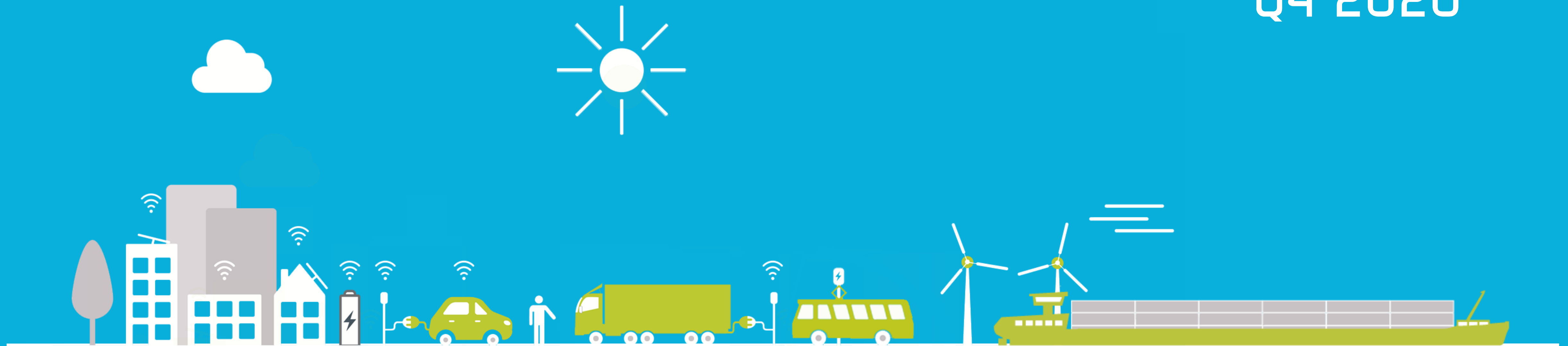


# Tegen de stroom in varen

De ontwikkeling van batterij-elektrische binnenvaart  
in Nederland tot en met 2035

Outlook  
Q4 2020



Oktober 2020

Niels Poiesz  
[niels.poiesz@elaad.nl](mailto:niels.poiesz@elaad.nl)  
+ 31 6 31 28 65 69

Ruud Noordijk  
[ruud.noordijk@elaad.nl](mailto:ruud.noordijk@elaad.nl)  
+ 31 6 30 33 47 75

Nazir Refa  
[nazir.refa@elaad.nl](mailto:nazir.refa@elaad.nl)  
+ 31 6 40 60 64 96

Jan van Rookhuijzen  
[jan.vanrookhuijzen@elaad.nl](mailto:jan.vanrookhuijzen@elaad.nl)  
+ 31 6 39 01 75 33

# Inhoudsopgave

## Pagina

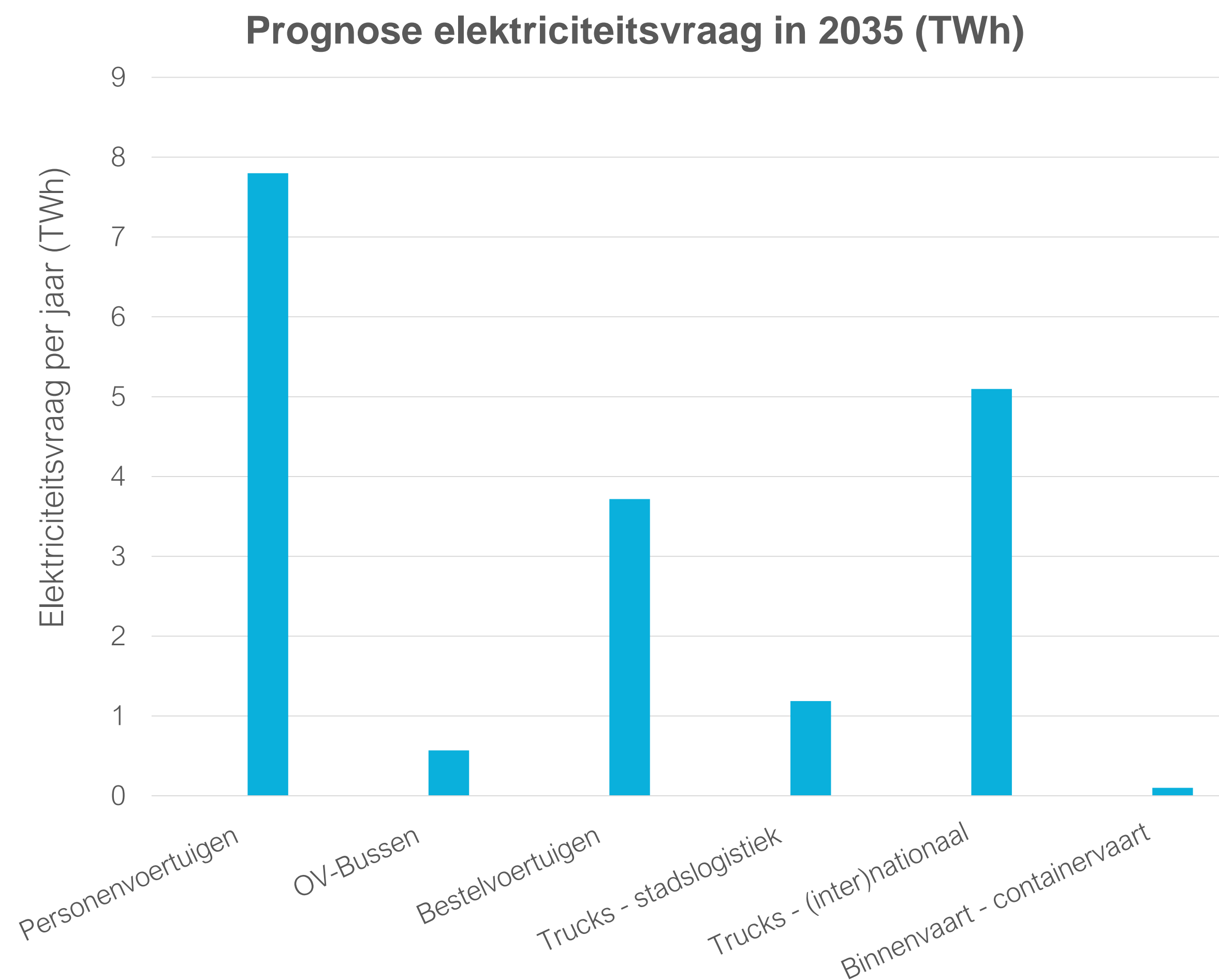
<b>3</b>	Samenvatting alle ElaadNL Outlooks
<b>4</b>	Inleiding
<b>5</b>	Marktontwikkelingen
<b>7</b>	Casestudie
<b>8</b>	Groeiscenario's
<b>9</b>	Laadlocaties
<b>11</b>	Aandachtspunten
<b>12</b>	Conclusie
<b>13</b>	Referentielijst
<b>14</b>	Bijlage 1: De binnenvaartsector
<b>15</b>	Bijlage 2: Karakteristieken van de vloot
<b>16</b>	Bijlage 3: <b>Alternatieve energiedragers</b>
<b>17</b>	Bijlage 4: Total Cost of Ownership batterijcontainers
<b>18</b>	Bijlage 5: Aannames groeiscenario's
<b>19</b>	Bijlage 6: Vervoersintensiteit containerterminals
<b>20</b>	Bijlage 7: <b>Bepaling kansrijkheid per locatie</b>
<b>21</b>	Bijlage 8: Laadprofielen
<b>22</b>	Colofon

# Samenvatting alle ElaadNL Outlooks

## Elektriciteitsvraag per modaliteit

In onderstaande tabel en de grafiek hiernaast is de elektriciteitsvraag per modaliteit weergegeven op basis van de uitkomsten van alle ElaadNL Outlooks tot nu toe. Ter vergelijking: de totale elektriciteitsvraag in Nederland bedraagt nu ongeveer 113 TWh ([CBS, 2020](#)). U kunt alle voorgaande Outlooks teruglezen door op de link in de kolom 'soort' te klikken. U kunt ook onze [overzichtspagina](#) bezoeken.

Soort	Huidig aandeel e- voertuigen*	Prognoses ElaadNL Outlook 2035 (midden scenario)		
		Aandeel e-voertuigen	Aantal e-voertuigen	Elektriciteitsvraag (TWh) per jaar
<a href="#">Personenauto's</a>	2,2%	35%	3.000.000	7,8
<a href="#">OV-bussen</a>	17,8%	95%	4.700	0,6
<a href="#">Bestelvoertuigen</a>	1,7%	61%	618.600	3,7
<a href="#">Trucks - stadslogistiek</a>	0,5%	83%	25.000	1,2
<a href="#">Trucks - (inter)nationaal</a>	0%	42%	48.500	4,9
<a href="#">Binnenvaart - containervaart</a>	0%	51%	97	0,1
<a href="#">Bouwmaterieel</a>	Volgt in ElaadNL Outlook januari 2021			



\* Gebaseerd op cijfers van de RVO.



## Elektrisch varen bij het vervoeren van goederen

De energietransitie is in volle gang. Nieuwe ontwikkelingen en nieuwe manieren waarop met energie wordt omgegaan hebben impact op het elektriciteitsnet en op de werkzaamheden van de netbeheerder. Ook op het gebied van elektrisch vervoer komt er in de komende jaren veel op de netbeheerders af.

ElaadNL publiceert daarom ieder kwartaal een Outlook, waarin steeds een onderwerp wordt uitgelicht. Welke ontwikkelingen zijn er, hoe snel gaan ze, waar vinden ze plaats, wat is de vermogensvraag en wat drijft de klant? Door onderzoeken, analyses en gesprekken met experts en de markt wordt inzichtelijk gemaakt welke mogelijke scenario's er kunnen plaatsvinden. Dergelijke scenariostudies kunnen inzicht en houvast bieden voor de netbeheerders, een kader scheppen en mogelijke verbeterpunten aanreiken om de energietransitie in goede banen te leiden.

De editie van dit kwartaal staat in het teken van de binnenvaartschepen die goederen over de binnenwateren in Nederland vervoeren. Op basis van de eerste inzichten is besloten om de Outlook op een andere manier vorm te geven dan voorgaande edities. De horizon voor het elektrisch varen op grote schaal ligt verder weg in de toekomst in vergelijking tot bijvoorbeeld het wegtransport. De transitie naar een duurzaam alternatief is mede door de hoge vermogensvraag van de schepen uitdagend. Daarnaast bevinden ontwikkelingen zich in de testfase waardoor beproeving nog niet heeft plaatsgevonden en er nog weinig praktijkervaring is. Op basis van vaarprofiel en aanpassingen aan het huidige systeem is de containervaart geïdentificeerd als de meest kansrijke goederenvaart om op korte termijn elektrisch te gaan varen. In deze Outlook is daarom gekozen om het elektrisch varen van containerschepen als casestudie te analyseren.

In de Outlook zal er allereerst aandacht worden gegeven aan de karakteristieken van de markt om vervolgens deze inzichten te vertalen naar verschillende groeiscenario's van de elektrische binnenvaart. Aan de hand van de scenario's worden verwachte laadlocaties en benodigde laadvermogens in kaart gebracht. Er wordt afgesloten met een aantal punten van aandacht voor de netbeheerders en andere partijen in de sector.

In de analyse is walstroom voor binnenvaartschepen buiten beschouwing gelaten. Uit interviews kwam naar voren dat walstroom voorlopig alleen ingezet gaat worden ter vervanging van de dieselgeneratoren die gebruikt worden als het schip stilligt.



# Marktontwikkelingen

## Vervoerscijfers

### De binnenvaartondernemer

Een groot deel van de binnenvaartondernemers heeft één schip, waarbij voor een groot deel van de schippers het schip ook dienst doet als huis. De grote hoeveelheid aan éénpitters heeft tot gevolg dat de markt versnipperd is en het voortouw op het gebied van technische ontwikkelingen vanuit de grotere ondernemers dient te komen. Een schip gaat gemiddeld zo'n 40 tot 60 jaar mee, met flinke uitschieters naar boven. Gedurende de totale levensduur van het schip zal het om de 15 à 20 jaar voorzien worden van een nieuwe motorisering. Het vervangen van de motorisering is voor de binnenvaartondernemer een moment waarop gekozen kan worden voor een alternatieve aandrijving. In bijlage 1 staat een uitgebreidere beschrijving van de verschillende marktspelers in de binnenvaart.

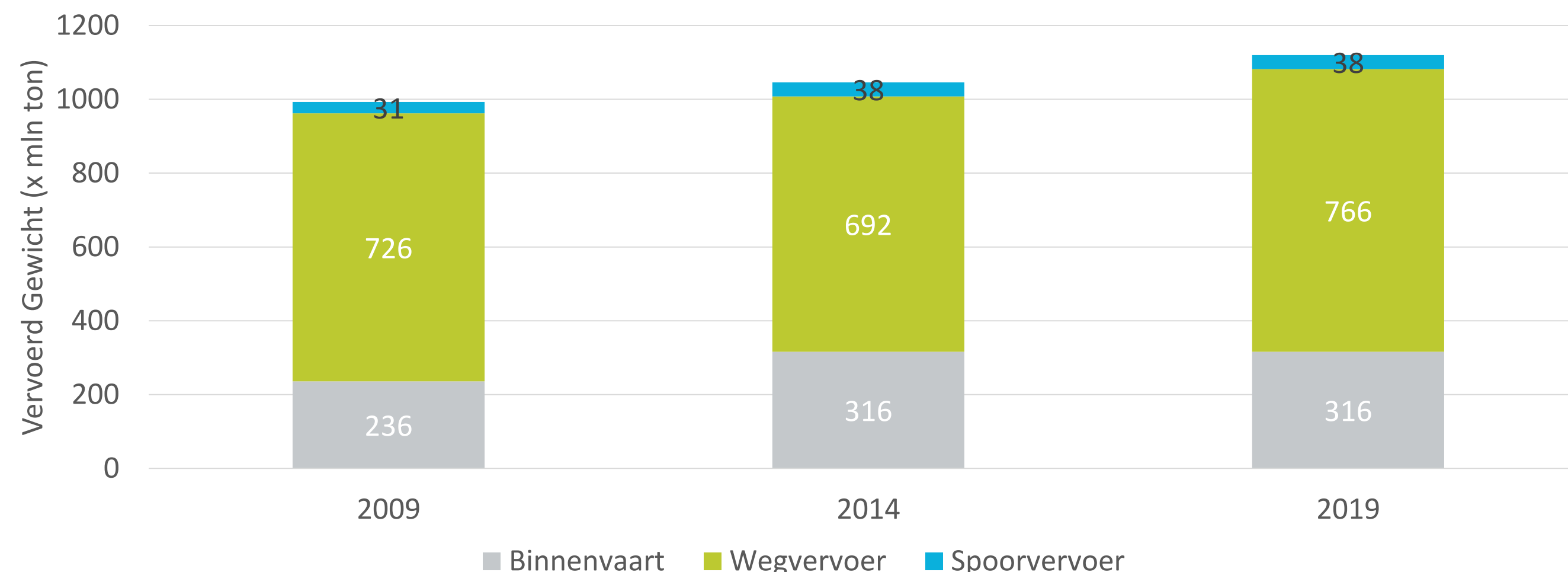
### Modaliteiten

De binnenvaart wordt in veel gevallen beschreven als een zeer efficiënte vervoersmethode. Een binnenvaartschip stoot per tonkilometer (vervoerseenheden die gewicht en afstand combineert) minder CO<sub>2</sub> uit dan een vrachtwagen [1]. Het aantal actieve binnenvaartschepen ligt de afgelopen jaren rond de 5000, maar de exacte aantallen verschillen per bron (zie bijlage 2). Het totale vrachtvervoer in de binnenvaart is de laatste jaren redelijk stabiel, terwijl het wegvervoer de afgelopen jaren licht groeit. Een trend die aangeeft dat de gewenste transitie van weg naar water (modal shift) nog niet doorzet. De lage waterstanden de afgelopen jaren zouden hieraan ten grondslag kunnen liggen en tevens een 'reverse' modal shift kunnen veroorzaken op termijn.

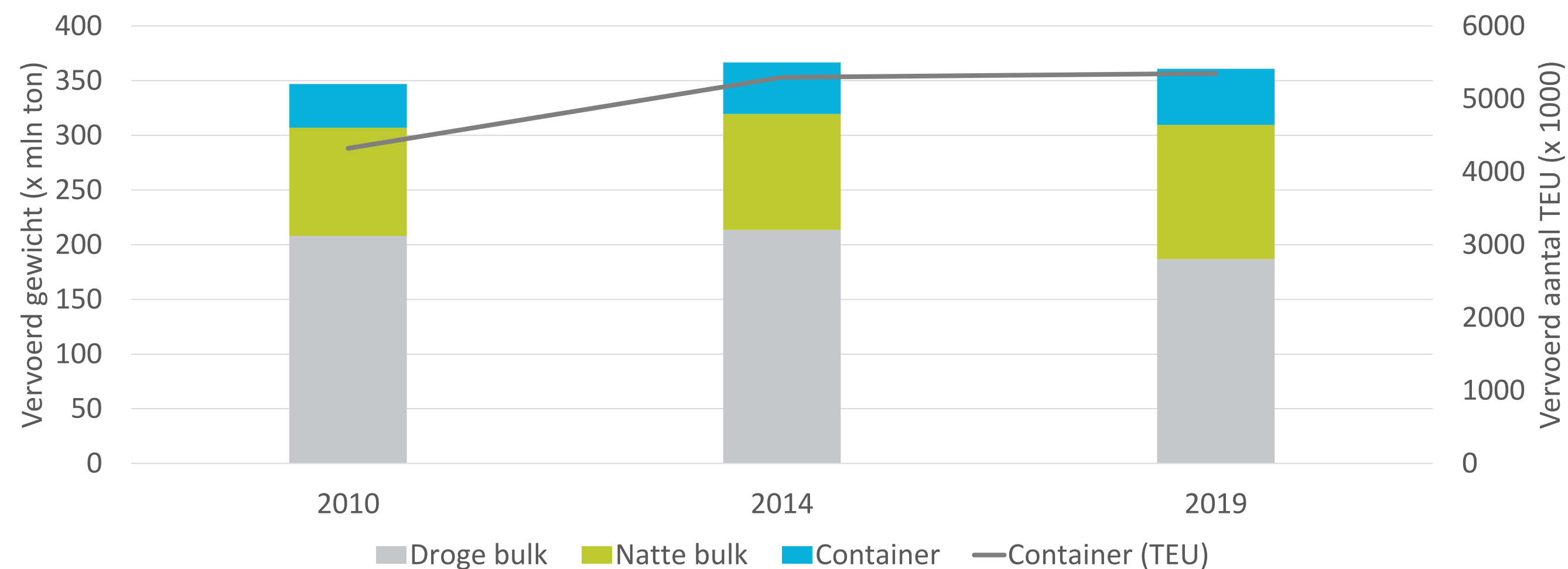
### Vervoersstromen

Het type goederen dat door de binnenvaart vervoerd wordt kan worden ingedeeld in droge bulk, natte bulk en containers. In de figuur rechtsonder is weergegeven hoe de verhouding van de goederen die door de binnenvaart in Nederland vervoerd zijn zich de afgelopen jaren heeft ontwikkeld. Verwachtingen laten zien dat het totaal aantal ton aan goederen de komende jaren licht zal groeien, maar dat markten zoals kolen en aardolieproducten op termijn zullen verminderen. Daarentegen lijkt het vervoer van containers en chemieproducten de komende jaren te stijgen [2]. De droge bulk betreft het grootste deel van de vervoerde ladingsoort en is een verzameling van verschillende type goederen, onder andere containers.

Vervoerd gewicht naar modaliteit in Nederland [3]



Vervoerd gewicht naar ladingsoort [4]





# Marktontwikkelingen

## Van diesel naar duurzaam

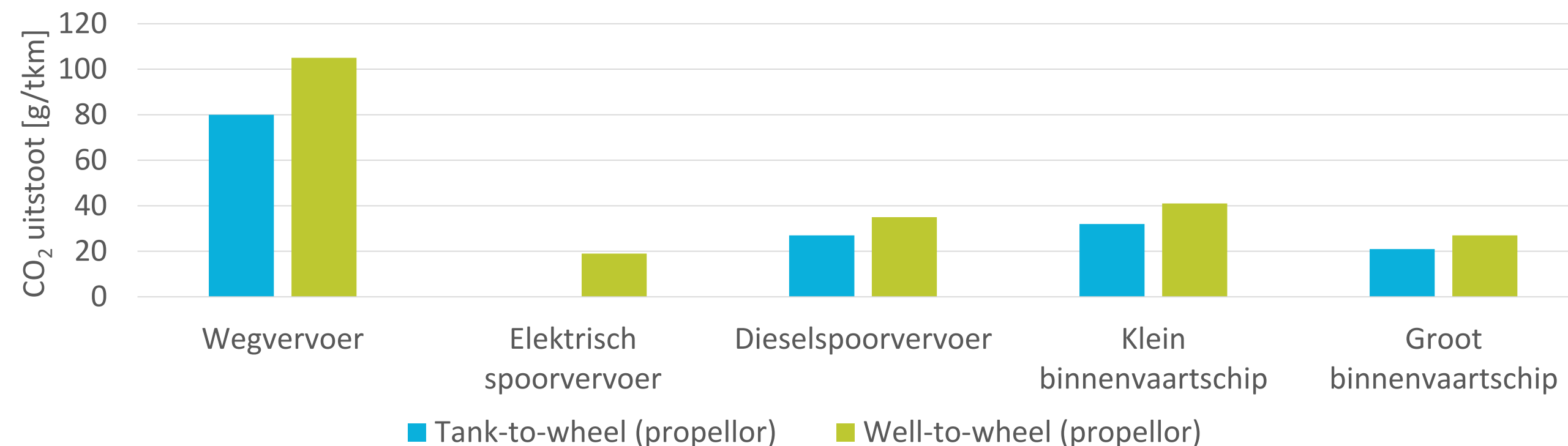
### Regelgeving

De binnenvaart wil het bestaande voordeel op efficiëntie en uitstoot behouden ten opzichte van weg- en spoorvervoer. Zoals de figuur hiernaast laat zien, heeft de binnenvaart nog een groot voordeel op wegvervoer. In de binnenvaart ontbreekt het echter nog aan prikkels en sturende maatregelen om de transitie naar een duurzame aandrijving te stimuleren. In de Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens zijn doelen afgesproken die de binnenvaart richting Zero Emissie moeten leiden. De CO<sub>2</sub>-uitstoot moet in 2030 40% lager zijn dan in 2015 en de emissie van milieuverontreinigende stoffen 35% lager in 2035. In 2030 moeten 150 schepen een Zero Emissie aandrijflijn hebben, met 2050 als punt op de horizon om een nagenoeg emissievrije binnenvaart gerealiseerd te hebben<sup>[5]</sup>. De overheid heeft verschillende budgetten beschikbaar gesteld om de sector op gang te helpen, voortkomend uit onder andere de stikstofproblematiek. Op Europees niveau kijkt men op termijn naar eventuele toevoeging van de binnenvaart aan het Emission Trading System (ETS), waar CO<sub>2</sub> uitstoot per ton beprijsd zal worden, zoals momenteel al het geval is voor de zware industrie.

### Huidige initiatieven

Uit diverse interviews is opgemaakt dat een vijftigtal binnenvaartondernemers een schip door nieuw- of ombouw voorzien hebben van een modulaair systeem waarbij de schroefas wordt aangedreven door een elektromotor voorzien van elektriciteit door een krachtbron. Nu is dat vaak nog een dieselgenerator, maar op termijn moet een duurzame energiedrager worden gebruikt. Vooralsnog is er geen enkel binnenvaartschip dat volledig *zero emissie* rondvaart. Een voorbeeld van een schip met een modulaire aandrijving is de *Sendo Mare* op de afbeelding rechtsonder. Er zijn gesubsidieerde pilots met verschillende alternatieve energiedragers zoals batterijen, waterstof en ammonia<sup>[6]</sup>. De keuze voor een alternatieve krachtbron moet worden bepaald aan de hand van het vaarprofiel (afstand en vermogen), type vracht en scheepstype. Echter, het ontbreken van een roadmap per energiedrager (zie bijlage 3) versterkt de onzekerheid en vertraagt de transitie. Momenteel lijkt een modulaair systeem een passende oplossing waarbij de keuzevrijheid voor een type toekomstige energiedrager nog blijft bestaan. Parallel hieraan wordt er onder andere gewerkt aan een labelsysteem voor schepen om inzicht te geven in de duurzame prestatie van een schip. Daarnaast werken verschillende partijen samen om door middel van lange termijn contracten de investering in de duurzame aandrijving bereikbaarder te maken voor de binnenvaartondernemer. Vooralsnog lijkt een haalbare business case in veel gevallen onmogelijk.

CO<sub>2</sub> uitstoot gram per tonkilometer containervervoer per modaliteit <sup>[2]</sup>



© Sendo Shipping



# Casestudie

## Containervaart gaat elektrisch

### Containervaart

Voor het varen met batterijcontainers leent de containervaart zich om een aantal praktische redenen het meest. De containervaart heeft doorgaans contracten voor langere tijd en vaart over het algemeen korte en vaste trajecten. Dit zijn factoren die gunstig zijn voor een financiering. Daarnaast zijn er op het schip geen grote aanpassingen nodig om de containers te kunnen plaatsen en kunnen de containers bij de terminals middels de aanwezige kranen makkelijk van dek worden gehaald.

### Batterijcontainers

Batterij-elektrische vaart lijkt op dit moment een van de belangrijkste kandidaten om de binnenvaart duurzamer te laten varen. Zero Emission Services (ZES) is een consortium dat bestaat uit: Port of Rotterdam, ENGIE, Wartsilä en ING. ZES gaat de binnenvaartsector voorzien van batterijcontainers waarbij de ondernemer per verbruikte kWh betaalt. De ondernemer hoeft dus niet zelf te investeren in de batterijen maar slechts in de aanpassingen van het schip, o.a. de elektrische aandrijving. Een andere speler in de markt, SKOON, gebruikt ook containers met batterijen. Beide batterijsystemen zijn *open source* ontworpen. Afhankelijk van het type batterijcontainer varieert de opslagcapaciteit van een batterijcontainer tussen de 1 en 2 MWh, waarmee 2,5 tot 5 uur kan worden gevaren. Dit komt neer op ongeveer 50 km actieradius per container. Het aantal batterijcontainers op een schip zal vooralsnog op een maximum van twee liggen, in verband met aansluitingen op het schip. Op termijn zou de batterijcapaciteit per container vergroot kunnen worden of kan de elektrische aandrijflijn gevoed worden door containers met een andere energiedrager. Voor natte en droge bulk geldt dat de praktische toepassing van batterijcontainers gecompliceerder is, waardoor initiatieven en pilots voor dat type schepen nog uitblijven. Aan de hand van alle bovenstaande factoren is gekozen om containervaart in deze Outlook verder uit te werken.

### Systeem en aansluitingen

De batterijcontainers van ZES zullen op de terminals gaan laden middels een hiervoor ontworpen 2 MW-dockingstation met een eigen netaansluiting. De batterijcontainers kunnen met maximaal met 1 MW laden en ontladen. Het dockingstation kan twee containers tegelijk binnen twee uur opladen. Voor de containers van SKOON maakt men gebruik van IEC-aansluitingen om de containers te laden. Aangezien er ook op het schip aanpassingen nodig zijn zal nog een slag qua standaardisatie in aansluitingen en protocollen geslagen moeten worden om het binnen de gehele binnenvaartmarkt uit te kunnen rollen.



© Zero Emission Services



© SKOON energy



# Groei-scenario's

## Containerschepen in de binnenvaart

Zoals andere modaliteiten in de logistiek is ook voor de binnenvaart de Total Cost of Ownership (TCO, zie bijlage 4) een cruciale factor in de verduurzaming. Het moment van cost parity is afhankelijk van meerdere factoren. Op basis van een aantal beïnvloedingsfactoren (zie bijlage 5) zijn drie scenario's berekend voor de groei van het aantal containerschepen met een modulaire aandrijflijn die mogelijkheid hebben om batterijcontainers als energiedrager te gebruiken.

### Hoog

De komst van ZES heeft de sector wakker geschud en maakt het voor een groot deel van containervloot mogelijk om middels batterijcontainers te varen. Laadinfrastructuur op de verschillende terminals wordt snel uitgerold met een landelijke dekking. Door middel van actief beleid in de vorm van subsidiering en Europese CO<sub>2</sub> belasting worden ondernemers gestimuleerd om over te gaan naar een modulaire aandrijflijn. Met als resultaat dat er al kort na 2025 een omslagpunt in de TCO ontstaat. Richting 2035 blijft ook de batterijcapaciteit verder groeien waardoor de actieradius met twee batterijcontainers richting de 200 km toeneemt. Hierdoor worden ook terminals in het buitenland bereikbaar. In dit scenario zou het goed mogelijk zijn dat ook schepen die voornamelijk andere goederen vervoeren ook gebruik gaan maken van de batterijcontainer.

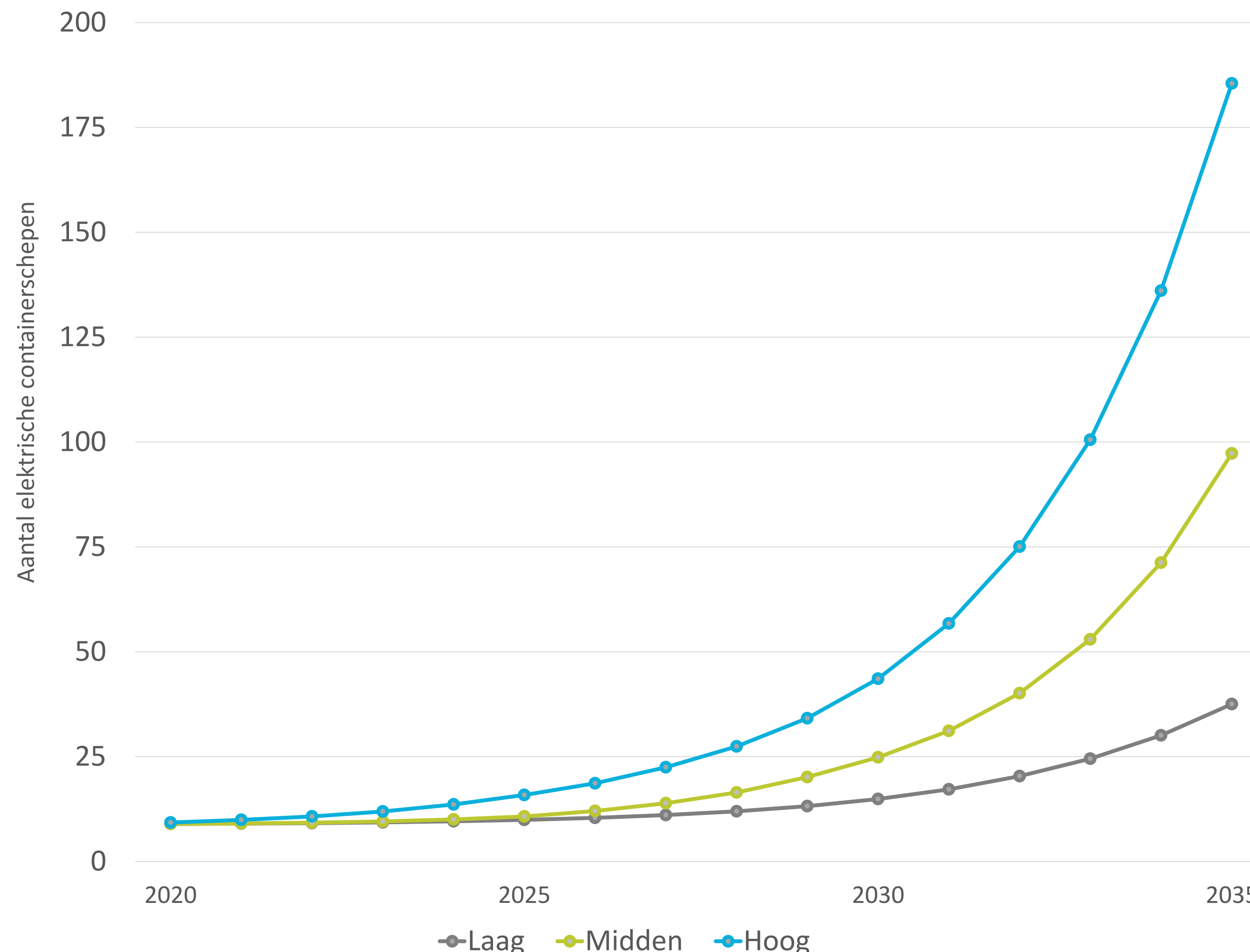
### Midden

Het varen met een modulaire aandrijflijn neemt toe waardoor het overgrote deel van de containerschepen in 2035 hiermee uitgerust is. De relatief snelle omslag is het resultaat van subsidiering in de investering van een duurzame aandrijflijn en wordt het verschil in brandstofprijs tussen diesel en elektriciteit op termijn verkleind. Hierdoor komt het omslagpunt in TCO in zicht rond 2030 waardoor binnenvaartondernemers met het toekomstbeeld al voor 2030 verleid worden om de overgang te maken. De batterijprijzen nemen gestaag af waardoor de actieradius met twee containers toeneemt tot maximaal 150 km.

### Laag

Het varen op batterijcontainers blijft relatief beperkt. De ombouw naar een modulaire aandrijflijn blijft voor veel binnenvaartondernemers nog te duur en de onzekerheid in keuze voor de lange termijn zorgt ervoor dat de schipper blijft bij het vertrouwde. Tevens is er geen actief beleid op landelijk of Europees niveau die onder andere het prijsverschil tussen diesel en elektriciteit kan dichten. Met als gevolg dat het omslagpunt qua kosten pas na 2035 ligt.

Groei-scenario's elektrische containerschepen





## Havens en containervervoer in Nederland

### Havens en terminals

Nederland telt ongeveer 250 havens waar een binnenvaartschip goederen kan laden en lossen, hiervan zijn 52 havens specifiek ingericht voor het laden en lossen van containergoederen. In deze studie zijn er in totaal 72 verschillende container terminals geanalyseerd in 40 gemeenten. Een belangrijk gegeven is dat een haven meerdere terminals kan huisvesten. Neem als voorbeeld het havengebied van Rotterdam waar 16 terminals geïdentificeerd zijn. Iedere containerterminal vervult een hub-functie en zijn niet de eindbestemming van de vracht. Via de terminals worden de goederen overgeslagen op andere modaliteiten, afhankelijk van de ligging kan dit per spoor en/of vrachtwagen zijn. Terminals in Rotterdam, Amsterdam en Vlissingen vervullen de rol als internationale hub, waar containers via zee worden aangevoerd. Vervolgens worden de goederen overgeslagen naar de binnenvaart en vervoerd naar de nationale hubs, zoals Tilburg en Nijmegen, of over de grens richting Antwerpen of Duisburg.

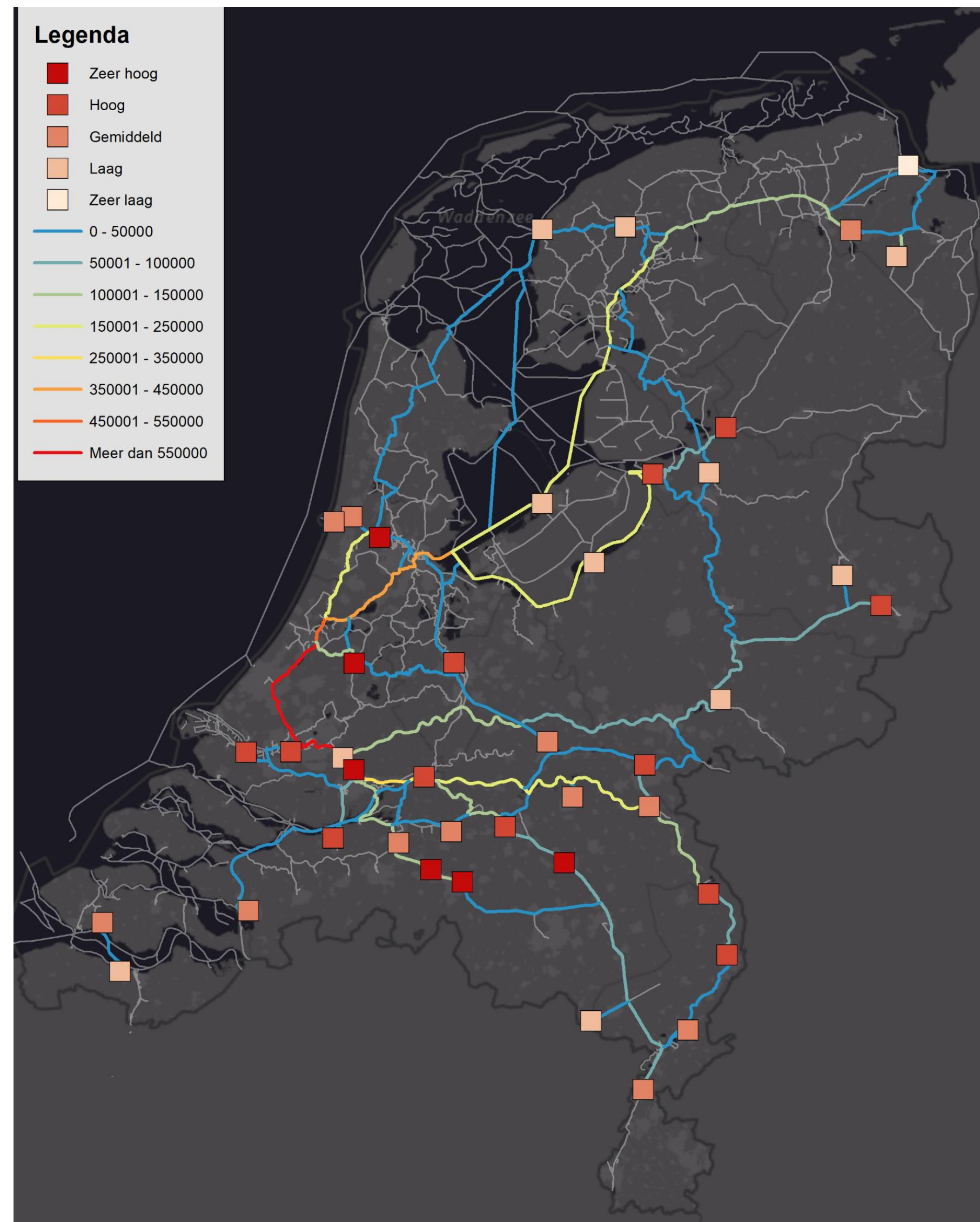
### Containervervoer binnen Nederland

De hoogste frequentie aan containervaarten vindt plaats tussen Tilburg en Rotterdam. Het containervervoer wordt gekenmerkt door overwegend vaste verbindingen tussen terminals. Per dag of week kan er meerdere keren op en neer tussen twee terminals gevaren worden. In het figuur hiernaast is per gemeente het totale vervoerd ladinggewicht aan containers in kiloton inzichtelijk gemaakt. Binnen Nederland is Rotterdam voor de het gros van de goederen startpunt. Vanuit Rotterdam vertrekt meer dan 50% van al het containervervoer dat vervolgens elders een bestemming in Nederland vindt. In bijlage 6 staat een overzicht van de vervoersintensiteit tussen verschillende containerterminals in Nederland.

### Vaarwegen

In Nederland is de Rijn de belangrijkste verkeersader, die naast de aansluiting naar Duitsland ook aangesloten is op diverse andere rivieren en kanalen om zo delen van Midden- en Zuid-Nederland bereikbaar te maken. In de lijn van Noord naar Zuid en vice versa vormt het traject Amsterdam, Rotterdam en Antwerpen (kortweg ARA) een belangrijke in het vervoer in de richting van Antwerpen en delen van Noord-Nederland.

## Vervoersintensiteit containers tussen havens in 2018





# Laadlocaties

## Bepaling laadvermogens

### Laadvermogens

De flexibiliteit die de batterijcontainers hebben zorgen ervoor dat de aansluitvermogens relatief beperkt zijn. Echter, in de praktijk kunnen de vermogens hoger uitvallen door de inzet voor andere toepassingen, zoals voor het laden van elektrisch materieel dat bij de terminal komt (zoals trucks en reachstackers), tijdelijke inzet van containers elders enzovoort. Voor de benodigde aansluitvermogens in deze Outlook is de volgende verdeelsleutel gebruikt:

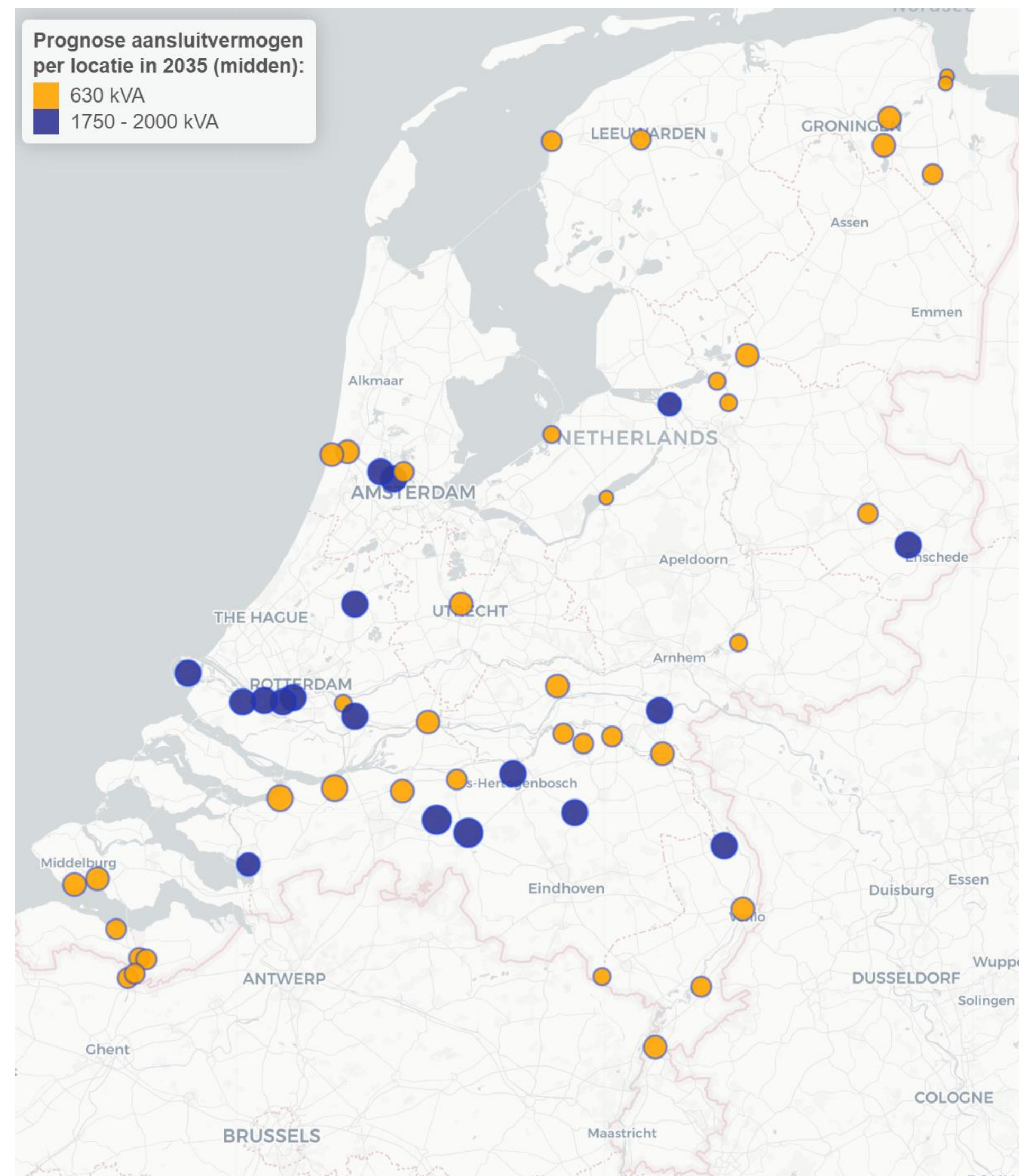
- 1 -2 containerschepen per dag: tot 630kVA
- 3 -7 containerschepen per dag: tot 1750kVA/2000kVA\*
- Aansluitvermogens verschillen per netbeheerder

### Kansrijkheid laadinfrastructuur

Uit binnenvaartdata afkomstig van Rijkswaterstaat uit 2018 is de spreiding van aankomsten- en vertrekken van containerschepen per haven vastgesteld. Er is per havenlocatie een inschatting gemaakt op de kansrijkheid van laadinfrastructuur voor batterijcontainers op basis van een aantal indicatoren. Uitgaande van het feit dat er bij de elektrificatie van de containervloot een vermogensvraag van zowel aankomende en vertrekkende schepen verwacht kan worden. Data rondom aankomende- en vertrekkende containervaarten vormde daarbij de basis van de kansrijkeheidsbepaling. In bijlage 7 is een nadere toelichting te vinden op het tot stand komen van de kansrijkheid. Aan de hand van het aantal elektrische schepen in 2035 volgens het midden scenario is het figuur hiernaast tot stand gekomen. Waarbij er onderscheid is gemaakt tussen een label voor een laag en hoog aansluitvermogen aan de hand van de beschreven verdeelsleutel.

De figuur laat zien dat met name in de internationale havens meerdere dicht op elkaar geplaatste containerterminals een mogelijke vermogensvraag gaan creëren. De haven van Rotterdam springt eruit als één van de gebieden waar bij meerdere containerterminals een vermogensvraag zou kunnen uitstaan. Ook in Noord-Brabant (met name langs de Maas) zijn een flink aantal container terminals, alsook in Zeeland. Het aansluitvermogen ligt bij die terminals vaak lager doordat er veel minder containerschepen per dag komen.

## Prognose aansluitvermogen per container terminal in 2035





# Aandachtspunten

## **Een duw in de rug**

De binnenvaartsector is traditioneel van aard en wordt gekenmerkt door een groot aantal éénpitters. Om iedere binnenvaartschipper duurzaam te laten varen is er beeldvorming nodig die de markt kan overtuigen en inspireren bij het maken van de juiste keuze. Hierin is een belangrijke rol weggelegd voor verladers, die kunnen zorgen voor een vraag in de markt naar duurzaam transport en daarmee voor een stroomversnelling. Zonder een vraag in markt is het voor de binnenvaartondernemer bijna onmogelijk om een sluitende businesscase te creëren.

## **Laadlocaties**

De elektrificatie van (container)schepen lijkt financieel interessanter te worden naarmate er meer schepen op een route elektrisch gaan varen. Per schip zijn er relatief minder dockingstations en batterijcontainers nodig als het volume toeneemt (zie bijlage 8). Daarnaast kan het feit dat één of meerdere schepen op een traject elektrisch gaan varen zorgen voor een stroomversnelling bij andere partijen. Voornamelijk door het feit dat er infrastructuur op een traject beschikbaar is waardoor de drempel lager wordt.

Terminals zijn een samenkomst van modaliteiten. Containers worden hier overgeladen op vrachtwagens en soms op goederentreinen. Het is mogelijk de laadlocaties voor containerschepen ook in te zetten voor het laden van elektrische vrachtwagens. Dit kan de business case op termijn versterken door dubbel gebruik van de netaansluiting en een deel van de benodigde elektronica. Voor de vermogens in deze Outlook is het extra verbruik hiervoor op de aansluiting buiten beschouwing gelaten.

Er ligt voor zowel betrokken bedrijven als regionale netbeheerder(s) een rol weggelegd om te zorgen dat plannen en ambities zo vroeg mogelijk bekend zijn. De terminal is hierin een belangrijke schakel, die inzicht kan verschaffen in de ontwikkelingen bij de schepen die gebruik maken van de terminal. De nieuwbouw of ombouw van een bestaand schip kent een aanloopfase voor het ontwerp en planning variërend van enkele maanden tot een aantal jaar. Als er voor de invoering van een dergelijk schip één of meer nieuwe of zwaardere netaansluitingen nodig zijn, is het advies aan de betrokken bedrijven zo vroeg mogelijk contact op te nemen met de betreffende regionale netbeheerder(s).

Onder andere in de haven van Rotterdam zal er flink geïnvesteerd gaan worden in walstroom aansluitingen met hoge vermogens (met name voor zeeschepen). Vooralsnog wordt er nog niet gekeken naar een samenkomst van laadinfrastructuur en walstroom, die kan zorgen voor een extra duw in de goede richting voor het elektrisch varen.

## **Beleid en standaardisatie**

Met de Green Deal zijn ambities voor Nederland op papier gezet, echter ambities maakt nog geen regelgeving. Juist het ontbreken van regelgeving maakt de keuze voor de binnenvaartschipper moeilijk doordat er geen gelijk speelveld is dat onder andere veroorzaakt wordt door het grote prijsverschil in brandstofkosten. Er ligt een rol voor de overheid om de regie te nemen en te zorgen voor kaders die een duurzame aandrijving mogelijk maken.

In de elektrische binnenvaart ligt er nog een uitdaging op het gebied van standaardisatie van laadsystemen en het ontwerp aan boord. Nederland loopt voorop in de elektrificatie van de binnenvaart en heeft ten opzichte van andere Europese landen een groot aandeel in het vervoer over water. Twee factoren die ervoor kunnen zorgen dat Nederland de standaard neer kan zetten.

## **Behalve containervaart is er meer**

Naast containerschepen zullen op termijn ook schepen die andere goederen vervoeren de omslag kunnen maken. In het geval dat een vaarprofiel gekenmerkt wordt door een relatief korte afstand en hoge vaartfrequentie, is elektrisch varen een reële optie. Het is van belang dat men zich niet blind vaart op containerschepen, maar ook de ontwikkelingen voor andere schepen in de gaten houdt. We verwachten dat de komende jaren pas duidelijk wordt hoe dit type schepen zero-emissie gemaakt kan worden. De resultaten van casestudie kunnen vervolgens als basis gebruikt worden voor de vertaling naar impact. Voor droge en natte bulk zijn laad- en losplaatsen op andere locaties gelokaliseerd dan containerterminals.



# Conclusie

## Technisch mogelijk, maar financieel nog niet aantrekkelijk

De elektrificatie van binnenvaart zit nog in de beginfase waar veel innovatie plaatsvindt, maar grote aantallen nog ontbreken. Vooralsnog is er nog geen enkel in schip in de vaart dat volledig elektrisch vaart. Met het oog op de ambitie zoals in de Green Deal overeengekomen is actie daarin geboden. Versterkt door het feit dat de natuurlijke ombouwmomenten voor een binnenvaartschip slechts één keer in de 15 tot 20 jaar voorkomen.

Onderaan de streep zal de impact voor de netbeheerders de komende jaren dan ook beperkt zijn. De focus ligt vooral op het gebruik van moderne dieselmotoren. De ambitie om te verduurzamen is aanwezig en daarbij zijn meerdere energiedragers een mogelijkheid. De adoptiesnelheid wordt grotendeels bepaald door de technologische ontwikkeling die batterijtechnologie en laadtechnologie zal doormaken. Zodra dit goedkoper wordt, zal het een interessant alternatief kunnen worden voor binnenvaartondernemers. De huidige aandrijvingen zullen steeds vaker modulair worden opgebouwd met elektrische aandrijving en een dieselgenerator. Dat maakt de toekomstige overstap kleiner bij een positieve TCO. Een belangrijke factor is het eventuele beprijzen van CO2 voor de binnenvaart waardoor de kosten voor diesel omhooggaan en bij elektrisch naar beneden. Zonder deze stimulans is het niet te verwachten dat de TCO voor 2030 positief wordt voor het leeuwendeel van de vloot.

De adoptie zal in het eerste geval plaatsvinden bij de containervloot waar een batterijcontainer gebruikt kan worden. Door planbare en relatief korte afstanden is deze oplossing het eerst interessant voor vervoerders. Andere vloten zullen pas later volgen.

De netbeheerders krijgen in totaal te maken met 58 potentiële aansluitingen bij containerterminals (zie tabel hiernaast). Vooralsnog is enkel Zero Emission Services een partij in de markt die laadinfrastructuur voor het laden van batterijcontainers gaat leveren, waardoor systeemeisen overzichtelijk zijn. Door de flexibiliteit die de batterijcontainers bieden kan door middel van load balancing de netimpact relatief beperkt worden. In eerste instantie is de verwachting dat voornamelijk terminals gelegen aan de drukke vaarroutes mogelijke kandidaten zijn om het laden van batterijcontainers te faciliteren. Terminals rondom de haven van Rotterdam en in het midden van Brabant lijken op korte termijn hiervoor kansrijke locaties vanwege de hoge frequentie aan schepen en andere modaliteiten die actief zijn in deze gebieden.

## Prognose aantallen en aansluitvermogens in 2035 (midden scenario)

Netbeheerder	Prognose e-container-schepen	Aandeel per netbeheerder (%)	Prognose type aansluitvermogen containervaart		
			Tot 630 kVA	Tot 1750 / 2000 kVA*	Totaal
Coteq netbeheer	-	-	-	-	-
Enduris	2,2	2,3%	7	-	7
Enexis	46,9	48,2%	21	8	29
Liander	20,5	21,1%	9	4	13
Rendo netwerken	-	-	-	-	-
Stedin	27,7	28,5%	3	6	9
Westland infra	-	-	-	-	-
<b>Prognose totaal</b>	<b>97,3</b>	<b>100%</b>	<b>40</b>	<b>18</b>	<b>58</b>

\*Aansluitvermogens verschillen per netbeheerder



# Referentielijst

## Overzicht van (data)bronnen

### Databronnen

Bron	Informatie:
CBS	Bestuurlijke grenzen 2019 Kerncijfers wijken en buurten
RWS	Basisbestand binnenvaart 2018
VN	United Nations code for trade and transport locations 2020

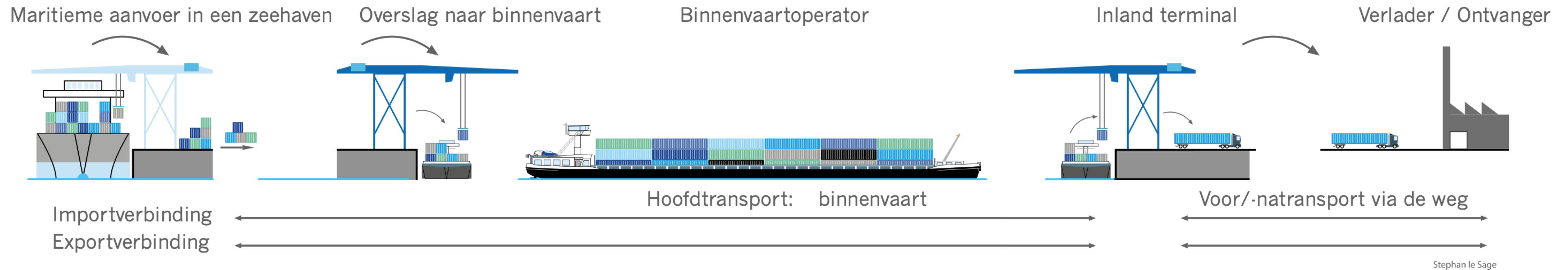
### Referenties in tekst:

- [1] CE Delft: Stream Goederenvervoer 2016
- [2] Panteia: Middellange termijn prognoses voor de binnenvaart; Vervoer in relatie tot Nederland periode 2019 – 2024
- [3] CBS: Goederenvervoer; vervoerwijzen, vervoerstromen van en naar Nederland (2020)
- [4] CBS: Binnenvaart; goederenvervoer, vervoerstream, soort lading (2020)
- [5] C-230: Greendeal Zeevaart, Binnenvaart en Havens (2019)
- [6] EICB: Waterstof in binnenvaart en short sea; een inventarisatie van innovatieprojecten (2020)
- [7] CCR: Marktobservatie 2018 Europese binnenvaart
- [8] Panteia: Versterking marktobservatie binnenvaart; Verkenningen monitor vervoerscapaciteit (2016)
- [9] CBS: Binnenvaartschepen met Nederlandse vlag, 2008-2018
- [10] IVR: Jaarverslag 2018
- [11] CBS: Aantal binnenvaartschepen naar laadvermogen (2008 – 2018)
- [12] TNO: Feasibility study for a zero emission, battery-electric powertrain for the Gouwenaar II (2019)
- [13] <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/> (2020)
- [14] Panteia: Op weg naar klimaatneutrale binnenvaart per 2050; Transitie- en rekenmodel binnenvaart (2019)



# Bijlage I: De binnenvaartsector

## Verskillende rollen in de binnenvaart



© Bureau Voorlichting Binnenvaart

Zoals in de figuur hierboven is weergegeven fungeert de binnenvaart als schakel tussen internationaal en nationaal transport.

Containerterminals: dit zijn plaatsen waar de import of export van de containers plaatsvindt. Grofweg zijn hiervan 2 soorten: containerterminals bij zeehavens (voor overslag aanvoer over zee) en inland containerterminals (lokaal vertrek- of aankomstpunt van de containers).

Binnenvaartoperator: dit is de partij die het transport van goederen in opdracht van verladers uitzet bij verschillende binnenvaartondernemers/schippers .

Binnenvaartondernemer/schipper: de eigenaar van het binnenvaartschip die in opdracht van de binnenvaartoperator het transport uitvoert. Veel binnenvaartondernemers/schippers varen tussen vaste containerterminals.

*Let op: soms worden de rollen van containerterminals, binnenvaartoperators en/of binnenvaartondernemers/schippers uitgevoerd door dezelfde partij.*

Verlader: dit is een partij (over het algemeen in de buurt van een containerterminal) die opdracht verstrekt aan een binnenvaartoperator om goederen van A naar B te laten vervoeren.

Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de vaarwegen. Doordat de laadlocaties van batterijcontainers voor containertransport bij terminals op privaat terrein zijn, is de rol van Rijkswaterstaat bij het faciliteren van laadinfrastructuur voor de binnenvaart beperkt.

Overheid: Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is verantwoordelijk voor de binnenvaart en dus ook voor de verduurzaming ervan. Hierbij hoort onder andere het stellen van kaders, het creëren van een gelijk speelveld en het aanjagen van verduurzaming.

# Bijlage 2: Karakteristieken van de vloot

## Vlootsamenstelling

Binnenvaartschepen kunnen op verschillende manier gecategoriseerd worden. Op marktniveau is er een indeling van schepen naar het type goederen: motorvrachtschepen (droge bulk en containervracht), tankschepen (natte bulk) en duw- en sleepschepen. Binnen deze categorieën kan vervolgens de splitsing op lengte en laadvermogen gemaakt worden middels de RWS- en CEMT-klasse systemen. Het totale aantal schepen onder de Nederlandse vlag verschilt per bron. In 2016 heeft Panteia meerdere bronnen naast elkaar gelegd om een goed beeld te kunnen vormen. Huidige cijfers laten zien dat het totaal ongeveer de 5000 schepen betreft. Het type lading dat een type motorvrachtschip of duwbak vervoert kan niet worden opgemaakt uit beschikbare data. Het komt voor dat een schip zowel containers als zand en grind kan vervoeren en hierin afwisselt.

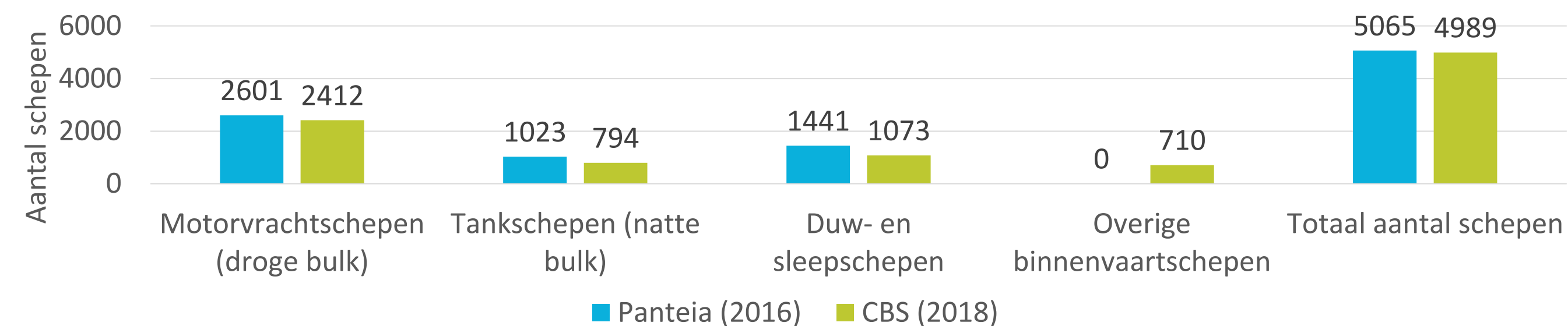
## Laadvermogen

Over het algemeen is de trend dat de totale vloot afneemt. Daarnaast laat het figuur rechtsonder zien dat het aantal schepen met een kleiner laadvermogen de afgelopen jaren afneemt. Terwijl het totale laadvermogen van de vloot ongeveer gelijk blijft, onderbouwd door het feit dat nieuwe binnenvaartschepen op de Nederlandse markt meer laadvermogen hebben <sup>[7]</sup>.

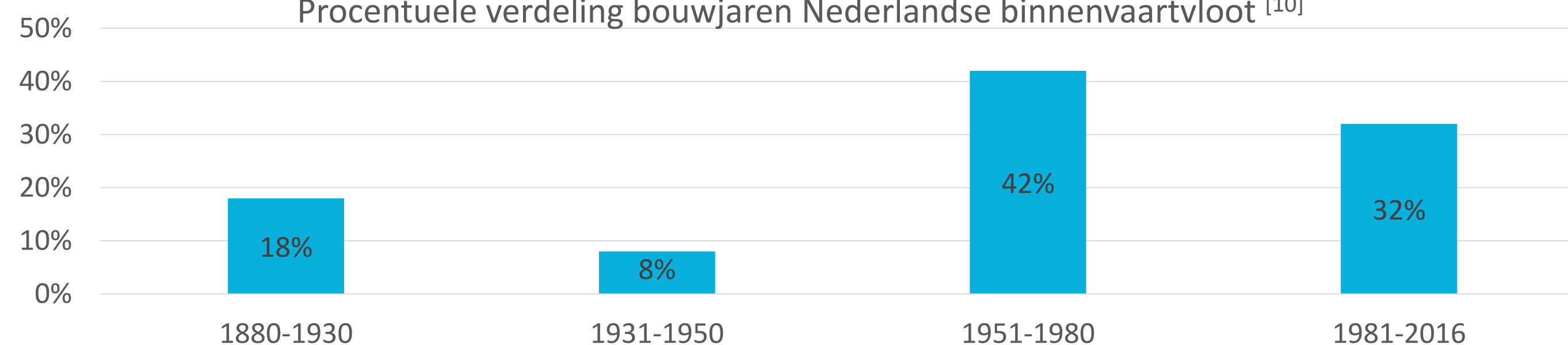
## Vaarprofiel

In de binnenvaart is er een onderscheid in de exploitatiewijze, deze kan variëren tussen de 16, 18 en 24 uur vaartijd per dag. Regelgeving bepaalt hoeveel uur een schip mag varen en uiteindelijk hoe snel een vracht van A naar B kan worden vervoerd. Uit interviews kwam naar voren dat voornamelijk vaste vaarten tussen havens in combinatie met grotere schepen 24 uur ingezet worden. Daarnaast is er een onderscheid te maken tussen vaste vaarten en de spotmarkt. De laatstgenoemde betreft het aanbod van een eenmalige of tijdelijke opdrachten om een lading te vervoeren. Het laden en lossen van goederen duurt tussen de vier tot zes uur en kan verlengd worden door wachttijd, maar kan beïnvloed worden door het type goederen dat door een schip vervoerd wordt.

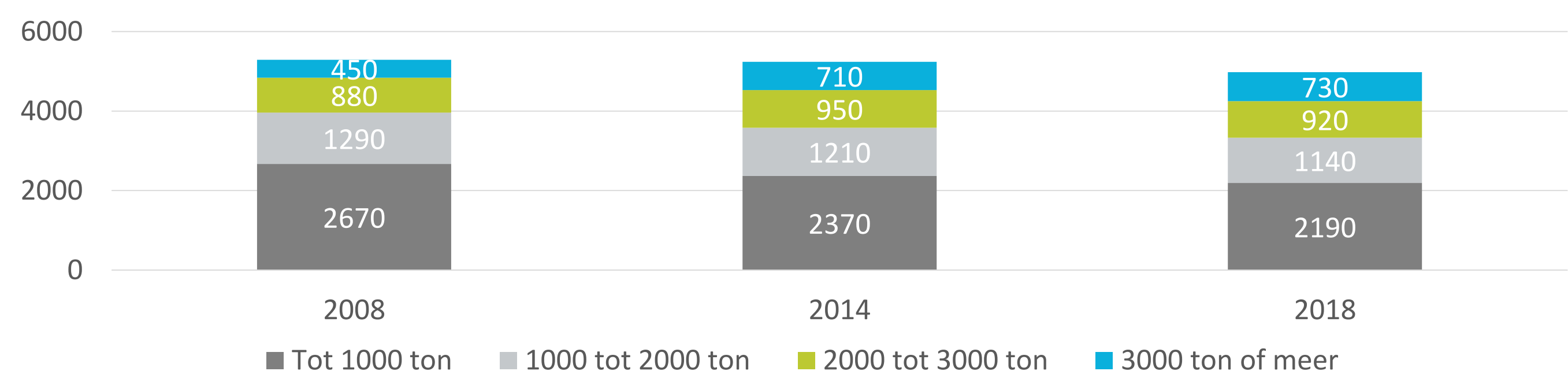
Vlootsamenstelling <sup>[8][9]</sup>



Procentuele verdeling bouwjaren Nederlandse binnenvaartvloot <sup>[10]</sup>



Aantal binnenvaartschepen naar laadvermogen <sup>[11]</sup>





# Bijlage 3: Alternatieve energiedragers in de binnenvaart

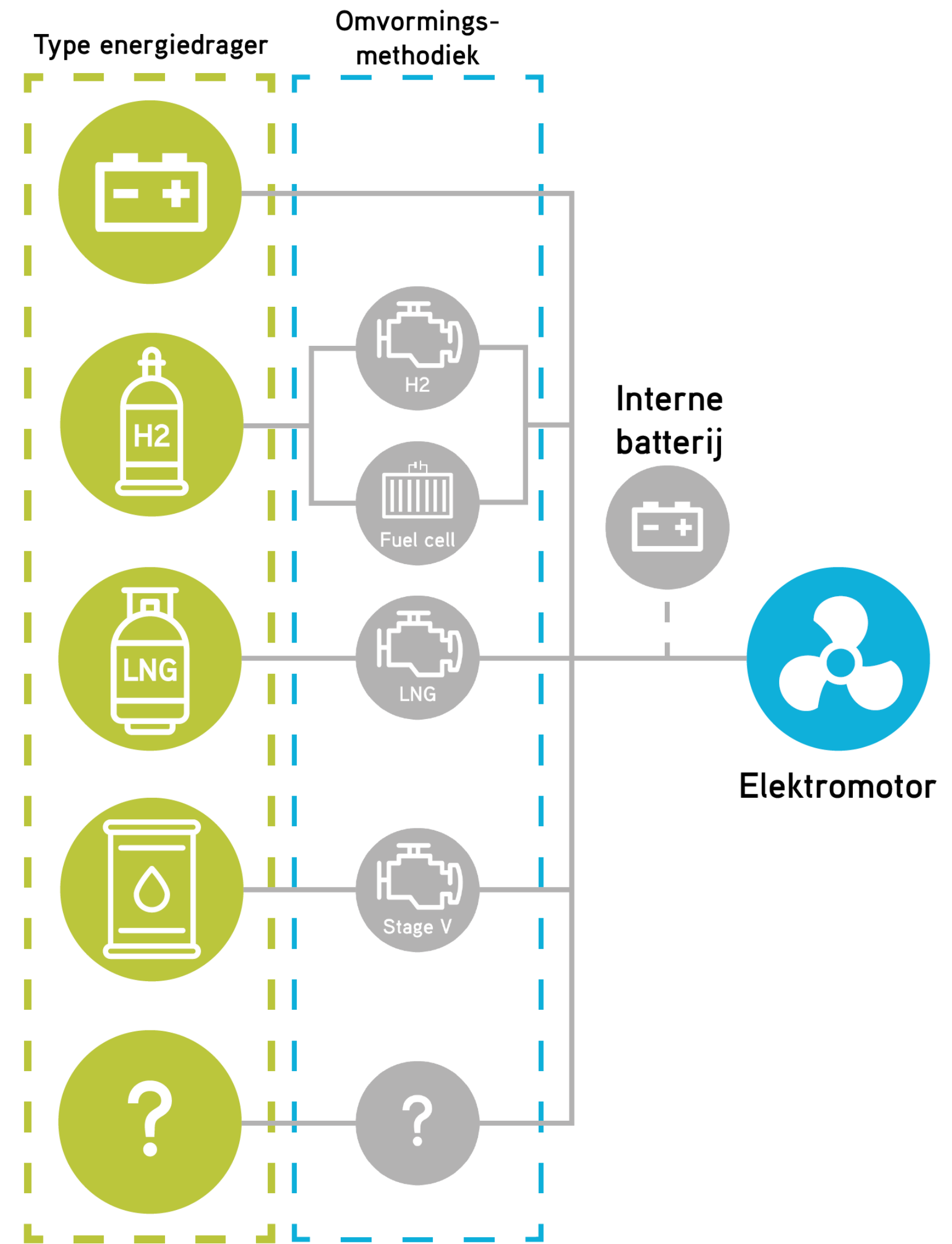
## Verschillende energiedragers

De geschiktheid van een mogelijke energiedrager is afhankelijk van de energiedichtheid en betaalbaarheid van het complete systeem. Neem als voorbeeld de batterijcontainers die een gelimiteerde actieradius hebben en om het systeem uit te rollen om grote investering vragen, maar op termijn door de opschaling concurrerend zouden kunnen worden. Tegelijkertijd zal dit niet voor de gehele vloot de oplossing zijn. Vooral nog lijken ook andere energiedragers op papier potentie te hebben om op schepen ingezet te gaan worden. Op dit moment worden er testen gedaan met de inzet van biobrandstoffen in de vorm van diesel, LNG en HVO als transitiebrandstoffen. Een van de populaire kandidaten is waterstof, als energiedrager voor zowel brandstofcellen als verbrandingsmotoren. De uitdaging voor waterstof zit voornamelijk in de opslagvorm aan boord van het schip in een liquide of compressie vorm. Verderop in de toekomst zou ammonia een rol kunnen gaan spelen. In 2021 zullen de eerste praktijkvaarten met waterstof gaan plaatsvinden.

Volgend jaar staan ook de eerste vaarten van een schip dat middels een Vanadium-Redox Flow-batterij vaart. Dit is een batterij in vloeistofvorm die gekenmerkt wordt door z'n lage energiedichtheid, maar desondanks kansrijk is gezien de omvang van een schip.

## Modulair concept

Het gebrek aan informatie in de betaalbaarheid en inzetbaarheid van potentiële energiedragers in de toekomst maakt de keuze moeilijk. De keuze zal gemaakt moeten worden op basis van vermogensbehoefte. Het modulaire concept van de elektromotor voor de voorstuwing gevoed door een eventuele interne batterij of direct vanuit een krachtbron zoals een brandstofcel, lijkt voornamelijk de toekomst te zijn voor de binnenvaart. Een dergelijk systeem kan een belangrijke rol kan vervullen om de dynamische inzet van schepen te borgen. De container kan hierin een sleutelrol blijven spelen door de inhoud te veranderen en zo het wisselen tussen verschillende behoeftes mogelijk te maken. Het feit dat de havens en terminals ook punten zijn waar andere modaliteiten samenkomen en er een palet aan energiedragers lijkt te gaan ontstaan, maken deze locaties belangrijke potentiële energie-hubs.





# Bijlage 4: Total Cost of Ownership batterijcontainers

## Een gevoeligheidsanalyse

In de casestudie wordt uitgegaan van batterijcontainers die worden aangeboden via een prijs per kWh, ofwel 'energy as a service'. De eigenaar van het schip heeft dan alleen de investeringskosten voor het inbouwen van een elektrische aandrijving en interface voor de batterijcontainer. Of we het financieel aantrekkelijk is voor een vervoerder hangt dan o.a. af van de prijs waarvoor de energie wordt aangeboden. Deze prijs waarvoor men een kWh kan aanbieden blijkt sterk afhankelijk van de kosten van de batterijen in de containers. Op dit moment lukt het nog niet om qua prijs te concurreren met diesel. Het feit dat er op deze diesel (nog) geen belastingen worden geheven draagt hier ook aan bij. In deze gevoeligheidsanalyse bekijken we wat de invloed is van ontwikkelingen in batterijprijs én een eventuele CO<sub>2</sub> heffing.

In deze analyse zijn twee variabelen doorgerekend:

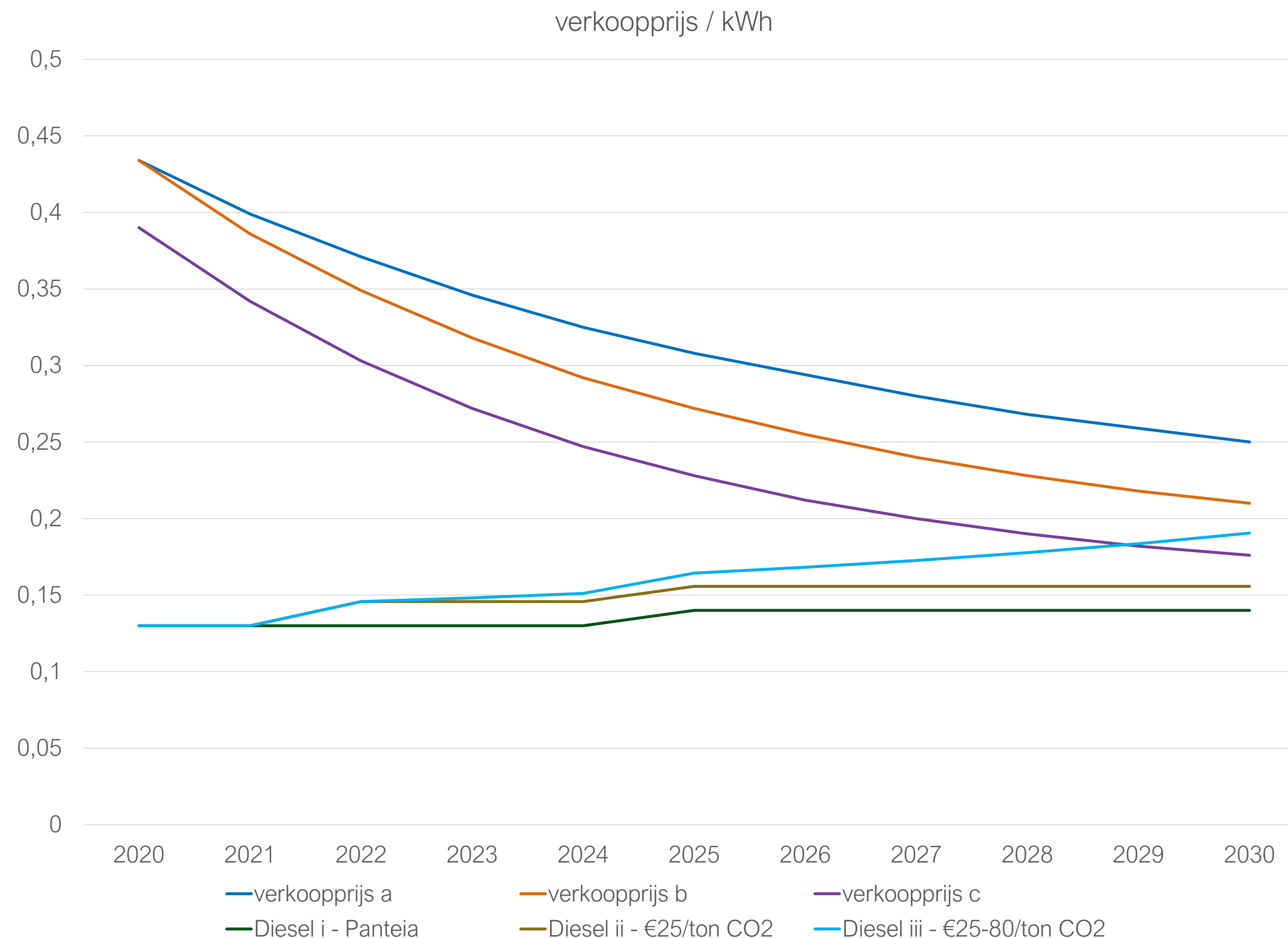
1. Kosten van batterijpakketten
2. De invloed van CO<sub>2</sub>-beprijzing

Voor de kosten van batterijpakketten zijn drie scenario's gekozen:

- a. De prijs per kWh op basis van 5 x de prijs van grootschalig toegepaste automotieve batterijen in 2020, aflopend naar 3,7 x de verwachte prijs voor automotieve batterijen in 2030 <sup>[13]</sup>.
- b. De prijs per kWh op basis van 5 x de prijs van grootschalig toegepaste automotieve batterijen in 2020, aflopend naar 2,2 x de verwachte prijs voor automotieve batterijen in 2030 <sup>[13]</sup>.
- c. De prijs per kWh op basis van 5 x de prijs van grootschalig toegepaste automotieve batterijen in 2020 waarbij de prijs van automotieve batterijen blijft door zakken in dezelfde snelheid van afgelopen 10 jaar (ca. 20% per jaar).

Voor de invloed van CO<sub>2</sub>-beprijzing zijn ook 3 scenario's gekozen, waarbij de prijs per ton CO<sub>2</sub> is doorberekend naar een prijs per liter diesel. Voor een goed vergelijk is de prijs hier omgerekend naar kWh equivalent.

- i. In dit basisscenario is er géén prijs op CO<sub>2</sub> en stijgt de dieselprijs van €0,13/kWh naar €0,14/kWh <sup>[14]</sup>.
- ii. Scenario i + vanaf 2022 een CO<sub>2</sub> prijs van €25 per ton.
- iii. Scenario i + vanaf 2022 een CO<sub>2</sub> prijs van €25 per ton, per jaar oplopend tot een CO<sub>2</sub> prijs van €80 per ton in 2030.





# Bijlage 5: Aannames groeiscenario's

## Aantal containerschepen

Containers worden in de binnenvaart vervoerd door schepen die binnen de categorie droge lading vallen. Een drogeladingschip kan voor meerdere doeleinden ingezet worden, echter voor de studie zijn alleen de schepen interessant waar het grootste deel van de tijd besteed wordt aan het uitvoeren van containervaarten. Aan de hand van het Basisreisbestand Binnenvaart van 2018 van Rijkswaterstaat konden alle vaarten in de binnenvaart in kaart worden gebracht. Door te stellen dat een containerschip minimaal 100 containervaarten per jaar maakt, is er een totaal aantal containerschepen bepaald.

Daarnaast heeft de containervaart de afgelopen jaren een groei meegemaakt en is de verwachting dat deze zich in ieder geval tot 2024 doorzet met 2,2% per jaar <sup>[2]</sup>. In de groeiscenario's is de groei door vertaald in aantal extra containerschepen.

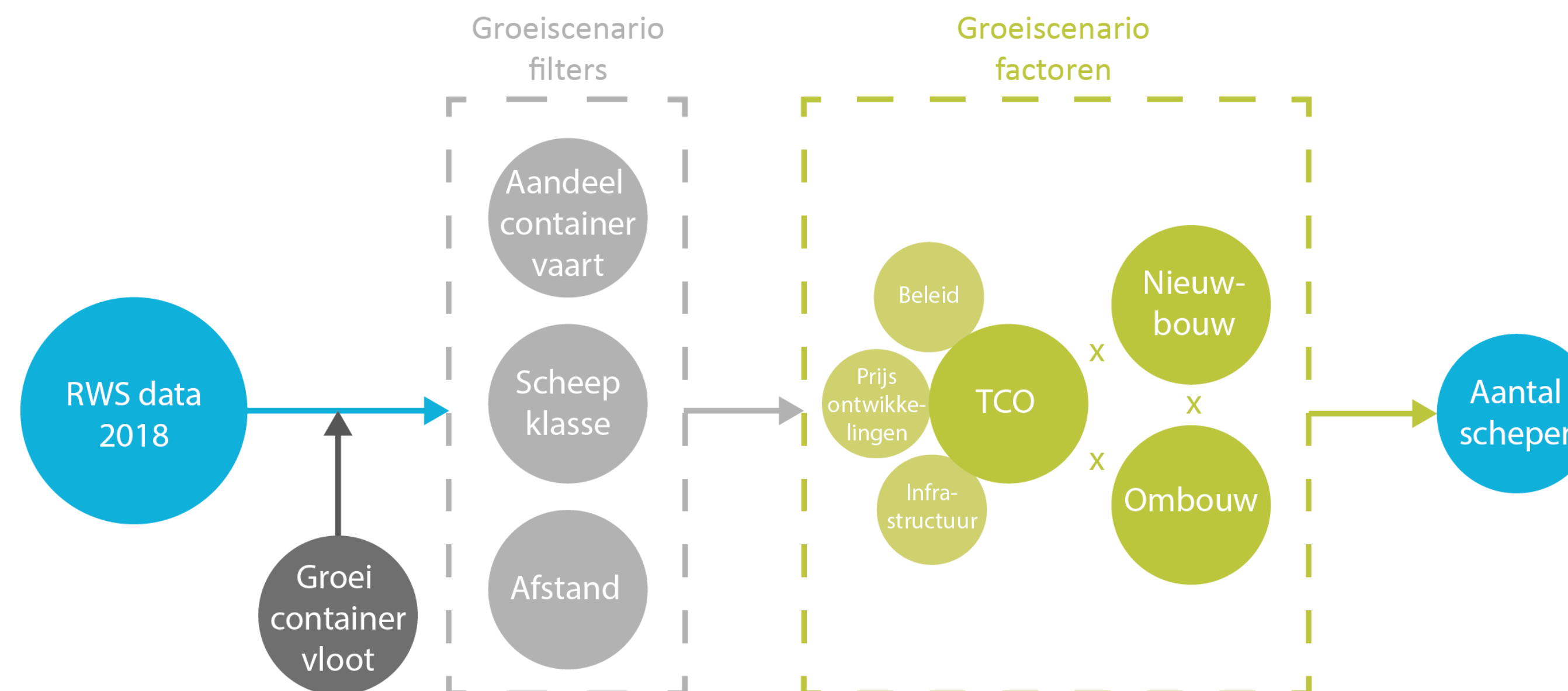
## Modulaire aandrijving

In de totale vloot hebben ca. 50 schepen een modulaire aandrijflijn. De exacte aantallen specifiek voor de containervaart kunnen enkel middels aannames bepaald worden, omdat drogelading schepen voor meerdere doeleinden kunnen worden ingezet. Ervan uitgaande dat het containervervoer 1/8 van de totale vervoersprestatie betreft wordt voor deze casestudie aangenomen dat er nu zes containerschepen met een modulaire aandrijflijn zijn <sup>[4]</sup>.

## Nieuwbouw en ombouw

Het gemiddelde binnenvaartschip gaat relatief lang mee, waardoor de aantallen nieuwbouw schepen over de gehele vloot relatief laag zijn. De afgelopen jaren werden gemiddeld 34 nieuwe schepen per jaar gebouwd, met een afnemende trend. Daarnaast is er een trend naar grotere laadvermogens. Hoewel de schepen lang meegaan, worden de aandrijvingen van de schepen om de 15 à 20 jaar vervangen door nieuwe. Een natuurlijk moment waarop een binnenvaart-ondernemer kan besluiten om te kiezen voor een modulaire aandrijving. De huidige ombouw van schepen naar een modulaire aandrijflijn is op dit moment zéér beperkt. De mate van zowel nieuwbouw als ombouw met een modulaire aandrijflijn wordt beïnvloed door de Total Cost of Ownership (TCO), die op zijn beurt gevoed wordt door omgevingsfactoren zoals brandstofprijzen, investeringskosten, beleid en regelgeving. In de figuur rechtsonder is weergegeven op welke wijze data zijn verwerkt om tot een aantal elektrisch aangedreven schepen te komen.

Afstandsklasse	Aantal container vaarten	Gemiddeld aantal TEU per rit	Gemiddelde vaarafstand (km)	Aandeel vaarten (%)	Aandeel vervoerde containers (%)
< 100 km	8.333	94	75	44%	37%
100 - 150 km	3.217	106	123	17%	16%
150 - 200 km	1.874	151	175	10%	13%
> 200 km	5.543	133	238	29%	34%



# Bijlage 6: Vervoersintensiteit containerterminals

## Inzichten uit Basisreisbestand Binnenvaart

### Omschrijving dataset

Het basisbestand binnenvaart van Rijkswaterstaat bevat alle binnenvaartbewegingen waarbij het begin- en/of eindpunt in Nederland lag of de Nederlandse binnenwateren voor de doorvoer van goederen tussen twee landen gebruikt werd in het jaar 2018. Per vaart werden de volgende variabelen bijgehouden:

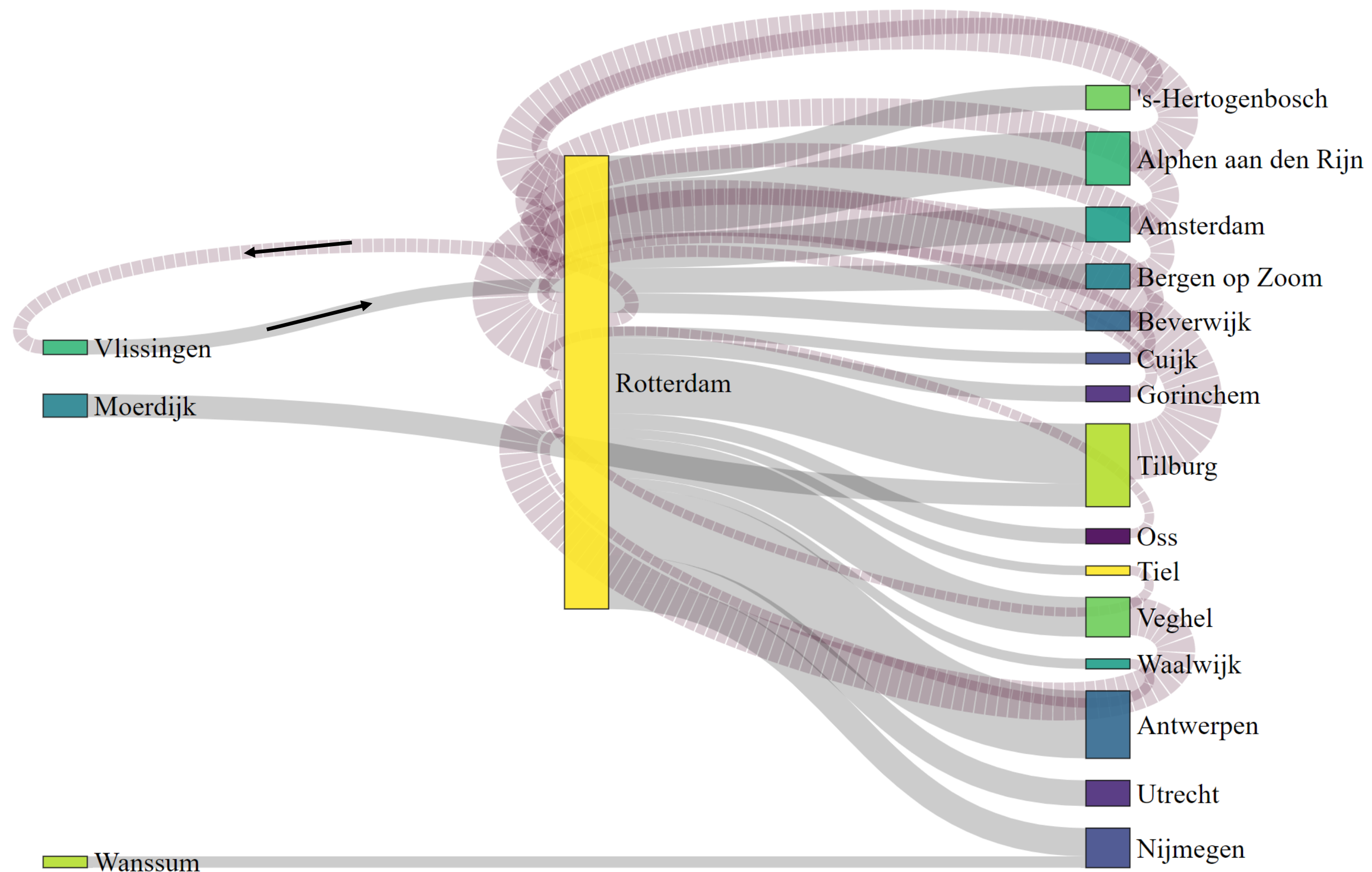
- Vertrekdatum en tijd
- Vertrekplaats
- Bestemmingsplaats
- Type schip (RWS classificatie)
- Vervoerd gewicht (ton)
- Soort goederen (NSTR-code)
- Aantal containers (TEU)

### Verrijking dataset

Aan de hand van de vertrek- en bestemmingsplaatsen zijn de data verrijkt door de afstanden tussen deze twee punten toe te voegen. Op basis van het type vervoer is er een selectie gemaakt om het containervervoer uit de data te filteren. In totaal zijn er ruim 20.000 containervaarten geanalyseerd; dit maakte het mogelijk om de vervoersintensiteit tussen verschillende havens in kaart te brengen. Ter aanvulling zijn de locaties van bestaande containerterminals per haven in kaart gebracht. De vervoersintensiteit is vervolgens gebruikt om tot een locatiebepaling van de laadinfrastructuur te komen.

In de figuur hiernaast is een decompositie te vinden van alle containervervoerbewegingen (61% van het totaal) op basis van het aantal TEU dat tussen plaatsen vervoerd werd waarbij de vaartafstand minder dan 150 km bedroeg. De hoogte van de balken geeft de verhouding weer tussen de plaatsen in termen van het totaal aantal TEU dat van of naar een haven vervoerd werd. Des te breder de verbindingsstreep tussen twee punten des te groter het aantal TEU dat tussen deze punten vervoerd werd. Uit de data werd duidelijk dat het merendeel van de vaarten Rotterdam als beginpunt heeft.

Containervaart routes met een vaartafstand (enkel) < 150 km



Grijze balken (zonder strepen) in het figuur geven de omvang van containervaart vanaf een beginpunt naar een bestemming. Gestreepte balken geven de omvang van containervaart vanaf een bestemming terug naar een beginpunt.



# Bijlage 7: Bepaling kansrijkheid per locatie

## Kansrijkheid containerterminals

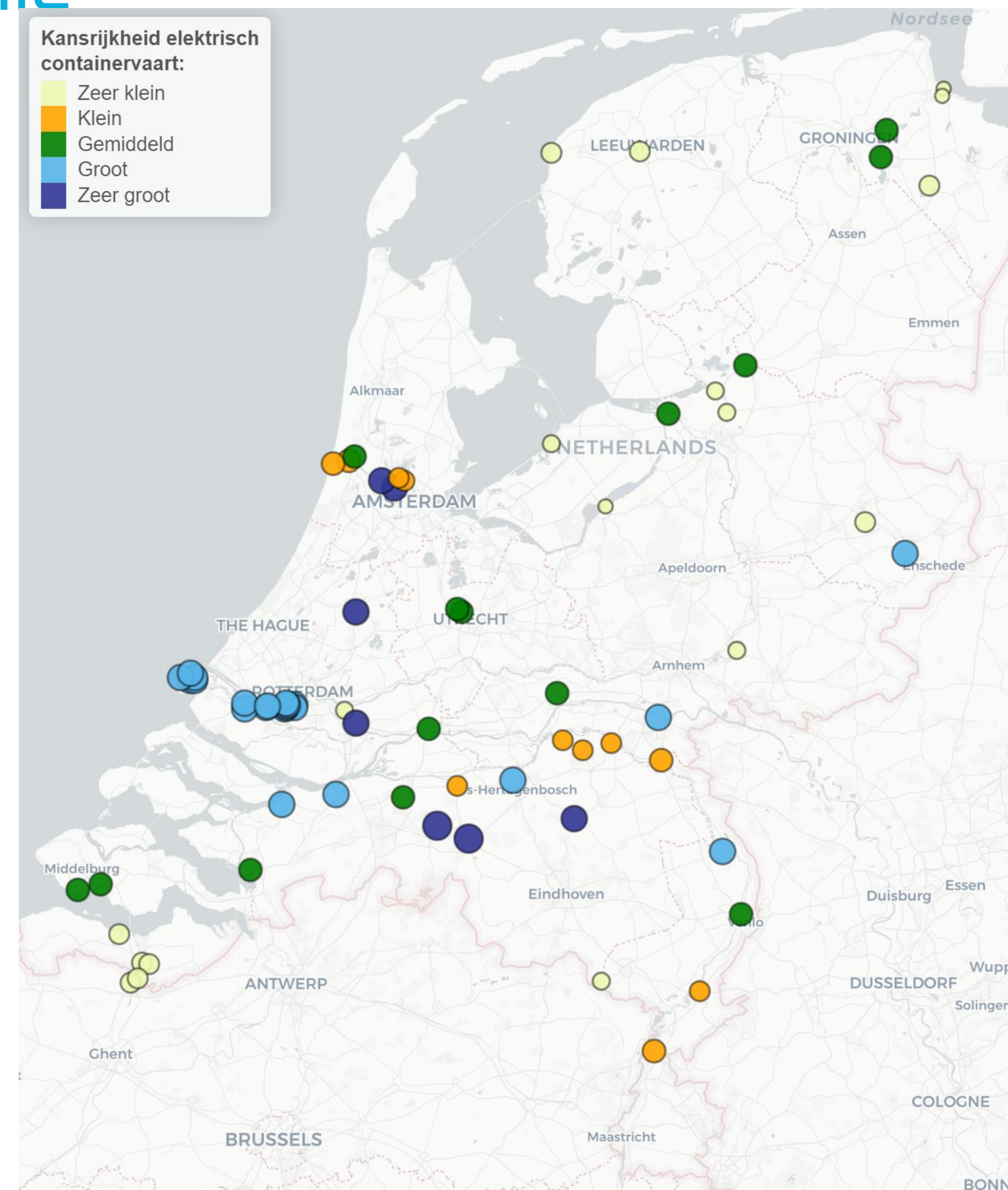
Om de potentie van de elektrische containervaart in kaart te brengen is er per containerterminal een zogenoemde kansrijkheid score vastgesteld. Deze score is bepaald aan de hand van containervervoer intensiteit per locatie. Waarbij het vaststellen van de kansrijkheid de volgende indicatoren gekwantificeert met betrekking tot de vervoer intensiteit:

- Totaal vervoerde gewicht
- Aantal containervaarten
- Aandeel containervaarten (t.o.v. het landelijke aantal containervaarten)
- Aantal unieke schepen per locatie
- Gemiddeld vaartafstand van aankomende en vertrekkende schepen
- Gemiddelde aantal containers (TEU) per varende schip

Per locatie is er gekeken hoe de verdeling van de indicatoren eruitzien ten opzichte van overige locaties in Nederland. Deze vergelijking wordt uitgevoerd op basis van een kwantilen verdeling per indicator. De uiteindelijke kansrijkheid score werd bepaald door te kijken naar de gewogen score van de diverse indicatoren. De scores zijn ingedeeld in categorieën met labels oplopend van “zeer klein” tot “zeer groot”. Per locatie is vervolgens een label toegekend (zie figuur hiernaast).

In het overzicht springen de terminals in Alphen aan den Rijn en Tilburg met een “zeer grote” kans er duidelijk uit. Opvallend genoeg is er een grote hoeveelheid labels in Rotterdam en op de Maasvlakte te zien die alle in de categorie “groot” vallen terwijl de inzichten in de goederenintensiteit duidelijk laten zien dat de goederenbewegingen het grootst zijn. Dit kan verklaard worden door het feit dat de gebruikte dataset geen inzicht gaf in de terminals maar in de havengebieden. Hierdoor was het niet mogelijk om op terminal niveau een score te bepalen en is er gekozen om de kansrijkheid evenwichtig te verdelen over het aantal containerterminals in het havengebied.

Tot slot valt het op dat de locaties met een grote kansrijkheid op relatief korte afstand van elkaar liggen en voornamelijk langs de grote vaarroutes richting zowel Duitsland als België te vinden zijn.





# Bijlage 8: Laadprofielen

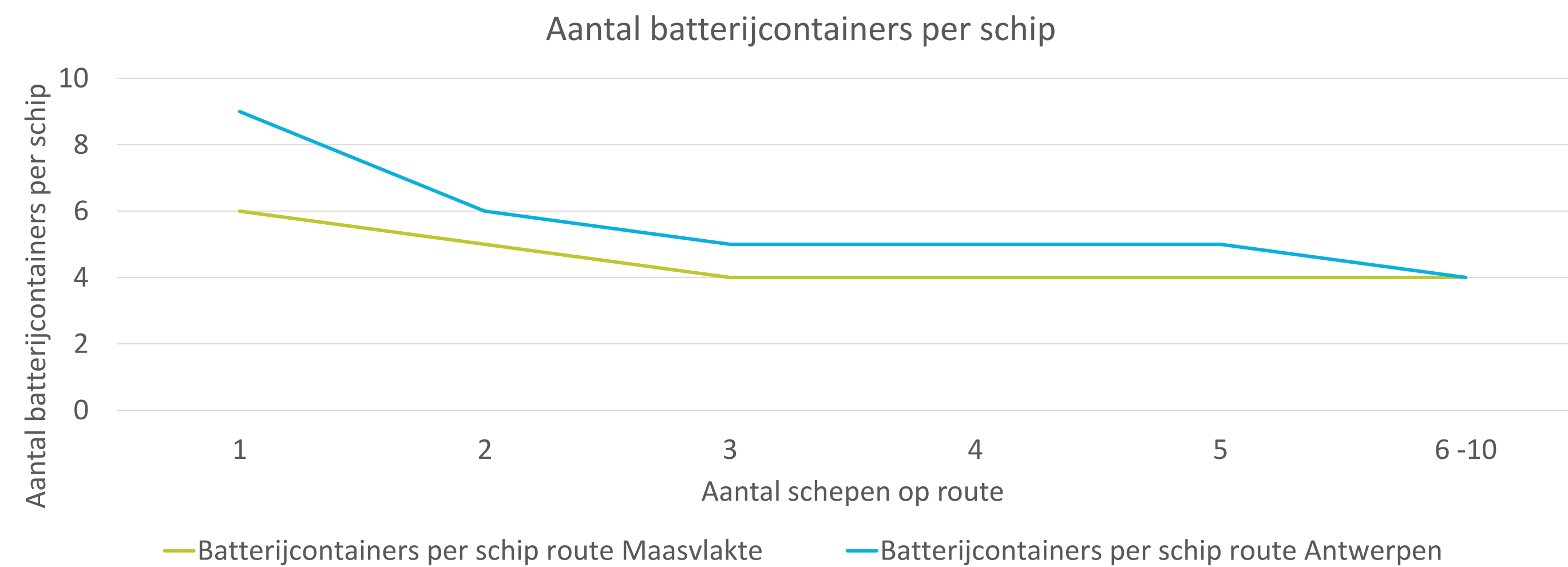
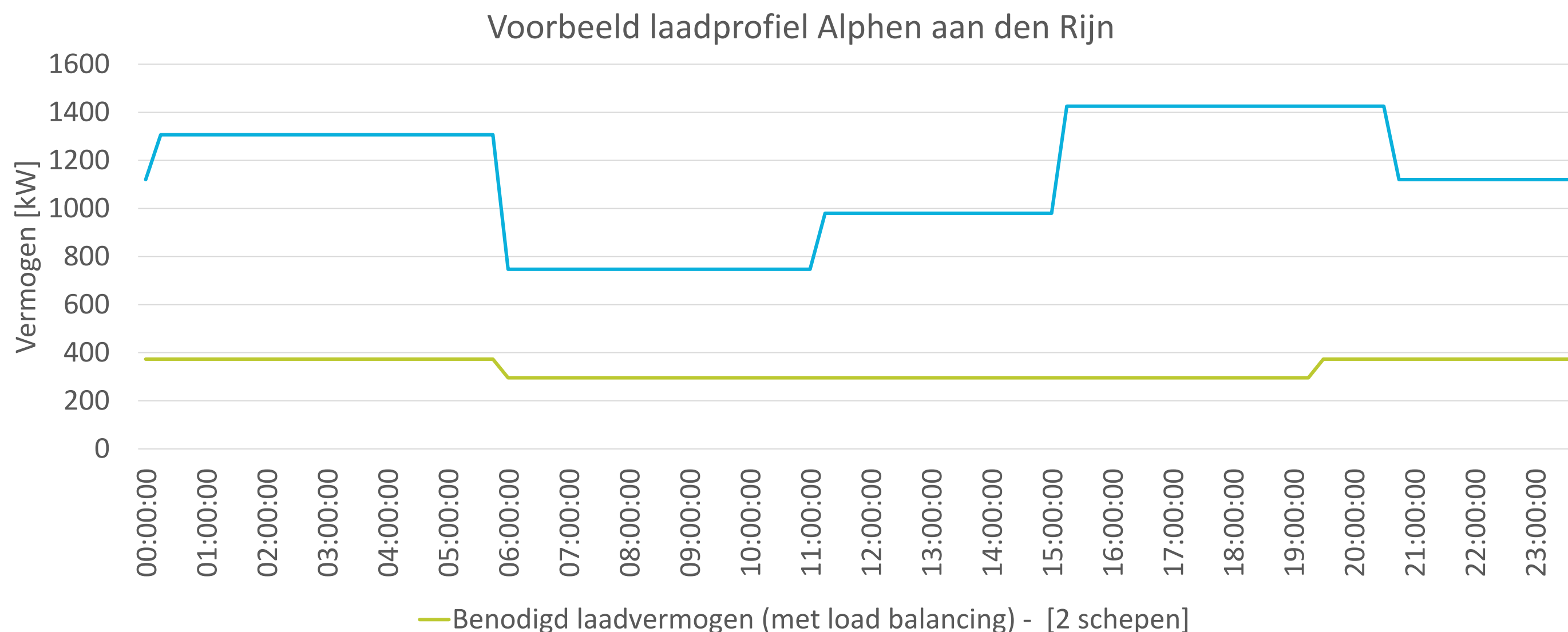
## Opladen van batterijcontainers

### Laadprofiel

De laadvermogens die nodig zijn om binnenvaartschepen te kunnen voorzien van voldoende elektriciteit zijn afhankelijk van de verdeling van aankomst en vertrek op de terminals door de dag heen. In het figuur aan de rechterzijde zijn een tweetal scenario's van mogelijke laadprofielen weergegeven voor de terminal in Alphen aan den Rijn. Er is hier specifiek voor Alphen aan den Rijn gekozen vanwege de relatief grote stroom aan goederen; deze case kan daarom als voorbeeld worden genomen voor andere terminals. Rotterdam kent per dag een hoger aantal vertrekkende schepen, echter dit is verdeeld over meerdere terminals. De dataset maakt hierin geen onderscheid. De blauwe lijn geeft het scenario weer waarbij er zeven schepen vertrekken, een hoger aantal vertrekkende schepen dan het gemiddelde. De groene lijn schetst een laadprofiel voor twee vertrekkende schepen. Om tot een laadprofiel te komen is aangenomen dat er tussen aankomst en vertrek maximaal vier uur zit om de vracht te laden en te lossen. Daarnaast is er de aanname gedaan dat ieder schip twee batterijcontainers aan boord heeft die opgeladen dienen te worden en dat er op de terminal twee extra batterijcontainers aanwezig waren. De laadprofielen geven weer hoe het benodigde vermogen zich over de dag heen ontwikkelt, ervan uitgaande dat de batterijcontainers zoveel mogelijk middels load balancing opgeladen worden.

### Schaalgrootte nodig om rendabel te worden

De schaalgrootte is bij de inzet van batterijcontainers van grote invloed op de kosten per schip. In het onderzoek van TNO 'Feasibility study for a zero emission, battery-electric powertrain for the Gouwenaar II' uit 2019 komt dit goed naar voren <sup>[12]</sup>. TNO onderzocht hier twee trajecten vanuit Alphen aan de Rijn, naar de Maasvlakte en naar de Antwerpen. Hierbij kwam men op respectievelijk  $3 \times N_{\text{schepen}} + 3$  en  $3 \times N_{\text{schepen}} + 6$  schepen. De afbeelding rechtsonder laat zien dat voor de route Maasvlakte de ideale verhouding vanaf drie schepen wordt bereikt en voor de route Antwerpen hiervoor 6 schepen nodig zijn. In de interviews bevestigen diverse partijen dit beeld en geven ook aan dat het daarom interessant is elektrificatie per route aan te pakken. De verwachting is dat samenwerkingsverbanden van verladers en vervoerders met duurzame ambities starten met één of meer schepen waarna het voor andere partijen op dezelfde route laagdrempeliger wordt om ook over te stappen.





# Colofon

The logo for Elaadnl, featuring the text 'Elaadnl' in a blue sans-serif font with a yellow lightning bolt graphic underneath the 'nl'.

**ElaadNL:** Nazir Refa, Ruud Noordijk, Jan van Rookhuijzen, Niels Poiesz, Paul Broos, Pim Speel, Gijs van der Poel, Rutger de Croon.

## Met dank aan:

ABB  
ABN AMRO  
BLN Schuttevaer  
Bureau voorlichting Binnenvaart  
Clean Energy Hubs  
Container Terminal Twente  
Damen Shipyard  
Engie

EST Floattech  
Evofenedex  
Expertise en Innovatie Centrum Binnenvaart  
Future Proof Shipping  
Gemeente Rotterdam  
Havenbedrijf Amsterdam  
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat  
ING  
Nederlandse Vereniging van Binnenhavens  
Nedstack

Netherlands Maritime Technology  
PortLiner  
Rijkswaterstaat  
Siemens  
SKOON  
Wärstilä  
Zero Emission Services  
TU Delft

