

Data in gebruik: bouw landelijk OV-netwerk

Ties Brands – Goudappel Coffeng – tbrands@goudappel.nl

John Spruijt – Rijkswaterstaat – john.spruijt@rws.nl

Sander van der Drift – DAT.Mobility – svddrift@dat.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 21 en 22 november 2019, Leuven

Samenvatting

Het openbaar vervoer is steeds vaker een serieus alternatief om mobiliteitsproblematiek te verminderen. In planstudies en gebiedsprogramma's van het MIRT worden brede maatregelpakketten integraal afgewogen. Voor een integrale afweging is inzicht in het effect van verschillende maatregelen cruciaal. Met de opkomst van randstadrail en andere lightrailconcepten is de behoefte toegenomen om de effecten van OV-maatregelen in meer detail te kunnen inschatten en modelleren. In de afgelopen jaren zijn stappen gezet om de nationale strategische verkeers- en vervoersmodellen, het Landelijk Model Systeem (LMS) en het Nederlands Regionaal Model (NRM), meer geschikt te maken voor integrale studies. Voor het verbeteren van de modellering van het regionaal openbaar vervoer per bus, tram, metro en lightrailconcepten is een eerste stap de bouw van een nieuw, kwalitatief hoogstaand, landelijk Openbaar Vervoer netwerk.

De hoeveelheid beschikbare data neemt alsmaar toe. Dit biedt kansen voor de modellering om zowel de kwaliteit van het model te verhogen alsmede het gemak om modellen te actualiseren. Zo is de database die ten grondslag ligt aan de Google Maps en 9292 OV-informatie, General Transit Feed Specification *static* (GTFSs), een zeer bruikbare database. Voor de bouw van het landelijk OV-netwerk was het nodig om verschillende voorbereidingen uit te voeren op deze data. Zo zijn haltes in heen- en terugrichting samengevoegd en zijn incidentele ritten toegevoegd aan 'standaard' OV-lijnen om het totaal aantal OV-lijnen in het netwerk te beperken tot een herkenbare set aan lijnen. Voor de gebruiksvriendelijkheid van het OV-netwerk zijn de OV-lijnen geprojecteerd op een geografisch onderliggend netwerk (NWB). Het NWB is primair voor auto opgesteld, waardoor specifieke OV-links nog ontbreken. Ook komt de geografische informatie in de GTFS data niet altijd overeen met dit netwerk. Daarom is een mapmatching methode ontwikkeld en toegepast binnen GIS.

De opbouw voor een landelijk OV-netwerk vanuit de GTFS data is mogelijk gebleken. Ook kan door de geografische mapping gemakkelijker gewerkt worden met varianten in modelstudies. Het voordeel is dat er ook een procedure ontwikkeld is om vanuit de GTFS bron snel te komen tot een (geactualiseerd) netwerk, nu en in de toekomst. Ondanks het detail van de beschikbare informatie zijn er nog steeds aanvullende bewerkingen nodig, ook handmatige. Voor toekomstige doorontwikkeling en verbreding van de GIS module zien we mogelijkheden om flexibeler elk onderliggend wegennet en iedere zonering aan te bieden om het OV-netwerk geschikt te maken voor meer verkeersmodellen.

1. Aandacht voor Openbaar Vervoer modellering door integrale afwegingen

Het Openbaar vervoer is steeds vaker een serieus alternatief om mobiliteitsproblematiek te verminderen. In planstudies en gebiedsprogramma's van het MIRT worden brede maatregelpakketten integraal afgewogen. Voor een integrale afweging is inzicht in het effect van verschillende maatregelen cruciaal. Met de opkomst van randstadrail en andere lightrailconcepten is de behoefte toegenomen om de effecten van OV-maatregelen in meer detail te kunnen inschatten en modelleren. Ook het maken van OV-varianten zou gemakkelijker moeten worden. In de afgelopen jaren zijn stappen gezet om de nationale strategische verkeers- en vervoersmodellen, het Landelijk Model Systeem (LMS) en het Nederlands Regionaal Model (NRM), meer geschikt te maken voor integrale studies. Hierbij is met name aandacht geweest voor verbetering van de modellering voor het (nationale) spoor. De volgende stap is het verbeteren van de modellering van het regionaal openbaar vervoer per bus, tram, metro en lightrailconcepten zoals de Randstadrail. Hiermee sluiten de modellen straks beter aan bij de actuele beleidsvragen in de integrale studies.

1.1 Nieuwe bronnen, nieuwe kansen

Naast de ontwikkeling in de beleidscontext gebeurt er ook veel op het gebied van data en de toegankelijkheid daarvan. Onlangs is het thema 'Toegang tot ov-data' in de Vaste Commissie Infrastructuur en Waterstaat van de Tweede Kamer besproken (Tweede Kamer der Staten Generaal, 2019). Verschillende instanties schetsen het belang van het toegankelijk maken van OV-data, met name de OV-chipkaartdata (KiM, 2019; CBS, 2019). De hoeveelheid verzamelde data neemt alsmaar toe. Dit biedt kansen voor de modellering om zowel de kwaliteit van het model te verhogen (mits de kwaliteit van de databron op orde is) als het gemak om modellen te actualiseren. Zo is de database die ten grondslag ligt aan de Google Maps en 9292 OV-informatie, General Transit Feed Specification *static* (GTFSs), een zeer bruikbare database. Op een centrale plek is de gehele dienstregeling van het OV in Nederland beschikbaar. Dit kan voor de modellen een goede basis vormen voor het eenvoudig opbouwen van een landelijk OV-netwerk. Bij voorgaande modelactualisaties was het nodig om wijzigingen in de dienstregelingen handmatig in het netwerk door te voeren. Dat is een tijdrovende taak waarbij informatie over wijzigingen in de dienstregeling vanuit verschillende bronnen moest worden afgeleid. In hoeverre het gebruik van GTFS data een tijdsbesparing oplevert, hangt af van de kwaliteit van de data. Omdat het OV-netwerk de eerste stap is in de modellering van het OV is het van belang nauwkeurig controles uit te voeren om tot een kwalitatief hoogwaardig Openbaar Vervoersnetwerk te komen voor de modellering. GTFS-data is in verschillende regionale modellen in Nederland reeds toegepast als databron voor de bouw van het OV-netwerk. Een voorbeeld daarvan is het MRDH-model (zie De Graaf, 2017). Het is echter voor het eerst dat een landelijke versie van een dergelijk netwerk geografisch kloppend wordt gemaakt op basis van GTFS.

1.2 OV in het LMS/NRM

Voor de modaliteits- en bestemmingskeuze heeft het LMS/NRM reistijdenmatrices nodig. Vanuit het OV-netwerk kunnen de benodigde invoerbestanden worden afgeleid die hiervoor nodig zijn. Door het maken van skims wordt de Level-of-Service (LOS) of 'bereikbaarheidskwaliteit' tussen zones weggeschreven in de vorm van reistijden. Dit wordt

gedaan op basis van netwerkbestanden, met behulp van OV-toedeelalgoritmes die in softwarepakketten zoals CUBE VOYAGER, VISUM of OmniTRANS zijn geïmplementeerd. Het OV-netwerkbestand en de daaruit te construeren LOS bestanden vormen belangrijke input voor het uitvoeren van (integrale) variantenstudies waarbij OV-maatregelen onderdeel zijn van het maatregelenpakket. De OV-gerelateerde invoer voor het vigerende LMS/NRM omvat de LOS-matrices voor de modaliteiten trein, BTM als hoofdtransport, BTM als voortransport en BTM als natransport. BTM is dus zowel een hoofdvervoermiddel als een onderdeel van de ketenverplaatsing bij trein als hoofdvervoermiddel. Dit betekent dat de LOS bepaald moeten worden tussen zones onderling, maar ook tussen zones en treinstations. In de voortransport LOS is een herkomst een NRM-/LMS-zone en de bestemming een treinstation. Voor natransport geldt het omgekeerde: de herkomst is een treinstation en de bestemming is een zone. De BTM-hoofdtransport LOS hebben voor zowel herkomst als bestemming een zone.

1.3 Pilot: bouw landelijk OV-netwerk

Om het LMS/NRM model beter geschikt te maken voor integrale (OV-) studies zijn aanpassingen voorgenomen. Deze modelverbetering zal worden uitgevoerd in het kader van het vernieuwingstraject van het Groeimodel van het NRM/LMS. Om aan te sluiten bij deze vernieuwing is ook aanpassing aan de invoerkant (de LOS-bestanden) vereist. Daarvoor is het bouwen/actualiseren van een landelijk OV-netwerkbestand nodig. Vanwege deze behoefte én de kansen die de GTFS-data, is in 2018 gestart met een pilot voor de bouw van een landelijk OV-netwerk. Het doel van deze pilot was om te testen of vanuit de GTFS-informatie eenvoudig(er) een (regionaal) OV-netwerkbestand kan worden afgeleid. De opgedane kennis wordt benut in de lopende modelactualisatie waarvan de werkzaamheden in 2019 gestart zijn. In deze paper is gebruikt gemaakt van de resultaten van pilot 'bouw landelijk OV-netwerk' (Goudappel Coffeng, 2019) en de daaruit voortvloeiende activiteiten.

Door het nieuwe OV-netwerkbestand zo generiek mogelijk op te bouwen kan dit bestand mogelijk ook door andere overheden gebruikt worden als basis voor andere regionale modellen. Om deze reden zijn in de pilot verschillende partners van decentrale overheden betrokken geweest. Over het algemeen is het OV in meer detail gemodelleerd in gemeentelijke of regionale modellen. Een landelijk OV-netwerk biedt als voordeel dat uitgangspunten op elkaar afgestemd zijn en het direct landsdekkend is.

In de pilot is ook onderzocht om naast informatie over de modaliteit ook informatie in het netwerk op te nemen over het serviceniveau van een OV-lijn. Door toevoeging van dit type informatie kan het resulterende OV-netwerk mogelijk worden gebruikt om Hoogwaardig Openbaar Vervoer te identificeren.

1.4 Leeswijzer

Deze paper zal ingaan op de karakteristieken van de GTFS-brondata en de wijze waarop op basis hiervan een landelijk OV-netwerk is opgebouwd in hoofdstuk 2. Er zal worden ingegaan op de uitdagingen bij de bouw van het netwerk in hoofdstuk 3 waarna er in hoofdstuk 4 een indruk wordt gegeven van de resultaten. In hoofdstuk 5 wordt afgesloten met de toepassingsmogelijkheden en vervolgonderzoek.

2. Bronmateriaal voor bouw OV-netwerk

In essentie bestaat een openbaar vervoer netwerk in de modellen uit nodes (haltes/stations), links (die aangeven welke haltes met elkaar verbonden zijn) en de lijnvoering die aangeeft welke openbaar vervoer lijnen er zijn, welke haltes (knopen) die aandoen met vertrektijden, aankomsttijden, rijtijden en frequenties. Bovendien wordt meestal aangegeven wat voor soort openbaar vervoer (modaliteit) het betreft: trein, bus, tram, metro of veerpont. De lijnvoering is vanuit de GTFS-data afgeleid. De belangrijkste eigenschappen van deze databron en aanvullende gebruikte bronnen worden toegelicht, evenals de bewerkingslagen die nodig zijn voor de bouw van het OV-netwerk.

2.1 GTFS-data

GTFS (General Transit Feed Specification) is een formaat waarin dienstregelingdata van openbaar vervoer opgeslagen kan worden. Dit formaat is ontwikkeld door Google. In Nederland is de volledige nationale dienstregeling opgenomen in dit formaat. Het biedt voor elke datum in de nabije toekomst (tot ongeveer 2 maanden vooruit) een volledig dekkende landelijke dienstregeling, welke gebruikt wordt om reizigers van reisinformatie te voorzien. Dit betekent dat er voor elke voertuigrit die wordt uitgevoerd door OV-bedrijven, er een geplande vertrek- en aankomsttijd beschikbaar is voor elke halte van die rit. Naast informatie over tijden, is er meestal ook informatie aanwezig over de (geografische) route die gereden wordt tussen haltes.

Een bekend voorbeeld van een informatiekanal is 9292 (www.9292.nl), waarin zowel via een website als via een app en een telefoonlijn reisinformatie wordt geboden aan OV-reizigers in Nederland. Ook via Google Maps is deze informatie door reizigers te raadplegen. In de brondata bevinden zich voor heel Nederland ongeveer 7.000 verschillende lijnen en variaties op lijnen. Deze variaties bestaan allereerst uit de heen- en terugrichting van een lijn, maar kunnen ook bestaan uit een (net iets) andere geografische routing of uit ritten die slechts een deel van de haltes van een lijn bedienen (bijvoorbeeld opstartritten aan het begin van de dienstregeling).

Samenvoegen haltes

Binnen de GTFS-data zijn haltes in verschillende rijrichtingen apart opgenomen. Ook kunnen op busstations verschillende halteperons als aparte haltes zijn opgenomen in de data. Voor het OV-netwerk is het gewenst deze haltes samen te voegen. Binnen de GTFS-data is voor elke halte een zogenaamde 'parentstation' opgenomen, die aangeeft tot welke haltegroep deze behoort. Deze informatie gebruiken we bij de geografische mapping: haltes met een zelfde 'parentstation' worden samengevoegd indien dit past binnen de geografische mapping van de lijn op de onderliggende infrastructuur. Een voorbeeld waarbij deze samenvoeging niet past is indien een OV-lijn over gescheiden rijbanen rijdt (met beide éénrichtingsverkeer). De samenvoegingen betreffen voornamelijk heen- en terugrichtingen van haltes en verschillende perons van busstations. Als gevolg van deze bewerking wordt het aantal haltes in het verkeersmodel verminderd. In figuur 1 zijn de originele haltes uit GTFS (witte vierkantjes) samengevoegd naar de nieuwe locaties op het netwerk (rode driehoekjes).



Figuur 1: samenvoegen van GTFS haltes (witte vierkantjes) naar haltes in model (rode driehoekjes): voorbeeld bij station Arnhem

Samenvoegen lijnvarianten

In de dienstregeling komen zoals gezegd regelmatig meerdere lijnvarianten voor per lijn (naast de heen- en terugrichting). Dit kan een structurele lijnvariant zijn (bijvoorbeeld een dubbele frequentie op het drukste gedeelte van de lijn), maar vaak rijdt een lijnvariant slechts enkele ritten per dag (bijvoorbeeld opstarritten aan het begin van de dienstregeling). Om het model niet onnodig zwaar / ingewikkeld te maken is het wenselijk deze ritten samen te voegen bij de standaardroute van de lijn.

Eerste stap hierin is om te bepalen of een route een standaardroute is van een lijn. Indien er slechts één route is per lijn, per richting, is die route direct een standaardroute. Daar waar meerdere routes voorkomen in één richting op een lijn bepalen we op basis van de volgende twee voorwaarden of een route een standaardroute is (een route moet aan beide voorwaarden voldoen). De grenswaarden zullen altijd in bepaalde mate arbitrair blijven: de waarden zijn zodanig gekozen dat deze zo veel mogelijk het doel van de netwerkbouw voor ogen hebben, namelijk het opstellen van een ROV-netwerk voor verkeersmodellering van 3 tijdsperiodes. Hier is gezocht naar een balans tussen compleetheid en omvang / hanteerbaarheid van het model.

- De route heeft een behoorlijk aandeel van het totaal aantal ritten binnen die lijn (ten minste 25%). Dit is om onderscheid te maken tussen incidenteel afwijkende routes (bijvoorbeeld opstarritten) en routes die substantiële lijnvarianten representeren.
- De route is voldoende relevant voor de model qua aantal ritten per tijdsperiode. Daarvoor gebruiken we de volgende voorwaarden (indien aan 1 of meer voorwaarden wordt voldaan is deze route voldoende relevant):
 - o 3 of meer ritten vallen binnen de spitsperiodes (7-9 en 16-18 uur)
 - o 5 of meer ritten vallen binnen de dagperiode (7-18 uur)
 - o 11 of meer ritten per etmaal

We bepalen de LOS namelijk voor de 2 spitsperiodes en voor de dalperiode op basis van de dalperiode overdag. In de spitsen tellen ritten relatief zwaar mee in de bepaling van de frequentie van een lijn in die tijdsperiode, waardoor routes reeds relevant zijn vanaf 3 ritten. Ook wanneer we naar de periode overdag kijken zijn routes relevant vanaf 5 ritten, omdat die ritten substantieel bijdragen aan de frequenties van de betreffende tijdsperiodes, welke gebruikt gaan worden voor de LOS bepaling. Buiten de dagperiode zijn ritten minder relevant voor de modeltoepassing.

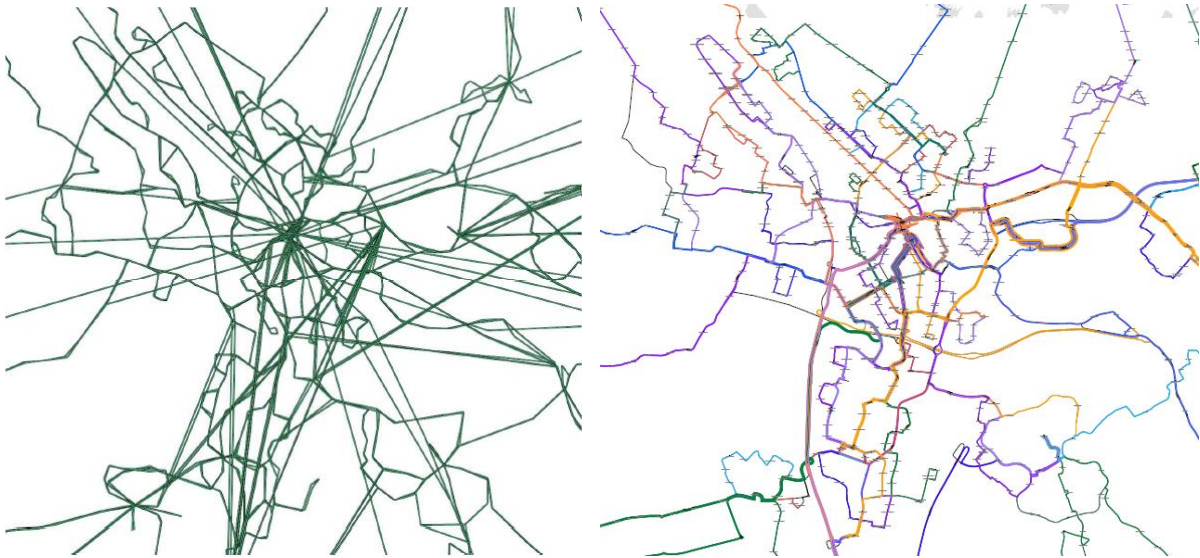
Voor de overige routes (die niet als standaardroute worden geïdentificeerd) worden aansluitend de volgende stappen gevolgd:

- Indien de route alleen een beperkt aantal ritten heeft buiten de dagperiode wordt deze niet meegenomen.
- Indien de route korter is dan de helft van de lengte van een standaardroute: route niet meenemen. Het zou immers onterecht zijn over de hele lengte van de standaardroute een rit toe te voegen indien de lengte van de betreffende rit minder dan de helft van die lengte was. Een voorbeeld hiervan is een opstartrit die aan het begin van de dienstregeling slechts enkele haltes van de volledige lijn aandoet.
- Indien de route langer is dan de helft van de standaardroute: samenvoegen bij de standaardroute. De betreffende ritten worden opgenomen in de standaardroute: er wordt een rit geconstrueerd met rijtijden (en halteertijden) identiek aan een (in de tijd nabije) rit binnen de standaardroute.

Na toepassing van bovenstaande regels blijven er routes over, meestal routes met weinig ritten, bijvoorbeeld scholierenlijnen. Ondanks het geringe aantal ritten nemen we deze lijnen op als individuele lijnen in het model, omdat ze als afzonderlijke lijn mogelijk relevante informatie toevoegen aan de LOS waarden op specifieke reisrelaties en voor specifieke motieven (denk aan woon-school).

3. Uitdagingen bij bouw netwerk

Een belangrijke wens voor deze modelactualisatie is het beschikbaar komen van het ROV-netwerk om toegepast te kunnen worden in variantenstudies. Daarvoor moet het netwerk gebruiksvriendelijk te editen zijn, wat betekent dat het netwerk herkenbaar moet zijn voor een modeltoepasser. Dat is een belangrijke reden geweest waarom we ervoor gekozen hebben om het ROV-netwerk te projecteren op de onderliggende infrastructuur. Ter illustratie is in figuur 2 weergegeven hoe het netwerk in Utrecht er uit zou zien zonder deze projectie. Een dergelijk netwerk is niet gebruiksvriendelijk te editen.



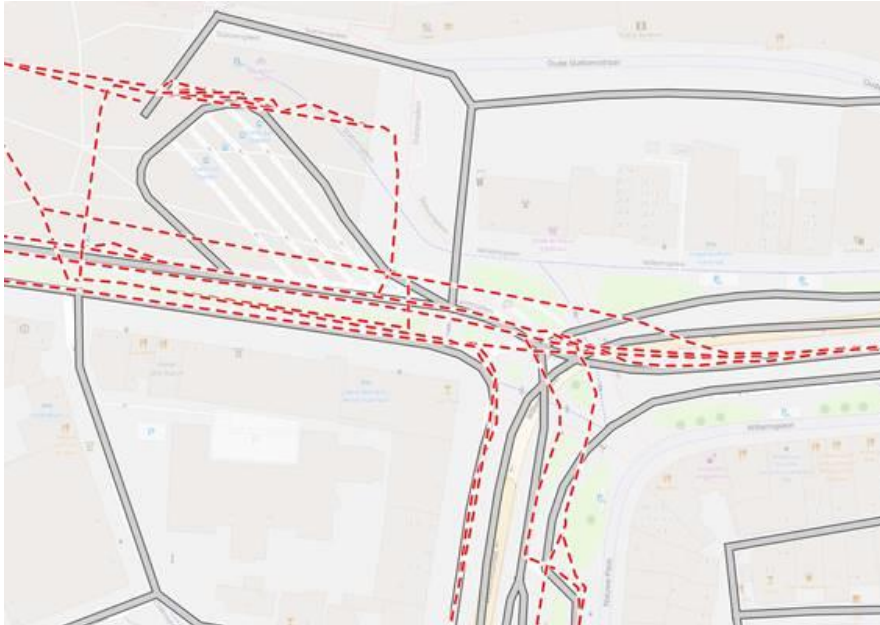
Figuur 2: verschil tussen netwerk met alleen rechte lijnen tussen haltes (links) en netwerk met lijnen op de juiste geografische route geprojecteerd (rechts).

3.1 Mapmatching lijnen op onderliggende infrastructuur

De standaardroutes van de ov-lijnen worden in wisselende nauwkeurigheid ontsloten in de GTFS-data. Deze data – bestaande uit een reeks xy-coördinaten per ov-lijn – is niet gemapt op een uniform netwerk. Voor het verkeersmodel is het van belang dat alle bus-, tram-, en metrolijnen gemapt worden op een geografisch netwerk waardoor het eenvoudiger is om deze aan te passen en onderling met elkaar te vergelijken. Voor het busnetwerk kiezen we het NWB als onderliggend netwerk. Het NWB heeft als voordeel dat het zeer gedetailleerd is en dat het een veelgebruikte en actueel bijgewerkte bron is. Voor het tram- en metronetwerk is een separaat netwerk toegevoegd voor de onderliggende infrastructuur, waarop de lijnen relatief eenvoudig gesmacht zijn.

Voor toepassing in relatie tot openbaar vervoer is het nadeel van het NWB dat het voor de auto is opgesteld. Hierdoor mist OV-specifieke infrastructuur, zoals busbanen. Vooral rond grote (bus)stations leidt dit tot de nodige door te voeren aanpassingen. Een voorbeeld daarvan is weergegeven in figuur 3. Het onderliggende netwerk vanuit het NWB is in grijs weergegeven. De geometrieën van de buslijnen zijn weergegeven als rood gestippelde lijn.

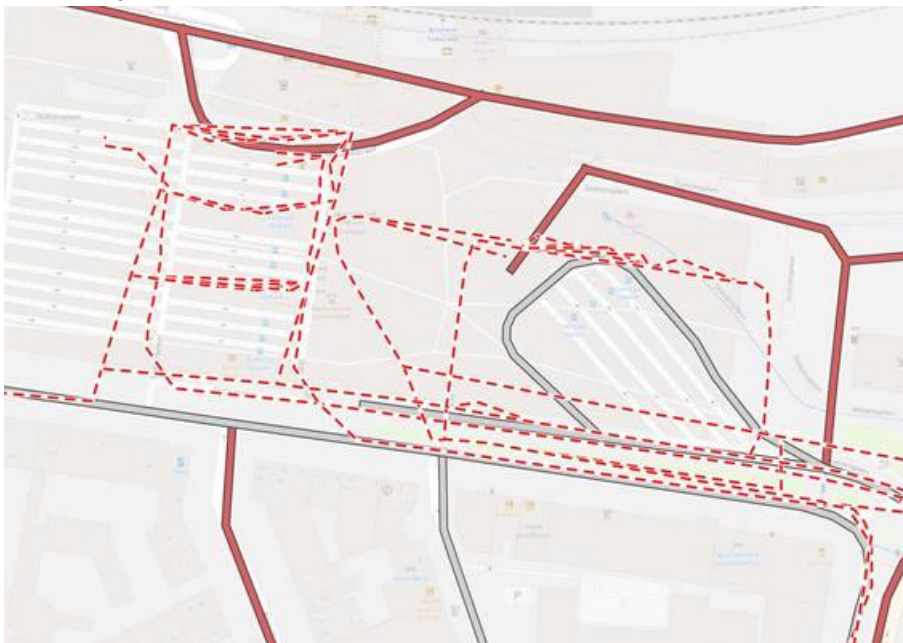
Met behulp van state-of-the-art map-matching algoritmes en GIS zijn de globale routes zo goed mogelijk geprojecteerd op het onderliggende netwerk. Voor het mapmatchen is gebruik gemaakt van een implementatie van het kortste pad theorie in combinatie met Hidden Markov Modellen (Newson en Krumm, 2009). Het algoritme werkt als volgt. Voor elk vormpunt van de GTFS-data worden de kandidaat-punten binnen een opgegeven afstand van het vormpunt van de GTFS-route gezocht. Tussen alle opvolgende kandidaatpunten worden routes over het basisnetwerk gezocht met een standaard kortste-pad-algoritme (Dijkstra, 1959). Met behulp van Hidden Markov Modellen wordt de meest voor de hand liggende volgorde van routes tussen de mapmatching kandidaten berekend. Om deze meest voor de hand liggende volgorde te bepalen worden de afstand gebruikt tussen opvolgende punten uit de GTFS-route en de berekende afstand over het netwerk.



Figuur 3: voorbeeld van onderliggend netwerk uit NWB (grijs) en GTFS shapes (rood gestippeld)

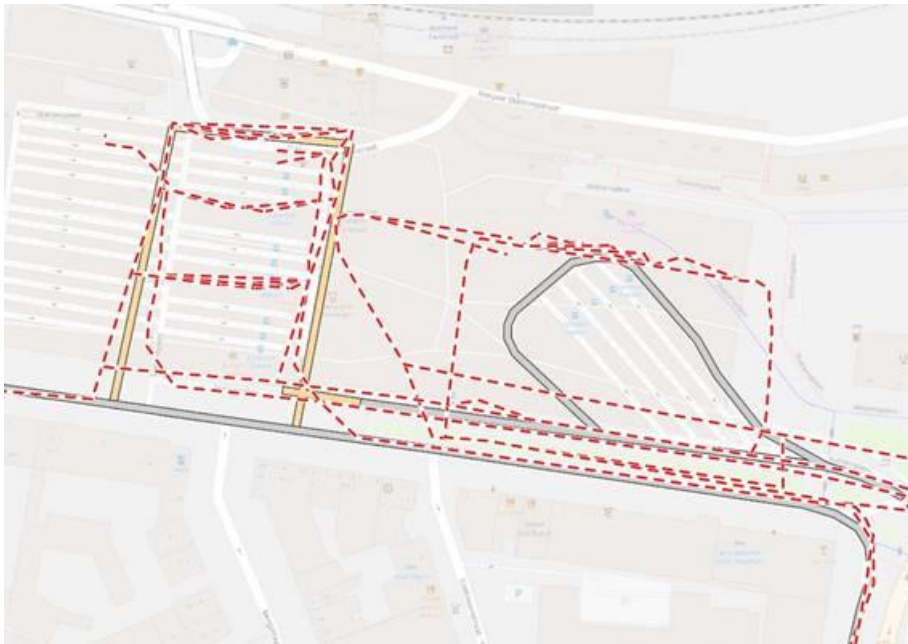
Voordat de routes goed op het netwerk gemapt kunnen worden is in veel gevallen extra handwerk nodig, onder meer vanwege de volgende redenen:

- De ov-lijnen lopen over onjuiste links: deze links zijn verwijderd (voorbeeld in figuur 4).



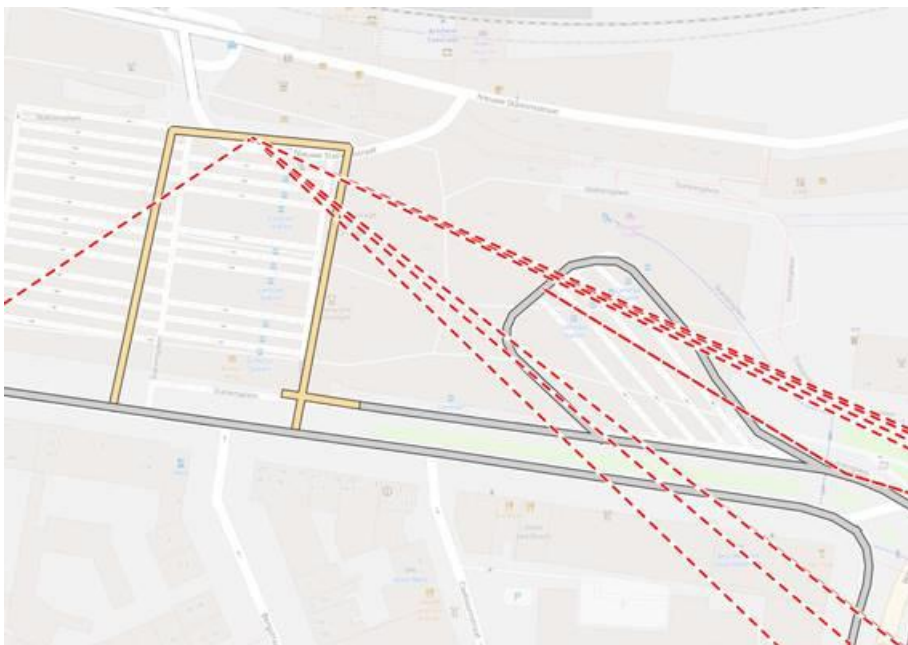
Figuur 4: de uit het NWB verwijderde links zijn weergegeven in rood

- Eén of meerdere links waarop de ov-lijn geprojecteerd zou moeten worden is niet aanwezig in het NWB: op deze locaties zijn extra links toegevoegd (voorbeeld in figuur 5).



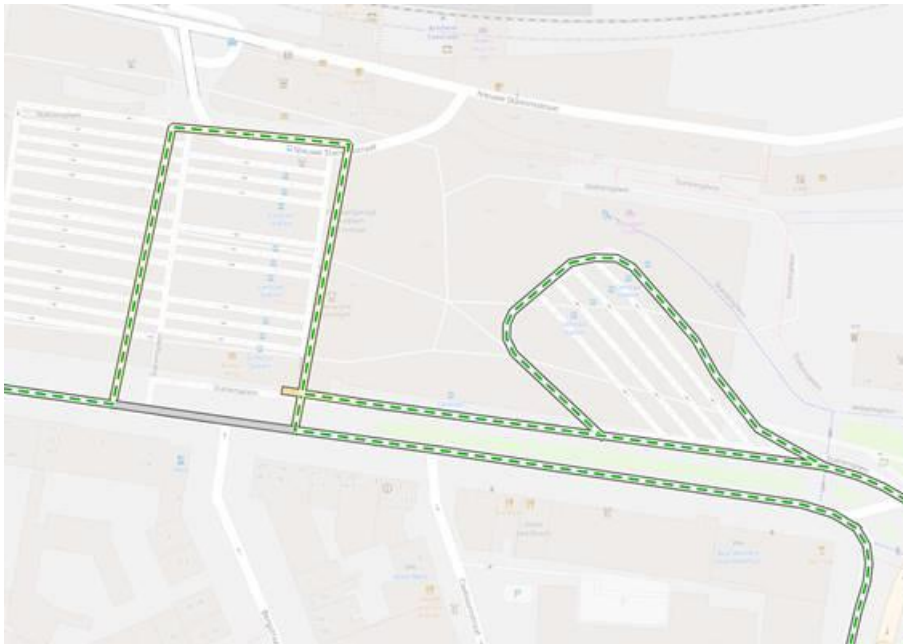
Figuur 5: de aan het NWB toegevoegde links zijn weergegeven in geel

- De ov-lijnen lopen over links die voor autoverkeer in één richting toegankelijk is, maar voor bussen in twee richtingen: hier is de rijrichting van links aangepast.
- De routes (xy-coördinaten) van de vervoerders wijken teveel af van het onderliggende netwerk waarop deze geprojecteerd wordt: in deze gevallen zijn de routes van de vervoerders aangepast of versimpeld (voorbeeld in figuur 6).



Figuur 6: vereenvoudiging van de GTFS-shapes t.b.v. de mapping

Het resultaat van deze stap zijn geprojecteerde routes die goed matchen met het onderliggende basisnetwerk. In figuur 7 zijn de gemapte routes weergegeven in groene stippellijn.



Figuur 7: de resulterende gemapte OV-lijnen uit het voorbeeld

3.2 Onderscheid HOV / overig OV

In de genoemde pilotstudie OV-netwerken (Goudappel Coffeng, 2019), zijn regels opgesteld om te komen tot een selectie tussen HOV-lijnen en overig OV. Hierbij is zo dicht als mogelijk aangesloten bij wat conceptueel gezien onder HOV zou moeten vallen op basis van objectieve kenmerken van de lijn. Deze definitie omvat alle metrolijnen. Voor tram en buslijnen zijn minimale frequentie-eisen van toepassing. Hiervoor zijn verschillende combinaties van eisen opgesteld aan snelheid en lengte van de lijn, om verschillende typen HOV te vangen (stedelijk en landelijk). Hierdoor proberen we zo veel mogelijk HOV-concepten zoals die verspreid over Nederland bestaan automatisch te detecteren op basis van objectieve kenmerken. Voor bus en tram zijn de volgende criteria gehanteerd:

- Tijdens ten minste één van de dagdelen is de frequentie 10 keer per uur of hoger. Dit criterium representeert zeer hoogfrequente verbindingen (meestal in stedelijke omgeving).
- De gemiddelde snelheid (incl. halteren) is in alle dagdelen 20 km/h of hoger, en de frequentie is ten minste 6 keer per uur in beide spitsen en ten minste 4 keer per uur in de dalperiode overdag. Dit criterium representeert snelle verbindingen in een stedelijke omgeving.
- De lengte is ten minste 25 km, de gemiddelde snelheid (incl. halteren) is in alle dagdelen 35 km/h of hoger en de frequentie is in alle dagdelen ten minste 2 keer per uur. Dit criterium representeert snelle verbindingen in landelijke omgeving.

Indien aan ten minste één van bovenstaande criteria wordt voldaan, krijgt de OV-lijn het kenmerk HOV. Dit is dus een kenmerk van de OV-lijn in het netwerk en kan gebruikt worden in de modellering om onderscheid te maken tussen verschillende serviceniveaus binnen het ROV-netwerk. Op het moment van schrijven is nog niet bekend hoe hiermee in de lopende actualisatie omgegaan wordt. Er zijn naast dit kenmerk namelijk nog andere kenmerken van lijnen die gebruikt kunnen worden.

3.3 Looplinks naar haltes

Per studiegebied wordt vanuit het landelijke OV-netwerk een OV-netwerk afgeleid. Het verschil tussen de studiegebieden is het detailniveau, oftewel de fijnheid van de zonering van studiegebied en buitengebied. Dit heeft als consequentie dat de generatie van voedingslinks per NRM/LMS apart uitgevoerd moet worden.

Het volledige NWB is beschikbaar tijdens de bouw van het netwerk, maar in de pilot is gebleken dat het volledige NWB het verkeersmodel erg zwaar zou maken. Voor het modelleren van voor- en natransport zou het echter wel van waarde zijn een dergelijk gedetailleerd netwerk te hebben. De volgende methode is daarvoor opgesteld. Tijdens de bouw van het netwerk worden routes voor het voor- en natransport gezocht op het NWB, en alleen de gebruikte / relevante links voor het voor- en natransport worden opgenomen in het uiteindelijke netwerk. Om te komen tot deze selectie van links zien we de volgende procedure. Het in de vorige paragraaf beschreven onderscheid tussen HOV en RestOV wordt hierbij gebruikt. De centroids worden eerst verbonden met de dichtstbijzijnde NWB-link. Vanuit dit punt wordt via het NWB-netwerk verder gezocht naar OV-haltes vanuit de centroids. Voorlopig zijn per centroid daarvoor de volgende regels toegepast. De links die gebruikt worden voor het vinden van deze haltes worden toegevoegd aan het netwerk t.b.v. voor- en natransport.

- Alle OV-haltes die binnen 500m van een centroid gevonden worden.
- Indien dan slechts 1 of nog geen haltes zijn gevonden, verder zoeken totdat er vanuit elke centroid ten minste 2 OV-haltes verbonden zijn.
- Indien er binnen 4 km een HOV-halte te vinden is vanuit een centroid, neem deze links op in het netwerk. Deze regel wordt toegepast om het fietsen naar HOV-haltes mee te nemen in de modellering.

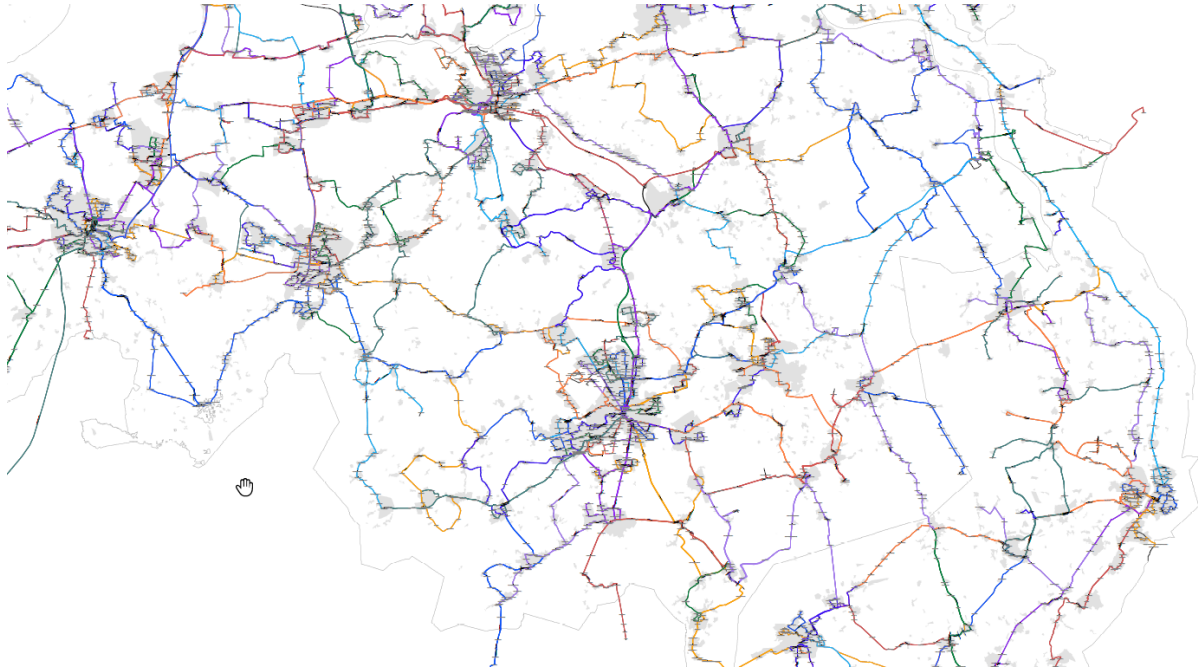
Bovenstaande procedure zorgt ervoor dat er vanuit elke zone voldoende realistische keuze-opties binnen het ROV worden geboden aan een reiziger. Andersom gezien hoeft dit overigens niet te betekenen dat elke halte met een zone is verbonden. Dat is in een strategisch model als een NRM geen probleem, maar is wel belangrijk om te beseffen bij het analyseren van output van het uiteindelijke ROV-netwerk; er zullen dus ongebruikte haltes voorkomen.

Stations worden op een vergelijkbare manier behandeld, met uitzondering van de regel voor aantakken van HOV over maximaal 4 km. Dit is nodig, om LOS waarden te kunnen maken voor ROV als voor- en natransport voor de trein. Binnen het ROV-netwerk zorgen we ervoor dat alle ROV-haltes verbonden zijn met een looplink. Dit is met name relevant voor verbindingen tussen lijnen van verschillende modaliteiten (metro, tram, bus en veerpont), omdat metro en soms ook tram niet op het NWB worden geprojecteerd maar op de betreffende railinfrastructuur.

4. Resultaat

Het resultaat van toepassing van de beschreven stappen is een netwerk waarin het volledige regionale OV-netwerk is opgenomen: bus, tram, metro en veren. Het netwerk bevat in totaal ongeveer 4.000 lijnen. De OV-lijnen zijn daarbij geprojecteerd op de onderliggende infrastructuur volgens de route die in werkelijkheid gereden wordt.

Daardoor is het netwerk eenvoudig te herkennen om in toepassingen geëdit te kunnen worden (zie figuur 8 voor een voorbeeld). De onderliggende infrastructuur is in het netwerk aanwezig waar deze nodig is voor OV. Dit maakt dat het netwerk, ook voor heel Nederland, een werkbare omvang heeft binnen gangbare software voor verkeersmodellering.



Figuur 8: screenshot van een deel van het resulterende ROV-netwerk in een deel van Noord-Brabant en Limburg.

5. Toepassing en vervolg

De opbouw voor een landelijke OV-netwerk vanuit de GTFS-data is mogelijk gebleken. Ook kan door de geografische mapping gemakkelijker gewerkt worden met varianten in modelstudies. Het voordeel is dat er ook een procedure ontwikkeld is om vanuit de GTFS-brondata snel te komen tot een (geactualiseerd) netwerk, nu en in de toekomst. Ondanks het detail van de beschikbare informatie zijn er nog steeds aanvullende bewerkingen nodig, ook handmatige. Het OV-netwerk is momenteel nog work-in-progress. Voorzien wordt dat dit netwerk gebruikt zal worden om de benodigde invoer voor het NRM/LMS af te leiden. Als uit de controles het netwerk kwalitatief in orde blijkt, zal vanuit dit netwerk de Level-of-Service bestanden voor het regionale OV kunnen worden afgeleid. Een belangrijke toepassing van het landelijke OV-netwerk is het samenstellen van prognosenetwerken en scenariostudies. Wijzigingen kunnen in het geografische lijnennet eenvoudiger doorgevoerd worden. Dit geldt voor wijzigingen in de lijnvoering, maar ook voor wijzigingen in het serviceniveau. Bijvoorbeeld wanneer een reguliere buslijn een hogere frequentie krijgt. Voor prognosenetwerken zijn voor BTM over het algemeen geen dienstregelingen beschikbaar. Wanneer hiervan wel een GTFS-bestand beschikbaar is, is dat op dezelfde manier als de huidige situatie tot een netwerk om te bouwen. Zolang er echter geen GTFS-data beschikbaar is van prognosenetwerken, blijft de snelste methode voor het bouwen van een prognosenetwerk het aanpassen van het huidige netwerk. Deze aanpassingen zijn vaak gebaseerd op frequentieveranderingen, rijtijdwijzigingen en/of

nieuwe lijnen. Het is ook mogelijk om een deel van het netwerk te vervangen, door alleen gewijzigde lijnen opnieuw te importeren.

Het resulterende netwerk is flexibel toepasbaar voor verschillende modelzonerings. Omdat het netwerk zeer fijn is voor heel Nederland, biedt het voor elk gewenst studiegebied een hoogwaardig OV-netwerk. Het netwerk kan omgaan met de modellering van het voor- en natransport via verschillende modaliteiten. Op basis van de aanwezige informatie in het netwerk kan geskimd worden voor het gehele OV-netwerk, het gehele ROV-netwerk, of alleen voor een bepaalde modaliteit.

5.1 Gebruik voor regionale modellen

Het kenmerk van regionale modellen is dat het model in het studiegebied verfijnd is qua zoning en infrastructuur en dat het buitengebied grover is gemodelleerd. Flexibiliteit in de zoning is daarom noodzakelijk. Het OV-aanbod is wel gelijk voor alle modellen, maar een landelijk netwerk voor het OV, en dan met name ROV, is voornamelijk ballast bij een kleiner studiegebied. Buslijnen tussen Maastricht en Heerlen zijn bijvoorbeeld niet relevant voor Amsterdam. Hoe het netwerk van een regionaal model is opgebouwd, verschilt sterk tussen de verschillende modellen. Sommige modellen gaan uit van een specifiek OV-netwerk, zoals het V-MRDH. Andere modellen, zoals VENOM, hebben het OV-netwerk geïntegreerd met het autonetwerk. Veel modellen gebruiken het NWB als basis voor het autonetwerk. In elk geval biedt het landelijke OV-netwerk een basis om (gedeeltelijk) her te gebruiken voor regionale modellen.

Om overdraagbaarheid van het netwerk te bewerkstelligen, bestaat het OV-netwerk uit een vaste component (halten en OV-lijnen met de dienstregeling volgens de GTFS-data) en een flexibele component (de voedingslinks). Op de vaste component kunnen naar wens filters worden toegepast om een selectie te maken van relevante OV-lijnen voor het betreffende studiegebied. Deze filters kunnen gemaakt worden op basis van de locatie, maar ook op basis van andere kenmerken van de lijnen. De flexibele component van voedingslinks wordt per model apart gemaakt. Het ontwikkelen van een script kan hierbij de bewerkelijkheid beperken en de consistentie tussen modellen waarborgen. Per regionaal model kan gekeken worden op welke manier het OV-netwerk het beste geïntegreerd kan worden met de netwerken voor andere modaliteiten. Wanneer voor de auto het NWB als basis gebruikt is, zou deze match vrij eenvoudig gemaakt kunnen worden. Wanneer voor het autonetwerk een ander bronnetwerk gebruikt is, kunnen de OV-routes op dat netwerk geprojecteerd worden op een vergelijkbare manier als het projecteren van de GTFS-data op het NWB.

5.2 Verder ontwikkelmogelijkheden

Om de toepassingsmogelijkheden van het landelijk OV-netwerk te vergroten zou het waardevol kunnen zijn om de GIS-module verder te ontwikkelen, zodat deze het landelijk OV-netwerk construeert op basis van de volgende inputbestanden:

1. geografisch netwerk;
2. GTFS-data;
3. modelzoning.

De module zou daarmee geheel flexibel kunnen worden toegepast op elk model met minimaal handwerk. Het is dan mogelijk om een bestaand netwerk uit elk willekeurig model aan te bieden aan de module. In deze netwerken is vaak al veel lokale kennis toegevoegd voor het studiegebied waardoor de uitkomsten van modelberekeningen realistischer zijn. Deze kwaliteitsverhoging is dan ook te benutten voor het OV-netwerk. Het zou ook mogelijk moeten zijn om geen netwerk aan te bieden zodat het resultaat een sticky-netwerk wordt. Het resultaat van deze module is dan uiteindelijk in elk willekeurig verkeersmodelleringspakket in te lezen. De gewenste uitgangspunten voor het netwerk zijn flexibel op te geven als parameters. Denk daarbij aan het aantal te genereren voedingslinks en looplinks.

Referenties

Centraal Bureau voor de Statistiek (2019). *Notitie voor rondetafelgesprek Vaste commissie voor Infrastructuur en Waterstaat*

Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*. 1: 269–271

Goudappel Coffeng (2019). Pilot Bouw landelijk OV-netwerk. *Rapport 003151.20190206.R1.04*

Graaf, Stefan de, Arjan Veurink en Hans Lodder (2017). Nieuw data-driven verkeersmodel MRDH modelleert nu met fiets-OV-keten ook de sterkst groeiende modaliteiten beter. *Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, 23 en 24 november 2017, Gent

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2019), *Position paper 'Toegang tot OV-data'*, dinsdag 10 september 2019

Newson, Paul en John Krumm (2009). Hidden Markov map matching through noise and sparseness. *In Proceedings of the 17th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (GIS '09)*. ACM, New York, NY, USA, 336-343

Tweede Kamer der Staten Generaal (2019). Vaste commissie voor Infrastructuur en Waterstaat, *Toegang tot OV-data*, 10 september 2019