

EnergieTransitie
Radarweg 60
1043 NT Amsterdam

www.tno.nl

T +31 88 866 50 10

TNO 2021 R11613

Naar 100% elektrisch distributievervoer: de impact op het energiesysteem

Een case studie op basis van DKTl proeftuin project:

‘Jumbo duurzaam distribueren’

Datum	14 oktober 2021
Auteur(s)	Bob Ran (TNO), Niels Jansen (TNO), Jeroen Maas (TNO), Wilko Maas (Jumbo Supermarkten)
Aantal pagina's	37 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	geen
Opdrachtgever	RVO - DKTl
Projectnaam	Jumbo duurzaam distribueren
Projectnummer	060.31748

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

Samenvatting

Het klimaatakkoord beschrijft dat verduurzaming van logistiek moet leiden tot 30% CO₂-reductie in 2030 en 100% CO₂-reductie in 2050. Daarnaast beschrijft het klimaatakkoord dat er in 30 tot 40 grotere steden Zero Emissie (ZE) zones komen waar nieuwe vrachtwagens in 2025 enkel nog welkom zijn wanneer ze emissievrij zijn. Parallel hieraan is elektrisch zwaar transport in opkomst, steeds meer vrachtwagenmerken komen met batterij elektrische vrachtwagens (e-truck) op de markt die qua trekvermogen een alternatief bieden voor diesel-trekkers. Deze e-trucks beschikken op dit moment nog over een beperkte actieradius en zijn hiermee niet zondermeer een vervanger voor al het vrachtverkeer. Tegelijkertijd realiseren steeds meer stakeholders zich dat een grootschalige elektrificatie van de vloot potentieel een grote impact heeft op de energievoorziening en daarmee gepaard gaande kosten. Maar wat zijn de consequenties voor een vlooteigenaar op het gebied van energievoorziening als deze kiest voor grootschalige elektrificatie? En wat zijn de consequenties voor netbeheerders bij een grootschalige elektrificatie van de logistiek? Om deze vragen te beantwoorden, heeft TNO een case study uitgevoerd op basis van het Distributie Centrum Veghel van Jumbo, als onderdeel van een proeftuinproject. Deze studie is uitgevoerd onder de regeling DKTI-Transport van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Elektrische zwaar transport staat momenteel nog in de kinderschoenen. Rondom deze transitie zijn een aantal vraagstukken relevant voor de betrokken partijen, namelijk:

- Hoe verhoudt de actieradius van een e-truck zich tot de logistieke behoefte?
- Wat is de impact op de laad- en elektrische infrastructuur, en welke kosten horen daarbij?
- Draagt investeren in duurzame opwek en/of opslag bij aan de opschaling van elektrisch distributievervoer?
- Welke tijdslijnen zijn van belang bij grootschalige elektrificatie?

In deze studie worden de hier gestelde vragen geadresseerd voor de vloot van het Jumbo Distributiecentrum in Veghel.

Aanpak

Om dit te doen is voor deze studie een techno-economisch systeemmodel gemaakt van de situatie in Veghel, hiermee wordt een beeld gevormd van de kosten en baten van lokaal laden en worden vermeden emissies en effecten van lokale opwek analyseerbaar.

Hoe verhoudt de actieradius van een e-truck zich tot de logistieke behoefte?

De actieradius van e-trucks die nu op de markt zijn is zo'n 200 km. De aangekondigde modellen van verschillende fabrikanten laat zien dat er de komende jaren e-trucks met een actieradius van 300 en 400 km op de markt gaan komen. Distributievervoer naar supermarkten in Nederland kenmerkt zich door een relatief korte ritafstand. Zo zijn bijvoorbeeld de ritten vanuit het DC in Veghel maximaal 300 km en 80% van de ritten korter dan 200 km. De gemiddelde dagafstand per vrachtwagen bedraagt iets meer dan 300 km. Dit kan dus worden ingevuld door e-trucks. Door het toepassen van hogere actieradius e-trucks in combinatie met hoge laadvermogens (600 kW en

hoger) zijn de laadtijden van de e-trucks beperkt en veelal in de nacht te plannen. Hiermee zijn deze e-trucks qua actieradius geschikt voor het gebruik in distributievervoer met ritten korter dan 400 km, zoals bij Jumbo in Veghel. Of een volledige elektrificatie ook praktisch mogelijk is hangt af van meer factoren zoals: betrouwbaarheid en beschikbaarheid van trucks en laadinfra.

Wat is de impact op de laad- en elektrische infrastructuur, en welke kosten horen daarbij?

Voor de situatie in Veghel geldt dat als alle kosten (snelladers, elektriciteit, netaansluiting, belastingen) meegenomen worden, de kosten van lokaal laden per kWh met de gemaakte aannames neerkomen op 12 ct/kWh¹ bij een volledige elektrificatie van de vloot. Op het moment van schrijven is er nog niet veel bekend over publieke laadinfrastructuur voor vrachtwagens dus het is onbekend hoe deze kosten zich verhouden tot prijzen van publiek laden voor e-trucks.

Bij het ontwerpen van de laadvoorziening van een bedrijf is het juist dimensioneren van de hoeveelheid laders en de daar bijbehorende netaansluiting van groot belang. Hierin moet rekening gehouden worden met de groei van het wagenpark (en/of de laadbehoefte) in de komende jaren. Dit gezien de invloed van de CAPEX op de totale kosten. De investering in eigen laadinfra komt met een hoge investeringskosten, de elektriciteitskosten zijn daarentegen zeer laag. Dit geldt vooral wanneer elektrificatie ertoe leidt dat het volume van de benodigde elektriciteit dusdanig hoog wordt dat de vlooteigenaar een 'grootverbruiker' wordt (meer dan 10 miljoen kWh verbruikt). Hierbij gelden lage inkooprijzen en lage belastingen. Daarnaast kan de doorlooptijd van aanvraag tot installatie van deze grote netaansluiting enkele jaren kan duren. Hier moet ook expliciet bij vermeld worden dat de beschikbaarheid van netcapaciteit in grote delen van het land schaars is.

De bestaande vloot, zoals beschouwd in de analyse, bestaat uit 130 vrachtwagens die 13.2 miljoen km per jaar rijden. Op een drukke dag rijden de vrachtwagens gezamenlijk 40.000 km, met een dagelijks elektriciteitsverbruik van ongeveer 72 MWh. Onder de aannames gedaan in deze studie blijkt dat hiervoor 12 snelladers van 650 kW nodig zijn. Om deze, samen met het huidige verbruik, aan te sluiten op het net is een netaansluiting van 10 MW nodig.

Draagt investeren in duurzame opwek en/of opslag bij aan de opschaling van elektrisch distributievervoer?

In combinatie met het elektrificeren van zijn vloot kan een vlooteigenaar er ook voor kiezen om te investeren in opwek van duurzame energie op zijn locatie en voor het plaatsen van opslag (bv in de vorm van een accu). De kosten van zonPV systemen zijn momenteel dusdanig laag dat het economisch gezien interessant is om hierin te investeren in combinatie met lokale laad-infrastructuur. Dit wordt mede veroorzaakt doordat een uitbreiding van de netaansluiting toch al gedaan moet worden voor de laadpalen, de zonnepanelen maken gebruik van dezelfde aansluiting op momenten dat de zonnestroom niet volledig zelf wordt geconsumeerd. Hier ontstaat dus een economisch en energetisch synergievoordeel tussen opwek en gebruik op dezelfde locatie. Daarbij is deze oplossing ook vanuit de ogen van de netbeheerder interessant omdat het de systeemkosten drukt, door de schaarse netcapaciteit zo

¹ Een component in de genoemde kWh prijs is de inkoopkosten van elektriciteit, deze is onderhevig aan schommelingen op de elektriciteitsmarkt en kan over tijd veranderen. Kengetallen gebruikt in deze studie zijn weergegeven in Tabel 9 van hoofdstuk 7.

effectief mogelijk te gebruiken. Het advies is om duurzame opwek zo veel mogelijk te combineren op locaties waar laadinfrastructuur wordt geplaatst. Voor grootverbruikers in combinatie met SDE subsidie, voor niet-grootverbruikers in combinatie met salderen.

Opslagoplossing zijn alleen in specifieke situaties economisch rendabel. In de geanalyseerde casus bij Jumbo is dit niet het geval. De toegevoegde waarde van opslagoplossingen in combinatie met grootschalige elektrificatie is geanalyseerd voor twee toepassingen:

- 1 **Het voorkomen van netverzwaring (peak shaving):** dit kan kosten besparen en biedt potentieel de mogelijkheid om laders te plaatsen in gebieden waar netaansluiting onmogelijk is.
- 2 **Het opslaan van overproductie groene energie:** om deze energie op een later moment zelf te consumeren (maximaliseren eigen opwek). Dit kan geld opleveren door het verschil in prijs tussen de energie terug leveren en de energie inkopen.

Het voorkomen van netverzwaring is een rendabele toepassing als de benodigde opslagcapaciteit om netverzwaring te voorkomen relatief klein is. Bijvoorbeeld, bij het voorkomen van 1 MW piekvermogen én het voorkomen van netverzwaring is een opslag van 2.5 MWh of kleiner te overwegen. Het opslaan van groene energie en op een later moment consumeren is op dit moment voor geen enkele casus rendabel. Voor de situatie van Jumbo, waar grootverbruikerstarieven gelden, zijn de potentiële opbrengsten minimaal.

Opslag oplossingen hebben meerdere verdienmodellen, in deze studie is alleen gekeken naar de waarde van opslag voor grootschalige elektrificatie. Of opslag voor andere toepassingen een economisch voordeel biedt op een locatie is sterk afhankelijk van: de opgestelde hoeveelheid groene energie opwek, de energievraag (grootverbruiker of niet), de (uit te breiden) netaansluiting, de beschikbaarheid van netcapaciteit en de kostendaling van opslag. Dit moet per locatie geanalyseerd worden.

Welke tijdslijnen zijn van belang bij grootschalige elektrificatie?

Er is nog veel onzeker over de toekomstige prijsontwikkeling en beschikbaarheid van e-trucks. Uit analyses van Bloomberg en e-Laad ((BloombergNEF, 2019), (ElaadNL, 2020)) blijkt de verwachting dat e-trucks rond 'mid-2020's' economisch interessant worden voor stadsvervoer. Echter naast louter economische opzichten zijn er ook praktische randvoorwaarden, een 30-tal steden heeft aangegeven dat hun binnenstad na 2025, voor nieuwe vrachtwagens, emissievrije zones worden. Jumbo bedient vanuit Veghel een aantal Zero-emissie zones. Jumbo moet daarom op zijn laatst in 2025 beginnen met investeren in e-trucks om deze ZE zones te kunnen blijven bedienen. Daarbij komt dat bij het realiseren van laadinfrastructuur er een nieuwe of grotere netaansluiting moet worden gerealiseerd. Doorlooptijd hiervan is in het gunstigste geval 2 jaar en in het meest ongunstige geval 10 jaar. Daarom moeten distributeurs nu al in gesprek gaan met netbeheerders om op tijd over voldoende netcapaciteit te beschikken.

Aanbevelingen

Voor de vlooteigenaar van een distributievloot:

- 1 Kijk bij het investeren in e-trucks serieus naar het plaatsen van lokale laadinfra, dit kan economische voordelen bieden. Controleer of het ruimtelijk en netwerk-technisch past op uw locatie.
- 2 Ga alvast in gesprek met uw netbeheerder, wanneer er wordt gekozen voor lokale laadinfra is een serieuze vergroting van uw netaansluiting nodig. De doorlooptijd is lang en er is nu al een schaarste aan netcapaciteit.
- 3 Wanneer u (omwille van het plaatsen van laadinfra) kiest voor het vergroten van uw netaansluiting, plaats ook direct zonPV installatie op de locatie.
- 4 Opslag van energie biedt voor grootschalige elektrificatie een potentieel alternatief voor schaarse netcapaciteit. Als de netcapaciteit beschikbaar is heeft opslag in veel gevallen nog geen toegevoegde waarde voor grootschalige elektrificatie. Of er een business case is voor andere opslagdiensten is locatieafhankelijk.

Voor de netbeheerder:

- 1 E-trucks kunnen qua actieradius een alternatief bieden op basis van duurzame energie voor de huidige Nederlandse distributievloot die veelal uit dieselvrachtwagens bestaat. Dit leidt tot een belangrijke potentiële hoge impact op het elektriciteitsnet.
- 2 We willen de netbeheerders aanbevelen om rekening te blijven houden met de hoge potentiële impact die elektrificatie van de distributievloot heeft op de vraag naar netcapaciteit. Door eLaad (ElaadNL, 2020) is eerder uitgezocht dat de netbeheerders in 2035 rekening moeten houden met 3 GW aan elektriciteitsvraag vanuit elektrische trucks. Wanneer een grote hoeveelheid distributeurs ervoor kiest om lokaal laadoplossingen te gaan realiseren kan dit leiden tot een hoge vraag naar nu al schaarse netcapaciteit. Waarbij de vraag zich waarschijnlijk clustert op bijvoorbeeld bedrijventerreinen. Deze vraag naar netcapaciteit wordt waarschijnlijk al voor 2025 aangevraagd.

Voor de aanbieder van publieke laadinfra voor vrachtwagens:

- 1 De vlooteigenaren kunnen een belangrijke klant worden voor ontwikkelaars van publieke laadinfrastructuur. Houd er rekening mee dat vlooteigenaren voor een concurrerend bedrag lokaal kunnen laden. Bij hoge prijzen voor publiek laden, is het gebruik van publieke laadinfra alleen interessant voor partijen die zelf geen mogelijkheid hebben om laadinfra te plaatsen.
- 2 Ga alvast in gesprek met de lokale netbeheerder, een publiek laadplein heeft een grote netaansluiting nodig. De doorlooptijd is lang en er is nu al een schaarste aan netcapaciteit.

Energiesysteem verantwoordelijke (ministerie van EZK):

- 1 E-trucks bieden in Nederland een grote potentie als alternatief voor de dieselvrachtwagen in distributievervoer (ElaadNL, 2019). Echter, is nu de verwachting dat e-trucks rond 'mid-2020's' economisch interessant worden voor stadsvervoer. Het stimuleren van deze oplossing kan leiden tot een versnelde ontwikkeling van de e-truck waardoor het versneld een passend alternatief wordt. Het stimuleren van deze innovatie leidt tot versnelde emissie reductie van het Nederlands wagenpark.

- 2 Het opschalen van e-trucks leidt tot een verhoogde vraag naar nu al schaarse netcapaciteit. Het stimuleren van slimme oplossingen waar vraag en aanbod zo dicht mogelijk bij elkaar worden gesitueerd zorgt voor effectiever gebruik van netcapaciteit. Bijvoorbeeld het plaatsen van zonnedaken bij bedrijven met een hoge elektriciteitsvraag door elektrificatie van bijvoorbeeld hun vrachtvloot.

Disclaimer

Met deze studie is grotendeels in de toekomst gekeken en daarin zijn een significant aantal aannames gemaakt. Deze toekomst is nooit perfect te voorspellen, daarom bevelen de schrijvers aan om deze studie opnieuw te doen wanneer er over verloop van tijd verbeterde inzichten ontstaat in de belangrijkste onderliggende aannames van deze studie. Dit zijn: kosten dalen van e-trucks en laadinfra, kosten en belastingen van energie en relevante beleidskeuzes. Het verdient ook de aanbeveling voor individuele belanghebbenden om een analyse voor het elektrificeren van de vloot te maken voor de eigen specifieke situatie.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Introductie	8
1.1	Naar emissieloos distributietransport	8
1.2	Doel van deze studie	8
1.3	Uitkomsten	8
1.4	Aanpak van studie	9
1.5	Leeswijzer	9
2	Resultaten en conclusies	11
2.1	Fit van actieradius met de logistieke behoefte	11
2.2	Impact van lokale laadinfrastructuur	13
2.3	Draagt investeren in duurzame opwerk en/of opslag bij aan de opschaling van elektrisch distributievervoer?	16
2.4	Tijdslijnen voor grootschalige elektrificatie	19
3	De e-Vrachtwagen.....	22
3.1	Aanschafprijs	22
3.2	Onderhoud	23
4	Laadinfrastructuur.....	24
4.1	Laadpalen	24
4.2	Aantal laadpalen benodigd	25
4.3	Ruimtelijke inpassing op DC.....	27
5	Elektriciteitsaansluiting en infrastructuur	28
5.1	Trace nodig voor netuitbreiding	29
6	Jumbo operatie DC Veghel.....	31
7	Systeemmodel	33
7.1	Kengetallen gebruikt in het systeemmodel.....	33
7.2	Vervangstrategie van de vloot	36
	References	37

1 Introductie

1.1 Naar emissieloos distributietransport

Door de afspraken die zijn gemaakt in het klimaatakkoord van Parijs moet Nederland 95% minder CO₂ uitstoten in 2050 ten opzichte van 1990. Ook de distributie-transport sector welke nu nog voor het grootste gedeelte afhankelijk is van fossiele brandstoffen. Het Nederlands klimaatakkoord beschrijft dat verduurzaming van logistiek moet leiden tot 30% CO₂-reductie in 2030. Daarnaast beschrijft het klimaatakkoord dat er in 30 tot 40 grote steden Zero Emissie (ZE) zones komen in 2025 waar nieuwe vrachtwagens enkel nog welkom zijn wanneer ze emissievrij zijn. Er zijn verschillende mogelijkheden om te komen tot emissie loos vervoer: waterstof, elektrisch, biobrandstoffen, e-brandstoffen. Alle opties hebben voor en nadelen en zijn nog sterk onderhevig aan ontwikkeling. Het is niet uitgekristalliseerd welke pad de 'beste' is. En het is niet onwaarschijnlijk dat er verschillende oplossingen ontstaan voor verschillende typen transport. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan batterij-elektrisch vervoer voor korte afstanden en waterstof vrachtwagen voor lange afstanden. Deze studie is uitgevoerd onder de regeling DKTI-Transport van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

1.2 Doel van deze studie

In de opschalingsanalyse heeft als doel de effecten van een schaalvergroting in de toekomst in kaart te brengen. Deze studie richt zich specifiek op de inzet van batterij elektrisch vrachtvervoer voor het distributievervoer van supermarkten in Nederland. Het doel van de studie is om inzichten te verkrijgen in de haalbaarheid en kosten van elektrificatie van een vloot distributievrachtwagens. Daarbij is onderzocht welke praktische kansen er ontstaan door- en welke belemmeringen er zijn voor deze elektrificatie.

Als casus voor deze studie wordt een distributiecentrum van Jumbo in Veghel gebruikt. Op dit distributiecentrum is binnen ditzelfde project een volledig elektrische vrachtwagen in gebruik genomen en gemonitord. Informatie hiervan is gebruikt als input voor deze studie. Hoewel het hier supermarkttransport betreft verwachten wij dat de uitkomsten van dit rapport inzichten bieden voor de hele Nederlandse distributiesector.

Binnen deze studie wordt als uitgangssituatie het bestaande logistieke proces genomen. Er wordt geen rekening gehouden met de komst van overslag hubs nabij steden omdat er te veel onzekerheden zijn over of, waar, wanneer en hoe deze hubs ontstaan. Dit omdat voor Supermarktdistributie waar grote volumes tegelijkertijd (FTL) naar winkels worden gedistribueerd een hub waar goederen worden overgeslagen geen wenselijke situatie is.

1.3 Uitkomsten

Deze studie is gedaan vanuit het oogpunt van een vlooteigenaar die zijn vloot van distributie-voertuigen volledig geëlektrificeerd wil hebben in 2030. De transitie van een dieselvloot naar een elektrische is omvangrijk en vereist op veel vlakken aanpassingen en investeringen. Veel van deze aanpassingen en investeringen, zoals

opleiding van chauffeurs en inpassing in het logistieke proces, zijn voor de vlooteigenaar een voldongen feit. Voor een vlooteigenaar die wil elektrificeren is het belangrijk om grip te krijgen op een aantal hoofdvragen.

- 1 Hoe verhoudt de actieradius van een e-truck zich tot de logistieke behoefte?
- 2 Wat is de impact op de laad- en elektrische infrastructuur, en welke kosten horen daarbij?
- 3 Draagt investeren in duurzame opwek en/of opslag bij aan de opschaling van elektrisch distributievervoer?
- 4 Welke tijdslijnen zijn van belang bij grootschalige elektrificatie?

De uitkomsten van deze studie zijn een antwoord op de bovenstaande vragen voor de situatie van het Jumbo Distributie vloot in Veghel. Hoewel de studie specifiek voor de Jumbo situatie is gedaan, zijn de opgedane inzichten (deels) toepasbaar voor andere distributievloten in Nederland.

1.4 Aanpak van studie

Om tot de beoogde uitkomsten uit bovenstaande paragraaf te komen is het nodig om een beeld te vormen van de praktische en economische consequenties van de opschaling van elektrische vrachtwagens. In deze opschalingsstudie is dat gedaan door een techno-economisch systeemmodel van de situatie te ontwikkelen waarin de logistieke, energetische en economische eigenschappen zijn gemodelleerd. Hierin is niet alleen gekeken naar de truck en de vloot zelf, maar naar de complete infrastructuur. Aspecten zoals het aantal laders, de locatie van de laders (openbaar/niet-openbaar), en de aansluiting op het elektriciteitsnet zijn hierin meegenomen. Met dit model zijn verschillen scenario's geanalyseerd om inzichten krijgen in de kosten, besparingen en emissies van de verschillende scenario's. Hiermee worden de uitkomsten verschillende kansrijke scenario's met elkaar vergeleken.

Tijdens de ontwikkeling van het model zijn facetten in kaart gebracht zoals: CAPEX en OPEX van laadinfra en vrachtwagens, bijbehorende leercurves, impact op lokaal energiesysteem, kosten van netuitbreiding, impact van de e-truck op het logistieke proces, etc. Deze inzichten leiden samen met de uitkomsten van het systeemmodel tot de conclusies en aanbevelingen van dit rapport.

1.5 Leeswijzer

De belangrijkste conclusies zijn samengevat in de samenvatting die te vinden is voor dit hoofdstuk. Aan het einde van deze samenvatting zijn de conclusies vertaald naar aanbevelingen voor de stakeholders: vlooteigenaar, netbeheerder, aanbieder publieke laadinfra en energiesysteem verantwoordelijke (EZK). De schrijvers willen benadrukken dat deze aanbevelingen een belangrijk (mogelijk het belangrijkste) resultaat zijn van deze studie.

Dit rapport bestaat verder uit verschillende onderdelen. Allereerst beschrijft dit rapport allereerst de belangrijkste resultaten en conclusies van deze studie, deze zijn beschreven in:

- Hoofdstuk 2: Resultaten en conclusies.

De verantwoording van de studie wordt beschreven in de daarop volgende hoofdstukken. De belangrijkste kwantificatie en aannames waarop de scenariostudie is gebaseerd beschreven in:

- Hoofdstuk 3: De e-vrachtwagen
- Hoofdstuk 4: De laadinfrastructuur
- Hoofdstuk 5: Elektriciteitsaansluiting en infrastructuur.

Vervolgens wordt de operatie van Jumbo gekwantificeerd voor een typische dag in:

- Hoofdstuk 6: De Jumbo operatie distributie centrum Veghel.

In de laatste hoofdstukken wordt een beschrijving gegeven van alle overige kengetallen gebruik in het systeemmodel en de referenties naar andere studies en bronnen.

- Hoofdstuk 7: Systeemmodel & Kengetallen
- Hoofdstuk 8: Referenties.

2 Resultaten en conclusies

Dit hoofdstuk bevat allereerst de resultaten en conclusies als antwoord op de volgende vragen voor de vlooteigenaar die wil elektrificeren:

- 1 Hoe verhoudt de actieradius van een e-truck zich tot de logistieke behoefte?
- 2 Wat is de impact op de laad- en elektrische infrastructuur, en welke kosten horen daarbij?
- 3 Draagt investeren in duurzame opwek en/of opslag bij aan de opschaling van elektrisch distributievervoer?
- 4 Welke tijdslijnen zijn van belang bij grootschalige elektrificatie?

Vervolgens worden de opgedane inzichten tijdens de studie verder belicht in de paragraaf Aanbevelingen.

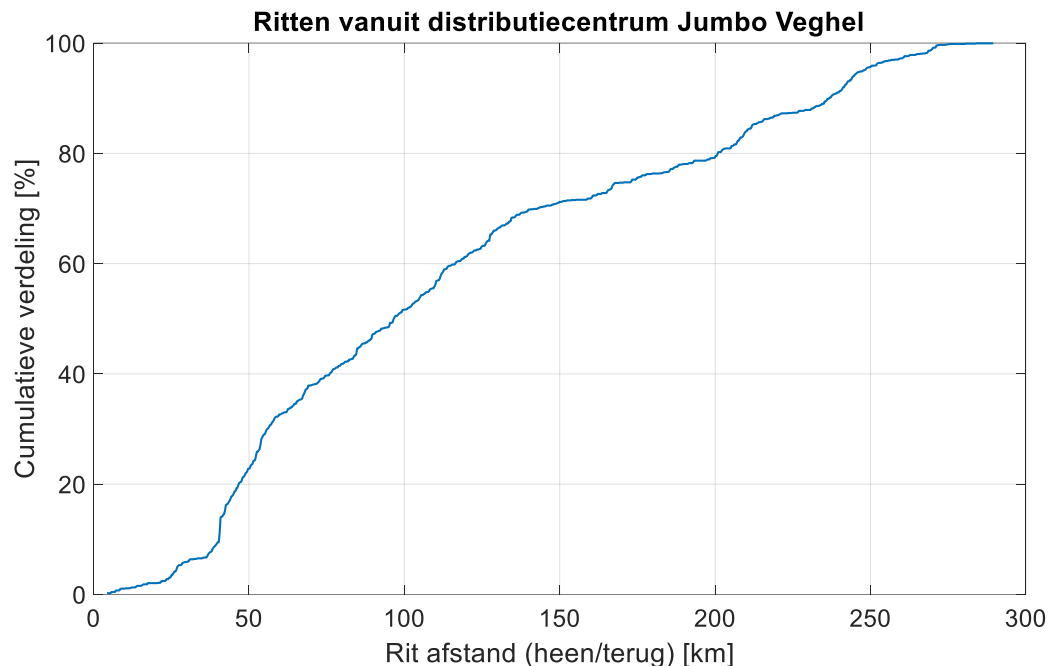
2.1 Fit van actieradius met de logistieke behoefte

De elektrische truck die momenteel in de Jumbo proeftuin wordt ingezet is een DAF CF Electric 4x2 trekker, uitgerust met aandrijftechnologie van VDL's E-Power Technology. Deze bevat een 210 kW elektromotor voor de aandrijving. Hoewel de truck in de proeftuin over een 170 kWh lithium-ion accupack beschikt en een actieradius van 100 km, is er voor 2021 een 350 kWh versie aangekondigd met een actieradius van ruim 200 km (afhankelijk van de inzet). Meer truckfabrikanten hebben aangekondigd trucks met deze grotere actieradius op de markt te brengen. O.a. Renault, Mercedes, Scania en Volvo komen op middellange termijn met BEV chassis. Deze trucks zullen een grotere actieradius hebben dan de huidige truck in de proeftuin. Op langere termijn verwachten deze fabrikanten dat een actieradius van groter dan 300 km haalbaar is. De aannames over de e-truck worden verder beschreven in Hoofdstuk 3.

Er zijn 2 varianten van stekkerlaadpalen die momenteel gebruikt worden in de proeftuin en die ook commercieel beschikbaar zijn. De eerste variant heeft een maximaal laadvermogen van 150 kW en de tweede variant heeft een maximaal laadvermogen van 300 kW. Heliox biedt daarnaast ook een laadinstallatie aan van 600 kW (Heliox). Alternatieve laadmethodieken zoals pantografen, zijn buiten de scope van deze studie. In geval van Jumbo Veghel en het distributiekarakter van het transport zijn oplossingen als pantografen niet makkelijk in te passen. Een voertuig staat door het laden van meerdere productstromen en laadlocaties niet lang op één locatie stil.

Laadtijd

Uit analyse van de ritten vanuit het distributiecentrum van Jumbo volgt dat alle ritten minder dan 400 kilometer lang zijn. Daarnaast zijn 80% van de ritten korter dan 200 kilometer. Dit betekent dat de aangekondigde truck met een actieradius van 200 kilometer een groot deel van de ritten vanuit dit distributiecentrum kan invullen. De gemiddelde dagafstand per vrachtwagen bedraagt iets meer dan 300 km. Dit kan dus worden ingevuld door e-trucks. Een toename van de actieradius van de trucks naar 400 kilometer zal voldoende zijn om alle ritten vanuit het distributiecentrum te kunnen invullen met elektrische trucks. Daarom kunnen in de situatie van Jumbo de diesel trucks 1-op-1 vervangen worden door e-trucks met een actieradius van 400 kilometer.



Figuur 1 Wekelijkse verdeling van rit afstanden vanuit Veghel

Een truck met een actieradius van 200 kilometer heeft een batterij van ongeveer 350 kWh. Als er een langere rit uitgevoerd dient te worden, dan moet de batterij tussen twee ritten door opgeladen worden. Uit analyse van de ritten bij het distributiecentrum van Jumbo blijkt dat dit zonder impact op de operatie kan bij een laadtijd van maximaal een half uur. Hierdoor is voor operationele haalbaarheid een laadpaal met minimaal een vermogen van 650 kW wenselijk.

Naast de capaciteit van de laadpaal is het ook van belang dat de laadinfrastructuur beschikbaar is op het moment dat een vrachtwagen een laadbehoefte heeft. Dit is bij publiek laden niet per se gegarandeerd en ook bij lokaal laden zijn er minimale hoeveelheid laadpalen nodig om deze beschikbaarheid te garanderen. Voor de beschikbaarheid van laadpalen is het van belang om te analyseren wat de totale laadbehoefte is over een dag en welke piekbehoefte aanwezig is. En om deze laadbehoefte te vertalen naar het aantal benodigde laadpalen. Dit omdat trucks zowel 's nachts (het merendeel), als overdag veel tegelijkertijd moeten kunnen laden. Voor Jumbo is deze analyse beschreven in 4.2. Voor het distributiecentrum van Jumbo resulteert deze analyse in een 12 tal laadpalen die benodigd zijn om continuïteit van de operatie te waarborgen.

Het ruimtelijke aspect heeft betrekking op de beschikbare ruimte voor het installeren van snelladers en elektrische infrastructuur. Dit verschilt per locatie, we nemen als uitgangspunt dat er voldoende ruimte is op het distributiecentrum van Jumbo.

Conclusie

Elektrische trucks zijn qua actieradius geschikt voor het verduurzamen van de distributievloot met ritten korter dan 400 km, zoals bij Jumbo in Veghel. Dit heeft te maken met ontwikkelingen in de actieradius van e-trucks en de laadvermogens. De verwachting is dat de actieradius van e-trucks toeneemt tot 400 km. Door het toepassen van deze hogere actieradius e-trucks in combinatie met hoge

laadvermogens (650 kW en hoger) zijn de laadtijden van de e-trucks beperkt en veelal in de nacht te plannen. Hierbij komt het logistieke proces niet in gevaar.

2.2 Impact van lokale laadinfrastructuur

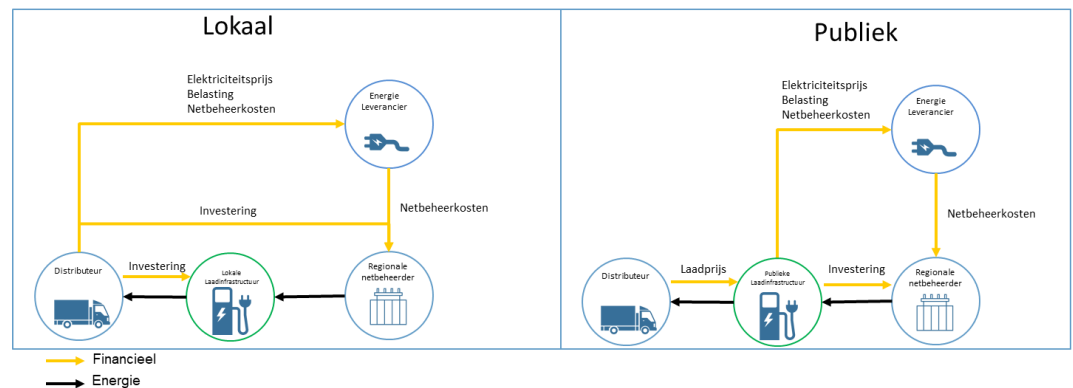
Zoals eerder geïntroduceerd is een belangrijke keuze waar een vlooteigenaar voor staat de keuze van investeren in lokale laadinfrastructuur of gebruik maken van publieke laadinfrastructuur. Kosten, beschikbaarheid en ruimte zijn hierin drie belangrijke aspecten. In dit hoofdstuk analyseren wij de impact van lokaal laden op de kosten en impact voor het energiesysteem.

De bestudeerde vloot, zoals beschouwd in de analyse, bestaat uit 130 vrachtwagens die 13.2 miljoen km per jaar rijden. Op een drukke dag rijden de vrachtwagens gezamenlijk 40.000 km, met een dagelijks elektriciteitsverbruik van ongeveer 72 MWh. Onder de aannames gedaan in deze studie blijkt dat hiervoor 12 snelladers van 650 kW nodig zijn (zie 4.2).

Kostenopbouw

Bij publiek laden wordt de investering in laad- en elektrische infrastructuur door een derde partij gedaan, de uitbater van de laadinfrastructuur. De distributeur betaalt hiervoor doormiddel van een hogere kWh-prijs. De prijs van een publiek geladen kWh bestaat grofweg uit de componenten: elektriciteit, netbeheerkosten, belastingen, onderhoud, onkosten voor ruimte en laadinfra en winst.

Bij lokaal laden zijn alle investeringen voor rekening van de distributeur maar wordt een lagere kWh-prijs betaald omdat de kWh-prijs hier enkel bestaat uit elektriciteit, netbeheerkosten, onderhoud en belasting. De beide varianten zijn weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Business model van lokaal laden (links) en publiek laden (rechts) met energie en financiële stromen. Bij publiek laden wordt alleen de laadprijs betaald, bij lokaal laden zijn naast verschillende operationele kosten ook de investering voor de distributeur.

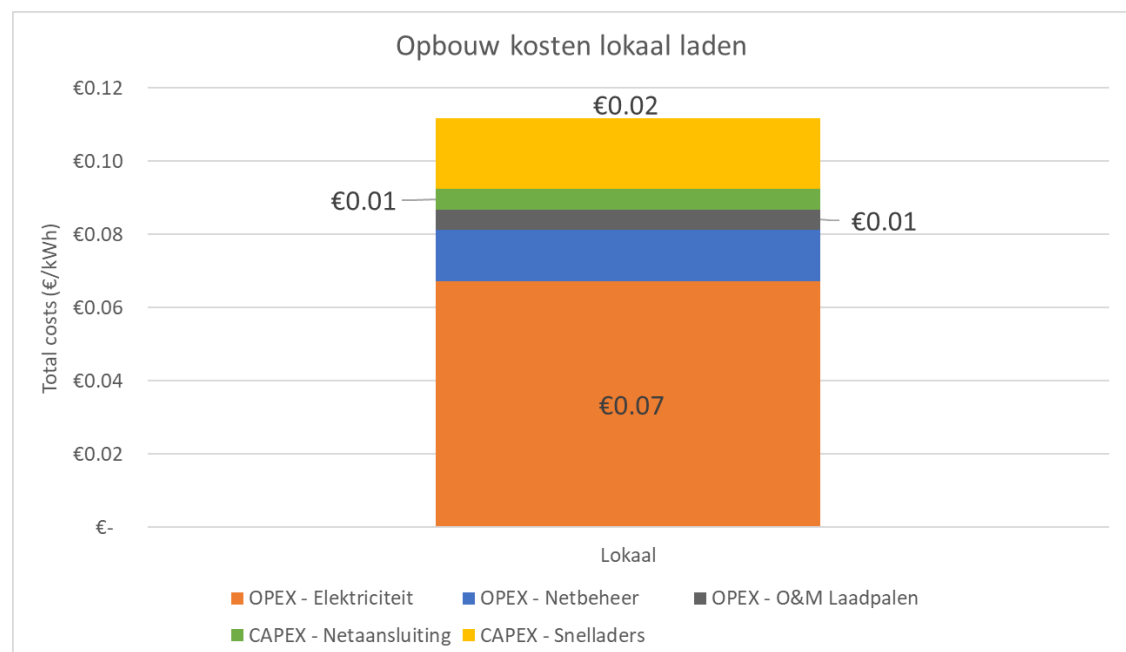
Voor deze hierna volgende analyse is het eerder genoemde systeemmodel gebruikt. De analyse is specifiek gedaan op de volgende CAPEX en OPEX aspecten van de transitie naar een elektrische vloot:

- OPEX: Elektriciteit, netbeheerkosten, onderhoud
- CAPEX: Laadinfrastructuur, Netaansluiting.

De aannames voor investeringskosten in laad- en netinfrastructuur zijn weergegeven in Hoofdstuk 4 en 5, samen met de operationele kosten voor netbeheer. De totale elektriciteitskosten zijn opgebouwd uit inkoopkosten, energiebelasting en ODE. Voor grootverbruikers gelden lagere belastingtarieven, wat leidt tot een range voor de lokale elektriciteitskosten van € 0.06 - 0.10 per kWh, zie Hoofdstuk 7.1 voor de opbouw van deze kosten.

Resultaat

In het systeemmodel is een volledige transitie naar elektrische vrachtwagens van de operatie van Jumbo doorerekend. Hierna zijn de CAPEX en OPEX kosten die betrekking hebben op de laadinfrastructuur teruggerekend naar geladen kWh. Dit resultaat is weergegeven in Figuur 3, de totale kosten zijn 12 cent per kWh. Hierbij is het van belang om te vermelden dat het component 'OPEX Elektriciteit' de inkoopkosten van elektriciteit zijn, deze is onderhevig aan schommelingen op de elektriciteitsmarkt en kan over tijd veranderen. Kengetallen gebruikt in deze studie zijn weergegeven in Tabel 9 van hoofdstuk 7.



Figuur 3 Kostenopbouw van lokaal laden voor een periode van 10 jaar. Analyse alleen op kostencomponenten die beïnvloed worden door deze keuze.

In bovenstaande analyse is als uitgangspunt genomen dat er 12 laders worden geïnstalleerd, dit is een schatting en geen exacte bepaling. In de praktijk kan blijken dat er iets meer of minder laders nodig zijn. Daarom is gevoeligheid in kWh prijs bepaald voor een de range 10 tot 14 laders. Voor de situatie in Veghel geldt dat tussen de 10 en 14 laders de kWh prijs toeneemt met 0,3 cent per lader. Deze prijsgevoeligheid is beperkt omdat er geen extra investering in netcapaciteit nodig is voor deze range van laders en de elektriciteitskosten dominant zijn in de kostenopbouw.

Afstemming laadpalen en netinvestering

Bij het plaatsen van laadinfrastructuur is het van belang om rekening te houden met de netaansluiting. Netaansluitingen zijn standaardproducten van een netbeheerder

en worden aangelegd in stappen van 1.75, 6 of 10 MW. In Tabel 1 staat weergegeven hoeveel 650 kW snel-laders er maximaal geplaatst kunnen worden per aansluiting. Voor een distributiecentrum zijn dit er in de praktijk minder, vanwege het al aanwezige energieverbruik.

Tabel 1 Aantal snelladers bij de verschillende netaansluitingen en bijbehorende minimale kosten (Enexis, 2020)

Aansluiting	Maximaal aantal snelladers (650 kW)	Kosten aansluiting (exclusief meermalen)
1.75 MW	2	€ 24 500
6 MW	9	€ 185 000
10 MW	15	€ 912 000

De minimale kosten voor een nieuwe aansluiting zijn 2 tot 5 keer hoger dan de kosten van een snellader. Het aanleggen van een nieuwe aansluiting voor weinig snelladers is daarom niet de meest efficiënte keuze. Doordat de uitbreiding van een netaansluiting per stap gaat is het in sommige gevallen verstandig om een gedeelte van de vloot middels publieke infrastructuur te laden. Neem bijvoorbeeld de situatie waar op de locatie één snellader verantwoordelijk is voor het verhogen van de aansluiting van 6 naar 10 MW. In dat geval is het omslagpunt om deze snellader uit te sparen via publiek laden al bij € 0.17 per kWh in plaats van € 0.12 per kWh (berekend met het systeemmodel).

Conclusie

Voor de situatie in Veghel geldt dat als alle kosten (snelladers, elektriciteit, netaansluiting, belastingen) meegenomen worden, de kosten van lokaal laden per kWh met de gemaakte aannames neerkomen op 12 ct/kWh bij een volledige elektrificatie van de vloot. Op het moment van schrijven is er nog niet veel bekend over publieke laadinfrastructuur voor vrachtwagens dus het is onbekend hoe deze kosten zich verhouden tot prijzen van publiek laden voor e-trucks.

Bij het ontwerpen van de laadvoorziening van een bedrijf is het juist dimensioneren van de hoeveelheid laders en de daar bijbehorende netaansluiting van groot belang. Hierin moet rekening gehouden worden met de groei van het wagenpark (en/of de laadbehoefte) in de komende jaren. Dit gezien de invloed van de CAPEX op de totale kosten. De investering in eigen laadinfra komt met een hoge investeringskosten, de elektriciteitskosten zijn daarentegen zeer laag. Dit geldt vooral wanneer elektrificatie ertoe leidt dat het volume van de benodigde elektriciteit dusdanig hoog wordt dat de vlooteigenaar een 'grootverbruiker' wordt (meer dan 10 miljoen kWh verbruikt). Hierbij gelden lage inkooprijzen en lage belastingen. Daarnaast kan de doorlooptijd van aanvraag tot installatie van deze grote netaansluiting enkele jaren kan duren. Hier moet ook bij vermeld worden dat de beschikbaarheid van netcapaciteit in grote delen van het land schaars is.

De bestaande vloot, zoals beschouwd in de analyse, bestaat uit 130 vrachtwagens die 13.2 miljoen km per jaar rijden. Op een drukke dag rijden de vrachtwagens gezamenlijk 40.000 km, met een dagelijks elektriciteitsverbruik van ongeveer 72 MWh. Onder de aannames gedaan in deze studie blijkt dat hiervoor 12 snelladers van 650 kW nodig zijn. Om deze, samen met het huidige verbruik, aan te sluiten op het net is een netaansluiting van 10 MW nodig.

2.3 Draagt investeren in duurzame opwerk en/of opslag bij aan de opschaling van elektrisch distributievervoer?

In combinatie met het elektrificeren van zijn vloot kan een vlooteigenaar er voor kiezen om te investeren in opwerk van duurzame energie op zijn locatie en voor het plaatsen van opslag (bv in de vorm van een accu). Deze combinatie kan voordelen voor de business case en het energiesysteem opleveren. In dit hoofdstuk wordt de waarde van duurzame energieopwerk en energie opslag beschreven. De scope van de opslag casus is gericht op toegevoegde waarde voor grootschalige elektrificatie en niet op stand-alone business cases van opslag.

2.3.1 *Investeren in Duurzame Energieopwerk*

Duurzame energie-opwerk op bedrijfspanden wordt veelal gedaan door toepassing van grote zonnepaneelinstallaties op daken. Investeren in duurzame energie opwerk leidt tot duurzamere inzet van een elektrisch wagenpark doordat de vrachtwagens deels geladen kunnen worden met zelf-opgewekte energie (scope 2 emissies). Daarbij gaan er economische voordelen gepaard met het investeren in groene energie. CE Delft laat in hun rapport “Scenario’s voor zon op grote daken” (Delft) zien dat investeren in zonnepaneel installaties voor grootverbruikers tot 2025 een positieve businesscase heeft, hiervoor is wel een SDE subsidie nodig. Het combineren van zon op dak met grootschalige elektrificatie van het wagenpark verbetert de business case van het zonnedak nog eens. Dit omdat de zonnepaneelinstallatie gebruik maakt van de zelfde netaansluiting als de laadpalen, er hoeft dus geen extra investering te worden gedaan in netuitbreiding.

Naast een economisch voordeel ontstaat er ook een synergie voor het energiesysteem. De schaarse netcapaciteit wordt dubbel gebruikt, door zowel de laadpalen als de zonnepanelen. Deze oplossing is daarom ook vanuit de ogen van de netbeheerder interessant omdat het de systeemkosten drukt, door de schaarse netcapaciteit zo effectief mogelijk te gebruiken. Voorwaarde hierin is wel dat het piekvermogen van het zonnedak niet groter is dan het piekvermogen van de laadpalen. Anders moet er alsnog geïnvesteerd worden in netuitbreiding.

Conclusie

Het advies is om duurzame opwerk zo veel mogelijk te combineren op locaties waar laadinfrastructuur wordt geplaatst. Met gebruikmaking van de SDE subsidie is de verwachting dat hier een positieve business case te behalen is die ook waarde toevoegt voor het energiesysteem.

2.3.2 *Investeren in Opslag van Energie*

Door energieopslag te plaatsen kan energie tijdelijk worden opgeslagen om op een later moment te worden gebruikt. Een gangbare vorm van elektriciteitsopslag is de lithium-ion batterij. Voor energie-intensieve toepassingen zijn deze batterijen beschikbaar in 1 of meer MWh. Deze worden typisch geplaatst in Zeecontainers. Binnen deze studie zijn de toepassingen van een batterij geanalyseerd die bijdragen aan de opschaling van e-trucks. De twee toepassingen die hier als waardevol worden beschouwd zijn:

- 1 **Het voorkomen van netverzwaring (peak shaving):** dit kan kosten besparen en biedt potentieel de mogelijkheid om laders te plaatsen in gebieden waar netaansluiting onmogelijk is.
- 2 **Het opslaan van overproductie groene energie:** om deze energie op een later moment zelf te consumeren (maximaliseren eigen opwek). Dit kan geld opleveren door het verschil in prijs tussen de energie terug leveren en de energie inkopen.

Naast bovenstaande toepassingen zijn er meer toepassingen mogelijk met een batterij, zoals bijvoorbeeld arbitrage op energiemarkten. Toepassingen die louter gaan om het economisch inzetten van de batterij en niet primair bijdragen aan de opschaling van e-trucks zijn in deze studie buiten beschouwing gelaten.

Peakshaving

Zoals eerder in dit rapport is bepaald zijn er 12 laadpalen van 650 kW nodig om de volledige vloot van het distributie centrum in Veghel te kunnen elektrificeren. De piekbelasting van de laadinfrastructuur is $12 * 650 \text{ kW} = 7,8 \text{ MW}$. Wanneer daar de elektriciteitsconsumptie van het distributiecentrum bij op wordt geteld resulteert dit in een piekvermogen van zo'n 9 MW. Om dit te kunnen faciliteren is een 10 MW aansluiting van Enexis nodig (zie ook hoofdstuk 5). De aansluitwaardes van Enexis komen in verschillende stappen, de stap onder 10 MW is 6 MW. Wanneer opslag kan de piekbelasting kan reduceren tot onder 6 MW kan dit een financiële besparing opleveren van ongeveer 500.000 euro. Daarnaast wordt er bespaard op de capaciteitstarieven van de netbeheerder, in de casus van Jumbo komt dit neer op 42.000 euro per MW per jaar (Enexis, 2020).

In het geanalyseerde scenario zijn er 12 laadpalen beschikbaar om 130 vrachtwagens op te laden. Om economische redenen is de hoeveelheid laadpalen laag gehouden. Dit zorgt er echter voor dat op drukke laadmomenten, bv begin van de nacht wanneer alle vrachtwagens terug zijn op het distributie centrum, laadpieken van meer dan een uur niet uitgesloten worden. De beschikbaarheid van laadinfrastructuur is op deze momenten belangrijk om de logistieke operatie te kunnen garanderen. Om er zeker te zijn dat de piek niet onder de 6 MW komt zijn meer dan 6 MWh batterijen nodig. De prijs van een Lithium ION batterij is ingeschat op ongeveer 300.00 euro per/MWh in 2025 (DOE). De vaste operationele kosten van een batterij zijn ingeschat op 8.000 euro per MW per jaar (DOE). Met deze kosten kan een 6 MWh batterij voor peak shaving bij Jumbo niet uit. Een tweede reden waarom een batterij niet gunstig uitkomt voor deze toepassing is dat een batterij slijt door gebruik en, afhankelijk van het gebruik, na een aantal jaar moet worden vervangen. Dit maakt de investering in de batterij een terugkerende investering in tegenstelling tot de eenmalige investering in netverzwaring.

Rekenvoorbeeld peak shaving

Er zijn gevallen denkbaar waarin de casus peakshaving van grootschalige elektrificatie wel degelijk van toegevoegde waarde is. Stel dat na elektrificatie op een DC een piekvermogen van 7 MW ontstaat, dit kan niet worden geleverd met een 6 MW aansluiting, daarom is de 10 MW aansluiting noodzakelijk. Echter wanneer het hier gaat om een kortstondige piekbelasting, kan een 1 MWh batterij deze piekbelasting mogelijk opvangen. Met een batterij kan dan 500.000 euro aan investeringen, en 42.000 euro per jaar aan capaciteitstarieven voorkomen worden.

Tabel 2 Overzicht van kosten netaansluiting ten opzichte van kosten bij een batterij (Enexis, 2020), (DOE)

	Besparing op Netaansluiting	Batterij (per MWh)
Investering	500.000	300.000
Nettarieven (euro per jaar)	42.000	0
Vaste O&M	0	8.000

In deze studie is gekeken bij welke grootte van de batterij het economisch rendabel is om in deze casus peakshaving van 1 MWp toe te passen. Hierbij is rekening gehouden met 300.000 euro investeringskosten in de batterij, 8.000 euro per MW per jaar aan operationele kosten van de batterij en een WACC van 8%. Uit deze analyse blijkt dat een batterij van 2,5 MWh of kleiner een return of investment heeft van minder dan 5 jaar. De variabele O&M zijn hierin niet meegenomen. Hoe kleiner de batterij, hoe eerder de investering terugverdiend is. Bij een diepere analyse dient er rekening gehouden te worden dat de investering in een batterij van kortere duur is dan de investering in een netaansluiting.

Het is van belang om een gedegen analyse te doen op de hoeveelheid opslagcapaciteit om deze piek op te vangen. Deze analyse houdt rekening met de hoogte van de op te lossen piek, de duur van deze piek en hoe vaak een piek voorkomt. Deze analyse is niet uitgevoerd als onderdeel van deze studie.

Er zijn echter wel situaties denkbaar waar opslag wel degelijk van toegevoegde waarde kan zijn voor het opschalen van elektrische distributie (een rekenvoorbeeld hiervan is uitgewerkt in het tekstvak hierboven). Bijvoorbeeld in situaties waar net capaciteit, tijdelijk of helemaal, niet beschikbaar is. Of in situaties waarbij het piekvermogen van de laadinfrastructuur net iets hoger is dan beschikbare stappen in aansluitwaarden (1 MW, 1,75 MW, 6 MW en 10 MW). Daarbij is dan de voorwaarde dat de verwachte piekbelastingen kort zijn. Want bij een continue overschrijding van de piek zal de accu geen tijd hebben om weer op te laden. Of opslag interessant is hangt sterk af van de situatie (piekvermogen, duur van de piek, netaansluiting, benodigde beschikbaarheid van de laadinfra), dit moet dus per situatie bepaald worden. Ook moet genoemd worden dat de prijs van opslag sterk afneemt over tijd. Daarom wordt de toepassing van accu's in de toekomst eerder interessant.

Opslaan van groene energie

Jumbo heeft op de locatie van het distributiecentrum een zonnepaneelinstallatie op het dak. Opslag kan gebruikt worden door overschotten van zonne-energie niet op het net aan te bieden maar op te slaan en op een later moment in te zetten. Hierdoor kan Jumbo langer profiteren van haar zelf opgewekte energie. Hiermee wordt het overschot zonne-energie niet verkocht tegen feed-in tarief maar voorkomt het dat er op een later moment diezelfde hoeveelheid energie niet hoeft worden ingekocht bij de energieleverancier. Economisch gezien is (naast de delta tussen het feed-in tarief en het inkooptarief) het voordeel dat Jumbo minder energie inkoopt en daar dus ook minder energielasting en ODE (Opslag Duurzame Energie) over betaald.

Voor een grootverbruiker zijn energielasting en ODE erg laag. De besparing voor een grootverbruiker is 1 euro per MWh zelf gebruikte energie. In het geval de distributeur geen grootverbruiker is, dan zijn de vermeden belasting en ODE significant groter, namelijk 36 euro per MWh. Er is ingeschat dat een 1 MWh/1 MW Li-ion batterij per dag 1 MWh zonne-energie overschot kan inzetten voor eigen gebruik. Dit in het geval van opladen gedurende de dag en ontladen in de nacht. Dit leidt tot een opbrengst van $365 * €36 = 13.000$ euro per jaar. De operationele kosten van een Li-Ion batterij zijn ingeschat op vaste kosten van 8.000 euro/MW-jaar. In het gunstige scenario heeft dit concept een zeer lange terugverdiëntijd ten opzichte van de investering. Het is niet aan te raden om voor dit concept opslag te plaatsen, specifiek niet bij grootverbruikers.

Conclusie

Opslagoplossing zijn alleen in specifieke situaties economisch rendabel. In de geanalyseerde casus bij Jumbo is dit niet het geval. Het voorkomen van netverzwaring is een rendabele toepassing als de benodigde opslagcapaciteit om netverzwaring te voorkomen relatief klein is. Bijvoorbeeld, bij het voorkomen van 1 MW piekvermogen én het voorkomen van netverzwaring is een opslag van 2.5 MWh of kleiner te overwegen. Het opslaan van groene energie en op een later moment consumeren is op dit moment voor geen enkele casus rendabel. Voor de situatie van Jumbo, waar grootverbruikstarieven gelden, zijn de potentiële opbrengsten minimaal.

Opslag oplossingen hebben meerdere verdienmodellen, in deze studie is alleen gekeken naar de waarde van opslag voor grootschalige elektrificatie. Of opslag voor andere toepassingen een economisch voordeel biedt op een locatie is sterk afhankelijk van: de opgestelde hoeveelheid groene energie opwek, de energievraag (grootverbruiker of niet), de (uit te breiden) netaansluiting, de beschikbaarheid van netcapaciteit en de kostendaling van opslag. Dit moet per locatie geanalyseerd worden.

2.4 Tijdslijnen voor grootschalige elektrificatie

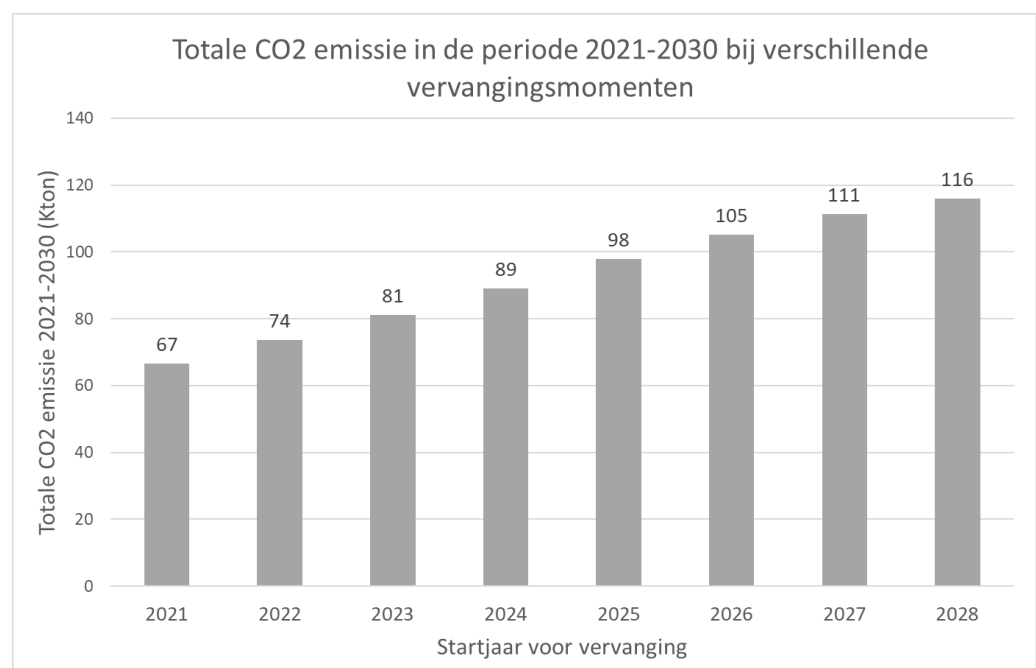
Voor distributiebedrijven is het van belang om te bepalen op welk moment om te schakelen naar het structureel aanschaffen van elektrische voertuigen. Moet een vlooteigenaar vandaag beginnen, of nog even wachten? En als hij moet wachten, welke factoren moeten dan rekening mee worden gehouden?

Er is nog veel onzeker over de toekomstige prijsontwikkeling en beschikbaarheid van e-trucks. Analyses van Bloomberg en e-Laad (BloombergNEF, 2019), (ElaadNL,

2020)) laten een verwachting zien dat e-trucks rond 'mid-2020's' economisch interessant worden voor stadsvervoer. Echter naast louter economische opzichten zijn er ook praktische randvoorwaarden. In deze studie is gekeken naar emissies, zero-emissie stadskernen en doorlooptijden van het elektriciteitssysteem.

Emissies

Een driver achter het vervangen van dieseltrucks voor elektrisch vervoer zijn de doelstellingen om minder emissies uit te stoten. In Figuur 4 is de totale emissie uitstoot van de vrachtwagen vloot in de periode 2021-2030 weergegeven, afhankelijk van het moment waarop er in elektrische trucks wordt geïnvesteerd. Hoe eerder er wordt geïnvesteerd in trucks, hoe meer CO₂-uitstoot wordt voorkomen in deze periode. Het verschil tussen starten met investeren in 2021 en 2030 scheelt 49 kTon aan CO₂-uitstoot.



Figuur 4 Totale CO₂-emissie in de periode 2021-2030 bij verschillende vervangingsmomenten. De totale CO₂-emissie neemt toe omdat er bij latere jaren langer dieseltrucks door rijden.

Zero emissie stadskernen vanaf 2025

Steden kunnen vanaf 1 januari 2025 een zero emissie zone invoeren. Voorwaarde is dat ze die minimaal vier jaar van tevoren aankondigen. Nieuwe bestel- of vrachtwagens die na 2025 op kenteken gezet worden, moeten emissieloos rijden om in deze stadscentra te komen. Ondernemers die in zo'n zone moeten zijn en die nog een fossiele bestelbus of vrachtwagen hebben krijgen, mede in het licht van de coronacrisis, wat langer de tijd. In 2027 eindigt de overgangsfase voor bestelauto's. Eind 2029 voor vrachtwagens. Daarmee wordt invulling gegeven aan de afspraak in het klimaatakkoord om in 2030 te zorgen voor 49% vermindering van de CO₂-uitstoot.

Een 30-tal grotere steden heeft aangegeven zero emissie stadskernen in te voeren vanaf 2025. Jumbo bedient vanuit Veghel een aantal ZE zones. Voor het Jumbo distributiecentrum in Veghel geldt dat er 32 (Hoofdstuk 7.1) E-trucks in nodig zijn om

de ZE zones te bedienen. Jumbo moet daarom op zijn laatst in 2025 beginnen met investeren in e-trucks om deze ZE zones te kunnen blijven bedienen

Elektriciteitssysteem

Het elektriciteitssysteem is ook een belangrijke tijdslijn om rekening mee te houden. In de situatie van Jumbo dient er een significant grotere netaansluiting moet worden gerealiseerd van 10 MW. Het CE Delft Rapport “Doorlooptijden investeringen elektrificatie” uit februari 2021 beschrijft dat dit in het gunstigste geval 2 jaar duurt. Echter, voegt CE Delft toe:

“Daarnaast kan het voorkomen dat door capaciteitsbeperkingen op het elektriciteitsnet, een hogere aansluitwaarde pas mogelijk is na een verzwaring van het elektriciteitsnet. Met name die laatste situatie kent een lange doorlooptijd. Afhankelijk van de netsituatie dient dan een MS/TS- of HS/MS-station verzwaard te worden”

In dit laatste geval kunnen doorlooptijden van het verhogen van de netaansluiting 5 tot 10 jaar duren. Het is dus zondermeer aan te raden dat Jumbo (en distributeurs in vergelijkbare situaties) de actie onderneemt om in gesprek gaan met de lokale netbeheerder om er zeker van te zijn dat er voldoende netcapaciteit beschikbaar is voor de benodigde laadinfrastructuur.

Conclusie

Wanneer Jumbo verkiest om geen gebruik te maken van de uitzonderingsregeling moet Jumbo op zijn laatst in 2025 beginnen met investeren in e-trucks om de ZE zones te kunnen blijven bedienen. Daarbij komt dat bij het realiseren van laadinfrastructuur er een nieuwe of grotere netaansluiting moet worden gerealiseerd. Doorlooptijd hiervan is in het gunstigste geval 2 jaar en in het meest ongunstige geval 10 jaar. Daarom moet Jumbo nu al in gesprek gaan met zijn netbeheerder om er zeker van te zijn op tijd over voldoende netcapaciteit te beschikken.

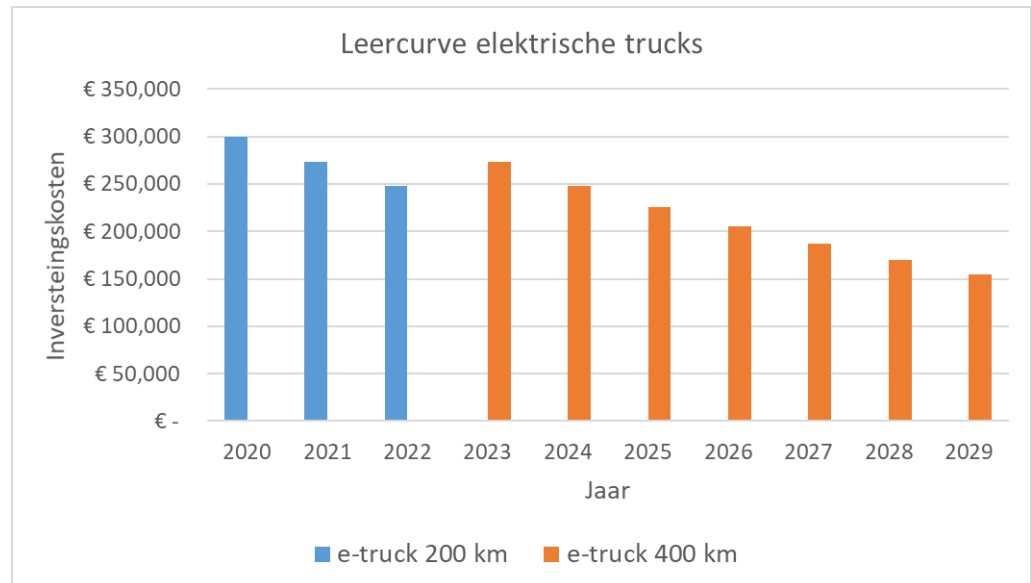
3 De e-Vrachtwagen

De basis van de analyse die in dit rapport wordt beschreven, wordt gevormd door de elektrische truck die momenteel in de proeftuin wordt ingezet. Dit betreft een DAF CF Electric 4x2 trekker, uitgerust met aandrijftechnologie van VDL's E-Power Technology. Deze bevat een 210 kW elektromotor voor de aandrijving. Alhoewel de truck in de proeftuin een 170 kWh lithium-ion accupack bevat, is er voor 2021 een 350 kWh versie aangekondigd met een actieradius van ruim 200km (afhankelijk van de inzet). Meer truckfabrikanten hebben aangekondigd trucks met deze grotere actieradius op de markt te brengen. O.a. Renault, Mercedes, Scania en Volvo komen op middellange termijn met BEV chassis. Deze trucks zullen een grotere actieradius hebben dan de huidige truck in de proeftuin. Op langere termijn verwachten deze fabrikanten dat een actieradius van groter dan 300 km haalbaar is. Hierdoor wordt aangenomen dat in de loop van de periode die in deze opschalingsanalyse bekeken wordt, nogmaals een stap in technologische ontwikkeling gezet gaat worden. Hierbij wordt aangenomen dat in 2024 een truck met een actieradius van 400 kilometer beschikbaar zal zijn. De daadwerkelijke actieradius is een schatting, maar de aanname is dat vanaf 2024 alle ritten in de operatie die in dit rapport bekeken wordt, elektrisch kunnen worden uitgevoerd.

Het verbruik van een elektrische truck varieert als gevolg van de seizoenen. Omdat in deze opschalingsanalyse niet gekeken wordt naar variaties binnen een jaar, wordt een gemiddeld energieverbruik genomen, deze is gelijk aan 1.8 kWh/km.

3.1 Aanschafprijs

De aanschafprijs van de elektrische truck wordt voor een belangrijk deel bepaald door de kosten van de batterij. In de afgelopen jaren is de prijs van batterijen per kWh van iets minder dan 1160 \$/kWh in 2010 naar minder dan 176 \$/kWh in 2018 gegaan (BloombergNEF, 2019). Dit houdt een gemiddelde daling in van 20% per jaar. ElaadNL (ElaadNL, 2019) heeft deze trend gebruikt om de use case voor een truck die ingezet wordt voor supermarkt distributie door te rekenen. Zij schatten in dat de aanschafprijs van een elektrische trekker tussen 2022 en 2030 gemiddeld met circa 9% per jaar vermindert. Gegeven dat de aangekondigde truck voor 2021 wordt ingeschat op aanschafkosten van € 300.000 euro, kan hieruit de leercurve worden opgemaakt. De geschatte aanschafkosten van de aangekondigde truck past op de leercurve van de truck met een kortere actieradius. Voor de 400 km truck is aangenomen dat deze 2 jaar achterloopt op de leercurve. De leercurve voor de aanschafprijs is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5 Leercurve aanschafprijs elektrische truck

De verwachting is dat de een groot aantal componenten langere levensduur heeft dan de batterij van het elektrische voertuig. Om hiervan gebruik te maken is ingeschat dat de levensduur van het voertuig door middel van refurbishment verlengd kan worden. Er is geen referentie voor de kosten van refurbishment, en deze zijn ingeschat op €100.000. De daadwerkelijke kosten van refurbishment leveren een onzekerheid in de totale kosten tijdens de levensduur van de e-truck.

3.2 Onderhoud

De maandelijkse kosten voor onderhoud zijn op basis van een indicatie ingeschat op 550 euro. Een eerste indicatie bij navraag bij transporteurs resulteert in de aanname dat de kosten voor het onderhoud voor diesel trucks gelijk is. Echter, er zijn een aantal belangrijke aandachtspunten:

- De huidige kosten voor het onderhoud van de elektrische truck is een eerste bepaling. Omdat het hierbij nog niet om serie productie gaat, is het zeer waarschijnlijk dat onderhoudskosten voor de elektrische truck in de loop van de tijd gaan dalen. Dit is niet het geval voor de diesel truck, waardoor de business case van de elektrische truck uiteindelijk mogelijk gunstiger wordt.
- De hoogte van de maandelijks kosten voor onderhoud zijn in de praktijk sterk afhankelijk van o.a. het aantal kilometers en het aantal uren dat de truck in bedrijf is. Voor de elektrische truck geldt op het moment echter dat de onderhoudskosten vast zijn. Wanneer de technologie en daarmee de actieradius en het aantal gereden kilometers per jaar verbeterd worden, kunnen er verschillen ontstaan in onderhoudskosten. Dit is afhankelijk van de inzet van de transporteur.

4 Laadinfrastructuur

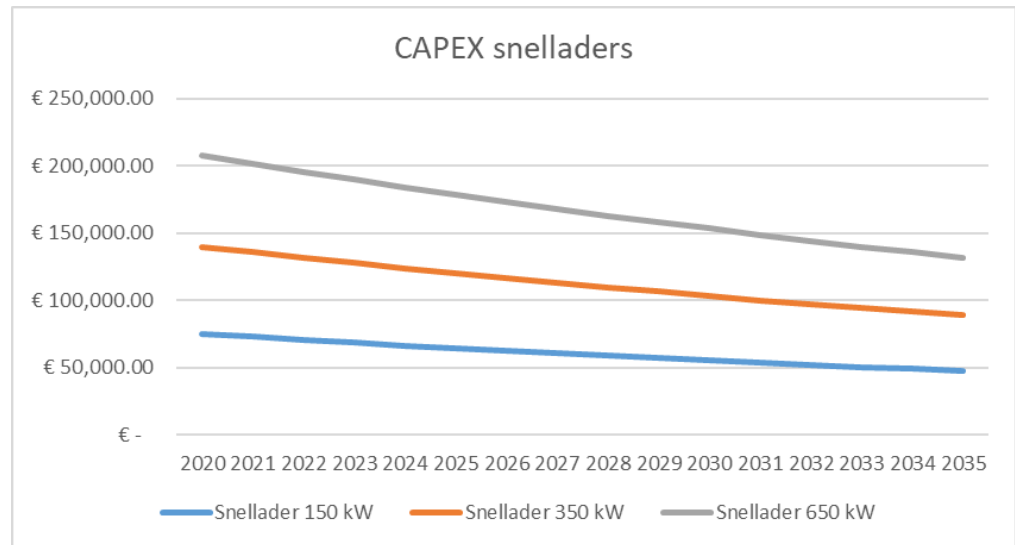
Kosten van de laadinfrastructuur zijn opgedeeld in drie categorieën: De laadpalen zelf, de benodigde aansluiting op het elektriciteitsnet en het gebruik van publieke laadpalen.

4.1 Laadpalen

Er zijn 2 varianten van stekkerlaadpalen die momenteel gebruikt worden in de proeftuin en die ook commercieel beschikbaar zijn. De eerste variant heeft een maximaal laadvermogen van 150kW en de tweede variant heeft een maximaal laadvermogen van 300kW. Heliox biedt daarnaast ook een laadinstallatie aan van 600 kW (Heliox). Alternatieve laadmethodieken zoals pantografen, zijn buiten de scope van deze studie. In geval van Jumbo Veghel en het distributiekarakter van het transport zijn oplossingen als pantografen niet makkelijk in te passen. Een voertuig staat door het laden van meerdere productstromen en laadlocaties niet lang op één locatie stil.

De eerste variant heeft een maximaal laadvermogen van 150kW en de aanschafprijs van deze paal bedraagt ongeveer 75k€ en voor de overige installatie kosten zijn is 47,8 k€ gerekend (Nicholas, 2019). Deze installatiekosten bestaan uit arbeid en materialen zoals kabels en transformator. De tweede variant heeft een maximaal laadvermogen van 300kW en heeft een aanschafprijs van 140k€ en installatiekosten van 65,9 k€. De 650 kW lader heeft een aanschafprijs van 208 k€ en installatie kosten van 72,5 k€. Deze kosten voor de 650 kW lader zijn geëxtrapoleerd van de 150 kW en 350 kW lader.

Snelladers voor e-trucks zijn relatief nieuwe technologie. De vraag naar laadpalen gaat naar verwachting in de toekomst stijgen waardoor ze op grotere schaal geproduceerd kunnen worden. Hierdoor is een kostendaling aannemelijk. Ook innovaties in ontwerp en productie van de laadpaal kunnen kostendaling veroorzaken. In deze studie is de verwachte kostendaling van 3% aangenomen voor de CAPEX van snelladers. In Figuur 6 is de CAPEX van snelladers weergegeven zoals aangenomen in deze studie.



Figuur 6 Leercurve aanschafprijs laadpaal

4.2 Aantal laadpalen benodigd

Het aantal laadpalen dat benodigd is voor de operatie van Jumbo is sterk afhankelijk van een aantal aspecten. Er zijn 3 aspecten waar rekening mee moet worden gehouden:

- De totale energievraag op een dag van de elektrische vloot
- De laadsnelheid (vermogen) van de laadpalen waarmee de benodigde energie geleverd kan worden aan de trucks
- De tijd en moment op de dag dat de trucks beschikbaar zijn om op te laden.

Voor deze studie zijn we opzoek naar een juiste dimensionering van de hoeveelheid laadpalen. Een dusdanige hoeveelheid laadpalen dat er nauwelijks tot geen wachttijden voor het laden ontstaat. Om de logistieke operatie van Jumbo minimaal te vertragen. Het is voor Jumbo aannemelijk dat het laden van een vrachtwagen overdag ongeveer een half uur mag duren. Dit komt overeen met de pauze tijd van een chauffeur. Exact definiëren hoeveel laadpalen er nodig zijn is complex en vergt verregaande analyse van het logistieke proces. Daarom wordt het in deze analyse afgeleid van een aantal scenario's om een beeld te krijgen van wat er nodig is op het DC in Veghel.

De totale energievraag kan worden bepaald aan de hand van het aantal gereden kilometers vanuit het distributiecentrum en het energieverbruik van de elektrische truck. Hierbij wordt aangenomen dat het elektrisch verbruik over de gehele looptijd van de analyse en ondanks technologische ontwikkeling gelijk blijft op het niveau van de huidige proeftuin. In de data die beschikbaar is gesteld door Jumbo is te zien dat voor een specifieke gemiddelde week de meeste kilometers worden gemaakt op de donderdag, waarbij 40130 kilometer wordt afgelegd door de trucks die de winkels bevoorraden.

Vanuit de proeftuin is te zien dat het verbruik van een truck in geladen energie gelijk is aan 1.80 kWh/km. De totale energievraag op deze dag is daarmee ruim 72MWh. Een deel hiervan hoeft echter niet via overdag te worden opgeladen; als er goed gepland wordt, kan er een volledige batterijlading 's nachts worden bijgeladen als de

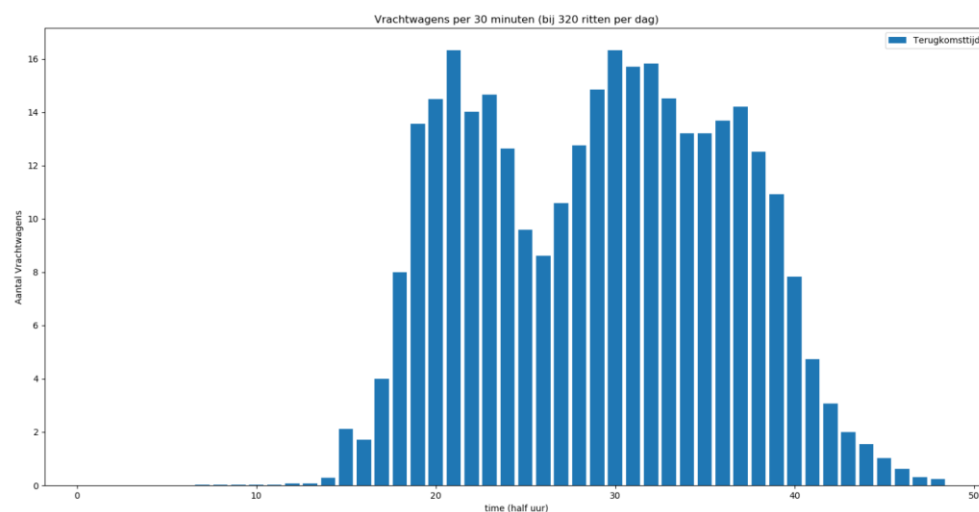
truck met een lege batterij zijn laatste rit afrondt. Echter, omdat ritten en locaties vast staan en er niet tot 0% SOC kan worden doorgereden, is de aanname dat trucks gemiddeld met 40% SOC terugkomen op het distributiecentrum aan het einde van de dag.

Scenario: 's Nachts laden

Stel dat we een extreem scenario aannemen waarin alle vrachtwagens voldoende actieradius hebben om een volledige dag te kunnen rijden. Zodat er enkel 's nachts geladen hoeft te worden. En we nemen aan dat die periode duurt van 20:00 's avonds tot 7:00 's ochtends. Dan moet er dus 72 MWh geladen worden in dat resulteert in 11 uur laadtijd waarin 72 MWh geladen moet worden. Dit komt neer op 6,5 MW/uur, wanneer er continue geladen kan worden. Wanneer laadpalen van effectief 650 kW worden toegepast zijn er in dit scenario dus 11 laadpalen nodig. Continue laden is echter onmogelijk omdat er immers voertuigen gerangeerd moeten worden, ook neemt het laadvermogen van een 650 kW laadpaal af naarmate de batterij voller raakt. Daarom zijn er voor dit scenario 13 a 14 laadpalen nodig.

Scenario: Laden direct bij aankomst

Om een beeld te vormen van hoe het aankomstproces van vrachtwagens eruit ziet op het Veghel DC is een analyse gemaakt op de data van Jumbo. Hierin is geanalyseerd hoeveel vrachtwagens er per half uur terugkomen op het DC. Dit geeft een beeld van het logistieke proces. De uitkomsten van deze analyse zijn weergegeven in Figuur 7. Hierin zien we het aankomstproces voor een standaard dag. Let wel, dit kan er op een piekdag (bijvoorbeeld rond kerst) heel anders uit zien.



Figuur 7: Aankomsttijden van vrachtwagens op het distributiecentrum van Jumbo in Veghel

In bovenstaande figuur is te zien dat op de piekmomenten 16 vrachtwagen per half uur binnenkomen. Door Jumbo is aangegeven dat het acceptabel is dat vrachtwagens 30 minuten stil staan op het distributiecentrum zodat de chauffeur pauze kan nemen. De verwachte laadtijd van een vrachtwagen die direct wordt geladen na aankomst is ordergrootte 20 minuten (gemiddelde rit is $105 \text{ km} \cdot 1.8 \text{ kWh/km} = 189 \text{ kWh}$, bij laadvermogen van 650 kW is dat ongeveer 20 minuten). Daarom kunnen we uit Figuur 7 afleiden in het extreme scenario van alle vrachtwagens direct laden na aankomst 16 laadstations voldoende zijn. Echter is dan nog geen rekening gehouden met een (kerst)piekvraag naar distributie.

Scenario: Minimale hoeveelheid laadpalen

Om een gevoel te krijgen bij de ondergrens van hoeveelheid laadpalen die nodig is om deze vloot van energie te voorzien spreiden we de volledige energiebehoefte over de dag. We gaan er hierbij vanuit dat de logistieke planning perfect aansluit, dat is in de praktijk onhaalbaar maar geeft een beeld van de absoluut minimale hoeveelheid laadpalen. Wanneer de energievraag continue verdeeld wordt over de dag is per uur $72 \text{ MWh} / 24 \text{ uur} = 3 \text{ MWh}$ energie nodig. Bij een laadvermogen van 650 kW per paal is dat 5 laadpalen. Echter moet hier rekening gehouden worden met 1) de tijd die het rangeren en het om-stekkeren van e-trucks kost en 2) dat de laadstroom met tientallen procenten afneemt naarmate de batterij van een truck voller wordt. Daarom zijn in de scenario naar schatting 7 a 8 laadpalen nodig.

Conclusie

Bovenstaande analyses geven een eerste gevoel van de hoeveelheid laadpalen die nodig zijn. Uit deze analyse komt een range van minimaal 8 tot maximaal 16 laadpalen. Waarbij het theoretisch minimum is bepaald op 8 laadpalen. Er zijn 13 a 14 laadpalen nodig wanneer er enkel 's nachts geladen wordt en 16 als alle e-trucks direct bij aankomst laden. In de praktijk kunnen de laatste twee opties gecombineerd worden om zo goed mogelijk aan te kunnen sluiten bij het logistieke proces. Daarom kan Jumbo af met minder dan 13 laders. Echter moet er rekening gehouden worden met piekdagen en dagen waarop, door drukte, meer vrachtwagens op hetzelfde moment terugkomen. Dit laatste is aan de hand van de beschikbare data niet volledige te analyseren door de schrijvers. Daarom is gekozen voor een hoeveelheid laadpalen zo dicht mogelijk tegen de bovengrens van het "scenario 's nachts laden": in deze studie gaan we daarom uit van 12 laders. Omdat dit geen exacte bepaling is, is ook de gevoeligheid van de hoeveelheid geïnstalleerde laders op de kWh prijs meegenomen in de resultaten van 2.2.

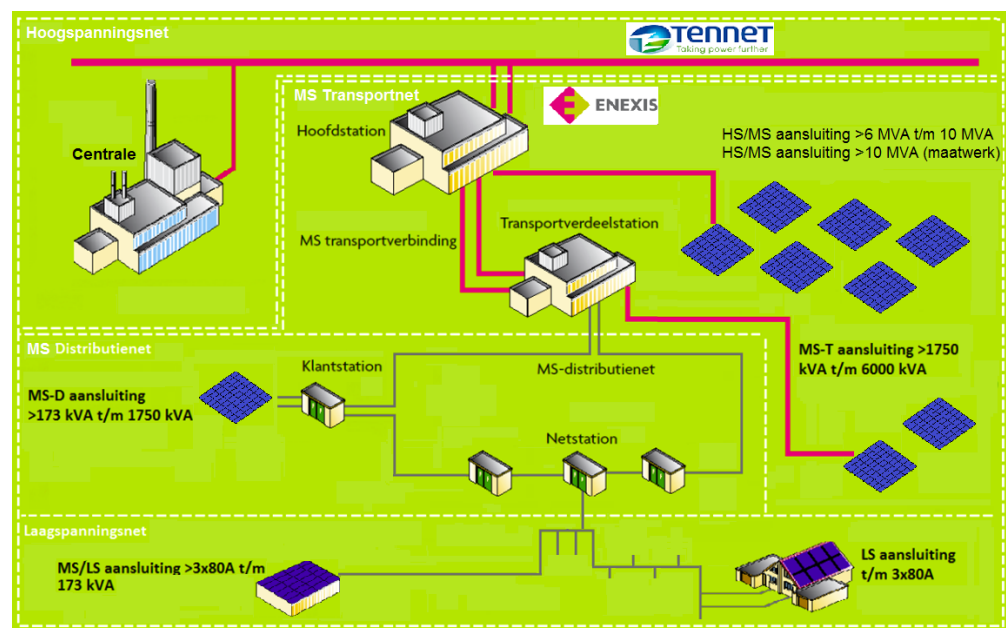
4.3 Ruimtelijke inpassing op DC

Om e-truck lokaal te kunnen laden op een distributiecentrum (of bij een ander bedrijfstype) is het van belang dat er ook daadwerkelijk voldoende ruimte is om dit in te passen. Het plaatsen van 10+ laders vraagt om een significante hoeveelheid ruimte. Niet alleen voor de laders zelf, maar ook parkeerruimte de e-trucks die aan het laden zijn en ruimte voor een extra transformator welke benodigd is om de laadpalen te verbinden met het elektriciteitsnet. Over het algemeen is ruimte op distributiecentra schaars en moet er gepuzzeld worden om deze ruimte vrij te maken. Gebruik maken van publieke laadinfrastructuur biedt hier een mogelijke oplossing.

Verder kan er overwogen worden om ook laadinfrastructuur bij supermarkten te plaatsen, zodat e-trucks tijdens het lossen kunnen bijladen. Dit is echter voor Jumbo geen haalbare optie omdat dit zou betekenen dat er op zeer veel plekken investeringen in laadinfra en netaansluiting moeten worden gedaan. Ook het eigendomsaspect speelt hier een rol, omdat niet alle supermarkten eigendom zijn van Jumbo Supermarkten. Dit is als te complex en te kostbaar bestempeld en daarom niet meegenomen in deze studie.

5 Elektriciteitsaansluiting en infrastructuur

Het huidige piekverbruik van een distributiecentrum is in de orde grootte van 1 MW. De capaciteit van één laadpaal zoals beschouwd in de studie is al 650 kW, bij het plaatsen van de ingeschatte 12 laadpalen zal de gevraagde piekcapaciteit toenemen tot 8.8 MW. De aansluiting die is aangelegd om het distributiecentrum van elektriciteit te voorzien zal dan niet voldoende zijn. Afhankelijk van het aantal snelladers die op het distributiecentrum worden geplaatst zal de aansluiting aan het elektriciteitsnet uitgebreid worden. In Figuur 8 zijn de verschillende mogelijkheden om aan te sluiten op het net van Enexis weergegeven. In deze studie worden 3 verschillende aansluitingen beschouwd: 1,75 MVA, 6 MVA en 10 MVA. Deze categorieën zijn gelijk aan die gehanteerd door Enexis.



Figuur 8: Netvlakken van het Enexis netwerk (bron)

De doorlooptijd van het vergroten van de aansluiting is geanalyseerd door CE Delft (CE Delft, 2021). Deze studie laat zien dat het vergroten van de aansluiting (indien niet administratief) minimaal 2 jaar duurt:

“Daarnaast kan het voorkomen dat door capaciteitsbeperkingen op het elektriciteitsnet, een hogere aansluitwaarde pas mogelijk is na een verzwaring van het elektriciteitsnet. Met name die laatste situatie kent een lange doorlooptijd. Afhankelijk van de netsituatie dient dan een MS/TS- of HS/MS-station verzwakt te worden”

In dit laatste geval kunnen doorlooptijden van het verhogen van de netaansluiting 5 tot 10 jaar duren.

Naast de doorlooptijd zijn bij een grotere aansluiting ook investeringskosten en operationele kosten gemoeid. De eenmalige kosten die gemoeid zijn bij het vergroten van de aansluiting bestaan uit twee componenten. Kosten voor de nieuwe aansluiting

en, wanneer de aansluitverbindingen langer dan 25 meter is, de kosten van de meerlengte van de kabel. Deze kosten zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 3: Tarieven nieuwe aansluiting op basis van de aansluitwaarde (Enexis, 2020)

Aansluitcapaciteit	Aansluiting (€)	Meerlengte (€/m)
1.75 MVA	€ 24.567	€ 64,55
6 MVA	€ 183.624	€ 137,20
10 MVA	€ 268.047	€ 160,90

Naast een eenmalig aansluittarief betaald een aan het elektriciteitsnetwerk aangesloten grootverbruiker ook een periodieke vergoeding aan de netbeheerder. Deze vergoeding is opgebouwd uit twee componenten, een aansluittarief en een transporttarief. In de analyses van dit project is alleen het transporttarief meegenomen, het aansluittarief heeft een lage impact.

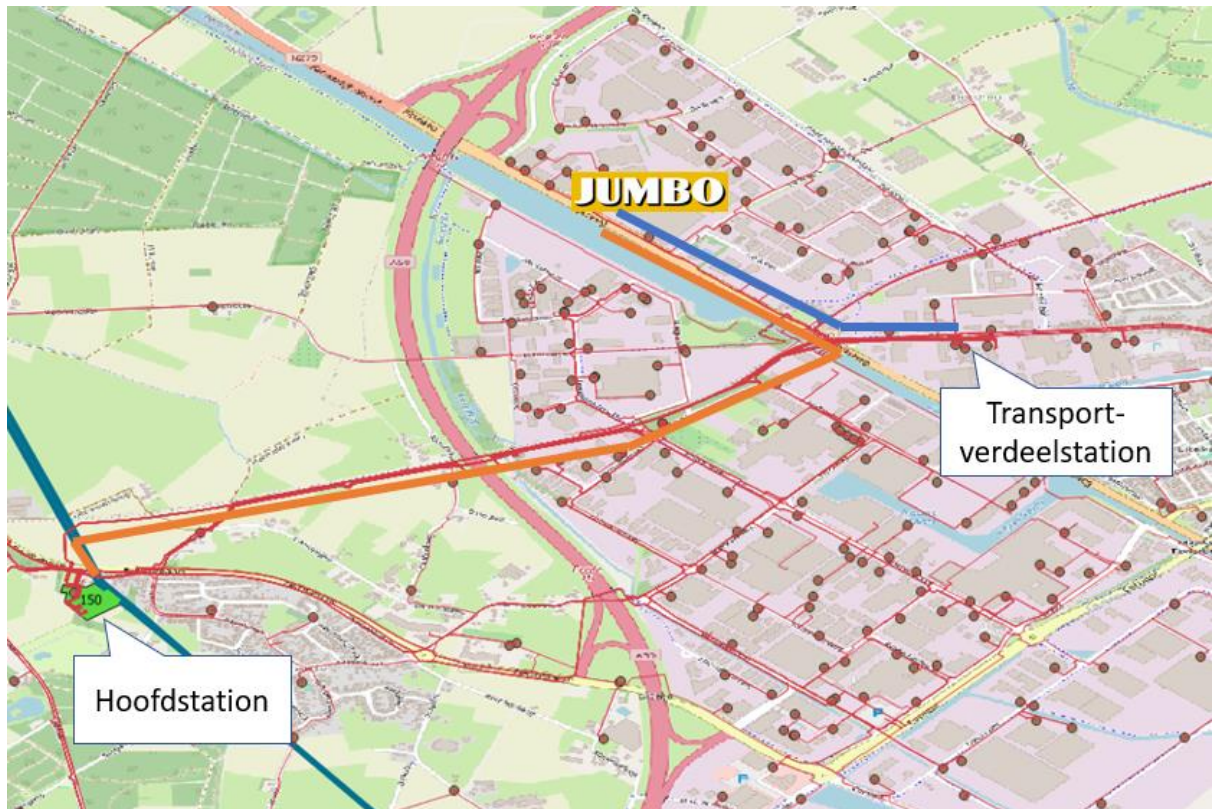
De periodieke transporttarieven zijn tarieven die moeten worden bepaald voor de daadwerkelijk getransporteerde energie. Voor deze studie is gekeken naar de tarieftranche boven 1500 kW. Deze tarieven bestaan dan uit 2 componenten. De eerste is het gecontracteerd vermogen, welke een jaarlijks bedrag is per MW capaciteit die in dat jaar wordt afgenomen. Het maximaal vermogen is een tarief per MW dat bepaald wordt door de maandelijkse piek in elektriciteitsverbruik. De tarieven zijn weergegeven in Tabel 4. In de tariefbladen van Enexis (Enexis, 2020) zijn ook de overige tarieven weergegeven die de netbeheerder hanteert.

Tabel 4 De tariefcomponenten waaruit het periodieke transporttarief is opgebouwd

Aansluitcapaciteit	Gecontracteerd vermogen (€/MW/jaar)	Maximaal vermogen (€/MW/maand)
1.75 MVA (MS-D)	€ 13.570	€ 1.570
6 MVA (MS-T)	€ 12.260	€ 1.280
10 MVA (MS/HS)	€ 18.710	€ 1.890

5.1 Trace nodig voor netuitbreiding

Om een hoeveelheid snelladers te kunnen plaatsen op een laadlocatie is een capaciteitsverhoging van de netaansluiting meestal noodzakelijk. Zoals hierboven is te lezen zijn de kosten hiervan afhankelijk van de grootte van de benodigde netaansluiting en de afstand tot het aan te sluiten station. Daarbij bepaalt de grootte van de benodigde aansluiting aan welk type station dit gekoppeld moet worden. In tabel 4 is te zien dat een aansluiting tussen 1.75 kVA en 6 MVA moet worden aangesloten aan een Transportverdeelstation en een aansluiting tussen 6 MVA en 10 MVA aangesloten moet worden op een Hoofdstation.



Figuur 9 Afstanden Jumbo DC tot Enxis stations

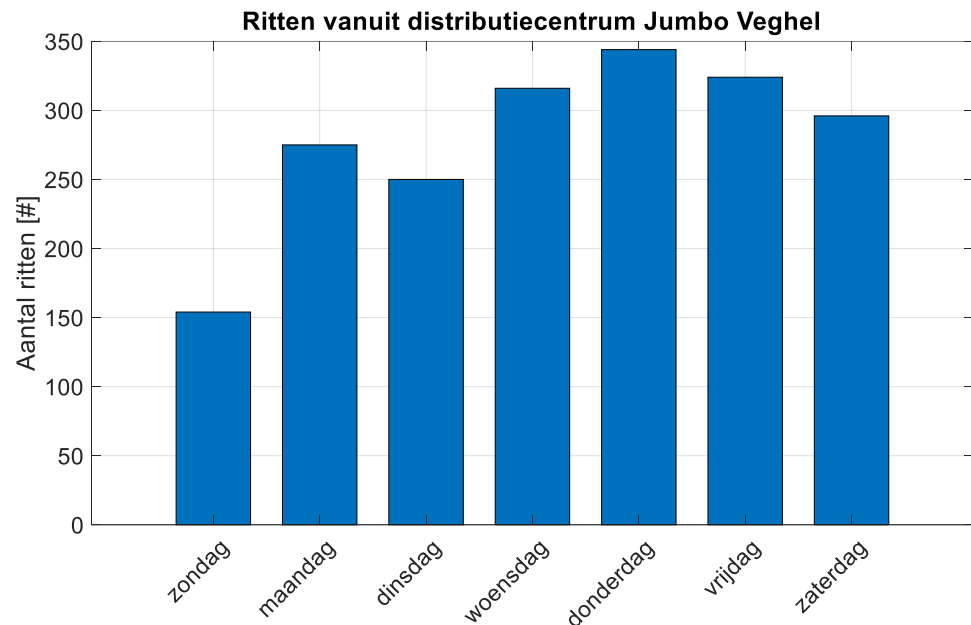
In Figuur 9 zijn de twee tracés weergegeven tussen het Jumbo DC en de Enxis stations. In het oranje het tracé van het Jumbo DC naar het Enxis Hoofdstation, deze meet 4000 meter. In het blauw is het tracé tussen het Jumbo DC en het transportverdeelstation weergegeven, dit tracé meet 1500 meter.

6 Jumbo operatie DC Veghel

Het Jumbo Distributie centrum in Veghel bevoorraadt Jumbo supermarkten in de Regio Brabant, Gelderland, Overijssel en Limburg. Vrachtwagens transporteren gekoelde en niet gekoelde artikelen naar de supermarkten en retourneren papier en statiegeld artikelen naar het distributiecentrum. Bij het distributiecentrum van staat een vrachtwagen niet lang op één plek stil om te producten in te laden. Dit omdat een voertuig langs verschillende laaddocks moet om verschillende productstromen te kunnen in- en uitladen.

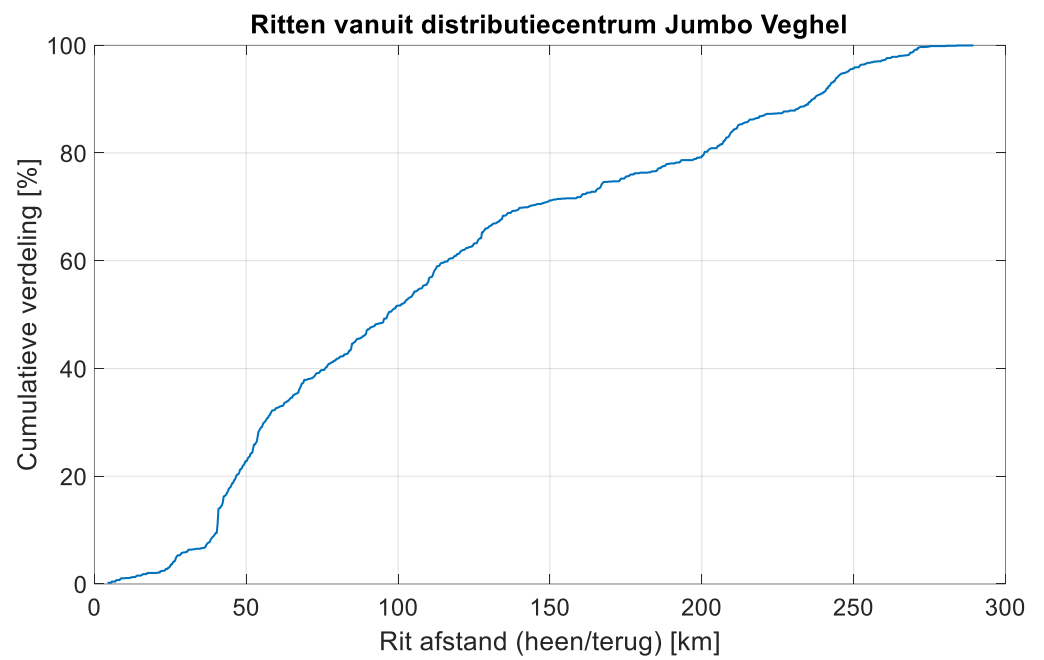
Ritten vanuit Jumbo distributiecentrum

Het aantal ritten vanuit het distributiecentrum Veghel naar de verschillende supermarkten verschilt per dag. De hoeveelheid ritten per dag in een typische week zijn weergegeven in Figuur 10. Hier is te zien dat er op de zondag aanzienlijk minder ritten worden gereden. Ook is te zien dat de donderdag een de drukste dag van de week is met zo'n 340 ritten vanuit het distributiecentrum.



Figuur 10 Wekelijkse verdeling van aantal ritten per dag vanuit Veghel

In Figuur 11 is te zien hoeveel ritten wat de verdeling van afstanden is van deze ritten die vanuit het distributiecentrum in Veghel worden gereden. Hieruit leren we dat 80% van de ritten worden gereden zijn minder dan 200 km en dat er uitschieters zijn van ritten tot 300 kilometer.



Figuur 11 Wekelijkse verdeling van rit afstanden vanuit Veghel

7 Systeemmodel

In deze studie is gebruik gemaakt van een systeemmodel om de economische impact van het elektrificeren van de vloot inzichtelijk te maken. Het systeemmodel maakt gebruik van kentallen die in de voorgaande hoofdstukken zijn geïntroduceerd. In dit hoofdstuk worden alle kentallen die in het systeemmodel zijn gebruikt weergegeven. Daarnaast wordt het gebruik van een vervangingsscenario in het systeemmodel toegelicht.

7.1 Kengetallen gebruikt in het systeemmodel

In de voorgaande hoofdstukken zijn een aantal componenten uit het model toegelicht. In deze paragraaf benoemen we alle kentallen die in het model en de analyse zijn meegenomen.

Tabel 5 Kentallen distributiecentrum

Variabele	Waarde	Eenheid
Aantal trucks (2020)	129	aantal
Afstand totale vloot	13	Miljoen Km/jaar
Eigen energieverbruik (basislast)	1	MW

De kentallen voor de vrachtwagens zijn weergegeven in Tabel 6. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen elektrische- en dieseltrucks. Voor de trucks zijn de kosten, levensduur en het energiegebruik aangenomen. Specifiek voor de dieseltrucks zijn ook de emissies meegenomen. De aannames rondom elektrische trucks zijn verder toegelicht in Hoofdstuk 3.

Tabel 6 Kentallen vrachtwagens

Variabele	Waarde	Eenheid
Elektrische truck		
Investeringskosten 200 km truck (2020)	€300.000	Per stuk
Investeringskosten 200 km truck (2024)	€273.000	Per stuk
Leercurve	9%	Per jaar
Onderhoudskosten	€6.000	Per truck per jaar
Levensduur	7	Jaar
Revisie	€100.000	Per stuk
Elektriciteitsverbruik truck	1.6	kWh/km
Conversieverlies laadpaal	10%	
Dieseltruck		
Investeringskosten (2020)	€ 85.000	Per stuk
Leercurve	0%	Per jaar
Onderhoudskosten	€6.000	Per truck per jaar
Levensduur	7	Jaar
Opbrengst verkoop	€ 7.500	Per stuk
Dieselvebruik	0.3	L/km
Dieselprijs	€1.0	€/L (peiljaar 2019)
Diesel WTW CO ₂	3.2	kg/liter

De aannames rondom laadpalen zijn toegelicht in Hoofdstuk 4. Daarnaast zijn de laadkosten voor publiek laden aangenomen. Alle aannames rondom laadpalen zijn weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7 Kentallen laadpalen

Variabele	Waarde	Eenheid
650 kW snellader		
Kosten Hardware	€208.000	Per stuk
Leercurve Hardware	3%	Per jaar
Installatiekosten	€ 72.525	Per stuk
Leercurve Installatiekosten	0%	Per jaar
Onderhoudskosten	4%	Per jaar
Publiek laden		
Laadkosten	0.25	€/kWh

De kosten van netaansluiting zijn toegelicht in Hoofdstuk 5, in Tabel 8 zijn de getallen zoals gebruikt in het systeemmodel weergegeven. Deze kosten zijn inclusief het meenemen van meerlengte voor een nieuwe aansluiting.

Tabel 8 Kentallen netaansluiting (Enexis, 2020)

Variabele	Waarde	Eenheid
1.75 MVA		
Investeringskosten	€24.500	Per stuk
Gecontracteerd vermogen	€13.570	Per MW per jaar
Maximaal vermogen	€ 1.570	Per MW per maand
6 MVA		
Investeringskosten (incl. meerlengte)	€390.500	Per stuk
Gecontracteerd vermogen	€12.260	Per MW per jaar
Maximaal vermogen	€ 1.280	Per MW per maand
10 MVA		
Investeringskosten (incl. meerlengte)	€912.000	Per stuk
Gecontracteerd vermogen	€18.710	Per MW per jaar
Maximaal vermogen	€ 1.890	Per MW per maand

Om de elektrische vloot van elektriciteit te voorzien moet elektriciteit worden ingekocht. Een vloot van elektrische vrachtwagens gebruikt dusdanig veel elektriciteit dat een hier sprake is van een grootzakelijke gebruiker. De elektriciteitsprijs is opgebouwd uit een aantal componenten, de inkoop van de elektriciteit zelf, energiebelasting, opslag duurzame energie (ODE) en leveringskosten (zie Tabel 9). De prijs over de jaren heen onderhevig is aan variatie van tussen 4 en 8 cent/kWh. Deze variatie ontstaat door de bewegende groothandelsprijs. In deze studie is niet gekeken naar scenario's van energieprijzen (diesel en elektriciteit). Voor het lokaal laden zijn de leveringskosten uit 2019 (bron: CBS), de energiebelasting en ODE uit 2021² (bron: belastingdienst). De CO₂-emissies zijn geïnterpoleerd op basis van de inschattingen uit de Klimaat- en Energieverkenning 2019 (PBL, 2019).

Tabel 9 Kentallen elektriciteit (CBS, belastingdienst, (PBL, 2019))

Variabele	Waarde	Eenheid
Inkoop	€ 0.47	Per kWh (peiljaar 2019)
Energiebelasting (tot 10 mln kWh/jaar)	€ 0.1375	Per kWh
Energiebelasting (vanaf 10 mln kWh/jaar)	€ 0.0056	Per kWh
ODE (tot 10 mln. kWh/jaar)	€ 0.225	Per kWh
ODE (vanaf 10 mln. kWh/jaar)	€ 0.004	Per kWh
CO ₂ -emissie (2020)	0.3	Kg/kWh
CO ₂ -emissie (2025)	0.21	Kg/kWh
CO ₂ -emissie (2030)	0.09	Kg/kWh

² Er is gekozen voor de leveringskosten uit 2019 aangezien dit de meest recente cijfers van het CBS zijn ten tijde van schrijven (april 2021). De energiebelasting en ODE is na 2020 aangepast, vanwege deze significante aanpassing zijn de tarieven van 2021 gebruikt voor de analyse.

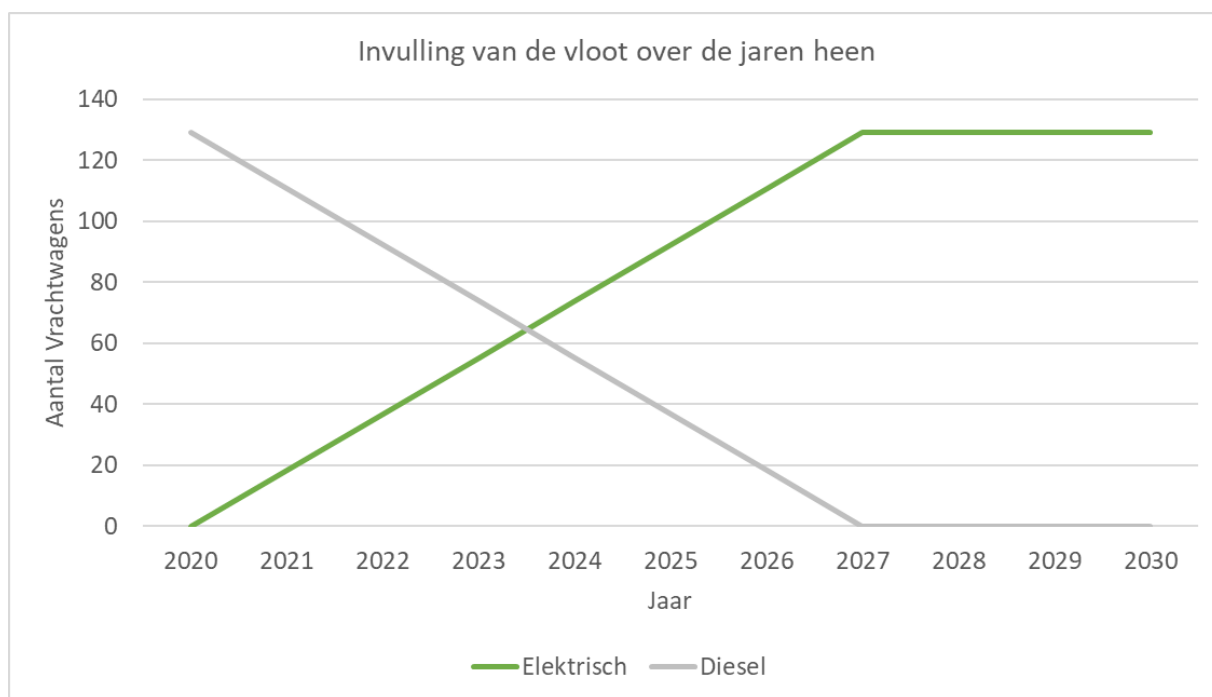
De systeemanalyse kijkt naar economische parameters zoals de Net Present Value, hiervoor worden de parameters in Tabel 10 aangenomen.

Tabel 10 Financiële parameters

WACC	10 %
Tijdshorizon	2020-2030

7.2 Vervangstrategie van de vloot

Zoals weergegeven in voorgaande kentallen wordt uitgegaan van een vloot van 129 trucks. Het is niet aannemelijk dat de volledige vloot in hetzelfde jaar wordt vervangen door elektrische trucks. Het meest realistische scenario is dat elektrische trucks gefaseerd worden aangeschaft als dieseltruck vervangen moeten worden. In het systeemmodel wordt daarom een vervangingsstrategie van de bestaande vloot aangenomen. In alle analyses is aangenomen dat deze strategie een lineair patroon verloopt. Dit houdt in dat, op basis van de aangenomen levensduur van 7 jaar, ieder jaar $1/7^e$ van de vloot wordt vervangen. In Figuur 12 is de verhouding tussen diesel en elektrische trucks weergegeven bij een lineaire vervanging vanaf 2021. Als de volledige vloot vervangen is voor elektrische trucks dan wordt op het eind van de levensduur de elektrische truck gereviseerd.



Figuur 12 Lineaire vervangingsstrategie bij start in 2021.

References

BloombergNEF. (2019). *A behind the scenes take on Lithium-ion battery prices.*

CE Delft. (2021). *Doorlooptijden Investerings Elektricificatie.*

Delft, C. (n.d.). *Scenario's zon op grote daken.*

DOE. (n.d.).

https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/07/f65/Storage%20Cost%20and%20Performance%20Characterization%20Report_Final.pdf.

ElaadNL. (2019). *Marktverkenning Elektrische trucks Stadslogistiek.*

ElaadNL. (2020). *Outlook Q3 - De ontwikkeling van batterij-elektrische trucks in (inter)nationale logistiek in Nederland t/m 2035.*

Enexis. (2020). *Periodieke aansluit- en transporttarieven elektriciteit voor grootverbruikers per 1 januari 2021.*

Heliox. (n.d.). <https://www.heliox-energy.com/products-and-services/our-products/ultra-fast-dc-600-opportunity-charger>.

Nicholas, M. (2019). Estimating electric vehicle charging infrastructure costs across major U.S. metropolitan areas. *ICCT*.

PBL. (2019). *Klimaat- en Energieverkenning 2019.*