de periode 1 september tot en met 30 september 2025 is gebruikt.

Het Noordereiland bestaat uit een mix van functies maar betreft voornamelijk wonen. Er zijn echter ook kantoren, winkels en restaurants.

Wilhelminapier, Rotterdam

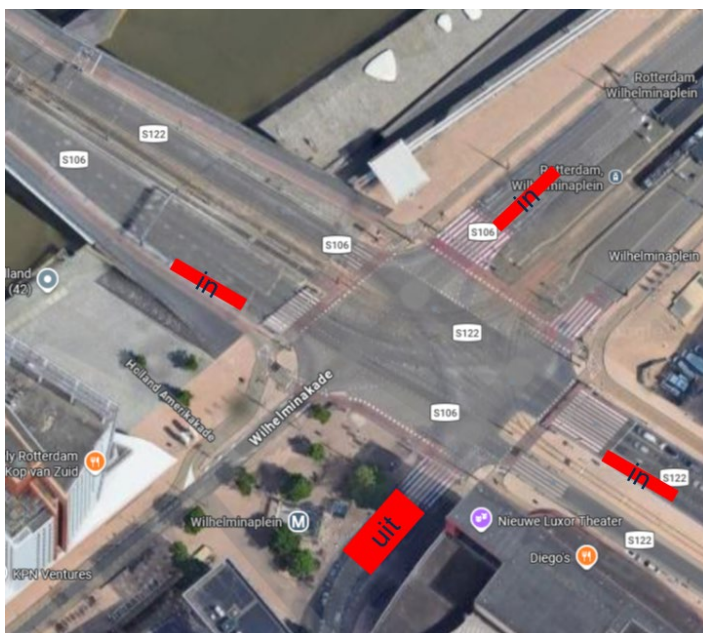
De Wilhelminapier in Rotterdam is een schiereiland met één invalsweg en één uitvalsweg. Aangegeven met de rode balken in de linkerhelft van de onderstaande figuur. In de rechterhelft staat het gebied aangegeven als zone in het V-MRDH.



Figuur 23: Wilhelminapier en modelzone in V-MRDH.

De Wilhelminapier bestaat uit appartemententorens, kantoren, hotels, restaurants, etc. Een gevarieerd gebied dus met veel functies. Beide wegen zijn doormiddel van VRI's meetbaar. De lusdata van de periode de maand September 2025 is gebruikt.

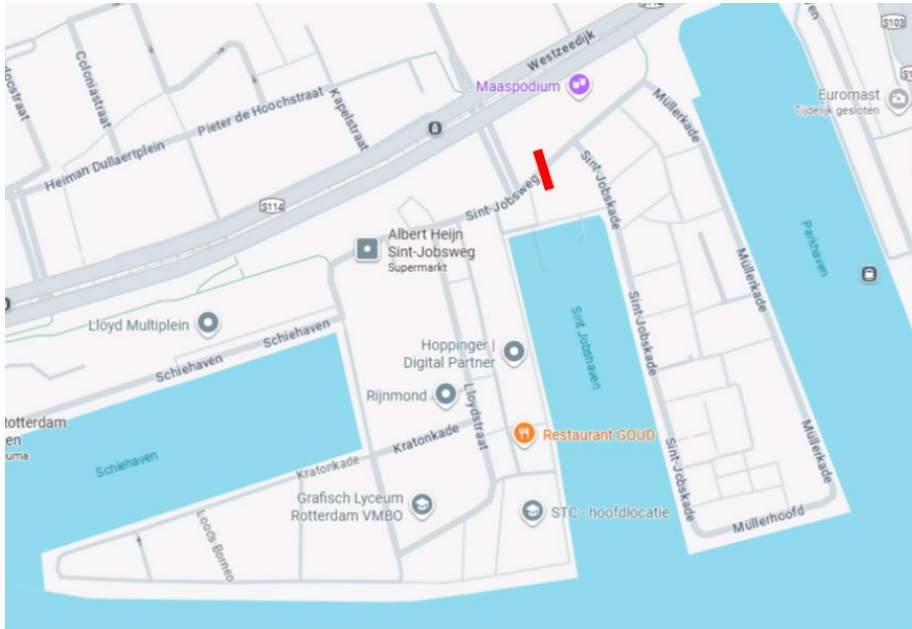
De relevante opstelstroken zijn weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 24: opstelstroken VRI's Wilhelminapier.

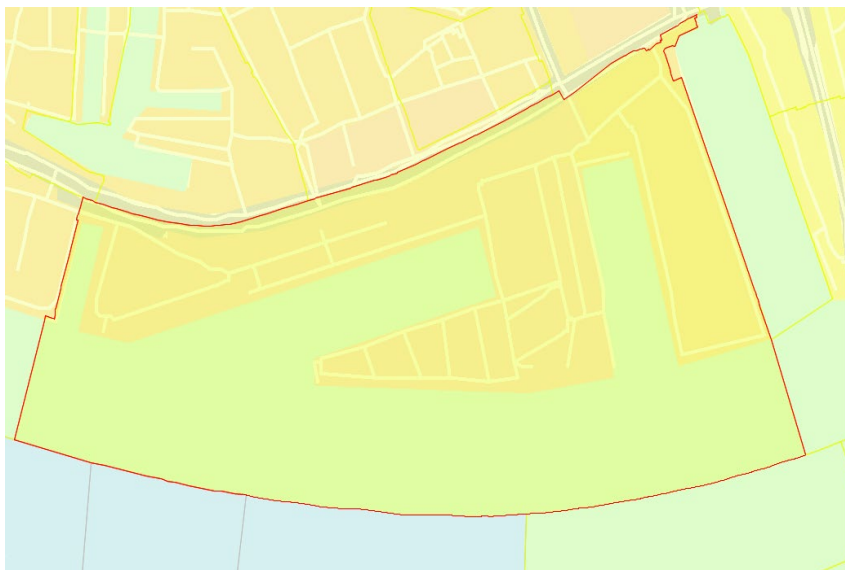
Lloyd-kwartier (Oost), Rotterdam

De oostelijke helft van het Lloyd kwartier is ontsloten door één weg. Deze is gemeten door Meetel gedurende 14 dagen in Maart. De locatie van de meetlus is aangegeven in onderstaande figuur.



Figuur 25: Lloyd kwartier.

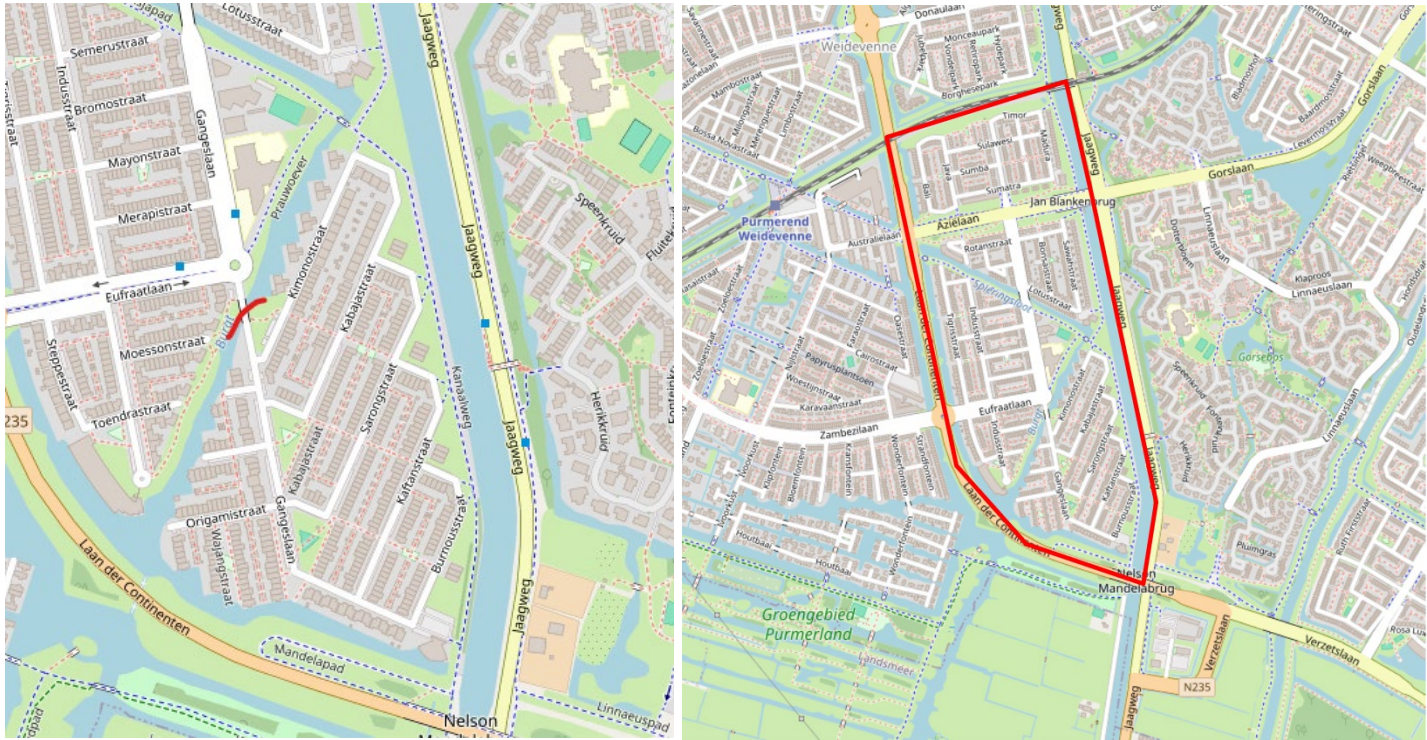
Het Lloyd kwartier bestaat voor het grootste deel uit appartementen maar er zijn ook enkele horecagelegenheden en kantoren. In het V-MRDH is dit gebied groter en beslaat ook de westelijke helft van het Lloyd kwartier en het bedrijventerrein ernaast.



Figuur 26: Lloyd kwartier in V-MRDH.

Woonwijk, Purmerend

Deze woonwijk aan de zuidkant van Purmerend is ontsloten via één invalsweg. Deze weg is gemeten door Meetel gedurende 14 dagen in Maart.



Figuur 27: Purmerend en modelzone in VENOM.

Deze woonwijk bestaat voornamelijk uit rijtjeswoningen. In het verkeersmodel VENOM is deze woonwijk onderdeel van een grotere zone. Deze zone bestaat in zijn geheel uit woningen. De modelresultaten van de model-zone worden her-berekend op basis van het aantal adressen.

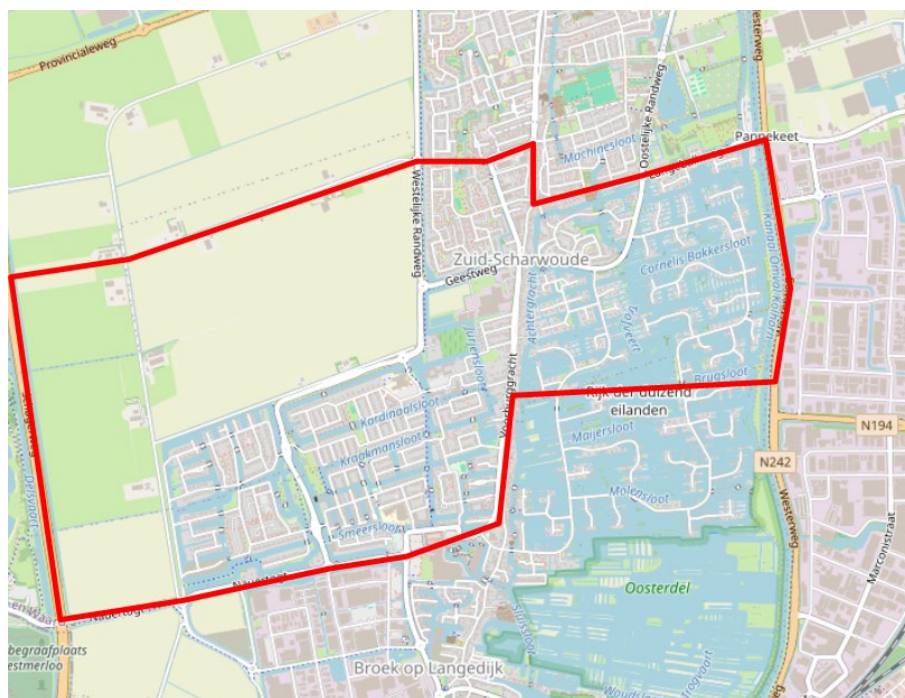
Woonwijk, Broek op Langedijk

Deze woonwijk in Broek op Langedijk is ontsloten door twee invalswegen. Beide wegen zijn gemeten door Meetel gedurende 14 dagen in Maart.



Figuur 28: Broek op Langedijk.

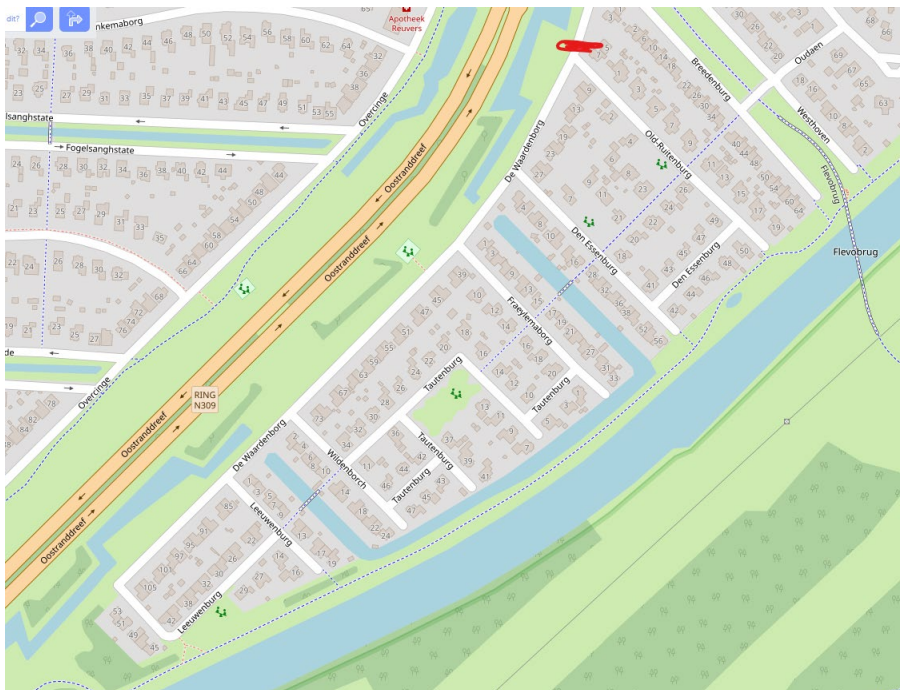
De woonwijk bestaat voornamelijk uit rijtjeshuizen en twee-onder-een-kapwoningen. In het VENOM-model is dit gebied onderdeel van een veel grotere zone.



Figuur 29: Broek op Langedijk modelzone in Venom.

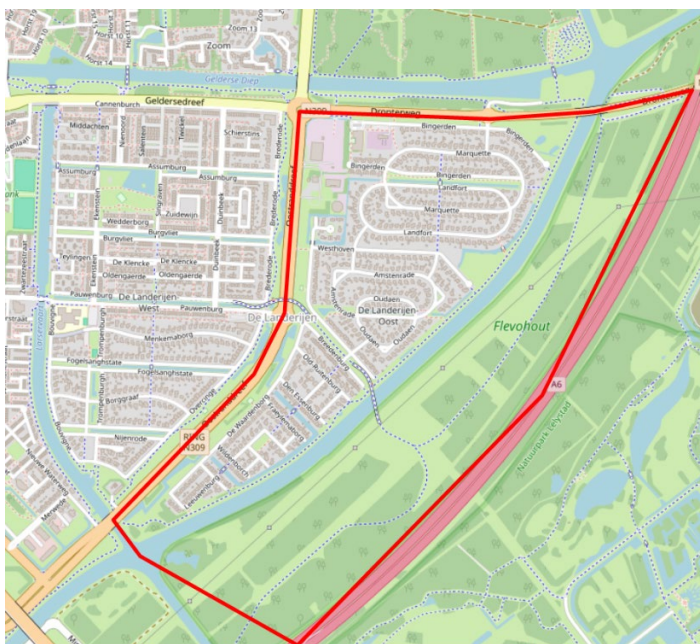
Woonwijk, Lelystad

Deze woonwijk in Lelystad is ontsloten door één invalsweg. Deze weg is gemeten door Meetel gedurende 14 dagen in Maart.



Figuur 30: Lelystad.

De woonwijk bestaat uit vrijstaande en 2-onder-1-kap huizen. In het VENOM is de modelzone groter dan dit gebied en aangegeven in onderstaande figuur. Ook dat deel bestaat uit vrijstaande en 2-onder-1-kap woningen.



Figuur 31: Lelystad modelzone in VENOM.

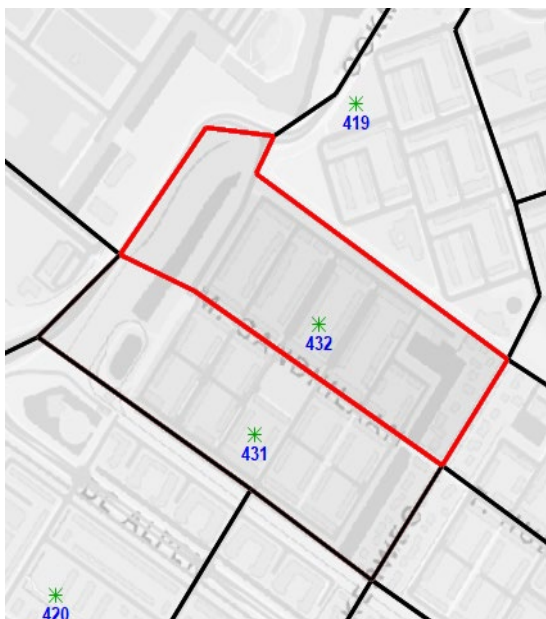
Ghandilaan, Amsterdam

Deze woonwijk in Amsterdam West is ontsloten door twee invalswegen. Uit een onderzoek in 2024 zijn de telgegevens overgenomen. Die zijn gemeten tussen 22 november en 5 december 2024.



Figuur 32: Ghandilaan, Amsterdam.

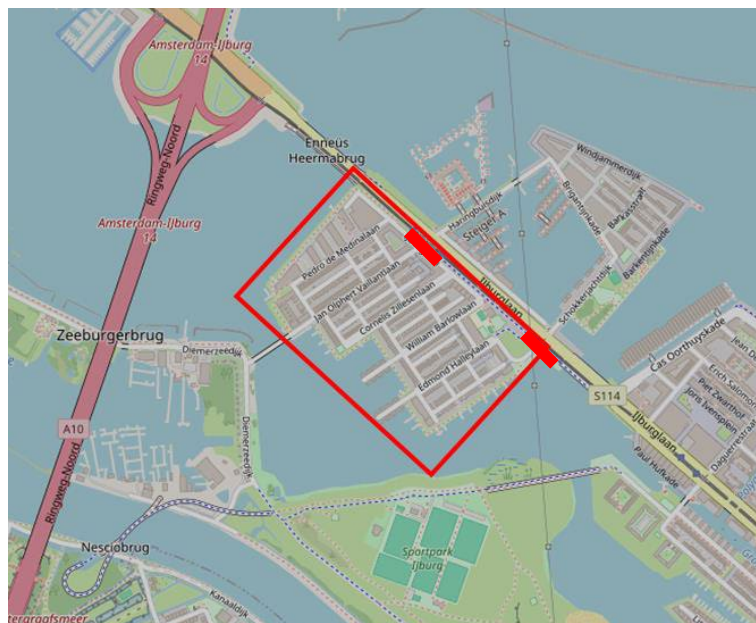
De woonwijk bestaat voornamelijk uit rijtjeswoningen. In het VMA bestaat die gebied uit twee zones.



Figuur 33: Ghandilaan in VMA.

Steigereiland, IJburg, Amsterdam

Steigereiland in Amsterdam is ontsloten door twee invalswegen. De westelijke invalsweg is gemeten tussen 22 november en 5 december 2024. De oostelijke weg is gemeten doormiddel van de daar aanwezige VRI. Deze VRI heeft een aparte opstelstrook. De lusdata van dezelfde periode is gebruikt.

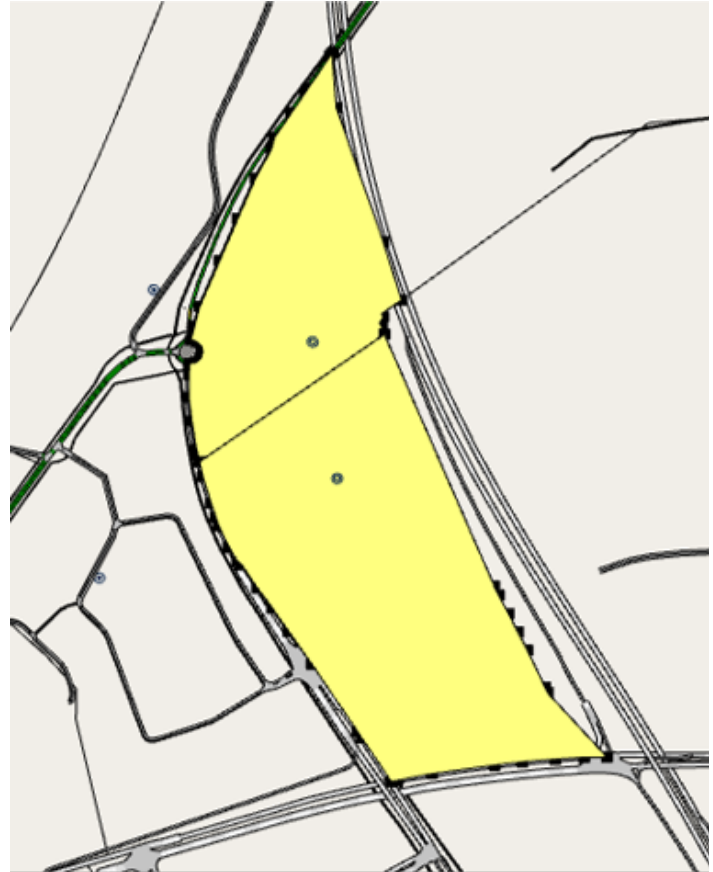
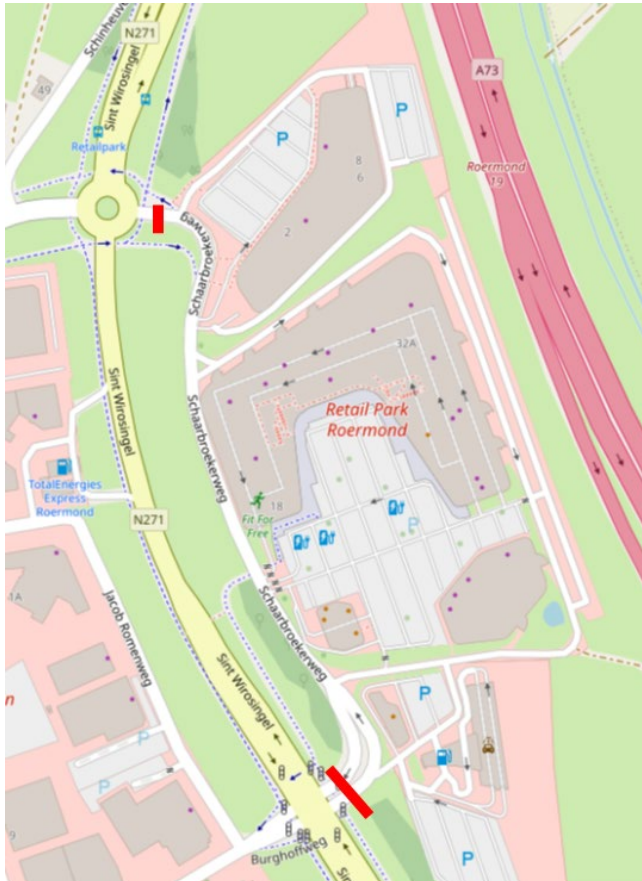


Figuur 34: Steigereiland en modelzones VMA.

Het gebied bestaat voornamelijk uit woningen in het hogere segment maar kent ook nog een aantal voorzieningen zoals restaurants, een sporthal en ook kantoren. In het VMA is dit gebied twee modelzones.

Retailpark Roermond

Dit retailpark in Roermond wordt permanent gemeten. Helaas bleken de metingen al een langere periode offline en alleen de ingangen bemeten te zijn. De data uit de meetlussen is daartoe aangevuld met data van een VRI bij de zuidelijke ingang. Het meetpunt is opnieuw geactiveerd voor de eerste week in april 2026. In deze week valt Pasen. Deze dagen zijn eruit gehaald.

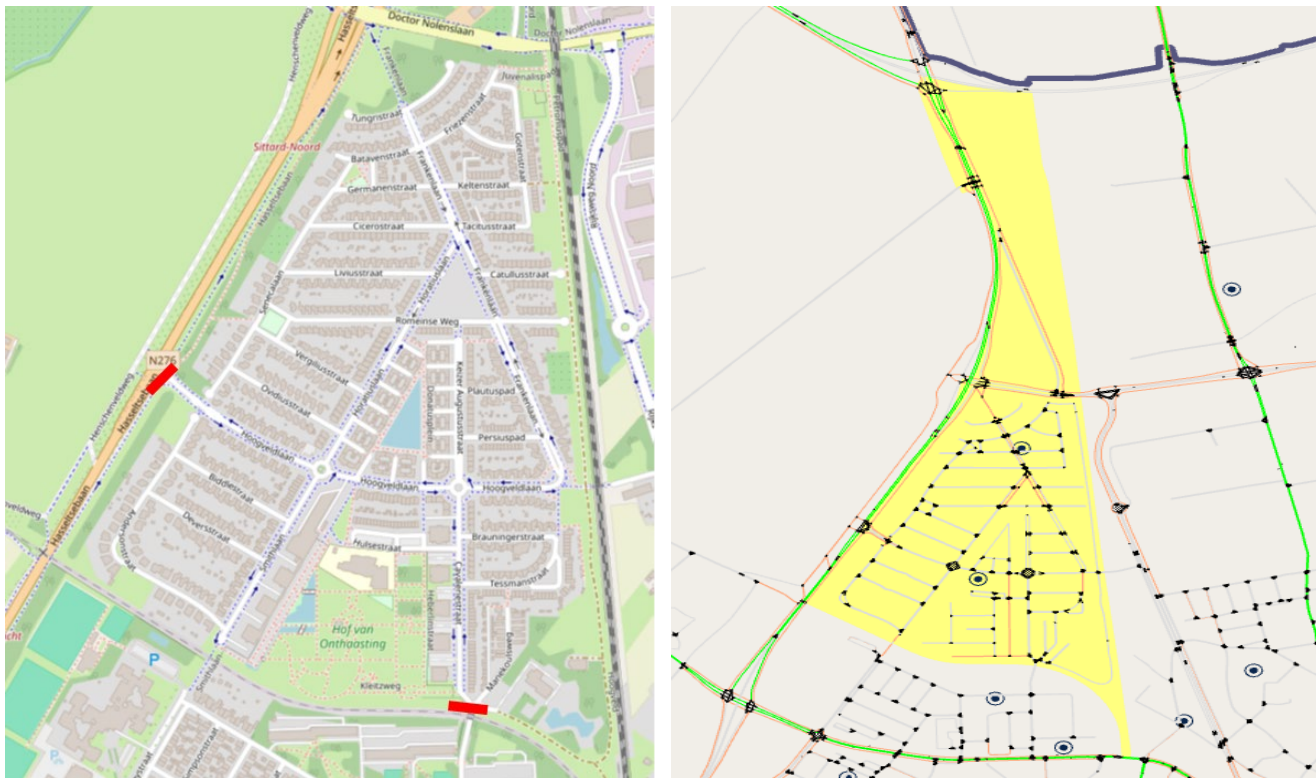


Figuur 35: retailpark Roermond en modelzones PMLB.

Dit gebied betreft voornamelijk horeca, een benzinstation en winkels. In het PMLB bestaat dit gebied uit twee modelzones. Dit is in de rechterhelft van bovenstaande figuur weergegeven.

Woonwijk, Sittard

Aan de noordkant van Sittard ligt een woonwijk die door slechts 2 invalswegen is ontsloten. Beide wegen zijn gemeten door Meetel gedurende de meetperiode in maart.



Figuur 36: woonwijk Sittard en modelzone in PMLB.

Dit gebied bestaat voornamelijk uit woningen in het hogere segment. In het PMLB zit dit gebied in een grotere zone. Het noordelijk deel van deze zone bevat echter geen bebouwing.

8 Bibliografie

- Aloc, D., & Amar, J. (2013). *Trip Generation Modeling of Lipa City*.
- Alonso-González, M. J., Hoogendoorn-Lanser, S., van Oort, N., Cats, O., & Hoogendoorn, S. (2020). Drivers and barriers in adopting Mobility as a Service (MaaS) - A latent class cluster analysis of attitudes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*(132), 378-401.
- Arentze, T., & Timmermans, H. (2000). *ALBATROSS: a learning based transportation oriented simulation system*. EIRASS.
- Berki, Z., & Monigl, J. (2017). Trip generation and distribution modelling in Budapest. *Transportation Research Procedia*, 172-179.
- Bhat, C. R., Guo, J. Y., Srinivasan, S., & Sivakumar, A. (2004). *A Comprehensive Econometric Micro-simulator for Daily Activity-travel Patterns (CEMDAP)*. Austin.
- Bradley, M., Bowman, J. L., & Griesenbeck, B. (2009). SACSIM: An applied activity-base model system with fine-level spatial and temporal resolution. *Journal of Choice Modelling*, 3(1).
- Budiman, A., Bethary, R. T., Syahid, M. A., & Fajri, M. H. (2024). Analysis Of Trip Production and Attraction Model In Serang. *Teknik Sipil*.
- Cotrus, A. V., Prashker, J. N., & Shiftan, Y. (2005). Spatial and Temporal Transferability of Trip Generation Demand Models in Israel. *Journal of Transportation and Statistics*, V8, N1, 45 - 56.
- CROW. (2012). *Kencijfers parkeren en verkeersgeneratie - Publicatie 317*. CROW.
- CROW. (2024). *Parkeerkencijfers 2024 - Publicatie 744*. CROW.
- Daou, S., & Leurent, F. (2024). Modelling mobility as a service: A literature review. *Economics of Transportation*, 39.
- Davidson, W., Vovsha, P., Freedman, J., & Donnelly, R. (2010). CT-RAMP Family of Activity-Based Models. *Australasian Transport Research Forum 2010 Proceedings*.
- De Dios Ortúzar, J., & Willumsen, L. (2011). *Modelling Transport* (Fourth ed.). John Wiley & Sons. doi:<https://doi.org/10.1002/9781119993308>
- Ettema, D., & Nieuwenhuis, R. (2017). Residential self-selection and travel behaviour: What are the effects of attitudes, reasons for location choice and the built environment? *Journal of Transport Geography*, 146-155.
- Francis Ostermeijer, H. K. (2022). Citywide parking policy and traffic: Evidence from Amsterdam. *Journal of Urban Economics*.
- George, P., & Kattor, G. (2013). Forecasting Trip Attraction based on Commercial Land Use Characteristics. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 02(09).
- Groenemeijer, L., Omtzigt, D., Marchal, B., & Kiel, L. (2025). *SEGs NRM 2025: Sociaaleconomische gegevens voor de verkeersmodellen NRM/LMS*. Delft: ABF Research.
- Jittrapirom, P., Caiati, V., Feneri, A.-M., Ebrahimigharehbaghi, S., Alonso-González, M., & Narayan, J. (2017). Mobility as a Service: A Critical Review of Definitions, Assessments of Schemes, and Key Challenges. *Urban Planning*, 2(2), 13-25.
- Jong, I. d., & Jakobs, E. (2009). *Autodelen*. Amsterdam: Gemeente Amsterdam: Dienst Onderzoek en Statistiek.
- Jorritsma, P., Arendsen, K., & Faber, K. (2023). *Autoluw beleid gemeenten*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. (2015). *Mijn auto, jouw auto, onze auto*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Kitamura, R. (2009). A dynamic model system of household car ownership, trip generation, and modal split: model development and simulation experiment. *Transportation*, 36, 711-732. doi:<https://doi.org/10.1007/s11116-009-9241-9>
- Lenormand, M., Bassolas, A., & Ramasco, J. J. (2016). *Systematic comparison of trip distribution laws and models*. Palma de Mallorca, Spain.

- Lim, B., & Kamatham, H. (2023). A Gravity Model for Retail Store Entry. *European Market Academy*.
- Meijkamp, R. (2000). Changing consumer behaviour through eco-efficient services: an empirical study for car sharing. *Business Strategy and the Environment*, 234-244.
- Mureau, F., van Oort, N., & Annema, J. (2025). In beweging gezet door de omgeving: de impact van autoluwe woonwijken op mobiliteitsgedrag. *Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*. Groningen.
- Nijland, H., van Meerkerk, J., & Hoen, A. (2015). *Effecten van autodelen op mobiliteit en CO2-uitstoot*. Planbureau voor de Leefomgeving.
- Petterson, P., & Schmöcker, J. (2010). Active ageing in developing countries? – trip generation and tour complexity of older people in Metro Manila. *Journal of Transport Geography*, 18(5), 613-623.
- PTV Group. (2025). *Tour-based model: trip distribution / mode choice combined*. Opgehaald van https://cgi.ptvgroup.com/vision-help/VISUM_2025_ENG/Content/1_Nachfragemodell/1_3_Kombinierte%20VISEM-Verkehrsverteilung_Moduswahl.htm
- Rijkswaterstaat. (2025, 04 01). *Factsheet: Autodelen*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen-met-rijkswaterstaat/werkwijzen/werkwijze-in-gww/nederland-bereikbaar-hinderaanpak/toolbox/factsheet-autodelen>
- Sasidhar, K., Vineeth, Y., Vineethreddy, & Subbarao, S. (2016). Trip Attraction Rates of Commercial Land Use: A Case study. *Indian Journal of Science and Technology*.
- Shaheen, S. A., Mallery, M. A., & Kingsley, K. J. (2012). Personal vehicle sharing services in North America. *Transportation Business & Management*, 71-81.
- Uddin, M., Hasan, R., Ahmed, I., Das, P., Uddin, A., & Hasan, T. (2012). A Comprehensive Study on Trip Attraction Rates of Shopping Centers in Dhanmondi Area. *International Journal of Civil & Environment Engineering*, 12(04).
- Vidovic, N., & Simicevic, J. (2022). The impact of parking pricing on mode choice. *AIIT 3rd International Conference on Transport Infrastructure and Systems*. Rome.
- Wootton, H., & Pick, G. (1967). *A Model for Trips Generated by Households*.
- Yan, X., Levine, J., & Marans, R. (2019). The effectiveness of parking policies to reduce parking demand pressure and car use. *Transport Policy*, 41-50.
- Zhou, H., Dorsman, J. L., Mandjes, M., & Snelder, M. (2023). A tour-based multimodal mode choice model for impact assessment of new mobility concept and mobility as a service. *Transportation*, 52 (3), 895-921.