

Inzicht in belangen in de transitie naar zero-emissie busvervoer

drs. Willem Knol – Over Morgen – willem.knol@overmorgen.nl
drs. ing. Raymond Huisman – Goudappel Coffeng – rhuisman@goudappel.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 22 en 23 november 2018, Amersfoort

Samenvatting

In 2025 zijn alle nieuwe bussen in het openbaar vervoerbussen zero emissie aan de uitlaat, vijf jaar later, in 2030 zijn alle bussen zero emissie. Dat hebben het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en de decentrale overheden met elkaar afgesproken. Om het openbaar vervoer (OV) te verduurzamen wordt de 'traditionele dieselbus' het nakijken gegeven. Het bestuursakkoord is stellig en zorgt ervoor dat de transitie naar emissievrij OV in een stroomversnelling komt.

De beste kanshebber om zero emissiebusvervoer te exploiteren is vooralsnog de batterij-elektrische bus. De batterij moet echter ook opgeladen worden en de tijd dat de bus stilstaat, doet de bus niet waarvoor die is besteld: rondjes rijden om reizigers te vervoeren. Dat alles staat nog los van de laadinfrastructuur die noodzakelijk is om de batterij te laden: deze neemt forse ruimte in en oogt weinig charmant in de openbare ruimte.

Aan het traditionele spel, dat zich tot op heden met name afspeelt tussen concessieverlener enerzijds en concessiehouder anderzijds, worden partijen toegevoegd. Netbeheerder en gemeente (openbare ruimte) hebben nu ook belang bij de 'inrichting' van het openbaar vervoer. Door tijdig gezamenlijk aan tafel te zitten en de 'business case' van het openbaar vervoer integraal door te rekenen wordt inzicht gegeven in keuzes die alle partijen moeten maken. Zo wordt voorkomen dat een suboptimale oplossing wordt gekozen.

Over Morgen en Goudappel Coffeng hebben met *AMPERES* een **A**lgeheel **M**odel voor **P**laats- en locatiebepaling van **E**lectravorzieningen, Rekening houdend met: **R**uimtelijke ordening, het **E**nergienetwerk en **S**ynergie OV ontwikkeld en is geschikt om verschillende scenario's met elkaar te vergelijken. *AMPERES* laat het de relaties tussen de verschillende aspecten Ruimtelijke Ordening, Energie en OV zien.

Met *Ticket to eRide* worden de belangen tussen verschillende partijen duidelijk. De inhoud van *AMPERES* wordt zo procesmatig ondersteund. Belanghebbenden krijgen met *Ticket to eRide* inzicht, en gevoel bij elkaars positie.

1. Het klimaatakkoord van Parijs verandert onze dorpen en steden

Op 22 april 2016 is het klimaatakkoord van Parijs getekend. Dit klimaatakkoord is het slotverdrag van de in 2015 gehouden klimaatconferentie die in Le Bourget, nabij Parijs werd gehouden. Van de 174 landen die het klimaatakkoord ondertekend hebben is Nederland er één. Het is voor het eerst dat 'de opwarming van de aarde' wordt gemaximeerd tot 2 graden Celsius én dat deze maximering van de opwarming juridisch wordt vastgelegd (Ou et al, 2010).

Majeure component van het Parijse klimaatakkoord is het reduceren van broeikasgassen (zoals koolstofdioxide, CO₂), omdat deze ervoor zorgen dat de aarde opwarmt. Mobiliteit is één van de belangrijkste bronnen van de uitstoot van broeikasgassen. Ook het openbaar vervoer draagt zodoende bij aan de uitstoot van broeikasgassen. In Europa wordt ongeveer 79% van het OV geëxploiteerd met vervuilende dieselbussen (UITP, 2016).

Het Klimaatakkoord van Parijs is voor Nederlandse decentrale overheden een juridisch legitieme reden om het 'bestuursakkoord zero emissiebusvervoer'¹ te ondertekenen. Naast de sec juridische drijfveren, speelt uiteraard de ambitie een 'steentje bij te dragen' aan reductie van opwarming van de aarde een grote rol. Ander drijfveren zijn onder andere te vinden in reductie van geluid voor omwonenden en reductie van andere schadelijke effecten, zoals reductie van stikstof (NO_x) en fijnstof (PM_x).

Door ondertekening van het bestuursakkoord zorgen decentrale overheden ervoor dat er een spanningsveld ontstaat bij de exploitatie van het openbaar vervoer. Zoals in volgende paragraaf blijkt, zijn de elektrische batterijbussen de meest voorkomende zero emissiebus, maar waar laden vervoerders de batterijen van deze bussen? Hoe wordt dat überhaupt gedaan? Met welke instrumenten? En wie zorgt daarvoor?

Uit onderzoek van Wiercx (2018) blijkt dat het laden op busstations het meest efficiënt is voor vervoerders (Huisman et al, 2018). Op die locaties komen immers veel bussen en chauffeurs samen en is er veel mogelijkheid tot het uitwisselen van bussen en chauffeurs, zodoende worden mogelijkheden tot efficiënte en flexibele exploitatie ten volle benut. Wiercx (2018) onderzocht de effecten van zero emissiebusvervoer op busstations. Dit onderzoek is nader beschreven in het CVS-paper 'E-bussen laden zorgt voor nieuw spanningsveld op busstations' van Huisman, Wiercx en Van Oort (2018).

In dit paper kijken we breder, gaan we integraal in op de vraagstukken. We tonen aan dat een integrale blik, met aandacht voor openbare ruimte en het elektriciteitsnet noodzakelijk is om de transitie naar een volledige zero emissie busvloot te maken.

Om deze integrale benadering te rationaliseren en stakeholders met elkaar aan tafel te krijgen, hebben Over morgen en Goudappel Coffeng het *AMPERES*-model ontwikkeld en de serious game *Ticket to eRide*.

¹ Het bestuursakkoord zero emissiebusvervoer is hier te vinden: http://www.ipo.nl/files/7914/9422/8241/Bestuursakkoord_Zero_OV-Bus_v3.pdf. Het bestuursakkoord is ondertekend door het Interprovinciaal Overleg (IPO), de Vervoerregio Amsterdam (VRA), de Metropoolregio Rotterdam Den Haag (MRDH) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) (thans Infrastructuur en Waterstaat (I&W)).

In het volgende hoofdstuk (2) wordt de groei van de zero-emissie busvloot nader beschouwd, waarna in hoofdstuk 3 en 4 *AMPERES* en *Ticket to eRide* nader worden uitgelegd. Hoofdstuk 5 bevat conclusies en aanbevelingen, niet alleen voor de OV-sector, maar juist ook voor gemeentes en netbeheerders.

2. Zero-emissie busvervoer: complexe kans

2.1 Van pilotfase naar landelijke uitrol

Dagelijks maken vele Nederlanders gebruik van de circa 5.000 bussen die er in ons land rondrijden. De bus vervult hiermee een belangrijke rol in ons mobiliteitssysteem en onze economie. Daarentegen heeft het overgrote deel van de bestaande bussen ook nadelige effecten op onze leefomgeving: ze stoten koolstofdioxide (CO₂), stikstof (NO_x) en fijnstof (PM_x) uit en produceren dankzij de motor en rolweerstand geluid. Dit geluid is met name te horen bij het optrekken en afremmen. Met de komst van elektrische aandrijving voor bussen is de oplossing voor deze nadelige effecten voor handen. Bussen met een volledig elektrische aandrijving zijn op de plaats van gebruik zero-emissie en produceren circa 15 dB minder geluid dan een dieselbus (duurzaam-ov.nl).

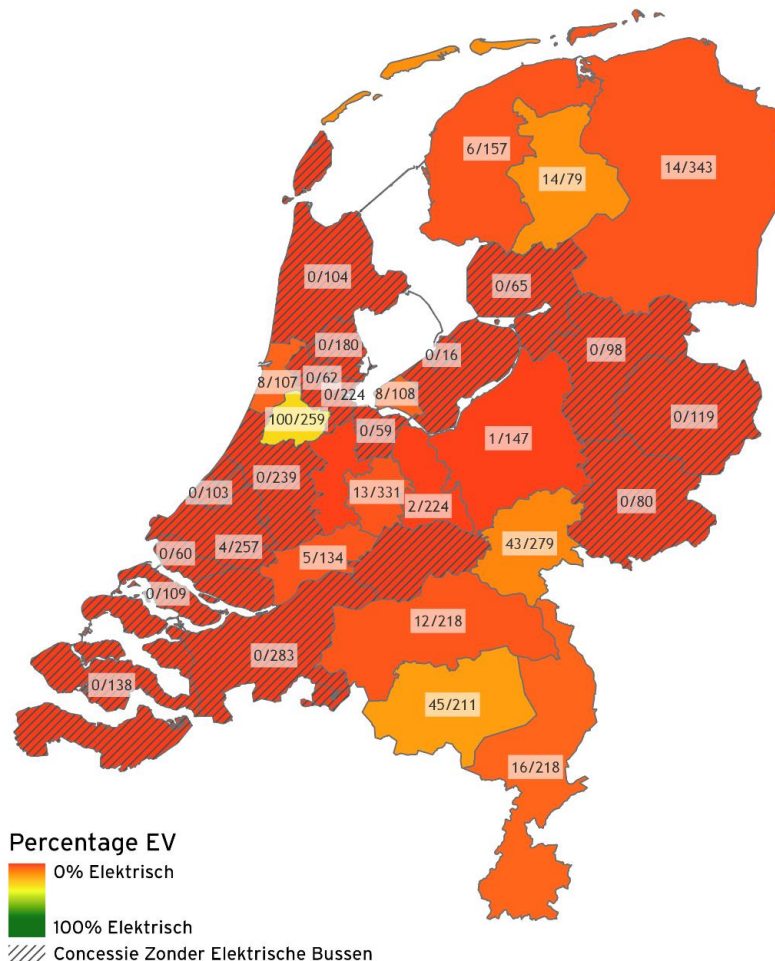
Tabel 1: drie typen zero-emissie bussen. Foto van trolleybus van trolleybus.nl; foto van brandstofcelbus van treinreiziger.nl; foto van batterij-elektrische bus van [Willem Knol](http://WillemKnol.nl).

Soort bus	Toelichting
<p>Trolleybus</p> 	<p>De bus wordt door middel van een bovenleiding gevoed, vergelijkbaar met een tram. De investering die benodigd is om alle bestaande busroutes te voorzien van een bovenleiding is enorm en heeft bovendien een gigantische ruimtelijke impact.</p>
<p>Brandstofcel bus</p> 	<p>Een brandstofcel bus is een elektrisch aangedreven bus die door middel van een brandstofcel van stroom wordt voorzien. De brandstofcel zet waterstof om in elektriciteit. Waterstof is licht en kan snel getankt worden. Anderzijds is er op dit moment nog geen landelijk dekkend tankinfrastructuurnetwerk beschikbaar en is zowel de bus als het waterstof kostbaar.</p>
<p>Batterij-elektrische bus</p> 	<p>Deze bus wordt aangedreven door een batterij. Elektriciteit is overal beschikbaar en is relatief goedkoop. Het nadeel van de batterij-elektrische bus is de huidige actieradius. Dit betekent over het algemeen dat de bus 's nachts op het depot wordt volgeladen (overnight-charging of depot-charging) en daarnaast wordt bijgeladen onderweg, zeker voor diensten met langere rijafstanden (opportunity-charging).</p>

De verschillende vervoerregio's, die concessieverleners zijn voor het busvervoer, hebben deze oplossing omarmd en hebben gezamenlijk het bestuursakkoord zero-emissie busvervoer ondertekend. Dit bestuursakkoord omvat de intentie dat in 2025 alle nieuwe instromende bussen emissievrij aan de uitlaat zijn én worden voorzien van 100% hernieuwbare energie of brandstof, die met het oog op economische ontwikkeling zoveel mogelijk regionaal wordt opgewekt. De concessie-termijnen voor bussen zijn wettelijk gezien maximaal tien jaar. Indien het volume van de concessie minimaal voor 50% uit treinvervoer bestaat, dan mag de concessie vijf jaar langer zijn. Vanwege deze termijnen moet nu begonnen worden met de implementatie van het bestuursakkoord. Voor een zero-emissie busvloot zijn op dit moment technisch gezien drie beschikbare oplossingen. Deze zijn in tabel 1 opgenomen.

Op dit moment is de batterij-elektrische bus (kort gezegd: elektrische bus) financieel en technisch gezien de meest haalbare oplossing. Hier wordt dan ook op grote schaal mee geëxperimenteerd waardoor er 219 elektrische bussen in Nederland rondrijden (CROW, 2018).

Aantal Elektrische Bussen in Vervoersconcessies



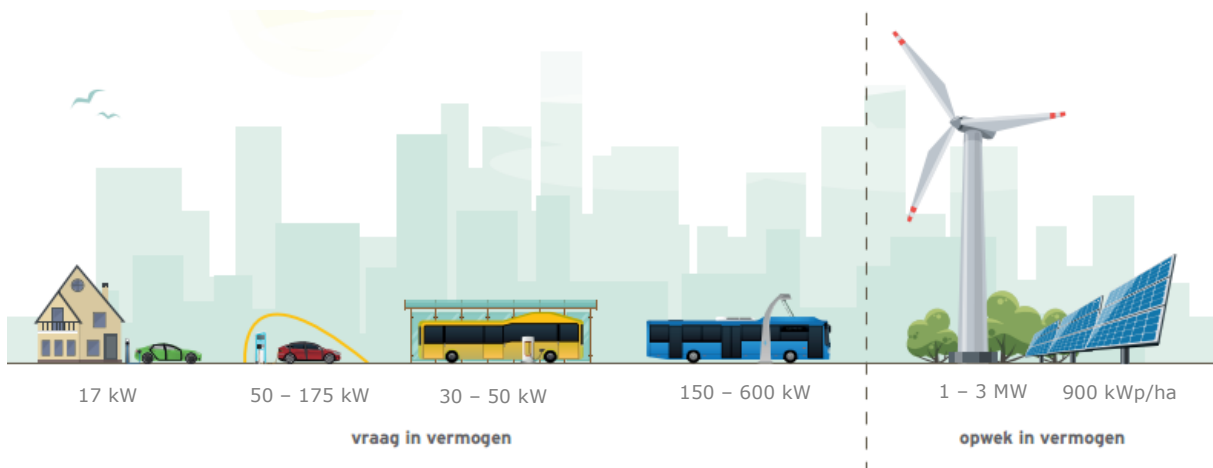
Figuur 1: aantal elektrische bussen / totaal aantal bussen per concessiegebied (op basis van Poster Milieuprestatie ov-bussen, editie 2018 CROW, 2018)

De implementatie van volledig elektrische bussen in Nederland is een enorme opgave, aangezien slechts zes procent van de huidige busvloot elektrisch aangedreven wordt. De opgave om de busvloot verder te elektrificeren valt onder te verdelen in technische en procesmatige thema's. Deze worden hieronder toegelicht.

2.2 Technische uitdagingen

De actieradius van de elektrische bus is zeer variabel per type bus en wordt daarnaast onder andere sterk beïnvloed door het weer. Om de bus van aanvang tot einde dienst te kunnen laten rijden dient er een laadstrategie bepaald te worden. Dit kan variëren van enkel overnight-charging tot overnight-charging gecombineerd met opportunity charging. In de praktijk zal per lijn bepaald worden welke laadstrategie het best passend is (Broos, Ockers, Rookhuizen, 2017). Op buslijnen waar langere afstanden afgelegd moeten worden, zoals bijvoorbeeld het geval is in het streekvervoer, lijkt een laadstrategie met opportunity charging het meest waarschijnlijk. Als er voor deze laadstrategie wordt gekozen zullen er laadvoorzieningen in de openbare ruimte gerealiseerd worden. Het realiseren van laadinfrastructuur voor elektrische bussen is een complexe opgave, omdat:

1. Het effect heeft op de exploitatie van het openbaar vervoer. Een bus die laadt staat stil en stilstaan levert in ieder geval geen (reizigers)inkomsten op.
2. Laadinfrastructuur (nog) niet interoperabel is. Niet alle bustypes kunnen gebruik maken van alle types laadinfrastructuur (Broos, Ockers, Rookhuizen, 2017). Op locaties waar verschillende types (bijvoorbeeld omdat er verschillende vervoerders samenkomen) moeten mogelijk verschillende types laadinfrastructuur gerealiseerd worden.
3. Laadinfrastructuur en zeker de netaansluiting langer meegaat dan de concessietermijnen van de huidige busconcessies. Laadinfrastructuur wordt dus grotendeels voor meerdere concessies gerealiseerd en moet kunnen worden overgedragen aan de volgende concessiehouder. Het systeem moet daarvoor voldoende flexibiliteit bieden.
4. Opportunity charging gebeurt op relatief hoge vermogens. Hiervoor moeten de laders worden aangesloten op het middenspanningsnet van de regionale netbeheerder (Broos, Ockers, Rookhuizen, 2017). Het elektriciteitsnet dat deze vermogens aanlevert is niet overal beschikbaar en/of de capaciteit is niet toereikend. Om recht te doen aan 'zero emissie', moet bovendien deze stroom duurzaam worden opgewekt en vervolgens getransporteerd.



Figuur 2: Vermogensvraag en -opwek (Over Morgen en Goudappel Coffeng)

5. Laadinfrastructuur is relatief hoog (>4 meter) en vereist daarbij vaak een nieuwe transformator (zie figuur 3). Deze transformator neemt al snel 8 m² in beslag (Alfen.com). De laadinfrastructuur kan ook voor geluidsproductie zorgen. Inpassing in de openbare ruimte kan daarmee voor problemen zorgen, zowel qua ruimtebeslag als voor omwonenden.



Figuur 3: Laadinfrastructuur met transformatorruimte (Foto: Allego.nl)

2.3 Proces uitdagingen

De technische opgaves maken dat er nieuwe spelers op het toneel verschijnen. Naast de bekende stakeholders (reizigers, concessieverlener en vervoerder) sluiten nu ook gemeente en netbeheerder aan. De gemeente heeft daarbij de rol als beheerder van de openbare ruimte. Uiteraard zit de gemeente eveneens aan tafel als het gaat om vervoersbehoeften en wensen vanuit de gemeente richting concessieverlener.

Elke stakeholder dient zijn eigen belang en is vaak niet voldoende op de hoogte van de verschillende belangen en elkaars randvoorwaarden. Hierdoor worden keuzes gemaakt door middel van onderhandelingen en niet op basis van volledig inzicht, waardoor de kosten onnodig kunnen oplopen. Voor iedere stakeholder geldt dat publieke middelen

worden ingezet. Het gemeenschappelijke doel is om de elektrificatie van het busvervoer tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten te realiseren. Om dit te kunnen bereiken en weloverwogen keuzes te kunnen maken is inzicht nodig.

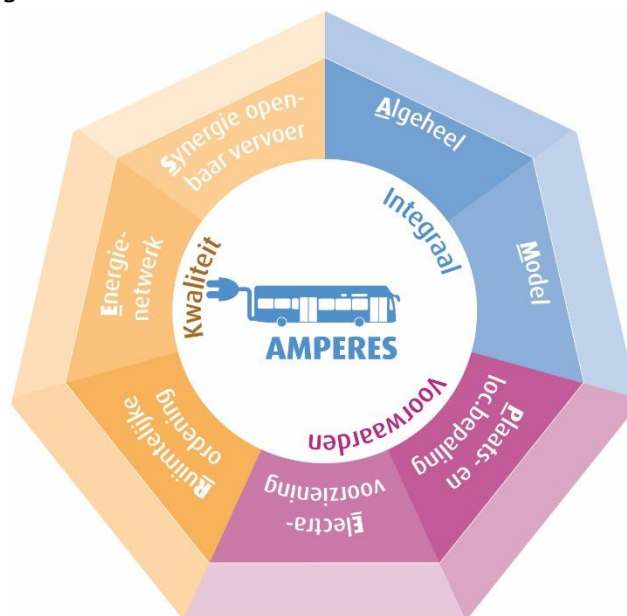
Het probleem is dat door de toenemende technische complexiteit het aantal stakeholders groeit, voor hen ontbreekt inzicht in de keuzes waardoor het gemeenschappelijke doel niet of moeilijker behaald kan worden.

Het door Goudappel Coffeng en Over Morgen ontwikkelde *AMPERES*-model verschaft op basis van (open) data dit inzicht en helpt besluitvorming te versimpelen en de maatschappelijke kosten zo beperkt mogelijk te houden. Om te zorgen dat verschillende stakeholders begrip voor elkaars standpunten krijgen is de serious game *Ticket to eRide* ontwikkeld. In de volgende hoofdstukken worden *AMPERES* en *Ticket to eRide* toegelicht.

3. *AMPERES*: Inzicht in belangen

3.1 Componenten en mechanismes in beeld

Zoals in het vorige hoofdstuk is geconcludeerd sluiten netbeheerder en gemeente aan in de toch al complexe discussie over het vormgeven van de busvervoer concessie. Het bepalen van hoeveel laadinfrastructuur nodig is en waar deze geplaatst moet worden is hierbij de nieuwe uitdaging. Dit is dan ook het moment om ratio in deze discussie aan te brengen. *AMPERES* doet dit door kwantitatieve inzichten te verschaffen die rekening houden met zowel de exploitatie van het openbaar vervoer, maar óók met de ruimtelijke ordening en het energienetwerk.



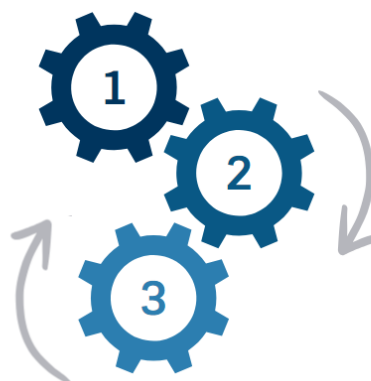
Figuur 4: *AMPERES*

AMPERES staat voor een **A**lgeheel **M**odel voor **P**laats- en locatiebepaling van **E**lectravorzieningen, rekening houdend met: **R**uimtelijke ordening, het **E**nergienetwerk en **S**ynergie OV en is met name geschikt om verschillende scenario's met elkaar te vergelijken. Hierbij laat het de relaties tussen de verschillende aspecten Ruimtelijke Ordening, Energie en OV zien.

Laadlocaties
Aantal laders, benodigde ruimte en ruimtelijke kwaliteit.

Energie
Netaansluiting & benodigd vermogen

OV
Aantal bussen, dienstregeling en kwaliteit dienstverlening



Figuur 5: Achterliggende mechanismes.

Aangezien deze laadinfrastructuur wordt aangelegd voor langere termijn (concessietermijn overstijgend), is *AMPERES* een model dat helpt bij besluitvorming op strategisch niveau.

De input voor het model bestaat zoveel mogelijk uit open data. Zodoende hoeven stakeholders geen gevoelige informatie prijs te geven. Bijkomend voordeel is dat open data voor de meeste typen data voor geheel Nederland in gelijkwaardig format beschikbaar is. In onderstaande tabel is weergegeven welke data gebruikt kan worden. Uiteraard kunnen lokale en regionale omstandigheden ertoe leiden dat de bronnen verrijkt kunnen worden.

Tabel 2: databronnen

Element	Bron	Informatie	Beschikbaarheid
OV	CROW-NDOV	Aantallen ritten, betrouwbaarheid OV, voertuiginzet	Openbaar
OV	OV-chipkaartdata	Reizigersaantallen, herkomst/bestemmingen	Via concessieverlener
Energienet	Regionale netbeheerders Enexis, Stedin en Liander	Type net, ligging middenspanningsnetten, jaartal van aanleg, middenspanningsstations en transformatoren.	Openbaar
Netcapaciteiten	Regionale netbeheerders zoals Enexis, Stedin en Liander	Beschikbaar vermogen, mogelijke vervangingstermijnen, netten & transformatoren	Via netbeheerder
Openbare ruimte	Kadaster, CBS	Openbare ruimte naar functie, percelen en gebouwen.	Openbaar

Met *AMPERES* kunnen verschillende scenario's voor de plaatsing van laadinfrastructuur worden doorgerekend. Wanneer bijvoorbeeld wordt gekozen voor een andere laadlocatie,

reken *AMPERES* door wat het effect op de business case is, onder te verdelen in de aspecten Energie en OV.

3.2 *OV-aanbod*

In de onderstaande tekst gaan we uit van een vereenvoudigde werkelijkheid waarbij lijn 1 de gehele dag, met dezelfde rijtijd, elk half uur rijdt van punt A naar punt B en weer terug. Op punt A is verder geen andere lijn in exploitatie, punt B is een centraal punt waar nog een andere lijn komt die elk half uur rijdt. Beide lijnen hebben een klokvaste dienstregeling om duidelijkheid naar reizigers te scheppen. Vertrekt een bus om 08:05, dan vertrekt deze ook om 08:35, 09:05 et cetera.

CROW-NDOV is een initiatief van 15 overheden die het OV-aansturen. Zij stellen OV-data beschikbaar (of laten vervoerders data beschikbaar stellen) om de kwaliteit van OV-informatie continu te verbeteren. Deze data bevat onder andere de dienstregeling van het OV-aanbod. Daardoor kan inzichtelijk gemaakt worden voor de *huidige situatie* wat de mogelijkheid is om gebruik te maken van periodes van stilstand en wordt een indruk verkregen van de betrouwbaarheid van buslijnen. Doordat er eveneens informatie aanwezig is van grootwagennummers wordt een beeld verkregen van de samenstelling van het wagenpark. Voor toekomstige situaties (of mogelijke scenario's) is het uiteraard mogelijk deze data zelf samen te stellen.

Gezien de lange laadtijden is het is aannemelijk dat voertuigen laden op begin-/eindpunten en niet op tussenliggende haltes, naast het overnight-charging op de depots. Een begin-/eindpunt kan een centraal gelegen punt zijn, zoals een centrale knoop, of een 'geïsoleerd punt' aan het einde van een lijn. Op een centraal gelegen punt heeft een bus na het laden meer mogelijkheden om te vertrekken dan op een 'geïsoleerd punt' van een lijn. Het laden op een centraal punt is dus vanuit OV-efficiency aan te bevelen.

Voorbeeld: OV-exploitatie

Gezien de capaciteit van de batterij, de voertuigtypologie en de lijnkaracteristieken moet lijn 1 na twee retourritten laden. Het laden kost 12 minuten. Daarnaast wordt er van uitgegaan dat de vervoerder in staat is efficiënte omlopen te maken. Lijn 1 rijdt dus A – B – A – B – A – laden – A – B – A – B – A – laden – ... óf B – A – B – A – B – laden – B – A – B – A – B ...

Om te laden op punt A, zal een bus dus veelal twaalf minuten langer stil moeten staan dan gebruikelijk. Het is ook mogelijk na elke twee retourritten een extra voertuig in te zetten. Anders wordt immers getornd aan de klokvastheid van de dienstregeling. Deze tijd is een chauffeur niet inzetbaar, maar de tijd is te kort om de chauffeur pauze te geven.

Om te laden op punt B, zal een bus uitwisselbaar zijn met lijn 2, waardoor een bus niet altijd twaalf minuten langer hoeft stil te staan. Daarnaast is het bij onbetrouwbare dienstuitvoeringen efficiënter om een bus op één centraal punt reserve te hebben dan op geïsoleerde punten.

Voor de langere termijn geldt eveneens dat het 'geïsoleerde punt' kan worden vervangen door een ander punt, bijvoorbeeld omdat een lijn wordt verlengd (uitbreiding van de wijk) of verkort (tegenvallende reizigersaantallen), terwijl centrale knopen minder onderhevig zijn aan veranderingen.

3.3 *Energienet*

De regionale netbeheerders zijn verantwoordelijk voor het transport van energie vanaf het hoogspanningsnet welke wordt beheerd door Tennet. De grootste regionale netbeheerders zijn Enexis, Stedin en Liander. Zij stellen data over hun midden- en laagspanningsnetten en -stations veelal openbaar ter beschikking.

Voor ieder laadstation, zowel voor overnight- als opportunitycharging, zal een netaansluiting moeten worden aangelegd of een bestaande netaansluiting moeten worden verzaamd. Deze aansluitingen dienen te worden aangesloten op het bestaande energienet. De locatie van het energienet is daarbij essentieel omdat het leggen van kabels kostbaar is. De openbare data van de regionale netbeheerder verschaft inzicht in deze locaties, waardoor *AMPERES* zo dicht mogelijk bij het bestaande energienet geschikte plekken voor een netaansluiting kan toewijzen.

Met als input de informatie over het OV-aanbod bepaalt *AMPERES* hoeveel laadstations met welk vermogen benodigd zijn. Hierbij gaat het uit van elektrificatie van de busvloot die zodanig wordt vormgegeven dat een robuuste en toekomstbestendige oplossing wordt geboden. *AMPERES* gaat daarmee uit van de toekomstige situatie, waardoor kabels en netaansluitingen voldoende zijn voorbereid. Dit biedt tevens flexibiliteit voor de volgende concessie.

Vervolgens is het van belang om door te rekenen of de bestaande kabels en transformatoren voldoende capaciteit hebben om de nodige vermogens naar de laadstations te transporteren. *AMPERES* berekent de toekomstige benodigde vermogens en houdt hierbij rekening met 'slim laden'. Soms hebben niet alle bussen tegelijkertijd vol vermogen nodig, denk bijvoorbeeld aan het moment dat bussen 's nachts op het depot 'langzaam' laden. Daarnaast bekijkt *AMPERES* per locatie of het kansen biedt om met een buffer (bijvoorbeeld een grote batterij) te werken. Een batterij is in staat om hoog vermogen te leveren, maar kan bijvoorbeeld langzaam worden volgeladen, waardoor de piek op het net wordt gereduceerd. Grote (additionele) investeringen in kabels en transformatoren kunnen dan worden vermeden.

Per mogelijke laadlocatie wordt er door *AMPERES* een business case opgesteld. Deze business case houdt tevens rekening met het voordelig inkopen van energie op verschillende energiemarkten. De totale afname van energie, inclusief vermogens, wordt vermeld, zodat gemeenten hierop kunnen anticiperen bij het opstellen van kaders voor grootschalige energieopwekking.

3.4 *Openbare ruimte*

De energietransitie wordt op steeds meer plekken zichtbaar, zo ook de transitie van traditioneel brandstof aangedreven vervoer naar elektrisch vervoer. Sinds de opkomst

hiervan ontstaat er discussie over het inpassen van laadinfrastructuur in de openbare ruimte. Knipperende lichten, belemmering van het uitzicht en een zoemend of piepend geluid zijn veel gehoorde klachten bij de verschillende gemeenten. De laadinfrastructuur voor elektrische bussen is groter dan voor elektrische auto's en neemt daardoor een prominentere plek in het straatbeeld in. Bovendien vraagt de infrastructuur meer fysieke ruimte, mede doordat er een verdeelkast en/of transformator gerealiseerd dient te worden.

Data van het kadaster geeft ons inzicht in de locaties waar bewoners en bedrijven in de nabije omgeving geen hinder van de laadinfrastructuur ondervinden. Dit bevordert het realisatieproces omdat de omgeving er minder hinder van zal ondervinden. Anderzijds is het gemeentelijke belang, als beheerder van de openbare ruimte, om deze zo goed als mogelijk te ordenen.

AMPERES geeft inzicht de aanwezige fysieke ruimte voor laadinfrastructuur op een laadlocatie. Daarnaast verschaft het per laadinfrastructuurlocatie informatie over waar blinde gevels tegen gericht zijn en wat de afstand van gevels tot woningen en kantoren in de nabije omgeving is.

3.5 *Verschillende scenario's*

AMPERES gaat ervan uit dat het opladen van de bussen gebeurt op eindhaltes. Laden onderweg is onrendabel en kost bovendien voor de passagiers extra reistijd. Het aantal eindhaltes is in elk concessiegebied beperkt. Ter illustratie, de stadsdienst van Breda heeft elf eindpunten in de gehele stad, de Amsterdamse stadsdienst heeft er exact vier keer zoveel.

Op basis van de ruimtelijke criteria welke zijn bepaald door de gemeente bepaalt *AMPERES* eerst welke laadlocaties haalbaar zijn. Elke locatie krijgt hierbij een 'score' voor ruimtelijke kwaliteit en aanwezige fysieke ruimte. Vervolgens kan de volledige dienstregeling worden doorgerekend en geeft per laadlocatie een business case. De verbanden tussen ruimtelijke ordening, effect op het energienet en aansluitkosten, en op de dienstregeling worden vervolgens inzichtelijk gemaakt. Uiteindelijk geeft ieder laadscenario een output in:

- Ruimtelijke ordening: Is er voldoende fysieke ruimte en wat is de ruimtelijke kwaliteit? Worden er bezwaren verwacht waardoor het proces wordt vertraagd?
- Energie: Wat is de business case van het aansluiten van de benodigde netaansluiting en welk vermogen wordt hierbij gevraagd?
- OV: Wat is het effect van het laden op die locaties op de dienstregeling en wat is de toekomstbestendigheid van deze locatie?

4. Ticket to eRide

Om *AMPERES* als procestool in te zetten is het van belang dat de verschillende stakeholders elkaar leren kennen en zich kunnen verdiepen in elkaars problematiek. Als aftrap van het planproces organiseren wij de serious game *Ticket to eRide*. Deze zorgt ervoor dat de verschillende stakeholders bij elkaar aan tafel komen te zitten en zich verdiepen in de problematiek en belangen.

Voorafgaand aan de game krijgen de verschillende spelers een rol toe bedeed: Vervoerder, Vervoersautoriteit, Gemeente of Netbeheerder. Elke speler krijgt bij deze rol een aantal doelstellingen. Gezamenlijk moeten de spelers de laadinfrastructuur op het speelbord plannen, tegen zo laag mogelijke (maatschappelijke) kosten.



Figuur 6: Ticket To eRide in de praktijk (Over Morgen en Goudappel Coffeng)

Het spel is opgedeeld in verschillende rondes, waarin per ronde een laadinfrastructuurlocatie moet worden gekozen. Iedere locatie heeft specifieke eigenschappen en kosten. Deze verschillen per stakeholder waardoor er tegenstrijdige belangen ontstaan. In iedere ronde speelt zich een gebeurtenis af (zoals bijvoorbeeld gemeenteraadsverkiezingen), welke het planproces kunnen verstoren. Deze gebeurtenissen zijn een weergave van het werkelijke, langdurige proces en geven daarmee meer inzicht in de opgave en belangen van de verschillende stakeholders.

Het spel wordt door verschillende teams tegelijkertijd gespeeld. Het team dat uiteindelijk drie laadinfrastructuurlocaties tegen de laagste kosten heeft gerealiseerd heeft gewonnen. Vervolgens wordt er afgesloten met een wrap-up waarin inzichten en ervaringen worden gedeeld.

5. Conclusies en aanbevelingen

Het plannen van laadinfrastructuur voor elektrische bussen is een complex proces. Dit komt door de nieuwe stakeholders aan tafel, de bestaande concessiestructuur, verschillende belangen en grote financiële consequenties door de maatschappij gedragen worden. Hierdoor wordt het nog belangrijker om de juiste keuze voor de lange termijn te maken en het vraagstuk integraal te benaderen.

Door het proces van het vormgeven van een nieuwe busvervoer concessie af te trappen met de serious game *Ticket to eRide*, krijgen de verschillende stakeholders spelenderwijs inzicht in de complexiteit van het proces en inzicht in elkaar belangen.

In vervolgfases kan *AMPERES* ingezet worden om de daadwerkelijke kosten en afwegingen inzichtelijk te maken. Hierdoor kunnen slimme keuzes gemaakt worden, die over een langere termijn renderen, mogelijk nog langer dan de eerstvolgende concessie termijn. Het 'laadnetwerk' wordt daarmee in één keer gepland, met een ingroeiplan en behoud van flexibiliteit. Gemeenten en netbeheerders krijgen daarmee inzicht in de energievraag, waarop zij kunnen anticiperen.

6. Referenties

Alfen, 2018. <https://alfen.com/nl/transformatorstations/compact-station> bezocht op 1 augustus 2018.

Broos, P., Ockers, M., Rookhuizen, J. van, 2017. ElaadNL, Marktverkenning Elektrische Bussen.
https://www.elaad.nl/uploads/downloads/downloads_download/ElaadNL_Marktverkenning_Elektrische_Bussen_november_2017.pdf

CROW, 2018. Poster Milieuprestatie ov-bussen, editie 2018:
<https://www.crow.nl/publicaties/poster-milieuprestatie-ov-bussen-2018>.

Huisman, R.J., M. Wiercx, N. van Oort, 2018. Model voor exploitatie e-bus.
<https://www.ovmagazine.nl/2018/03/model-voor-exploitatie-e-bus-1600/>

Huisman, R.J., M. Wiercx, N. van Oort, 2018. E-bussen laden zorgt voor nieuw spanningsveld op busstations' van Huisman, Wiercx en Van Oort. Bijdrage aan het Colloquium Verkeersplanologisch Speurwerk 2018.

Ou, X., Zhang, X. & Chang, S., 2010. Alternative fuel buses currently in use in China: Life-cycle fossil energy use, GHG emissions and policy recommendations. *Energy Policy*, 2010(38), pp. 406-418.

RVO, 2018. De milieuprestatie van openbaar vervoer bussen en ontwikkelingen rondom elektrisch openbaar vervoer bussen in Nederland.

U-OV, 2018. www.duurzaam-ov.nl/elektrische-bussen bezocht op 1 augustus 2018.

Wiercx, M., 2018. Operations of Zero-emission bus transport. MSc Thesis. TU Delft