

Eerst de reiziger, dan het systeem en de infrastructuur; een nieuwe toepassing van modeldata

Martijn Heufke Kantelaar – Royal HaskoningDHV – martijn.heufke.kantelaar@rhdhv.com
Barth Donners – Royal HaskoningDHV – barth.donners@rhdhv.com

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 25 en 26 november 2021, Utrecht

Samenvatting

Het duurzame mobiliteitsnetwerk van actieve mobiliteit en openbaar vervoer krijgt de komende jaren niet alleen te maken met mobiliteitsbehoefte uit (nieuwe/ geconcentreerde) woningbouw. De mobiliteitstransitie legt eveneens een zware claim op de duurzame mobiliteit. De gemene deler in lopende infrastructurele projecten blijkt 'verbreding', bijvoorbeeld de A28/A12 Ring Utrecht of in het spoor viersporigheid Delft – Schiedam. Bestaande (infra)structuren worden telkens iets opgeplust.

Traditionele verkeersanalyses zijn goed in het voorspellen waar het in de toekomst dreigt vast te lopen. Echter, deze analyses zetten de huidige (infra)structuur op de 'eerste plaats'. Te vaak wordt er vergeten om ook te kijken waar de 'reiziger' nu echt naar toe wil. Een betere aansluiting op de reizigersbehoefte leidt tot een betere spreiding van reizigersstromen.

Met de bestaande technieken is het lastig om de wensen van de reiziger in kaart te brengen. Modellen zijn gericht op de toedeling naar infrastructuur. De belangrijkste vorm van visualisatie van reizigersdistributie zijn de 'desire lines'. Deze worden snel onoverzichtelijk en verhullen de echte waardevolle data die erachter zit. Alleen de (enorm) grote punt-punt verbindingen worden duidelijk. Hierin zit ook de kracht van de toedeling in modellen: alle (minuscule) HB-relaties worden gecombineerd in het (bestaande) netwerk. Een tussenvorm zou hierin uitkomsten bieden.

Deze tussenvorm is gevonden in Delaunay lines analyse. Deze manier van het visualiseren gebruikt een fictief netwerk van Delaunay driehoeken om op een overzichtelijke wijze vervoerspatronen weer te geven. Hierin komen dus de HB-stromen samen zonder dat gebruik wordt gemaakt van het huidige netwerk. Dit laat de (directe) korts mogelijke routes zien waarover reizigers wensen te reizen. Afhankelijk van de karakteristieken in de werkelijke infrastructuur wordt van deze lijn afgeweken.

De meerwaarde van een Delaunay lines analyse ontstaat door deze vervoerspatronen te analyseren en daarbij over een bestaand wegen/OV-netwerk te leggen. Dit is toegepast op twee case-studies. Voor de verbinding Haarlem – Schiphol Noord/Amsterdam Zuid heeft dit geresulteerd in een andere interpretatie van de "schaalsprong". Hierdoor worden meer reizigers, beter en directer bediend en kan een grotere modal shift worden bereikt. In de tweede case-study voor fietspotentie heeft dit inzicht gegeven in 'missing links' voor de (vaste) fietsinfrastructuur. Met name tussen Zaandam en Amsterdam is er sprake van relatief veel auto-verplaatsingen op korte afstanden, hier mist een goede (vaste) sociaal veilige fietsverbinding.

Deze inzichten dragen bij aan de ambities uit de mobiliteitstransitie en uitdagingen die dit brengt voor de belastingen van het duurzame en actieve mobiliteitsnetwerken.

1. Inleiding

'Niet stoppen met investeren in infrastructuur, blijf snelwegen en spoor uitbreiden' is de strekking van boodschap van Maxime Verhagen, voorzitter van Bouwend Nederland, op het PBL rapport naar de effecten van de Coronapandemie (BNR, 2021). Deze boodschap is op zich terecht, niemand vindt het leuk om in de file te staan. Al is het een terechte vraag in hoeverre we blijvende effecten na de Coronapandemie overhouden. Blijven we dezelfde waarde hechten aan reizen of gaan we structureel (veel) meer thuiswerken? Dat zal de komende maanden nog voer zijn voor discussie.

Eén ding is zeker, we kampen in Nederland met een aanzienlijk woningtekort. Om die reden zijn er grote ambities om voor 2030 één miljoen nieuwe woningen te realiseren. Ongeacht de structurele effecten van corona, deze woningen zorgen voor verkeersbewegingen, is het niet voor werk dan wel voor recreatie. Het aantal verkeersbewegingen en de druk op onze infrastructuur zal hierdoor hoe dan ook gaan toenemen. Als we geen actie ondernemen zal het spoor- en wegennet langzaamaan dichtslibben. Hier komt bij dat de woningbouw en ambities sterk geconcentreerd zijn. Voor ons duurzame mobiliteitsnetwerk van actieve mobiliteit en openbaar vervoer krijgen we komende jaren niet alleen te maken met mobiliteitsbehoefte uit (nieuwe/ geconcentreerde) woningbouw. De mobiliteitstransitie legt een zware claim op de duurzame mobiliteit. De Integrale Mobiliteitsanalyse (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021), laat zien dat nagenoeg alle onzekerheden omtrent mobiliteit juist zorgen voor meer druk op het openbaar vervoer.

Gelukkig voor Maxime Verhagen (en voor reizend Nederland) is de overheid nog lang niet van plan om te stoppen met het bouwen van infrastructuur. De lange lijst aan infrastructurele plannen van Rijkswaterstaat (stand september 2021: 57) onthult dat er nog volop plannen in voorbereiding/uitvoering zijn om de bereikbaarheid van Nederland te verbeteren. (Rijkswaterstaat, sd)

De gemene deler van al deze infrastructurele projecten blijkt 'verbreding', voorbeelden zijn de A28/A12 Ring Utrecht, A27 Breda – Utrecht of de A7/A8 Amsterdam – Hoorn. Stuk voor stuk voorbeelden waarbij de bestaande infrastructuur wordt verbreed met extra rijstroken. Op het spoor is het op veel plekken niet anders, zoals de viersporigheid Delft-Schiedam of zelfs de visie voor het doortrekken van de Noord/Zuidlijn naar Schiphol en Hoofddorp naast de bestaande sporen en wegen. Het bestaande systeem en de bestaande (infra)structuren worden steeds een beetje opgeplust.

Wij betogen dat het belangrijk is om ook een stap terug te nemen en het reizigersbelang voorop te zetten. Kijk minder naar de bestaande (infra)structuur en meer naar de reizigerspatronen die te zien zijn in de beschikbare (model)data. Een vernieuwende toepassing van de klassieke 'desire lines' maakt het mogelijk om deze reizigerspatronen begrijpbaar te visualiseren. De 'Delaunay lines' stellen ons daarmee in staat om de reiziger op de eerste plaats te zetten en 'missing links' te identificeren, infrastructureel en services.

Het vervolg van dit paper geven een beknopte toelichting op de methodologie van deze 'Delaunay lines' in hoofdstuk 2. Vervolgens illustreren we in hoofdstuk 3 de mogelijkheden aan de hand van twee verschillende casussen. Hoofdstuk 4 vormt de conclusie.

2. Methodologie: Desire versus Delaunay lines

2.1 Waarom verbreden we infrastructuur?

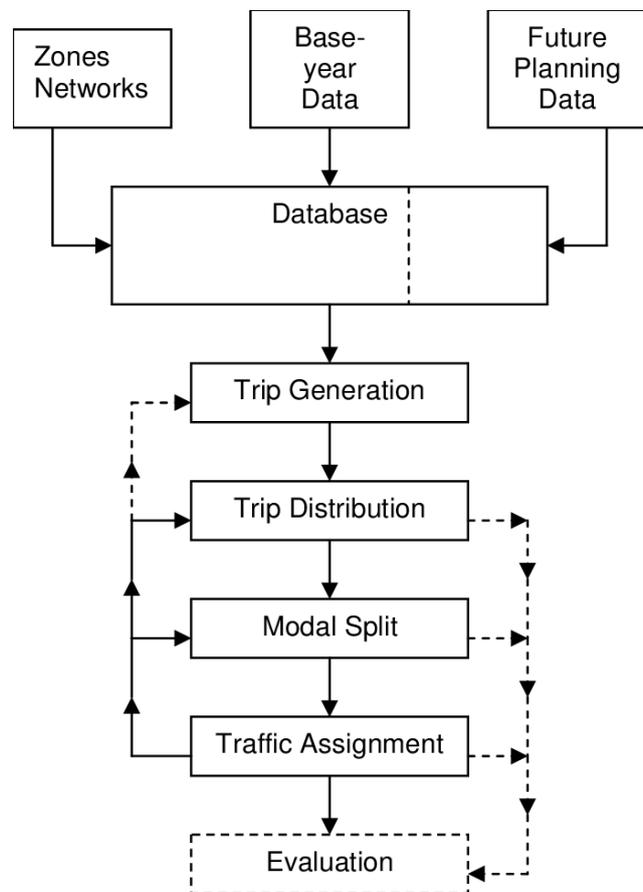
Kortgezegd verbreden we infrastructuur omdat verkeersmodellen ons vertellen dat in de toekomst (10-20 jaar vooruit) het aantal verkeersbewegingen zodanig is dat de infrastructuur dat niet meer kan afwikkelen. Maar hoe komen verkeersmodellen tot die conclusie?

Om deze vraag te beantwoorden moeten we terug naar de basis en opbouw van verkeersmodellen, daarvoor gebruiken we het traditionele 4-stappen model van Ortúzar en Willumsen (1990), weergegeven in Figuur 1 (Willumsen & Ortuzar, 2011).

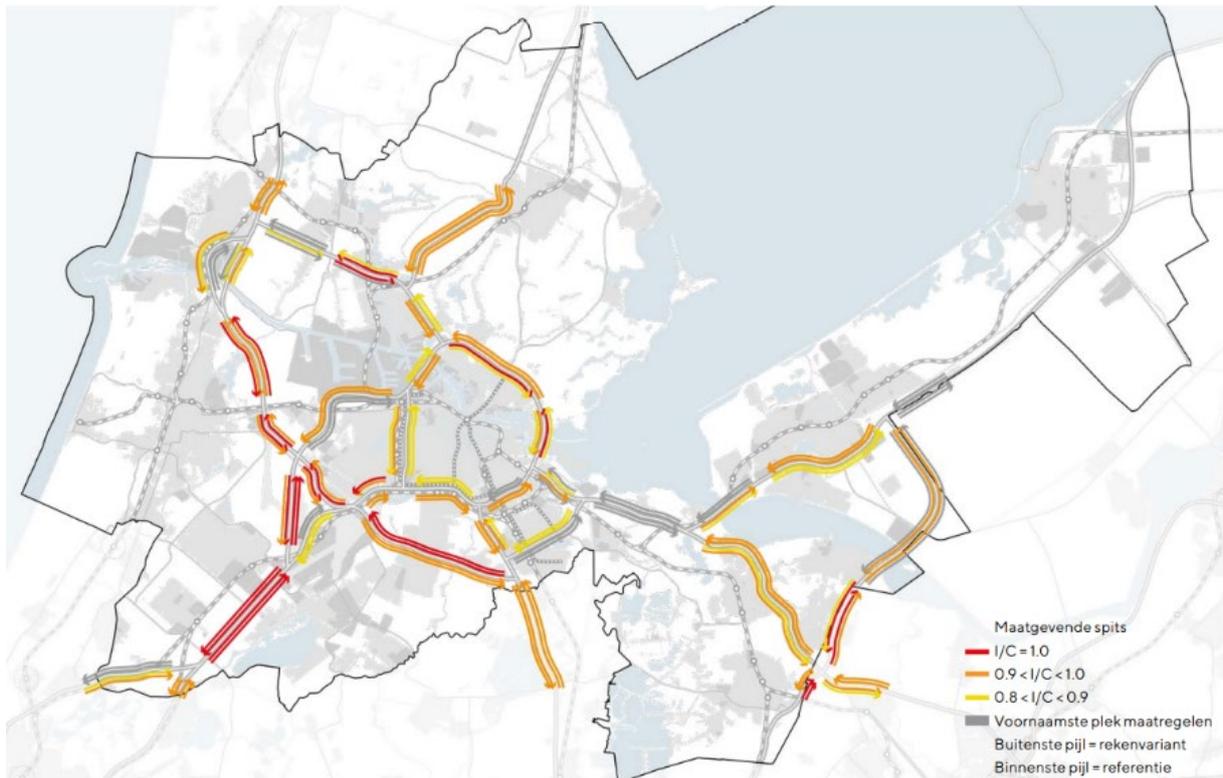
De basis voor elk verkeersmodel is de database die het model vertelt hoeveel mensen en/of banen er zich bevinden in een klein gebiedje, een zone (vaak op postcode4 niveau). Dit wordt gecombineerd met de toekomstige ontwikkeling in de vorm van RO/EZ kaders, voorbeelden voor Nederland zijn WLO-Laag/Hoog of specifiek voor de Metropoolregio Amsterdam het Polycentrisch Verstedelijkingsmodel.

Vervolgens bepaald het verkeersmodel in 4 stappen wat de intensiteiten zijn op de verschillende netwerken:

1. Trip Generation: met de database bepaalt het verkeersmodel hoeveel bewegingen een zone produceert of aantrekt.
2. Trip Distribution: deze 'productie' of 'attractie' wordt vervolgens verdeeld over alle andere zones. Het resultaat is een complete Herkomst/Bestemmingen-matrix.
3. Modal Split: de derde stap is het bepalen met welke modaliteit deze reizen in de H/B-matrix worden gemaakt. Hieruit volgen verschillende H/B-matrices, één (of meerdere) per modaliteit.
4. Traffic Assignment: hierin worden de bewegingen per modaliteiten tussen de zones toegedeeld aan het beschikbare netwerk. Het resultaat is een belasting per 'vak' weg/spoorinfrastructuur.



Figuur 1: 4-step model (Willumsen & Ortuzar, 2011)



Figuur 2: I/C Plot uit *Netwerkstrategie Samen Bouwen aan Bereikbaarheid* (Royal HaskoningDHV, 2020)

Deze belasting per 'vak' wordt vaak grafisch weergegeven met Intensiteit/Capaciteit (I/C) plots, zoals weergegeven in Figuur 2. Zodra de I/C verhoudingen boven de 0.8 of zeker boven de 0.9 komen spreken we van een knelpunt. Er is hier te weinig capaciteit om de verkeersbehoefte af te wikkelen. Dit leidt tot reistijdverlies en economische schade. Uitbreiding van de infrastructuur biedt extra capaciteit en vermindert (tijdelijk) het oponthoud op de weg.

2.2 Impact op beleid

Dezelfde denkwijze zien we terug in het beleid van de overheid. Jarenlang vormde de Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse (NMCA) het "handboek" voor uit te voeren projecten. De NMCA identificeerde knelpunten waarvoor een oplossing moest worden geboden. Het integraal bekijken van de knelpunten was zeer beperkt mogelijk aangezien daarmee vaak te ver van de originele knelpunten of scope werd afgeweken.

De nieuwe Integrale Mobiliteitsanalyse (IMA) (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021), doet de term "knelpunt" in de ban. Echter identificeert "opgaves" waarmee de verschillende overheden en rijks-regio initiatieven aan de slag kunnen richting de MIRT. In de visualisaties in de IMA ligt nog steeds de nadruk op de bestaande infrastructuur-netwerken en de plekken waar deze netwerken "vol" lopen.

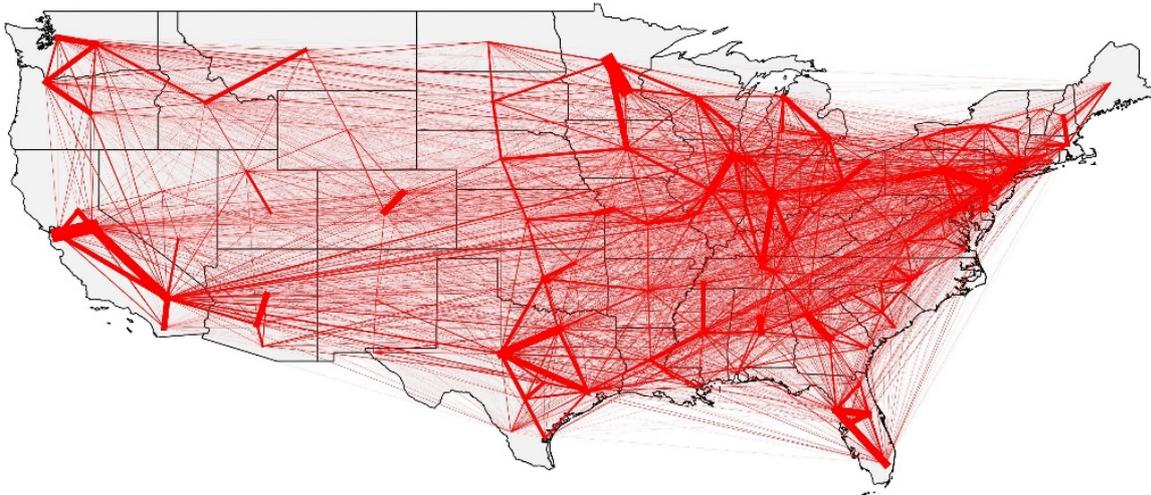
Zowel de NMCA, noch de IMA, gaf ruimte voor ambities in het kader van duurzame mobiliteit. De IMA identificeert wel trends en thema's om de onzekerheden te vatten, waaronder de mobiliteitstransitie. Ook hierin is het denkkader om het bestaande netwerk uit te nutten en de plekken waar het stukt aan te pakken.

2.3 Uitzoemen door de reiziger voorop te zetten: waar wil de reiziger naar toe?

'De reiziger voorop' is een veel gemaakte uitspraak in onze sector. Echter, in deze traditionele analyses is dit verre van wat we doen. We denken dat we de reiziger kennen en voorop zetten door infrastructuur te verbreden en meer capaciteit te bieden. In tegenstelling, het blijven denken vanuit I/C waarden en knelpunten is juist een voorbeeld van 'infrastructuur op de eerste plaats'.

Om de reiziger écht op de 'eerste plaats' te zetten is het nodig om uit te zoomen, waar wil de reiziger nu naartoe? Dat vertellen de I/C-plots niet volledig, immers zijn dat resultaten van een toedeling op een bestaand (of voorzien) netwerk. De plots laten zien waar het druk is in het netwerk, maar niet waar de reiziger naar toe wil. Daarvoor moeten we een paar stappen terug in het traditionele verkeersmodel, naar de 'trip distribution'.

Vanuit de H/B-matrix kunnen lijnen van elke zone naar iedere andere zone worden getrokken. Hoe meer reizigers er zijn tussen twee zones, hoe dikker de lijn wordt getekend. Dit zijn de traditionele 'desire lines'. Deze methode heeft alleen een groot nadeel: het aantal getekende lijnen neemt exponentieel met de zones toe. Hierdoor wordt een plot al snel onleesbaar en de informatie komt niet meer duidelijk naar voren (zie Figuur 3).

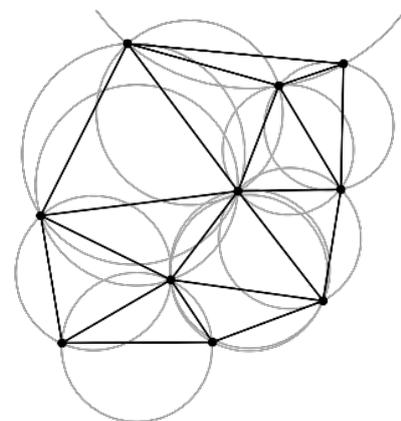


Figuur 3: Voorbeeld van desire lines (Camargo, 2014)

2.4 Een nieuwe manier van 'desire lines' visualiseren: Delaunay lines

De reizigersbehoefte kan ook op een duidelijkere manier worden gevisualiseerd. Dit is mogelijk door de beschikbare data (H/B-matrix) toe te delen op een minimaal netwerk dat alle zones met elkaar verbindt. Dit 'minimale netwerk' kan op verschillende manieren worden gegenereerd, waaronder Delaunay driehoeken.

Het Delaunay algoritme zoekt naar een netwerk (DT(P)) voor een set van P punten, op een manier zodanig dat geen enkel punt P zich binnen de omtrek bevindt van een van de driehoeken uit het netwerk DT(P). Daarnaast maximaliseert het algoritme de minimale hoek van alle



Figuur 4: Principe van Delaunay driehoeken (Gjacquetot, sd)

gegeneerde driehoeken in het netwerk $DT(P)$. Hierdoor worden driehoeken met zeer scherpe hoeken vermeden. Dit principe is weergegeven in Figuur 4.

Voor transportmodellen kan dit netwerk $DT(P)$ worden gegenereerd met de punten P uit de middelpunten van de zones van een verkeersmodel (de centroids). Op deze manier ontstaat tussen alle zones een compact minimaal netwerk waarop de reizigersbehoefte kan worden gevisualiseerd.

Vervolgens kan via een simpele 'Alles of Niets' methode de vervoersvraag worden toegedeeld aan dit fictieve netwerk. Het enige wat hiervoor nodig is, is de H/B-matrix uit een verkeersmodel. De resulterende vervoersstromen over dit fictieve netwerk kunnen vervolgens worden gevisualiseerd. Dit zijn de 'Delaunay lines', weergegeven in Figuur 5.

Wanneer je Figuren 3 en 5 vergelijkt valt op dat Figuur 5 meteen duidelijk maakt waar het zwaartepunt van de reizigersvraag ligt in het netwerk. Deze informatie ging bij de traditionele manier van 'desire lines' verloren in enorm spinnenweb aan lijnen. Bovendien laten deze 'Delaunay lines' zien waar de reiziger 'echt naar toe wil' door onafhankelijk te zijn van het bestaande infrastructuur (wegen/spoor) of dienstregelingen.

Het voordeel is dat deze aanvullende analyse echt de 'reiziger op één' zet. Door de Delaunay lines te vergelijken met het bestaande wegennetwerk kunnen ontbrekende verbindingen in het netwerk worden geïdentificeerd. Deze informatie kan leiden tot het maken van andere beslissingen dan het continue verbreden van bestaande infrastructuur.



Figuur 5: Voorbeeld van Delaunay lines (Camergo, 2014)

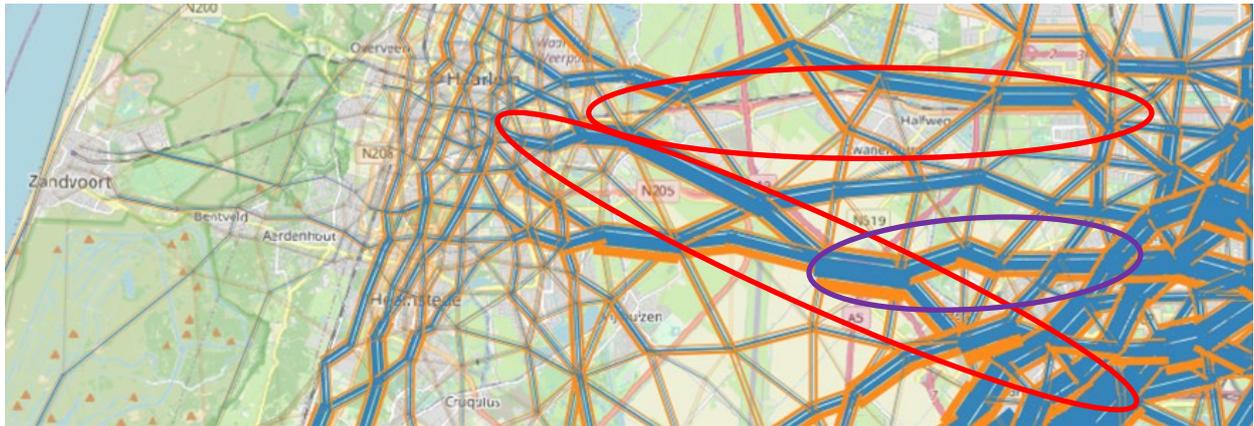
3. Toepassing: Delaunay lines op 2 casussen in Nederland

Om te laten zien welke conclusies je kan halen met deze extra analyse illustreren we de toepassing van de 'Delaunay lines' met 2 verschillende casussen in de regio Amsterdam. De casussen zijn:

1. Openbaar Vervoer Haarlem – Amsterdam
2. Fietspotentiekaarten

3.1 Delaunay lines op de OV-corridor Haarlem – Amsterdam

Voor de Provincie Noord-Holland voert Royal HaskoningDHV een verkenning uit naar het toekomstperspectief voor de OV-corridor Haarlem – Amsterdam Zuid/Schiphol-Noord. Tijdens deze studie hebben we de reiziger op één gezet door de Delaunay lines toe te passen en te kijken naar de vervoerspatronen in de beschikbare data. De onderliggende data komt uit het verkeersmodel VENOM (versie 2018). Een deel van de gevisualiseerde reizigerspatronen zijn te zien in Figuur 6.



Figuur 6: Toepassing van Delaunay lines op de corridor Amsterdam - Haarlem [Eigen werk].

Traditioneel in studies op de corridor zijn knelpuntanalyses uitgegaan van de huidige structuur. De bestaande corridors in het gebied en dan met name de A9-corridor met daarop de R-netlijnen 346 en 356 kennen uitdagingen om de toekomstige ontwikkelingen op te vangen. Vanuit het structuur denken dienen de knelpunten binnen deze structuur opgevangen te worden, de inzet van de dubbeldekkers is hiervan al een voorbeeld. Als de voertuigen het niet meer aankunnen en de infrastructuur kan niet meer voertuigen aan is de volgende stap een "schaalsprong" van de corridor. Vaak wordt deze term "Schaalsprong" eenzijdig geïnterpreteerd als het opwaarderen van de infrastructuur binnen de zelfde corridor en structuren. In dit geval waren er ideeën voor een tram tussen Haarlem (Zuid) en Schiphol Noord met aansluiting op de verlengde Noord/Zuidlijn.

Bij de analyse van de reizigersstromen tussen Haarlem en Amsterdam zijn een aantal observaties te maken (de 2 rode cirkels). Allereerst herkennen we de forse stromen richting het centraal station. Deze stroom wordt prima gefaciliteerd door de spoorlijn die vrijwel in een rechte lijn naar Amsterdam loopt. Let op dat door het Delaunay algoritme de lijn in de reizigersbehoefte nooit 'recht' zal zijn. Het algoritme zoekt de kortste weg door het 'fictieve' netwerk tussen zones.

Vervolgens herkennen we de aanzienlijke stromen vanuit Haarlem/Heemstede richting de zuidkant van Amsterdam. Deze stroom reizigers wordt op dit moment bijvoorbeeld gefaciliteerd door buslijn 346 (de R-Net dubbeldekker in Haarlem).

Vanuit deze nieuwe analyse identificeren we echter dat de reizigersstroom niet volledig is gefocust op een punt in Amsterdam Zuid. Er is juist een sterke splitsing van reizigers naar het zuiden van Amsterdam (zie de paarse cirkel in Figuur 6). Deze stroom reizigers gaat vanuit Haarlem/Heemstede richting het gebied tussen grofweg de S100 en de Zuidas, ook wel het Museumkwartier en omliggende wijken. Het ontbreekt op deze relatie aan een

directe en snelle verbinding. Reizigers die op dit moment daar met het openbaar vervoer naar toe willen moeten minstens 1x overstappen. Meestal behelst de reis twee overstappen tussen verschillende modaliteiten, telkens weer met in- en uitcheck.

Hieruit hebben we geconstateerd dat de reizigers op de relatie Haarlem – Amsterdam Museumkwartier e.o. geen hoogwaardig OV alternatief hebben. Met deze constatering kan de benodigde “schaalsprong” heel anders worden ingericht en beter aansluiten bij de reizigers behoefte. Het verbeteren van de verbinding Haarlem – Schiphol Noord/Amsterdam, Zuid kan door het inrichten van een nieuwe hoogwaardige, snelle en rechtstreekse verbinding, hiermee worden reizigers beter verdeeld over de verschillende reismogelijkheden. Verder is in de analyse rekening gehouden met het totaal aantal mobilisten en niet alleen de (bestaande) OV-reizigers. Door toepassing van de klassieke VF-factoren op de verschillende Herkomst-bestemmingsrelaties is meteen inzicht gegeven in de maximale potentie binnen de verbinding en welk kwaliteitsniveau dient te worden geboden. Deze nieuwe OV-verbinding faciliteert daarmee de reizigersstroom en kan bij voldoende kwaliteitsniveau dan ook zorgen voor reductie van het autoverkeer en de ambities van de mobiliteitstransitie faciliteren.

3.2 Fietspotentiekaarten

De tweede casus is die van ‘Fietspotentiekaarten’ waarbij we Delaunay lines hebben toegepast om een idee te krijgen van het aantal korte autoritten in bepaalde regio’s. Zoals aangegeven in de vorige casus is de onderliggende data voor de Delaunay lines analyse afkomstig uit de (regionale) verkeersmodellen. De belangrijkste databron is de H/B-matrix welke aangeeft hoeveel reisbewegingen er zijn tussen de verschillende modelzones. Dit kan modaliteitsspecifiek worden toegepast, zoals voor de analyse van korte auto-ritten voor de fietspotentie maar ook voor de combinatie van modaliteiten, afhankelijk van de beschikbaarheid in het model zoals de combinatie van auto en ov-matrices voor de vorige casus.

De data dichtheid in de meeste verkeersmodellen is hoog. In de toepassing is vooral nog gekozen om met de volledige (gedisaggregeerde) matrices de analyses uit te voeren, maar alle aggregaties en standaard matrix-operaties zijn mogelijk. Voor de fietspotentie is op deze H/B-matrices een bewerking gemaakt voor een selectie van afstandsklassen. Met een dergelijk afstandfilter kunnen bijvoorbeeld langere doorgaande reizen worden uitgesloten en is het mogelijk de analyse op de korte afstand te richten.

In het geval van de Fietspotentiekaarten hebben we een dergelijke afstandfilter toegepast op de globale H/B-matrix. Dit hebben we gedaan voor verschillende afstandsklassen, 7,5km (reguliere maximale fietsafstand), 15km (elektrische fietsafstand) en 25km (maximale fietsafstand onder optimale omstandigheden o.a. geobserveerd langs doorfietsroutes in de regio Nijmegen). Als voorbeeld, ook vanuit de regio Amsterdam, is een filter voor de fietspotentie toegepast met de reizigersrelaties tot 7,5km, dit is gevisualiseerd in Figuur 7. Het gaat in de figuur enkel om het aantal korte autoritten in de avondspits. Dit is een afstand die voor de meeste mensen makkelijk te fietsen is, en zeker met trapondersteuning binnen de 20min reistijd komt. Allereerst valt de grote hoeveelheid binnenstedelijke bewegingen op. Buiten de stad zijn er veel dunnere lijnen, het resultaat van het afstandfilter.



Figure 7: Toepassing van Delaunay lines om fietspotentiekaarten te maken [Eigen werk].

Bovendien valt op dat er aanzienlijk wat bewegingen de sprong over het IJ maken richting Zaandam (rode cirkel). Op dit moment is er nog zeer weinig vaste fietsinfrastructuur om het IJ over te steken. Grotendeels faciliteert de Gemeente Amsterdam dit met het aanbieden van fietspondjes en met name richting Amsterdam Noord. Richting Zaandam is er geen vaste hoogwaardige snelfietsroute. Het is daarmee verklaarbaar dat er een relatief veel autoverkeer is tot 7,5km tussen Zaandam en Amsterdam een verbinding die voor de auto via de Coentunnel (of IJtunnel) snel en makkelijk is gemaakt. De huidige fietsroutes Zaandam – Amsterdam lopen ofwel via Amsterdam Noord of via de pond over het IJ en door het weinig aantrekkelijke en sociaal veilige westelijke havengebied naar het Centrum.

Met deze analyse kan worden geconcludeerd dat er een aanzienlijke fietspotentie is om de sprong over het IJ te maken. Een vaste infrastructurele voorziening om fietsers het IJ over te laten steken (brug of tunnel) kan een aantrekkelijke snelfietsroute creëren en zo het aantal auto's dat korte ritten maakt verminderen. Dit draagt verder bij aan de ambities van de mobiliteitstransitie en de klimaatdoelen. Verder is ook in deze analyse duidelijk dat er in veel analyses sterk langs bestaande structuren wordt gekeken. De ontbrekende vaste voorziening is namelijk een heel andere dan voorgesteld door de commissie D'Hooghe (2020). Hierin is met name gekeken op het vervangen van de bestaande pontverbindingen en niet naar ontbrekende schakels in deze structuur. De potentiekaart laat ook duidelijk zien dat de voorgestelde verbindingen van commissie D'Hooghe veel minder potentie hebben voor de substitutie (modal shift) van autoverkeer naar duurzame en actieve mobiliteit. Voor de verbinding naar Zaandam geldt overigens wel hetzelfde als voor de vaste oeververbindingen binnen Amsterdam, de toeleidende routes, wegen en infrastructuur dienen op orde te zijn. Actieve mobilisten moeten worden verleid met een volledige, snelle, aantrekkelijke, toegankelijke en sociaal veilige routes.

4. Conclusie

Traditionele verkeersanalyses zijn goed in het voorspellen waar het in de toekomst dreigt vast te lopen. Echter, deze analyses zetten de huidige (infra)structuur op de 'eerste plaats'. Gevolg is dat we knelpunten en problemen aanpakken binnen een beperkte scope. Het gaat om het opplussen van de bestaande verbinding. Voor de weg uit zich dit in verbreden van wat er is, maar ook in het OV zien we een dergelijke aanpak. De diensten met knelpunten worden uitgebreid met hogere frequentie, grotere voertuigen en uiteindelijk een "schaalsprong" waarmee we in dezelfde structuur meer capaciteit bieden. Te vaak wordt er vergeten om ook te kijken waar de 'reiziger' nu echt naar toe wil. Hoe beter bij deze behoefte kan worden aangesloten en hoe missing links anders in te vullen en daarmee reizigersstromen te spreiden.

Het is echter binnen de bestaande technieken lastig om de wensen van de reiziger in kaart te brengen. Modellen zijn gericht op de toedeling naar infrastructuur. Als belangrijkste vorm van reizigers distributie zijn de veel toegepaste 'desire lines' beschikbaar. Echter zijn deze bij modellen met veel zones onoverzichtelijk en verhullen de echte waardevolle data die erachter zit. Alleen de (enorm) grote punt-punt verbindingen worden duidelijk, hetzelfde geldt voor een analyse van de HB-matrices zelf. Hierin zit ook de kracht van de toedeling in modellen: alle (minuscule) HB-relaties worden gecombineerd in het (bestaande) netwerk. Een tussenvorm zou hierin uitkomsten bieden, waarin 'desire' wordt gecombineerd met een netwerk, hiermee worden de samengestelde reizigersstromen inzichtelijk.

Het vooropzetten van het reizigersbelang is gedaan met een aanvullende Delaunay lines analyse. Deze manier van het visualiseren gebruikt een fictief netwerk van Delaunay driehoeken om op een overzichtelijke wijze vervoerspatronen weer te geven. Hierin komen dus de HB-stromen samen zonder dat gebruik wordt van het huidige netwerk. Dit laat de (directe) korts mogelijke routes zien waarover reizigers wensen te reizen. Afhankelijk van de karakteristieken in de werkelijke infrastructuur wordt van deze lijn afgeweken.

De meerwaarde van een Delaunay lines analyse ontstaat door deze vervoerspatronen te analyseren en daarbij over een bestaand wegen/OV-netwerk te leggen. Op die manier kunnen 'missing links' worden geconstateerd en kan worden overwogen nieuwe diensten of infrastructuur te realiseren. Dit is in dit paper toegepast op twee case-studies. Voor de verbinding Haarlem – Schiphol Noord/Amsterdam Zuid heeft dit geresulteerd in een andere interpretatie van de "schaalsprong". Hierdoor worden meer reizigers, beter en directer bediend en kan een grotere modal shift worden bereikt. In de tweede case-study voor fietspotentie heeft dit inzicht gegeven en 'missing links' voor de (vaste) fietsinfrastructuur. Met name tussen Zaandam en Amsterdam is er sprake van relatief veel auto-verplaatsingen op korte afstanden. Dit is zelfs veel sterker dan tussen Amsterdam Noord en Zuid waar wel goede fiets- en OV-infrastructuur aanwezig is over het IJ. Deze inzichten op dragen bij aan de ambities uit de mobiliteitstransitie en uitdagingen die dit brengt voor de belastingen van het duurzame en actieve mobiliteitsnetwerken.

5. Referenties

- BNR. (2021, september 10). *Blijf investeren in infrastructuur*. Opgehaald van BNR: <https://www.bnr.nl/infrastructuur/10453267/verhagen-bnl-niet-stoppen-met-investeren-in-infrastructuur>
- Camargo, P. (2014, 02 09). *Using Delaunay tringles to build desire lines*. Opgehaald van XL-Optim: <https://xl-optim.com/delaunay/>
- Commissie D'Hooghe (2020). *Eindadvies Genereus Verbonden: een concept inrichtingsplan voor het IJ*. Gemeente Amsterdam. <https://www.amsterdam.nl/parkeren-verkeer/sprong-ij-snel-makkelijk-veilig-overkant/documenten/eindadvies-genereus-verbonden-concept/>
- Gjacquenot. (sd). *Delaunay triangulation*. Opgehaald van WikiPedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay_triangulation
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2017). *Nationale Markt- Markt en Capaciteitsanalyse 2017 (NMCA) Hoofdrapport*. Den Haag. Retrieved from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/05/01/nationale-markt-en-capaciteitsanalyse-2017-nmca>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2020). *Integrale Mobiliteits-analyse 2021 Mobiliteitsontwikkeling en -opgaven in kaart gebracht*. Den Haag. Retrieved from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/06/29/bijlage-2-ima-2021-hoofdrapport-deel-1>
- Oude Wesselink. D., Van der Linden, Th., (2020). *Technische Handleiding VENOM2018*. VENOM Beheerorganisatie. opgesteld door: 4Cast, Goudappel Coffeng, Sweco. Retrieved from: <https://vervoerregio.nl/artikel/20200615-venom-2018-technische-handleiding>
- Rijkswaterstaat. (sd). *Projectenoverzicht*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/projectenoverzicht>
- Royal HaskoningDHV. (2020). *Multimodale Netwerkstrategie MRA*. Amersfoort.
- Wikipedia. (sd). *Delaunay triangulation*. Opgehaald van Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Delaunay_triangulation
- Willumsen, L., & Ortuzar, J. (2011). *Modelling Transport, 4th edition*. New Jersey: John Wiley & Sons.