



Mitigerende maatregelen in de praktijk

Oplossingen voor netcongestie voor
elektrische logistieke voertuigen



Committed to the Environment

Mitigerende maatregelen in de praktijk

Oplossingen voor netcongestie voor elektrische logistieke voertuigen

Dit rapport is geschreven door:

Lucas van Cappellen, Heleen Groenewegen, Peter Scholten

Delft, CE Delft, januari 2023

Publicatienummer: 22.220410.183

Netcongestie / Logistiek / Elektriciteit / Netvoorziening / Elektrificatie / Capaciteit / Beleid

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat

In samenwerking met de Gemeente Amsterdam

Uw kenmerk: 4300078565

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Lucas van Cappellen (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

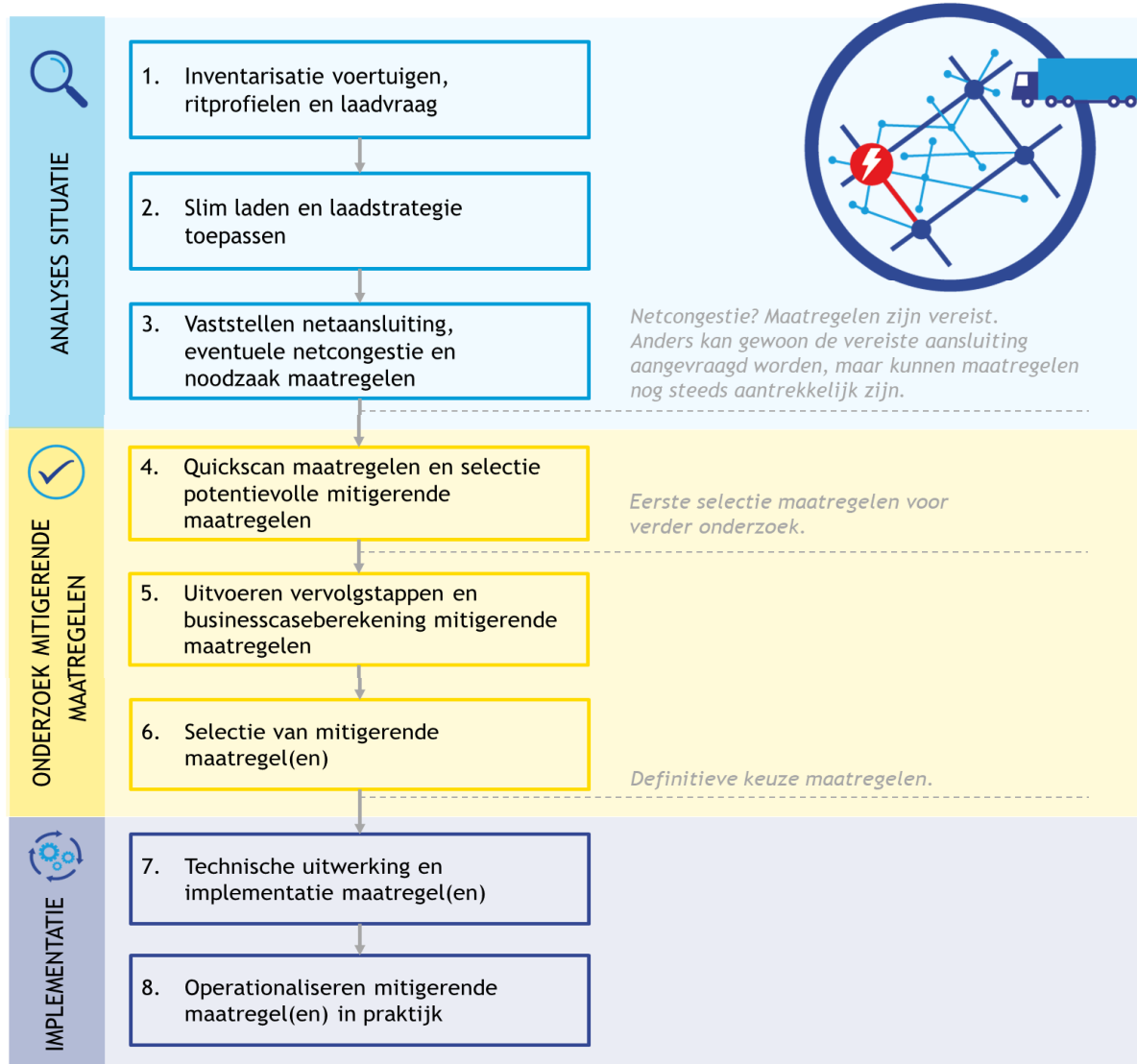
CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Leeswijzer voor organisaties

Dit document omvat een stappenplan voor het realiseren van mitigerende maatregelen. Door te klikken op de stappen in onderstaand figuur kunt u direct naar het hoofdstuk waarin de voor u relevante informatie wordt beschreven per stap. Stap 1 tot 5 zijn uitgewerkt in deze studie. Voor meer informatie kunt u de [samenvatting](#) of [inleiding](#) lezen.

STAPPENPLAN VOOR REALISATIE (MITIGERENDE) MAATREGELEN ALS OPLOSSING VOOR NETCONGESTIE VOOR LOGISTIEKE VOERTUIGEN



Inhoud

	Leeswijzer voor organisaties	2
	Samenvatting	5
1	Inleiding	9
	1.1 Afbakening	10
	1.2 Overzicht mitigerende maatregelen	11
2	Methode en stappenplan	12
	2.1 Stappenplan voor bedrijven of overheidsinstanties	12
	2.2 Stappen uitgevoerd door CE Delft	15
3	Stap 1: Inventarisatie voertuigen, ritprofielen en laadinfrastructuur	17
	3.1 De casus	17
	3.2 Inschatting vereiste laadinfrastructuur en laadvermogen	18
4	Stap 2: Slim laden en laadstrategie	20
	4.1 Slim laden en laadstrategie voor de casus	20
	4.2 Vaststellen: vereiste laadinfrastructuur	21
5	Stap 3: Vereiste netaansluiting	22
	5.1 Vereiste aansluiting voor de casus	22
	5.2 Afwegingsmoment: Netcongestie, dus mitigerende maatregelen?	22
6	Stap 4: Quickscan en selectie mitigerende maatregelen	24
	6.1 Afwegingsmoment: Selectie mitigerende maatregelen	24
	6.2 Voorbeeld quickscan: Non-firm-ATO	25
7	Stap 5: Vervolgstappen en businesscaseberekening mitigerende maatregelen	27
	7.1 Conclusie effecten mitigerende maatregelen	28
8	Conclusies en aanbevelingen	30
	8.1 Vervolgstappen voor de casus	30
	8.2 Conclusies voor Stap 1 tot en met 5 voor casus	30
	8.3 Stappenplan voor realiseren mitigerende maatregelen	31
	8.4 Aanbevelingen	33
	Literatuur	35
A	Bijlage Stap 1: Uitgebreide casusomschrijving	36



A.1	Huidige situatie locatie	36
A.2	Ritprofielen	37
A.3	Mogelijkheden voertuigen	39
A.4	Laadstrategie	39
A.5	Laadprofielen	40
A.6	Specifieke uitgangspunten	40
B	Bijlage Stap 4: Quickscan maatregelen	42
B.1	Collectieve laadpleinen	42
B.2	Energiehub	44
B.3	Slim laden en laadstrategie	46
B.4	Batterij	48
B.5	(Tijdelijk) aggregaat	49
B.6	Zonnepanelen	51
C	Bijlage Stap 5: Uitwerking en businesscaseberekening mitigerende maatregelen	52
C.1	Slim laden en laadstrategie	52
C.2	Batterij, in combinatie met slim laden	53
C.3	Non-firm-ATO, in combinatie met slim laden	55
C.4	Combinatie drie mitigerende maatregelen	58

Samenvatting

Aanleiding: Netcongestie als belemmering voor elektrische voertuigen

De logistieke sector staat voor een verduurzamingsopgave. Er zijn daardoor steeds meer elektrische vrachtwagens, bestelauto's en overige voertuigen. Daarvoor is een goede infrastructuur voor elektrisch laden nodig en vaak ook een grotere aansluiting op het elektriciteitsnetwerk. Eén van de belemmeringen voor deze transitie is *netcongestie*: een tekort aan capaciteit van het elektriciteitsnetwerk. Hierdoor kunnen onder andere organisaties met (logistieke) voertuigen enkele jaren geen grotere of nieuwe aansluiting op het elektriciteitsnetwerk krijgen, waardoor zij niet zomaar de overstap kunnen maken naar elektrische voertuigen. Ondanks netcongestie kunnen bedrijven zelf stappen nemen om te elektrificeren, door het treffen van mitigerende maatregelen.

Onderwerp: Praktijkuitwerking mitigerende maatregelen

In opdracht van Rijkswaterstaat heeft CE Delft een vervolgstudie uitgevoerd op [een eerdere studie](#), waarin zij mitigerende maatregelen in kaart heeft gebracht voor bedrijven met logistieke voertuigen met een focus op 'batterij-elektrisch'. Mitigerende maatregelen zijn oplossingen voor netcongestie die een bedrijf zelf kan nemen. Met deze mitigerende maatregelen kan er meer elektriciteit gebruikt worden met de huidige netaansluiting waardoor elektrificatie wel mogelijk is. De maatregelen slim laden en laadstrategie, collectief laadplein, non-firm-ATO (NFA)¹, batterij, energiehub en (tijdelijk) aggregaat zijn onderzocht.

In deze vervolgstudie zijn deze mitigerende maatregelen onderzocht, ontworpen en door-gerekend voor één specifieke casus. Dit is Werf Nieuw-Zeelandweg van de directie Afval en Grondstoffen van de gemeente Amsterdam, waarvoor we hebben aangenomen dat er 55 elektrische afvalwagens en tien grote bestelauto's geplaatst zullen worden. Er is echter netcongestie in dit gebied, waardoor er voor deze locatie op dit moment geen grotere aansluiting op het elektriciteitsnetwerk gerealiseerd kan worden. De werf is een voorbeeld-casus en de conclusies uit deze studie zijn algemeen toepasbaar. Het rapport leidt niet per se tot plannen voor de werf en heeft niet als doel om beleid voor de gemeente te schrijven, maar is bedoeld om inzicht over mitigerende maatregelen te genereren.

Proces: Acht stappen tot oplossing voor netcongestie

Een belangrijk resultaat van deze studie is het verkregen inzicht in het proces om tot het treffen van mitigerende maatregelen te komen. CE Delft heeft de stappen die zij zelf heeft uitgevoerd in deze studie samengevat in een stappenplan, weergegeven in Figuur 2. Hiermee kunnen bedrijven zelf onderzoeken of (mitigerende) maatregelen geschikt zijn om elektrificatie van hun logistieke voertuigen mogelijk te maken. In de analysefase (Stap 1 tot en met Stap 3) worden de elektrische voertuigen, laadinfrastructuur, potentie van slim laden en vereiste netaansluiting bepaald. Als er geen netcongestie is, kan de gewenste aansluiting gerealiseerd worden. Anders kan het bedrijf of de overheidsinstantie

¹ Non-firm-ATO betekent dat er afspraken met de netbeheerder gemaakt worden over flexibel energiegebruik via een grotere netaansluiting. Op momenten dat er weinig netbelasting is van andere bedrijven, mag de partij met een non-firm-ATO het extra vermogen gebruiken, maar op de andere momenten niet.



mitigerende maatregelen verder onderzoeken, zoals beschreven in Stap 4 tot en met Stap 6. We raden aan eerst een quickscan uit te voeren op haalbaarheid, kosten en duurzaamheid, om te bepalen welke maatregelen verder onderzocht worden. Ook als er geen sprake van netcongestie is, kunnen maatregelen van toegevoegde waarde zijn voor het bedrijf of de overheidsinstantie. Na Stap 6 dient een keuze gemaakt te worden voor mitigerende maatregelen, waarna de maatregelen definitief vastgesteld en gerealiseerd worden samen met de leveranciers (Stap 7 en Stap 8). Voor Stap 2 tot Stap 6 is voor de meeste bedrijven ondersteuning vereist en voor Stap 7 en Stap 8 zijn technische leveranciers vereist.

Conclusie: Mitigerende maatregelen maken elektrificatie mogelijk

CE Delft heeft Stap 1 tot en met Stap 5 doorlopen voor de locatie Werf Nieuw-Zeelandweg te Amsterdam. Uit deze studie blijkt dat voor deze specifieke casus een combinatie van slim laden, NFA en batterij het mogelijk maakt om volledig te elektrificeren zonder dat de huidige firm-transportcapaciteit vergroot hoeft te worden. Dit maakt het mogelijk om wel te elektrificeren, ook als er netcongestie is. Daarnaast vindt de elektrificatie plaats zonder netcongestie te verergeren. De volledige elektrificatie van het wagenpark Werf Nieuw-Zeelandweg is mogelijk met het huidige firm-aansluitvermogen van 82 kW, slim laden, een batterij en NFA-aansluiting.

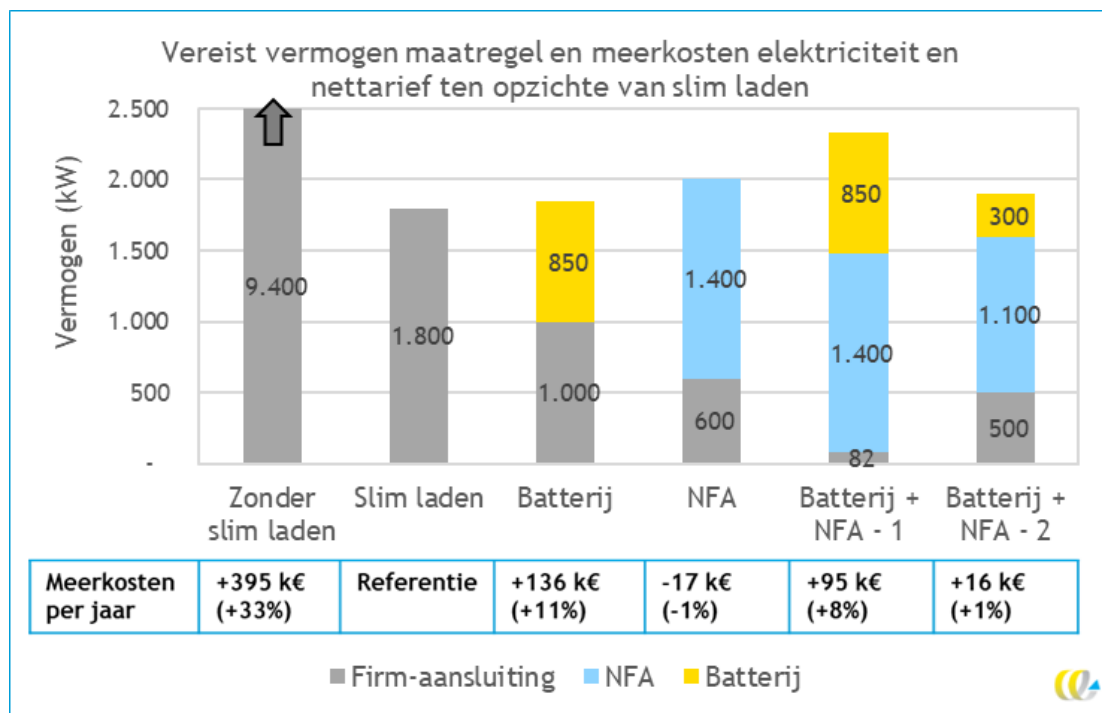
We hebben de vereiste vermogens van de netaansluiting en mitigerende maatregelen bepaald in een analysemodel, waarmee we voor een partij de potentie van mitigerende maatregelen kunnen doorrekenen. Voor de maatregelen zijn ook de additionele kosten voor additioneel elektriciteitsverbruik en nettarieven bepaald, met slim laden als referentie. De resultaten zijn samengevat in Figuur 1.

Op basis van onze analyse concluderen we voor deze casus:

- Zonder slim laden is een aansluiting van 9.400 kW vereist.
- Slim laden en slimme laadstrategie kan de vereiste aansluitcapaciteit reduceren tot 1.800 kW. Dit resulteert in een kostenbesparing van € 395.000 per jaar, door lagere nettarieven ten opzichte van de situatie zonder slim laden. De totale energiekosten zijn € 1,2 miljoen per jaar voor het elektriciteitsgebruik en nettarief. De situatie met slim laden zien we als de referentie, aangezien slim laden een no-regret-maatregel is.
- Een batterij van 850 kW met een capaciteit van 3.400 kWh kan de vereiste netaansluiting verder verkleinen tot 1.000 kW. De toename in jaarlijkse kosten (voornamelijk door de aanschaf van de batterij) is € 136.000, oftewel 11%.
- Een non-firm-ATO (NFA) maakt het mogelijk dat elektrische voertuigen flexibel laden op momenten dat er weinig netbelasting is en kan de firm-netaansluiting reduceren met 65%, oftewel tot 600 kW. Het kostenvoordeel is echter slechts 1% van de totale energiekosten. Daardoor is deze variant naar verwachting niet aantrekkelijk voor de werf. Belangrijk aandachtspunt is dat de potentie van NFA zeer afhankelijk is van de lokale netsituatie en de belasting van het elektriciteitsnetwerk en een NFA nu nog geen standaardproduct is. Goed overleg met de regionale netbeheerder is daarbij nodig. Het toevoegen van een back-up-aggregaat als noodvoorziening kan de betrouwbaarheid vergroten in geval van een NFA.
- Een combinatie van een batterij (850 kW/3.400 kWh) en NFA-aansluiting van ongeveer 1.400 kW maakt het mogelijk om volledig over te stappen op elektrische voertuigen, zonder een grotere firm-aansluiting. Dit maakt volledige elektrificatie mogelijk in gebieden met netcongestie. De additionele kosten voor de energie zijn slechts 8%. Deze variant kan dus gerealiseerd worden ondanks netcongestie.

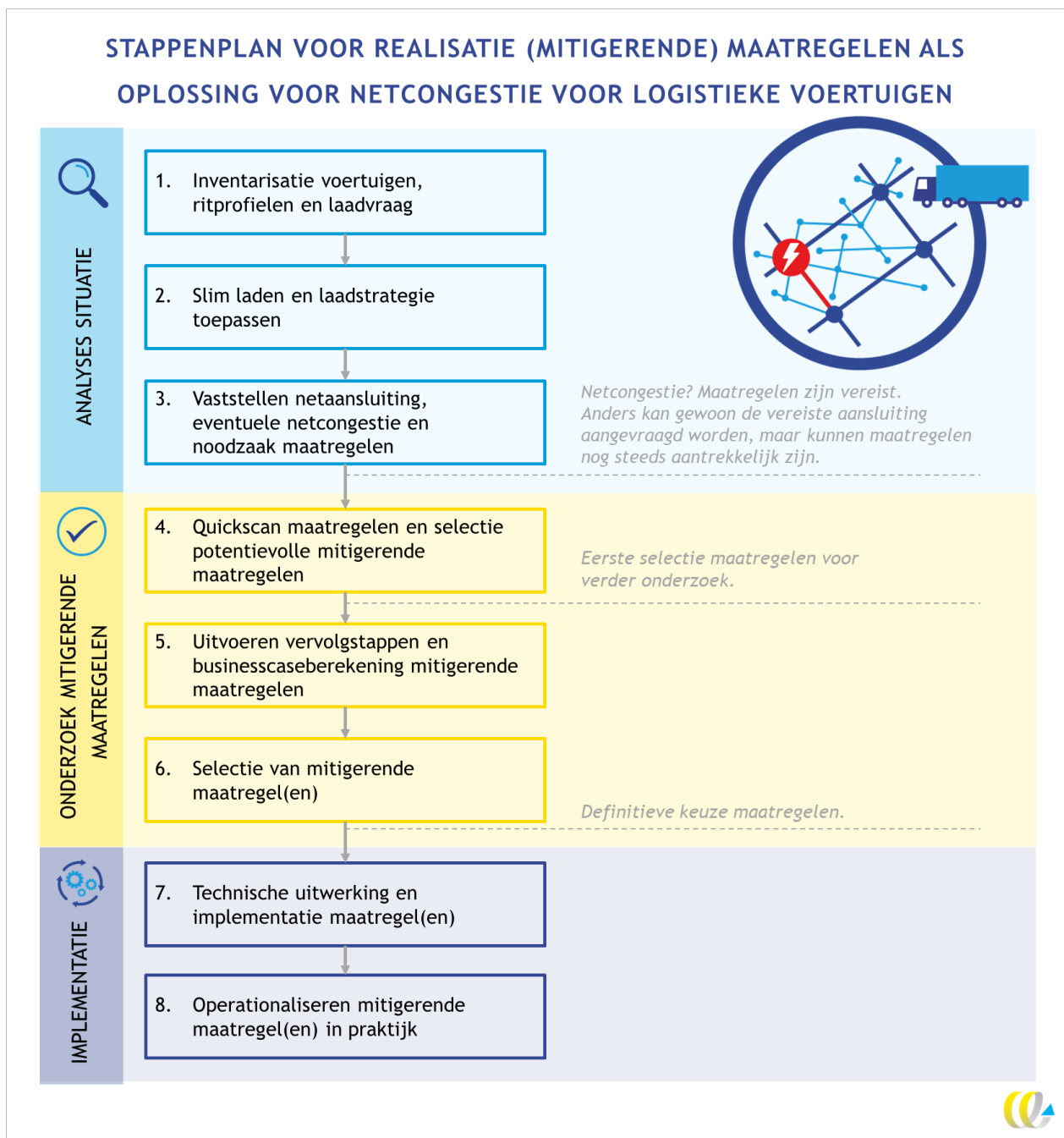
- Een firm-aansluiting van 500 kW, NFA-aansluiting van 1.100 kW en batterij van 300 kW/ 1.200 kWh kent lage kosten, maar kan daarmee wel de vereiste firm-aansluiting terugbrengen met meer dan 70%. Vanwege de benodigde grote firm-aansluiting is er meer zekerheid, maar is deze variant niet mogelijk in gebieden met netcongestie.

Figuur 1 - Overzicht resultaten vormgeving maatregelen en meerkosten energie per jaar



Deze studie toont de potentie van mitigerende maatregelen zeer duidelijk aan. Het is mogelijk om de elektriciteitsvraag van deze werf van de directie Afval en Grondstoffen zeer sterk te laten groeien, zonder een grotere firm-aansluiting. Elektrificatie van logistiek zal in veel gevallen, ook voor deze casus, dan ook realiseerbaar zijn in gebieden met netcongestie. Ook is de laadvraag van de logistiek enorm flexibel. Door slimme nettatariefproducten, zoals de NFA, aantrekkelijk te positioneren, kan enorm veel netcongestie in de toekomst voorkomen worden. Het is daarom van belang dat de netbeheerders aantrekkelijke producten vormgeven om onnodige netverzwaring te voorkomen.

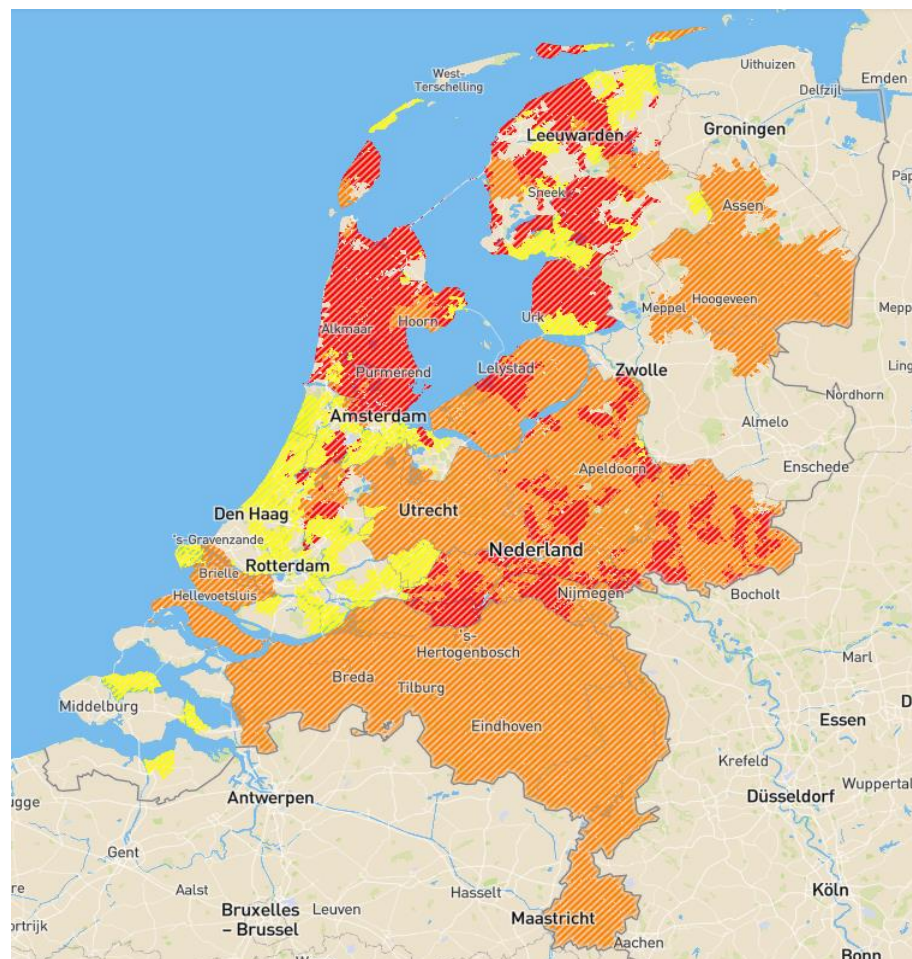
Figuur 2 - Stappenplan voor realisatie mitigerende maatregelen



1 Inleiding

De logistieke sector staat voor een verduurzamingsopgave de komende decennia. Steeds meer vrachtwagens en bestelbusjes zullen elektrisch worden, onder andere gedreven door de invoering van zero-emissie (ZE)-zones. Deze transitie brengt verschillende uitdagingen met zich mee en sinds kort is netcongestie één van additionele belemmeringen geworden. Netcongestie betekent dat er een tekort aan capaciteit op het elektriciteitsnetwerk is, waardoor bedrijven geen grotere of nieuwe aansluiting kunnen krijgen. Netcongestie voor de afname van elektriciteit komt in steeds meer gebieden voor, zoals weergegeven in Figuur 3. Daardoor kunnen bedrijven met deze logistieke voertuigen niet een grotere aansluiting aanvragen en zo relatief eenvoudig de overstap maken naar elektrisch, en komt de verduurzaming in gevaar.

Figuur 3 - Overzicht netcongestie voor afname, december 2022



Betekenis van de kleurcodes

- Transparant: (nog) geen transportschaarste
- Geel: transportschaarste dreigt, er geldt een aangepast offerteregime
- Oranje: vooraankondiging structurele congestie bij ACM
- Rood: structureel congestie, nieuwe aanvragen voor transport worden niet gehonoreerd

Bron: (Netbeheer Nederland, 2022).

Bedrijven kunnen zelf stappen nemen om wel te elektrificeren, ondanks netcongestie. CE Delft heeft in een [studie voor de Nederlandse Agenda Laadinfrastructuur](#) (NAL, Taakgroep Logistieke Laadinfrastructuur) zogenaamde mitigerende maatregelen in kaart gebracht (CE Delft, 2022). Mitigerende maatregelen zijn oplossingen waardoor bedrijven wel meer elektriciteit kunnen gebruiken, ondanks beperkte netcapaciteit. Door deze maatregelen te nemen, kunnen bedrijven in potentie dus wel de overstap maken naar elektrische bestelauto's en vrachtwagens.

Deze studie is een vervolg op de eerdere studie naar mitigerende maatregelen. De studie wordt uitgevoerd voor Rijkswaterstaat en heeft als doel de opgedane kennis over een aantal mitigerende maatregelen concreet toe te passen voor één voorbeeldcasus. Het doel van deze studie is om meer inzicht te verkrijgen in de effecten van mitigerende maatregelen in de praktijk, het effect van het combineren van verschillende maatregelen en het identificeren van vervolgstappen voor bedrijven met logistieke voertuigen. Door verschillende mitigerende maatregelen door te rekenen voor één partij, brengen we de kennis een stap verder. Bedrijven kunnen de geconstateerde vervolgstappen vervolgens zelf doorlopen om de (combinatie van) mitigerende maatregelen ook daadwerkelijk te realiseren. Deze stappen zijn opgenomen voor specifieke maatregelen en voor het algemene proces in Paragraaf 2.1.

Het geselecteerde voorbeeld is een werf van de directie Afval en Grondstoffen van de gemeente Amsterdam; meer specifiek: Werf Nieuw-Zeelandweg 45². Hier zijn straks 55 vrachtwagens gevestigd en tien kleinere voertuigen. In het gebied van deze locatie is nu congestie.

Hoewel de mitigerende maatregelen zijn doorgerekend voor één specifiek partij, geven de resultaten inzichten voor alle bedrijven met logistieke voertuigen. We trachten juist in deze studie goed inzicht te geven in de effecten van de mitigerende maatregelen voor bedrijven met logistieke voertuigen in het algemeen. Voor een specifieke partij zullen de mitigerende maatregelen mogelijk anders uitpakken door andere typen voertuigen, andere typen ritprofielen of ander elektriciteitsgebruik. De inzichten en lessen uit deze studie zijn dan echter nog steeds van toegevoegde waarde.

1.1 Afbakening

In deze studie is een analyse gemaakt van de effecten van mitigerende maatregelen op een voorbeeldcasus. De casus is niet in detail uitgewerkt, maar geldt als globale inspiratiebron, zodat de resultaten breed toepasbaar blijven. De effecten zijn gebaseerd op een energetische analyse van alle uren voor één jaar. De toetsing van de effecten is op hoofdlijnen en algemene kengetallen; er zijn bijvoorbeeld geen offertes uitgevraagd voor specifieke technieken. In deze studie zijn drie mitigerende maatregelen meegenomen; niet alle zes de maatregelen zijn geselecteerd. Alleen de effecten van mitigerende maatregelen zijn meegenomen. Een keuze voor en effecten van type voertuigen en laadinfrastructuur is niet opgenomen in deze studie. Hoofdstuk 2 omvat de methode van deze studie, ook samengevat in een handzaam figuur voor bedrijven met logistieke voertuigen.

² www.myport.portofamsterdam.com/nl/portle/bedrijf/afvalservice-west



1.2 Overzicht mitigerende maatregelen

CE Delft heeft in de studie '[Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit](#)' in totaal zes mitigerende maatregelen in kaart gebracht. In Bijlage A zijn factsheets opgenomen over deze zes mitigerende maatregelen. Daarnaast heeft CE Delft in het achtergrondrapport van de voorgaande studie nog elf andere maatregelen globaal uitgewerkt, waarvan de potentie lager werd ingeschat. De zes uitgewerkte mitigerende maatregelen zijn:

1. **Slim laden en laadstrategie:** Slim laden en een slimme laadstrategie dragen bij aan een lagere en flexibele vermogensvraag van het laden van voertuigen.
2. **Batterij:** Een batterij wordt via het elektriciteitsnetwerk opgeladen op momenten van een laag elektriciteitsverbruik. Het bedrijf kan deze opgeslagen energie gebruiken op het moment dat de elektriciteitsvraag groter is dan de netaansluiting.
3. **Collectieve laadpleinen:** Op een collectief laadplein bij een bedrijf of op een publieke parkeerplaats kunnen verschillende partijen hun voertuigen laden. De netaansluiting wordt tijdig aangevraagd en efficiënt gebruikt.
4. **Ongegarandeerde netaansluiting** (ook wel tijdsgebonden contract of non-firm-ATO): De ongegarandeerde netaansluiting betekent dat er meer elektriciteit mag worden gebruikt op momenten dat het netwerk niet zwaar belast wordt. Deze oplossing wordt nu uitgewerkt door de netbeheerders en de markt.
5. **Energiehub:** Energiehubs bestaan in twee vormen die kunnen resulteren in minder net-impact: een eigen privaat netwerk achter één aansluiting (gesloten distributiesysteem) of een virtuele energiehub via het netwerk van de netbeheerder. Deze tweede optie is nog in ontwikkeling.
6. **Tijdelijk aggregaat:** Aggregaten produceren elektriciteit uit diesel, aardgas of een duurzame brandstof. Een aggregaat kan tijdelijk ingezet worden tot een netaansluiting gerealiseerd kan worden. Het grootste nadeel is dat er veel emissies vrijkomen.

Slim laden en laadstrategie, een batterij en collectieve laadpleinen zijn huidige duurzame oplossingen. De ongegarandeerde netaansluiting en energiehub zijn toekomstige, haalbare oplossingen. Een tijdelijk aggregaat is een niet-duurzame, huidige oplossing als fossiele brandstoffen worden gebruikt. De beschikbaarheid van duurzame brandstoffen is naar verwachting beperkt.

Naast deze zes maatregelen heeft CE Delft nog elf andere maatregelen globaal in kaart gebracht. We zien echter minder potentie voor deze mitigerende maatregelen, omdat de ontwikkeling nog minder ver is, ze niet op ieder moment elektriciteit kunnen leveren of sterk overlappen met één van de in detail uitgewerkte mitigerende maatregelen. De overige elf maatregelen zijn: lokale opwek uit zon, lokale opwek uit wind, cable pooling met afnemers, een (lokale) congestiemarkt, stopcontact op land, clustering van laadpunten en aansluiten op een hoger netvlak, verwisselbare batterijcontainers, power-to-gas-to-power, verwisselbare accu's in voertuigen, extern laden en hybride voertuigen. Meer informatie over die maatregelen is te vinden in het voorgaande rapport: [link](#).

2 Methode en stappenplan

CE Delft heeft in deze studie dezelfde methode doorlopen als een bedrijf of overheidsinstantie met (logistieke) voertuigen dat onderzoek doet naar elektrische voertuigen, laadinfrastructuur en potentieel mitigerende maatregelen. In Paragraaf 2.2 lichten we de methode van CE Delft toe. In Paragraaf 2.1 geven we aan hoe we dit hebben vertaald naar een stappenplan voor bedrijven die mitigerende maatregelen willen nemen.

2.1 Stappenplan voor bedrijven of overheidsinstanties

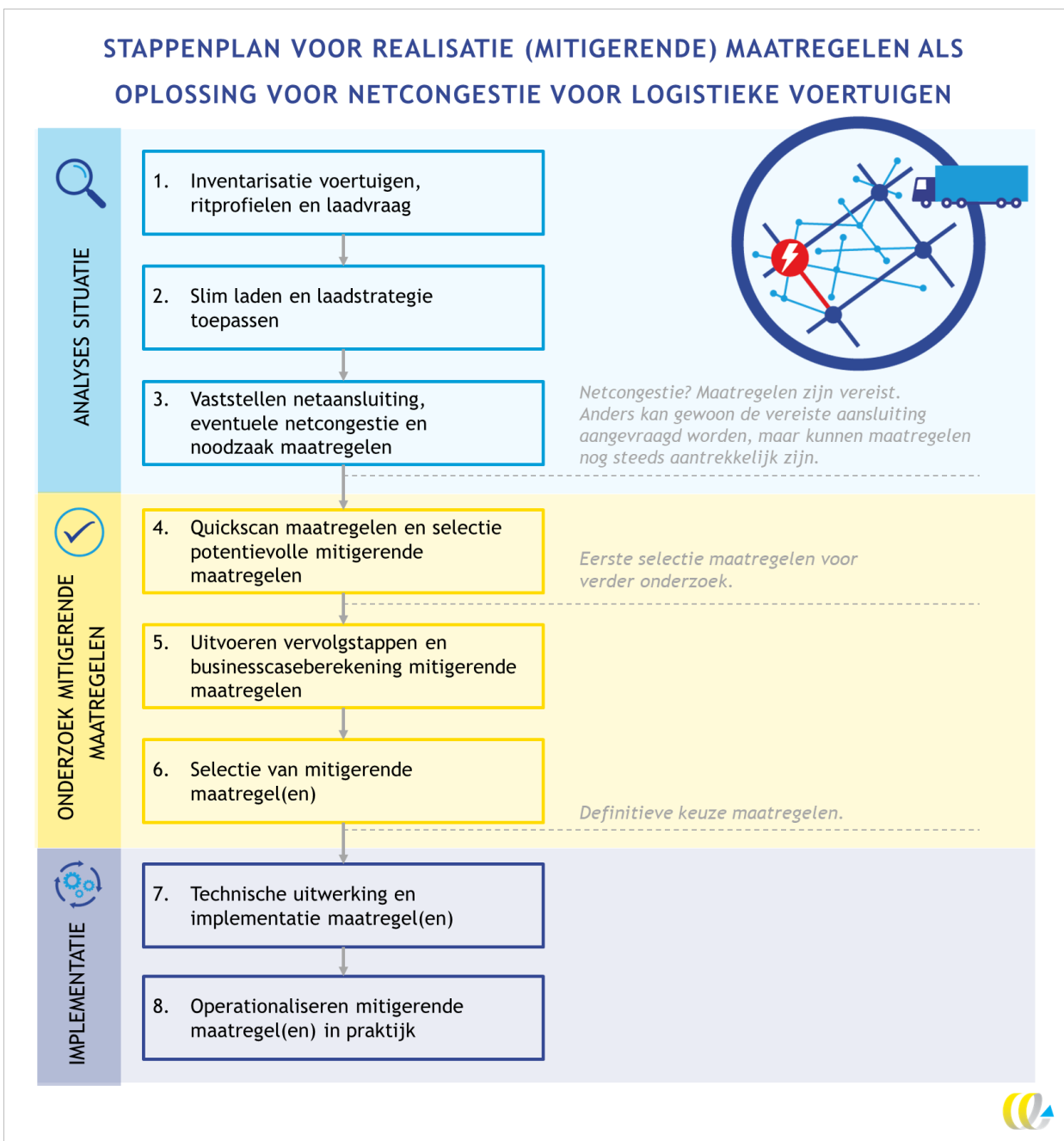
De stappen om te komen tot mitigerende maatregelen zijn weergegeven in Figuur 4. In totaal identificeren we acht stappen, waarvan CE Delft Stap 1 tot en met Stap 5 heeft uitgevoerd. Een definitieve keuze voor mitigerende maatregelen, de technische uitwerking en implementatie, zijn in deze studie niet uitgevoerd. Die keuzes liggen bij het bedrijf en zijn buiten de scope van deze studie. Onder Figuur 4 lichten we de processtappen verder toe.

We identificeren drie concrete afwegings- en keuzemomenten die ook zo zijn opgenomen in ons rapport:

1. Na Stap 3, als bepaald is of er een grotere aansluiting gerealiseerd kan worden. Vervolgens dient het bedrijf te bepalen of het verder wil met de elektrificatie van haar voertuigen en dus mitigerende maatregelen dient te nemen. Dit komt in deze studie terug in Paragraaf 5.2.
2. Na Stap 4 vindt een eerste selectie van mitigerende maatregelen plaats na de quickscan om verder te onderzoeken. In deze studie vindt deze keuze plaats in Paragraaf 6.1.
3. Na Stap 6 wordt een definitieve keuze gemaakt voor mitigerende maatregel(en). Deze keuze wordt in de studie niet gemaakt, maar dient in een eventueel vervolg door de gemeente Amsterdam gemaakt te worden.

Grotere bedrijven kunnen dit proces mogelijk volledig zelf uitvoeren. Veel bedrijven zullen echter voor (sommige van de) Stappen 2 tot 6 ondersteuning nodig hebben van een dienstverlener met kennis van zowel logistiek als elektriciteit. Voor Stap 7 en Stap 8 zijn technische leveranciers vereist.

Figuur 4 - Stappenplan voor realisatie mitigerende maatregelen



Toelichting processtappen

Stap 1: Inventarisatie voertuigen, ritprofielen en laadinfrastructuur

In deze stap moeten verschillende acties gedaan worden om vast te stellen wat de toekomstige situatie met elektrische voertuigen is. Daarvoor is de volgende informatie nodig:

- de laadvraag, die afhankelijk is van het aantal en type voertuigen, de accucapaciteit, het verbruik (kWh/km) en het jaarkilometrage;
- voor het opbouwen van een ritprofiel is informatie nodig over de duur van de rit en de tijden dat het voertuig geparkeerd staat en dus kan laden;
- vaststellen of snelladen tussendoor vereist is, voor bijvoorbeeld lange ritten.

Op basis van deze gegevens kan de maximale totale laadvraag in kWh per jaar berekend worden. Vervolgens kan de laadinfrastructuur bepaald worden, waarbij onderscheid gemaakt kan worden tussen snelladers en normale laders.

Stap 2: Slim laden en laadstrategie toepassen

Een goede laadstrategie is essentieel voor grootschalige elektrificatie van wagenparken, om zo optimaal gebruik te maken van de aansluitcapaciteit en de laadinfrastructuur. Er zijn verschillende partijen die diensten kunnen leveren op het gebied van slim laden en laadstrategie. Met een laadstrategie wordt bepaald met welk vermogen verschillende voertuigen laden. Het opstellen van een laadstrategie is een maatregel die helpt bij het elektrificeren van het wagenpark, ongeacht de beschikbare netcapaciteit.

Slim laden is een overkoepelende term, waarbij de laadinfrastructuur en het voertuig via software met elkaar kunnen communiceren en data uitwisselen. Het betekent bijvoorbeeld dat de laadsnelheid van laadpunten gelimiteerd wordt, zodat meer voertuigen tegelijk kunnen laden. Zo kunnen voertuigen die meer tijd beschikbaar hebben om te laden, op lagere snelheid geladen worden. Hiermee wordt de piekvraag gereduceerd, waardoor een minder grote netaansluiting nodig is.

Stap 3: Vaststellen netaansluiting, eventuele netcongestie en noodzakelijke maatregelen

In deze stap moet op basis van de inzichten die zijn verkregen uit de vorige stappen, vastgesteld worden welke netaansluiting nodig is voor de elektrificatie van het wagenpark. Vervolgens dient er een aanvraag te worden gedaan bij de netbeheerder.

Als er geen netcongestie is, kan de gewenste aansluiting gerealiseerd worden. Indien er sprake is van netcongestie, is het niet mogelijk om een (veel) grotere aansluiting te krijgen, waardoor mitigerende maatregelen vereist zijn om alsnog de in elektriciteitsvraag te voorzien. Ook in het geval van het toekennen van een grotere aansluiting, kunnen maatregelen van pas komen. Deze worden in de volgende stappen verder onderzocht.

Stap 4: Quickscanmaatregelen en selectie potentievolle mitigerende maatregelen

Mogelijke mitigerende maatregelen zijn het plaatsen van een batterij of (tijdelijk) aggregaat, het organiseren van een collectief laadplein of energiehuis, of het realiseren van een non-firm-ATO. Ook kan het plaatsen van (meer) zonnepanelen bekeken worden, maar aangezien deze alleen op bepaalde momenten extra stroom kunnen leveren, biedt de inzet hiervan minder zekerheid. De verschillende maatregelen worden in Hoofdstuk 6 verder toegelicht. In de quickscan hebben wij de maatregelen beoordeeld op de volgende criteria:

1. **Haalbaarheid:** Is de maatregel haalbaar met de huidige wet- en regelgeving en toepasbaar voor de casus. Belangrijk bij haalbaarheid is ook dat de maatregel resulteert in een betrouwbare energievoorziening. Specifieke voorwaarden voor de mitigerende maatregelen zijn in de beschrijving opgenomen.
2. **Kosten:** De investerings- en jaarlijkse kosten van de maatregel.
3. **Duurzaamheid:** De CO₂-uitstoot en andere duurzaamheidseffecten (luchtverontreiniging, eventueel materiaalgebruik) van de maatregel.
4. **Doorlooptijd:** Hoelang het duurt om de maatregel te realiseren zodat een vergelijking gemaakt kan worden met wanneer een eventuele netverzwaring is gerealiseerd.

Een organisatie kan natuurlijk zelf additionele criteria toevoegen. Op basis hiervan kan een selectie worden gemaakt van potentiële mitigerende maatregelen voor de relevante partij.

Stap 5: Uitvoeren vervolgstappen en businesscaseberekening mitigerende maatregelen

De gekozen mitigerende maatregelen in Stap 4 kunnen vervolgens doorberekend worden om de daadwerkelijke impact op de elektriciteitsvraag in te zien en bovendien een inschatting te maken van de grootte van de mitigerende maatregel. Zo zijn bijvoorbeeld verschillende vermogens aan batterijen mogelijk. Bij de uitwerking van de businesscaseberekening kan achterhaald worden welke capaciteit zowel energiezuikerheid biedt als financieel haalbaar is. Voor deze analyse heeft CE Delft een model ontwikkeld wat wordt toegelicht in Paragraaf 2.2.1.

Stap 6: Selectie van mitigerende maatregel(en)

Op basis van Stap 4 en Stap 5 dient een definitieve keuze gemaakt te worden voor één of meerdere mitigerende maatregelen. Een combinatie van maatregelen kan ervoor zorgen dat van de verschillende maatregelen een minder grote capaciteit nodig is, wat kosten kan besparen. Het is per casus zeer specifiek welke mitigerende maatregelen uitkomst bieden. Voor deze keuze kunnen dezelfde criteria gebruikt worden als in Stap 4.

Stap 7: Technische uitwerking en implementatie maatregel(en)

In deze stap dient de mitigerende maatregel samen met leveranciers definitief vastgesteld en gerealiseerd te worden. Dit zijn dus technische leveranciers of adviseurs. In het geval van meerdere mitigerende maatregelen dienen de uitwerking en implementatie goed op elkaar afgestemd te worden.

Stap 8: Operationaliseren mitigerende maatregel(en) in de praktijk

Het operationaliseren van mitigerende maatregelen in de praktijk gebeurt samen met leveranciers en eventuele externe partijen, bijvoorbeeld in het geval van een collectief laadplein. De vereiste techniek wordt geïnstalleerd, de software ingeregeld en daarmee wordt de mitigerende maatregel geoperationaliseerd. Het nauwlettend monitoren van de mitigerende maatregelen, in combinatie met de praktijkervaring, kan eventueel nog leiden tot optimalisaties.

2.2 Stappen uitgevoerd door CE Delft

CE Delft heeft Stap 1 tot en met 4 volledig en Stap 5 globaal doorlopen.

- Stap 1 in Hoofdstuk 3 waarin de casus, voertuigen, ritprofielen en vereiste laadinfrastructuur bepaald zijn.
- Stap 2 in Hoofdstuk 4 waarin slim laden en laadstrategie zijn toegepast op de casus.
- Stap 3 in Hoofdstuk 5 waarin bepaald is dat een veel grotere aansluiting vereist is, wat niet mogelijk is vanwege de netcongestie.
- Stap 4 in Hoofdstuk 6 waarin voor zes maatregelen een quickscan is uitgevoerd.
- Stap 5 in Hoofdstuk 7 waarin een gedetailleerde uitwerking van drie mitigerende maatregelen is opgenomen inclusief businesscaseberekening. Daarvoor is een analysemodel ontwikkeld wat is beschreven in Paragraaf 2.2.1.

Als de gemeente Amsterdam mitigerende maatregelen wil implementeren om elektrificatie mogelijk te maken dient het zelf Stap 5 verder uit te werken en Stap 7 en 8 te nemen.

2.2.1 Analysemodel mitigerende maatregelen

Voor deze studie is een analysemodel mitigerende maatregelen opgesteld. In dit model is het normale energiegebruik en zes verschillende laadprofielen voor Werf Nieuw-Zeelandweg 45 opgenomen. Daarnaast kunnen verschillende varianten en uitwerkingen van mitigerende maatregelen doorgerekend worden, zoals zonnepanelen, batterijen, non-firm-ATO en aggregaten. Het model resulteert in de vermogensvraag die niet gefaciliteerd kan worden per dag, en op basis hiervan kunnen de maatregelen zo ontworpen worden dat ze betrouwbaar en zeker zijn. Daarnaast geeft het model inzicht in de vereiste dimensionering van de netaansluiting en de mitigerende maatregelen, voor een businesscase-analyse. De resultaten van het analysemodel mitigerende maatregelen is opgenomen in Hoofdstuk 7.

Dit analysemodel is vrij complex en vereist specialistische kennis. Grotere bedrijven kunnen dit proces mogelijk volledig zelf uitvoeren. Veel bedrijven zullen echter voor (sommige van de) Stappen 2 tot 6 ondersteuning nodig hebben van een dienstverlener met kennis van zowel logistiek als elektriciteit.

3 Stap 1: Inventarisatie voertuigen, ritprofielen en laadinfrastructuur

Stap 1. Inventarisatie voertuigen, ritprofielen en laadvraag

[Klik hier om terug te gaan naar de leeswijzer](#)

In deze stap moeten verschillende acties gedaan worden om vast te stellen wat de toekomstige situatie met elektrische voertuigen is. Dit is onderdeel van een bredere discussie over hoe de mobiliteitsvraag wordt ingevuld. Zijn nog dezelfde grote voertuigen nodig of kan een ander concept beter/snelser/goedkoper invulling geven aan de vraag? Als de toekomstige visie is vormgegeven kan er een meer concrete invulling gegeven worden. Het verkrijgen van deze informatie kan een uitdaging zijn, zeker als de informatie zeer specifiek nodig is zoals per voertuig. Er dient voldoende tijd gereserveerd te worden voor deze stap.

De grootte van de laadvraag wordt bepaald aan de hand van het aantal en type voertuigen, de accucapaciteit, het verbruik (kWh/km) en het jaarkilometrage. Het vaststellen van de accucapaciteit is afhankelijk van de ritprofielen en vereist een doorrekening. Een grotere accucapaciteit kan er bijvoorbeeld toe leiden dat er minder snel geladen hoeft te worden. Voor het opbouwen van een ritprofiel is informatie nodig over de duur van de rit en de tijden dat het voertuig geparkeerd staat en dus kan laden. Ook moet in kaart worden gebracht of snelladen tussendoor vereist is, voor bijvoorbeeld lange ritten. Op basis van deze gegevens kan de maximale totale laadvraag in kWh per jaar berekend worden. Vervolgens kan de laadinfrastructuur bepaald worden, waarbij onderscheid gemaakt kan worden tussen snelladers en normale laders.

De conclusies voor deze stap zijn opgenomen in dit hoofdstuk en meer details zijn opgenomen in Bijlage A.

3.1 De casus

Een uitgebreidere beschrijving van de casus is opgenomen in Bijlage A. De directie Afval en Grondstoffen verricht werkzaamheden vanuit vijf werven, waarvan de werf aan de Nieuw-Zeelandweg er één is. Op deze werf worden de voertuigen gestald. In totaal worden op alle zes de werven 160 grote inzamelvoertuigen gestald. In de toekomst is de verwachting dat er circa 100 tot 140 inzamelvoertuigen zijn.

Momenteel is de gemeente bezig met de ontwikkeling van de toekomst van de afvalinzamelingswerven, waarbij nieuwe werven in gebruik worden genomen en enkele bestaande werven worden gesloten. Ook kan het gebruik van de werf aangepast worden. Naast deze transitie is de afvalverwerking ook bezig met de aanschaf van zero-emissievoertuigen. De gemeente Amsterdam heeft mede het Convenant Duurzame Voertuigen en Brandstoffen in de Reinigingsbranche ondertekend. Daarin is afgesproken om in 2030 alle nieuw aan te schaffen reinigingsvoertuigen volledig emissievrij te laten zijn, of eerder, waar mogelijk. Met het oog op een gemiddelde vervangingstermijn van acht jaar, worden momenteel de laatste nieuwe dieselvoertuigen geleverd. De instroom van elektrische

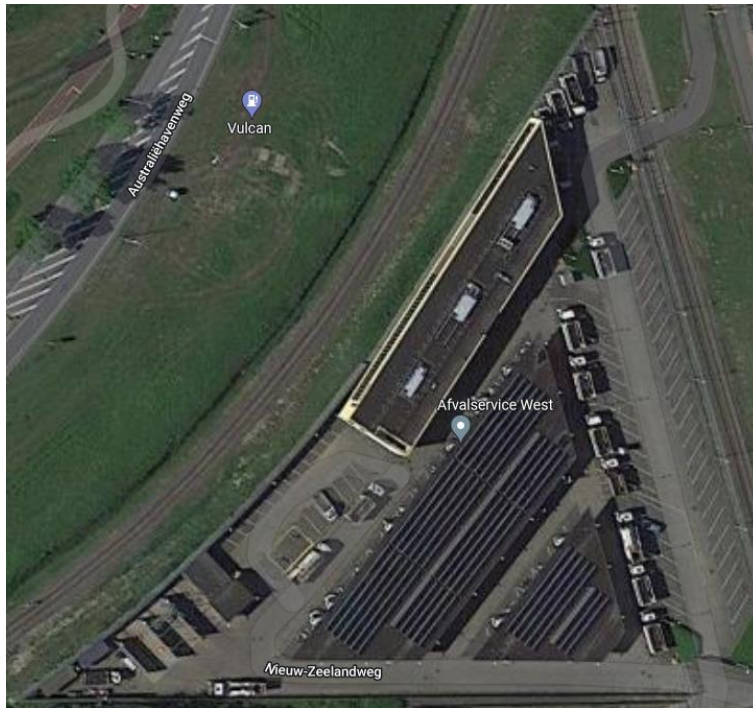


voertuigen gaat de komende jaren echt van start, waardoor ook de laadlocatie van belang is.

De werven van de gemeente Amsterdam liggen op verschillende locaties in de stad. Doordat de locaties verschillen, zijn de werven aangesloten op verschillende onderstations. Het gevolg hiervan is dat er momenteel geen sprake is van netcongestie op alle locaties. Enkele locaties liggen in zogeheten 'rood gebied': hier is op de korte termijn geen netcapaciteit beschikbaar voor een grotere aansluiting. Bij andere locaties is wel uitbreiding mogelijk.

De locatie Werf Nieuw-Zeelandweg gelegen aan de Nieuw-Zeelandweg 45, ligt in het Westelijk Havengebied, in het exploitatiegebied van de haven van Amsterdam (Port of Amsterdam, 2018). Figuur 5 toont een satellietbeeld van de locatie.

Figuur 5 - Satellietbeeld van de locatie



3.2 Inschatting vereiste laadinfrastructuur en laadvermogen

De ritprofielen en laadprofielen zijn opgenomen in ons rekenmodel. Daaruit concluderen we dat de totale laadvraag voor de 55 vrachtwagens en tien kleinere voertuigen 2.300 kW is voor 's nachts laden en 9.400 kW voor overdag laden. Tabel 1 laadt zien hoeveel laadpunten er nodig zijn voor de verschillende voertuigen. Meer informatie over deze analyse is opgenomen in Bijlage A.

Tabel 1 - Noodzakelijke laadpunten en vermogen per laadpunt

	Aantal	Vermogen van de laadpunt
Snellaadpunten vrachtwagens	44	350
Reguliere laadpunten vrachtwagens enkele dienst	38	35
Reguliere laadpunten vrachtwagens dubbele dienst	17	55
Reguliere laadpunten kleine vermogens	10	22

We zijn hierbij uitgegaan van één langzame lader per voertuig voor het 's nachts opladen. Daarnaast zijn er volgens onze analyse 44 voertuigen die gebruik maken van een snellader.

Tabel 2 - Vereiste vermogen voor laden voertuigen zonder mitigerende maatregelen

	Vermogensvraag voor laden voertuigen	Aantal laadpunten
's Nachts laden	2.300 kW	65
Overdag snelladen	9.400 kW	44

De vereiste vermogensvraag en laadpunten is nog een inschatting. We raden aan om aantal eerst Stap 2 over slim laden te doorlopen en pas in Stap 3 de definitieve laadinfrastructuur vast te stellen.

4 Stap 2: Slim laden en laadstrategie

Stap 2. Slim laden en laadstrategie toepassen

[Klik hier om terug te gaan naar de leeswijzer](#)

Een goede laadstrategie is essentieel voor grootschalige elektrificatie van wagenparken, om zo optimaal gebruik te maken van de aansluitcapaciteit en de laadinfrastructuur. Met een laadstrategie wordt bepaald met welk vermogen verschillende voertuigen laden. Het opstellen van een laadstrategie is een maatregel die helpt bij het elektrificeren van het wagenpark, ongeacht de beschikbare netcapaciteit. Slim laden is een overkoepelende term, waarbij de laadinfrastructuur en het voertuig via software met elkaar kunnen communiceren en data uitwisselen. Het betekent bijvoorbeeld dat de laadsnelheid van laadpunten gelimiteerd wordt, zodat meer voertuigen tegelijk kunnen laden. Zo kunnen voertuigen die meer tijd beschikbaar hebben om te laden, op lagere snelheid geladen worden. Hiermee wordt de piekvraag gereduceerd, waardoor een minder grote netaansluiting nodig is.

4.1 Slim laden en laadstrategie voor de casus

Snelladen en 's nachts laden vereisen beide netcapaciteit. We zien dat de vermogensvraag voor snelladen hoger is, zoals weergegeven in Tabel 3. 's Nachts bijladen zonder load balancing vraagt een netcapaciteit van 2.300 kW. Met load balancing daalt dit naar 1.700 kW. Met load balancing wordt de vraag beter verdeeld over de volledige nacht, waardoor de piekbelasting tijdens de eerste uren daalt. Load balancing verlaagt dus de piekvraag naar een lagere gemiddelde laadsnelheid. Er zijn naast load balancing geen mogelijkheden om de laadvraag verder te spreiden.

Met een accucapaciteit van 420 kWh is overdag snelladen op 45% van de ritten noodzakelijk. De maximale laadvraag voor bijladen in de middagpauze of wisseling van de dienst blijft onder de 250 kWh. Hierdoor is het mogelijk om in de pauze, of tijdens de wissel, in één uur de vrachtwagens bij te laden. Zonder load balancing en slim laden is er sprake van een snellaadvraag van 9.400 kW op piekdagen tussen 12:00 en 13:00 uur. Met load balancing, waardoor het piekvermogen voor snelladen wordt geminimaliseerd, daalt de vermogensvraag naar 3.600 kW. Wanneer daarnaast de snellaadtijden worden afgewisseld, daalt de snellaadvraag naar 1.800 kW.

Tabel 3 - Overzicht laadvraag voor de casus

	Zonder slim laden	Slim laden	Slim laden en laadstrategie
's Nachts laden	2.300 kW	1.700 kW	1.700 kW
Overdag snelladen	9.400 kW	3.600 kW	1.800 kW

In Tabel 4 en Tabel 5 zijn de effecten te zien van slim laden en de laadstrategie op het aantal laadpunten. We gaan ervan uit dat in de nacht parallel wordt geladen en overdag zoveel mogelijk sequentieel. De laadvraag in de nacht wordt voornamelijk bepaald door het

aantal uren wat vrachtwagens kunnen laden. Vrachtwagens die een dubbele dienst rijden, hebben minder laadtijd en hebben daardoor een hogere vermogensvraag. Er is geen effect van de laadstrategie op het aantal noodzakelijke laadpunten voor de nacht omdat er weinig flexibiliteit is in de laadvraag en de laadtijden in de nacht. Voor snelladen is een dergelijk effect wel zichtbaar. Door de laadtijden te spreiden kunnen vrachtwagens op verschillende momenten gebruik maken van dezelfde laadpunten.

Tabel 4 - Laadpunten en vermogen per laadpunt voor 's nachts laden

Type laadprofiel	Aantal laadpunten	Vermogen met load balancing (kW)
Reguliere laadpunten vrachtwagens enkele dienst	38	30
Reguliere laadpunten vrachtwagens dubbele dienst	17	40
Reguliere laadpunten kleine vermogens	10	10

Tabel 5 - Laadpunten en vermogen per laadpunt voor snelladen bij slim laden

Type laadprofiel	Aantal laadpunten zonder laadstrategie	Aantal laadpunten met laadstrategie	Vermogen met load balancing (kW)
Veel snellaadvraag	20	10	200
Gemiddelde snellaadvraag	20	10	130
Snellaadvraag kleine vermogens	10	5	10

4.2 Vaststellen: vereiste laadinfrastructuur

We stellen voor deze casus vast dat met slim laden en laadstrategie het aantal laadpunten voor 's nachts laden 55 is met een hoog vermogen (30 tot 40 kW) en tien laadpunten met een laag vermogen van 10 kW. Daarnaast zijn er 20 laadpunten vereist voor snelladen. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 4 en Tabel 5. Aan het einde van deze stap dient de organisatie ook de vormgeving van de laadinfrastructuur vast te stellen.

5 Stap 3: Vereiste netaansluiting

Stap 3. Vaststellen netaansluiting, eventuele netcongestie en noodzaak maatregelen

[Klik hier om terug te gaan naar de leeswijzer](#)

In deze stap moet op basis van de inzichten die zijn verkregen uit de vorige stappen, vastgesteld worden welke netaansluiting nodig is voor de elektrificatie van het wagenpark. Vervolgens dient er een aanvraag te worden gedaan bij de netbeheerder. Als er geen netcongestie is, kan de gewenste aansluiting gerealiseerd worden. Indien er sprake is van netcongestie, is het niet mogelijk om een (veel) grotere aansluiting te krijgen, waardoor mitigerende maatregelen vereist zijn om alsnog de in elektriciteitsvraag te voorzien. Ook in het geval van het toekennen van een grotere aansluiting kunnen mitigerende maatregelen van pas komen. Deze worden in de volgende stappen verder onderzocht.

5.1 Vereiste aansluiting voor de casus

De huidige aansluiting is 250 kVA (ongeveer 250 kW) en de contractcapaciteit bij de netbeheerder is 82 kW. Met het toepassen van slim laden is de vereiste netaansluiting ongeveer 1.800 kW waarvan 1.700 kW voor de laadvraag en ongeveer 100 kW voor het huidige energiegebruik.

De huidige aansluiting dient technisch vergroot te worden en de contractcapaciteit moet significant vergroot te worden. De netbeheerder zal vaststellen of er netcongestie is en anders een hogere contractcapaciteit afwijzen, wat in dit gebied zal gebeuren. Als een nieuwe aansluiting gerealiseerd kan worden, nadat er netverzwaring is uitgevoerd, heeft dit een doorlooptijd van zes tot achttien maanden. Voor een aansluiting kleiner dan of gelijk aan 2 MVA wordt een aansluiting op het MS-netwerk gerealiseerd. Voor een aansluiting boven de 2 MVA wordt een aansluiting direct op een HS-/MS-station gerealiseerd. Dit betekent dat er dan ook een vrij veld³ beschikbaar moet zijn voor de aansluiting.

De kosten voor het realiseren van een 2 MVA-aansluiting zijn voor 2022 volgens de tarieven van Liander € 36.600 exclusief btw (ACM, 2021). Het jaarlijkse nettatarief is € 124.000 voor Liander⁴, gebaseerd op een aansluiting van 1.800 kW en een verbruik van 5.530.000 kWh.

5.2 Afwegingsmoment: Netcongestie, dus mitigerende maatregelen?

Omdat er netcongestie is in het gebied van Werf Nieuw-Zeelandweg is een grotere transportcapaciteit niet mogelijk. De transportcapaciteit van 82 kW kan niet vergroot worden, ook niet binnen de huidige aansluiting van 250 kVA.

³ Een vrij veld is een aansluiting op het station, ongeveer vergelijkbaar met één aansluiting op een stekkerdoos. Om stroom te leveren is het dus ook nodig dat er zo'n vrij veld beschikbaar is.

⁴ Dit is het volledige nettatarief: de periodieke aansluitvergoeding en het transporttarief (vastrecht, kW-gecontracteerd, kW-max).

Als de belanghebbende partij, in dit geval gemeente Amsterdam, de elektrificatie van haar voertuigen wil doorzetten, is het vereist om mitigerende maatregelen te nemen. Dit is dus een beslismoment om het proces richting mitigerende maatregelen verder door te zetten. Het alternatief is om niet te elektrificeren totdat een verzwaring van het elektriciteitsnetwerk gerealiseerd is.



6 Stap 4: Quickscan en selectie mitigerende maatregelen

Stap 4. Quickscan maatregelen en selectie potentievolle mitigerende maatregelen

[Klik hier om terug te gaan naar de leeswijzer](#)

Als een bedrijf mitigerende maatregelen overweegt, is een quickscan een goede manier om te beginnen. In een quickscan worden maatregelen uitgewerkt voor de organisatie en de maatregel beoordeeld op haalbaarheid, duurzaamheid, kosten en doorlooptijd. Daarnaast hebben wij additioneel vervolgstappen in kaart gebracht die een organisatie moet doorlopen om de maatregelen te realiseren.

In dit hoofdstuk is in Paragraaf 6.1 de conclusie opgenomen van onze quickscan. De uitwerking van de quickscan is voor een maatregel opgenomen in Paragraaf 6.2 als voorbeeld van een quickscan. Bijlage B omvat de quickscan van de overige maatregelen.

6.1 Afwegingsmoment: Selectie mitigerende maatregelen

Na de quickscan van de mogelijke maatregelen dient een keuze gemaakt te worden welke maatregelen verder onderzocht zullen worden. Wij hebben een keuze gemaakt gebaseerd op de haalbaarheid, kosten, duurzaamheid en doorlooptijd van de maatregel. Een bedrijf of overheidsinstantie dient ook zo'n keuze te maken en kan dit gebaseerd op deze en wellicht additionele criteria doen.

Uiteindelijk zijn er in deze studie drie maatregelen in meer detail onderzocht, in overleg met de opdrachtgever. Tabel 6 toont een overzicht van de mitigerende maatregelen en de onderbouwing van waarom ze wel of niet geselecteerd zijn voor een detailuitwerking. Dit is gebaseerd op de beoordeling van de criteria zoals opgenomen Paragraaf 6.2 voor één maatregel en Bijlage B voor de overige maatregelen.

Tabel 6 - Selectie mitigerende maatregelen met detailuitwerking

Mitigerende maatregel	Selectie en onderbouwing
Slim laden en laadstrategie	Ja, slim laden is essentieel voor het verlagen van het vermogen en andere mitigerende maatregelen. Het is goed toepasbaar en een no-regret-maatregel.
Batterij	Ja, duurzame oplossing die goed past bij energievraag van logistiek, waarbij er gekeken wordt naar de optimale inpassing van de batterij.
Non-firm-ATO	Ja, deze maatregel biedt potentieel voor de relatief flexibele energievraag, maar vooral de betrouwbaarheid is een aandachtspunt.
Collectieve laadpleinen	Nee, aangezien dit niet mogelijk is op het terrein van Werf Nieuw-Zeelandweg en er daarnaast geen duidelijke kansrijke locaties in de buurt zijn.
Tijdelijke aggregaat	Nee, aangezien er naar verwachting geen/beperkte duurzame brandstoffen beschikbaar en een aggregaat dan niet duurzaam is en geur- en geluidsoverlast veroorzaakt.



Mitigerende maatregel	Selectie en onderbouwing
Energiehub	Nee, aangezien deze oplossing pas op langere termijn mogelijk is en er nu nog geen concrete samenwerkingsverbanden zijn om op verder te bouwen.
Lokale opwek: zon	Maatregel is niet mitigerend, maar wordt additioneel meegenomen.

6.2 Voorbeeld quickscan: Non-firm-ATO

In de voorgaande studie werd het begrip ‘ongegarandeerde aansluiting’ gebruikt. Het codevoorstel over deze nieuwe tariefstructuur van de netbeheerders hanteert de officiële term ‘non-firm-ATO’ (NFA)⁵. Daarom gebruiken we in deze studie ook de term non-firm-ATO. Een ongegarandeerde aansluiting is een nieuw product dat de netbeheerders ontwikkelen en dat nu alleen nog in pilots beschikbaar is. Het idee is dat een partij extra vermogen mag gebruiken op dalmomenten, oftewel de momenten dat andere partijen dus minder verbruiken. De netbeheerder geeft een dag van tevoren aan hoeveel vermogen afgenomen mag worden per uur. Binnen congestiemanagement is het mogelijk om een vergelijkbaar contract te vormen tussen de netbeheerder en de aangeslotenen: dit heet een capaciteitsbeperkingscontract. De uitwerking en de effecten daarvan zijn op hoofdlijnen hetzelfde. Non-firm-ATO is als maatregel doorgerekend voor de casus en de effecten zijn in detail opgenomen in Hoofdstuk 7.

Toepassing casus

Voor de casus biedt een non-firm-ATO mogelijkheden, maar dit is vooral afhankelijk van de netbelasting op Onderstation Basisweg, waarop Werf Nieuw-Zeelandweg 45 is aangesloten. De werf heeft vooral een vermogensvraag in de nacht voor de afvalwagens. De werf kan een grotere non-firm-aansluiting aanvragen, bijvoorbeeld van 3 MW. Hiervoor dient de aansluiting dan wel verzwaard te worden. De afvalinzamelingsdienst kan deze aansluiting dan alleen gebruiken wanneer er capaciteit beschikbaar is op het netwerk. In deze studie kon het specifieke profiel voor Onderstation Basisweg niet met ons gedeeld worden, waardoor voor specifiek dit gebied de geschiktheid niet te bepalen is. Wel is een analyse gemaakt van verschillende profielen van bestaande andere onderstations.

Belangrijk voor de directie Afval en Grondstoffen van de gemeente Amsterdam is betrouwbaarheid. Dit betekent dat een non-firm-ATO alleen mogelijk is als er gegarandeerd voldoende geladen kan worden gedurende de nacht, bijvoorbeeld tussen 18:00 uur 's avonds en 6:00 uur de volgende ochtend. Dit betekent dat er gedurende deze uren dus ‘firm’-capaciteit beschikbaar is, en buiten die uren dat er geen gebruik gemaakt mag worden van het elektriciteitsnetwerk. De netbeheerder heeft de vrijheid om samen met de aangeslotenen specifieke voorwaarden op te nemen in een non-firm-ATO. Een non-firm-ATO zonder deze zekerheid is niet aantrekkelijk voor de directie Afval en Grondstoffen van de gemeente Amsterdam.

⁵ Non-firm betekent ‘niet vast’, oftewel een variabele capaciteit. ATO staat voor aansluit en transport-overeenkomst, oftewel de onderlinge afspraken tussen netbeheerder en de partij met een aansluiting op het elektriciteitsnetwerk.

Beoordeling maatregel

We beoordelen de maatregel op haalbaarheid, kosten, duurzaamheid en doorlooptijd. Vervolgens bepalen we of dit één van de maatregelen is die in Hoofdstuk 7 verder wordt uitgewerkt. Tabel 7 toont de resultaten voor een non-firm-ATO.

Tabel 7 - Beoordeling maatregel 'non-firm-ATO'

Criteria	Beoordeling non-firm-ATO
Haalbaarheid voor de casus	Ja, maar sterk afhankelijk van de netbelasting op het relevante onderstation.
Kosten	Lager nettatarief, investering vereist om slim te sturen.
Duurzaamheid	Maatregel heeft geen duidelijk effect op duurzaamheid.
Doorlooptijd	Als dit tariefproduct is ingevoerd (in de loop van 2023), is de doorlooptijd snel. Het moment van invoering is afhankelijk van hoe snel de netbeheerders een voorstel indienen bij de ACM en de ACM dit goedkeurt.
Selectie verdere analyse?	Ja, deze maatregel biedt potentieel voor de relatief flexibele energievraag maar vooral de betrouwbaarheid is een aandachtspunt.

Vervolgstappen

De concrete vervolgstappen voor een partij voor non-firm-ATO, zijn:

1. Eerst moeten netbeheerders een non-firm-ATO-standaard aanbieden. We verwachten dat dit rond 2023 beschikbaar zal zijn.
2. Onderzoek wanneer de laadvraag plaatsvindt en of de laadvraag flexibel is of niet.
3. Neem contact op met de netbeheerder. Er zijn verschillende contractvormen nodig; bijvoorbeeld dat u alleen elektriciteit in de nacht mag gebruiken. De netbeheerder kan met u afstemmen wat voor u mogelijk is. Vervolgens gaat u een contract aan en wordt de aansluiting vergroot.
4. Software voor flexibel sturen en de verdere implementatie om te sturen op de NFA moet dan ingeregeld worden.

7 Stap 5: Vervolgstappen en businesscaseberekening mitigerende maatregelen

Stap 5. Uitvoeren vervolgstappen en businesscaseberekening mitigerende maatregelen

[Klik hier om terug te gaan naar de leeswijzer](#)

De gekozen mitigerende maatregelen in Stap 4 kunnen vervolgens doorberekend worden om de daadwerkelijke impact op de elektriciteitsvraag in te zien en bovendien een inschatting te maken van de grootte van de mitigerende maatregel. Zo zijn bijvoorbeeld verschillende vermogens aan batterijen mogelijk. Bij de uitwerking van de businesscaseberekening kan achterhaald worden welke capaciteit zowel energiezuikerheid biedt als financieel haalbaar is.

In deze studie is een eerste belangrijke stap gemaakt voor de doorrekening van de maatregelen. Om de totale businesscaseberekening af te ronden dienen nog enkele offertes aangevraagd te worden en kan een bedrijf of overheidsinstanties meer bedrijfsspecifieke informatie toevoegen.

Voor het doorrekenen van de maatregelen is er rekening gehouden met eisen om te garanderen dat er met zekerheid in de energie voorzien kan worden. Deze eisen zijn omschreven in Tekstvak 1.

Tekstvak 1 - Eisen voor vormgeving maatregelen

Voor ons model hebben we de laadbehoefte van de casus in kaart gebracht. Vervolgens hebben we hier een veiligheidsmarge aan toegevoegd van 15%. Deze extra marge is ingebouwd, omdat een voertuig later kan arriveren, of bijvoorbeeld de batterij wellicht niet volledig heeft kunnen opladen. Dit betekent dat als het berekende vereiste vermogen volgens ons 100 kW is, we ervan uitgaan dat er 115 kW beschikbaar moet zijn.

Voor de innovatieve maatregelen eisen we dat ze per dag in alle dagen van het jaar in de vereiste energie en veiligheidsmarge kunnen voorzien. Dit wordt de 'totale vermogensvraag' genoemd. In het voorbeeld is dat dus 115 kW. We bepalen hoeveel dagen 10% en 5% van de totale vermogensvraag, inclusief veiligheidsmarge, niet gerealiseerd kan worden. Dit betekent dat de laadvraag altijd ingevuld kan worden, maar dat de veiligheidsmarge sommige dagen kleiner is.

In Paragraaf 7.1 lichten we de conclusies van deze maatregelen toe. Het uitwerken en doorrekenen van individuele mitigerende maatregelen (slim laden en laadstrategie, non-firm-ATO en batterij) en de verschillende maatregelen gecombineerd, zijn opgenomen in Bijlage C.



7.1 Conclusie effecten mitigerende maatregelen

De gevonden resultaten zijn een goed voorbeeld voor hoe mitigerende maatregelen kunnen werken. De uitkomsten zijn een advies van CE Delft over de mogelijke technische oplossingen met de gestelde aannames voor deze werf van de gemeente Amsterdam. De resultaten zijn betrouwbaar doordat er op verschillende manieren veiligheidsmarges zijn ingebouwd. Kleine afwijkingen, zoals een truck die een bepaalde dag later aankomt of meer heeft gereden, zullen geen enkel invloed op de conclusie hebben. De gevonden resultaten zijn gebaseerd op alle gemaakte aannames voor de elektrificatie van het wagenpark zoals beschreven in Bijlage A. Meer informatie over alle berekeningen is opgenomen in Bijlage C.

Er is een diepgaandere analyse uitgevoerd van de mitigerende maatregelen ‘slim laden’, ‘NFA’, ‘batterij’ en een combinatie van maatregelen. Tabel 8 toont de resultaten van verschillende varianten mitigerende maatregelen. Uit deze analyse valt het volgende op:

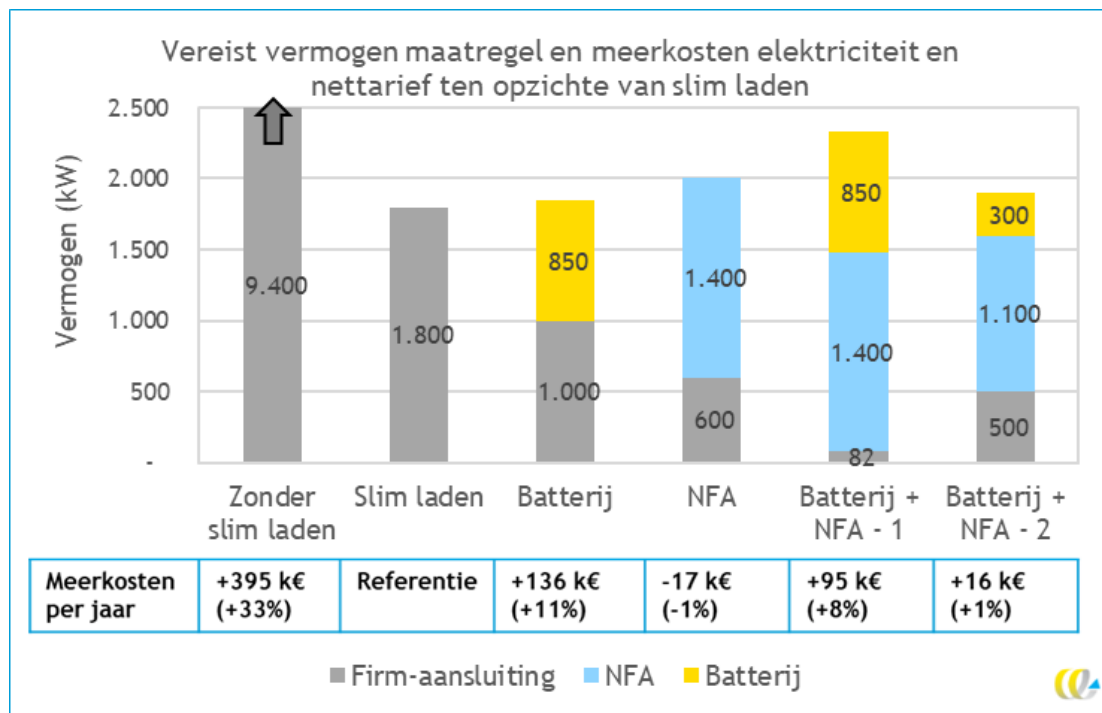
- Zonder slim laden zou een aansluiting van 9.400 kW vereist zijn wat ook zou resulteren in hoge nettarieven van € 530.000 per jaar.
- Slim laden resulteert in een veel lagere netaansluiting en veel lagere kosten. De totale jaarlijkse energiekosten schatten we op € 1,1 miljoen uitgaande van een elektriciteitsprijs van 0,20 €/kWh en het nettatarief is € 124.000 als slim laden wordt toegepast. Dit scenario is als referentie genomen.
- Met een batterij erbij kan de aansluiting gereduceerd worden met 40%, waarvoor een investering van ongeveer € 1 miljoen vereist is.
- Met een NFA kan de aansluiting gereduceerd worden met 65%, maar dit is sterk afhankelijk van de lokale netbelasting van het onderstation. Dit levert een verlaging van de nettarieven op van € 17.000 per jaar, wat slechts 1,4% is ten opzichte van de totale energiekosten (elektriciteit en netaansluiting).
- Met een NFA en batterij is het mogelijk om binnen de huidige firm-aansluiting te blijven van 82 kW. Er is nog steeds een verzwaring van de aansluiting vereist, maar er hoeft geen additionele firm-capaciteit afgenomen te worden. Oftewel, met een NFA en batterij is het mogelijk dat de werf volledig elektrificeert als er congestie is en er geen additionele aansluiting vereist is.

Tabel 8 - Overzicht effecten mitigerende maatregelen

	Firm-netaansluiting	NFA	Batterij	Eenmalige netkosten (€)	Jaarlijkse netkosten (€/jaar)	Investering batterij (€/jaar)	Totale additionele kosten t.o.v. slim laden (€/jaar)
Geen maatregelen	9.400 kW	0 kW	0 kW/0 kWh	€ 280.000	€ 530.000	€ 0	+€ 395.000
Slim laden	1.800 kW	0 kW	0 kW/0 kWh	€ 36.600	€ 124.000	€ 0	€ 0,0
Batterij, met slim laden	1.000 kW	0 kW	850 kW/ 3.400 kWh	€ 36.600	€ 98.000	€ 1 tot 1,2 miljoen	+€ 136.000
NFA, met slim laden	600 kW	1.200 kW	0 kW/0 kWh	€ 36.600	€ 107.000	€ 0	-€ 17.000
NFA en batterij, met slim laden	82 kW	1400	850 kW/	€ 36.600	€ 93.000	€ 1 tot 1,2 miljoen	+€ 85.000 tot
	500 kW	1.100 kW	300 kW/ 1.200 kWh	€ 36.600	€ 101.000	€ 360.000 tot € 420.000	+€ 105.000 +€ 13.000 tot +€ 19.000

Deze eigenschappen van de verschillende mitigerende maatregelen zijn ook samengevat in Figuur 6. De tabel in het figuur geeft de meerkosten weer van de maatregelen per jaar, ten opzichte van de totale kosten voor elektriciteit en nettarieven.

Figuur 6 - Overzicht vormgeving en meerkosten verschillende varianten mitigerende maatregelen



De belangrijkste conclusie van deze doorrekening is dat elektrificatie van het volledige wagenpark van Nieuw-Zeelandweg mogelijk is, zonder extra firm-netcapaciteit. Dit is Variant 1 van de combinatie van slim laden, batterij en NFA. Dit betekent dat elektrificatie mogelijk is zonder congestie te veroorzaken, terwijl de totale vermogensvraag toeneemt van 80 naar 1.800 kW. De jaarlijkse kosten hiervoor zijn beperkt, namelijk rond de € 100.000 per jaar. Dat is een stijging van ongeveer 10% van de totale energiekosten.

Een NFA is een product dat nu nog niet bestaat, maar in de loop van 2023 ingevoerd wordt door de netbeheerders en de ACM. Een NFA kent wel een lagere zekerheid dan een normale firm-aansluiting. Met de netbeheerder kan in het NFA-contract specifieke voorwaarden opgenomen worden, zoals garanties dat gedurende tijdsblokken energie gebruikt kan worden. Dit geeft meer zekerheid. Daarnaast zou een aggregaat gekocht kunnen worden om als back-up-energievoorziening te acteren als op bepaalde dagen het vermogen toch te laag blijkt te zijn.

De achtergrondinformatie voor de maatregelen slim laden, NFA, batterij en combinatie van de drie maatregelen is opgenomen in Bijlage C.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Vervolgstappen voor de casus

Vervolgstappen 5 tot en met 8
voor realisatie maatregelen

[Klik hier om terug te gaan naar
de leeswijzer](#)

In deze studie zijn Stap 1 tot 4 van het stappenplan doorlopen. Stap 5, het doorrekenen van de mitigerende maatregelen, heeft globaal plaatsgevonden maar moet door de werf verder uitgewerkt worden. Als de gemeente Amsterdam doorzet met de elektrificatie van het wagenpark ondanks de netcongestie zijn mitigerende maatregelen vereist. De vervolgstappen voor de gemeente Amsterdam zijn dan:

- Stap 5: Uitvoeren vervolgstappen en businesscaseberekening mitigerende maatregelen. Voor deze stap is een specifiekere doorrekening van de businesscase vereist en dient de werf zelf de exacte impact van de mitigerende maatregelen te bepalen. Dit is nodig om zelf een gedegen afweging te maken.
- Stap 6: Selectie van mitigerende maatregelen. Gebaseerd op de analyses uit Stap 6 dient de gemeente een (aantal) mitigerende maatregel(en) te selecteren.
- Stap 7: Technische uitwerking en implementatie maatregelen.
- Stap 8: Operationaliseren mitigerende maatregel(en) in de praktijk.

Een uitgebreidere omschrijving van de stappen is opgenomen in Paragraaf 2.1.

8.2 Conclusies voor Stap 1 tot en met 5 voor casus

De zes mitigerende maatregelen uit de studie ‘Laden voor logistiek bij beperkte net-capaciteit’ zijn in deze studie verder uitgewerkt voor Werf Nieuw Zeelandweg 45 van de directie Afval en Grondstoffen van de gemeente Amsterdam. Van deze maatregelen zijn drie potentievolle maatregelen in detail uitgewerkt. Deze drie maatregelen zijn geselecteerd op kosten, duurzaamheid en haalbaarheid/toepasbaarheid voor de casus. Collectieve laadpleinen, een (tijdelijke) aggregaat en een energiehub zijn niet in detail uitgewerkt. Voor deze maatregelen is wel de potentie voor de casus onderzocht, is de maatregel concreet toegepast en zijn vervolgstappen voor realisatie geïdentificeerd.

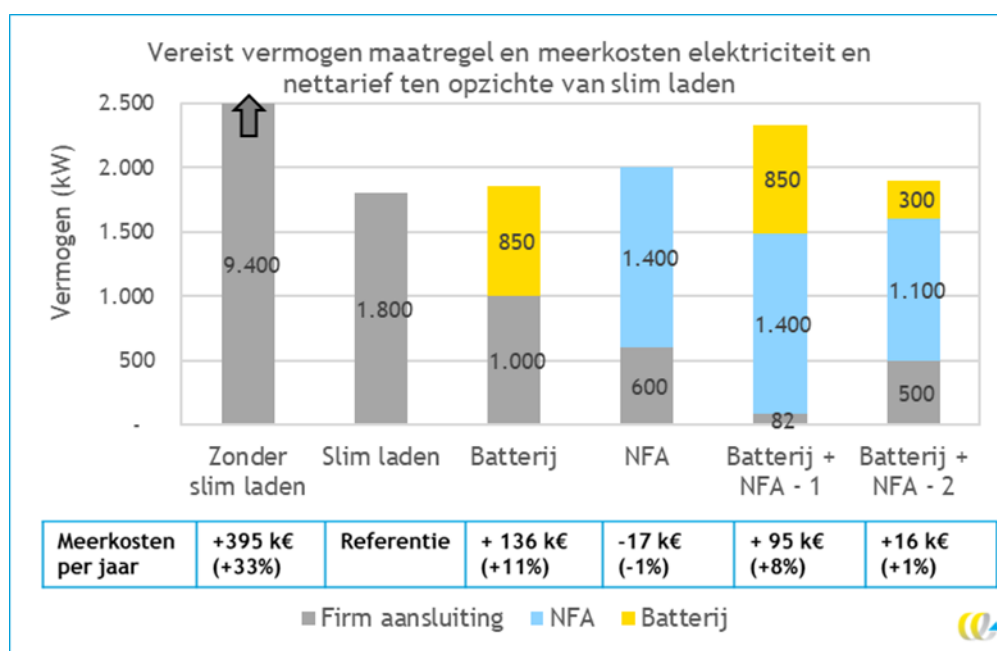
Slim laden en laadstrategie kan de laadvraag significant verlagen. Zonder slim laden is een vermogen van 9.400 kW voor snelladen op een piekdag vereist, en 2.300 kW voor 's nachts laden. Met load balancing kan dit dalen naar 3.600, respectievelijk 1.700 kW. Door de momenten van snelladen slim af te stemmen, kan de snellaadvraag dalen naar 1.800 kW. De aansluiting van de werf is op dit moment 82 kW, dus een significante verzwaring is vereist.

Een batterij van 850 kW met een capaciteit van 3.400 kWh kan de netaansluiting verkleinen naar 1.000 kW. Zo'n batterij vereist een investering van € 1 tot 1,2 miljoen. De jaarlijkse nettarijfkosten dalen met slechts € 6.000. Deze batterij vereist dus een grote investering, maar kan wel de hoeveelheid elektriciteit die verbruikt kan worden achter de aansluiting, sterk verkleinen.

Uit deze studie blijkt dat een firm-netaansluiting van 1.800 kW vervangen kan worden door een firm-aansluiting van 600 kW en NFA-aansluiting van 1.200 kW. Daarmee is de daadwerkelijke netimpact dus twee derde lager. Het kostenvoordeel voor de werf in de casus is echter maar € 17.000 per jaar. Dat is ongeveer 1,4% van de totale energiekosten. De additionele onzekerheid van een NFA weegt naar verwachting dus niet op tegen de lagere kosten. Voor een bedrijf of overheidsinstantie in congestiegebied dat geen grotere aansluiting kan krijgen, is een NFA interessanter.

Het belangrijkste resultaat van deze studie is dat een combinatie van een batterij en NFA-aansluiting erin kan resulteren dat de huidige aansluiting van 82 kW voldoende is. Daarmee kan dus in de totale vermogensvraag voorzien worden, zonder extra netcongestie te veroorzaken en is elektrificatie mogelijk als er netcongestie is. Dit is mogelijk met een batterij van 850 kW/3.400 kWh en een NFA-aansluiting van ongeveer 1.400 kW. Dit vereist wel een forse investering in een batterij. Als er een grote firm-aansluiting beschikbaar is van 500 kW, kan met een kleinere batterij en NFA-aansluiting ook een betrouwbare energievoorziening gerealiseerd worden. De resultaten zijn samengevat in Figuur 7.

Figuur 7 - Overzicht verschillende varianten mitigerende maatregelen



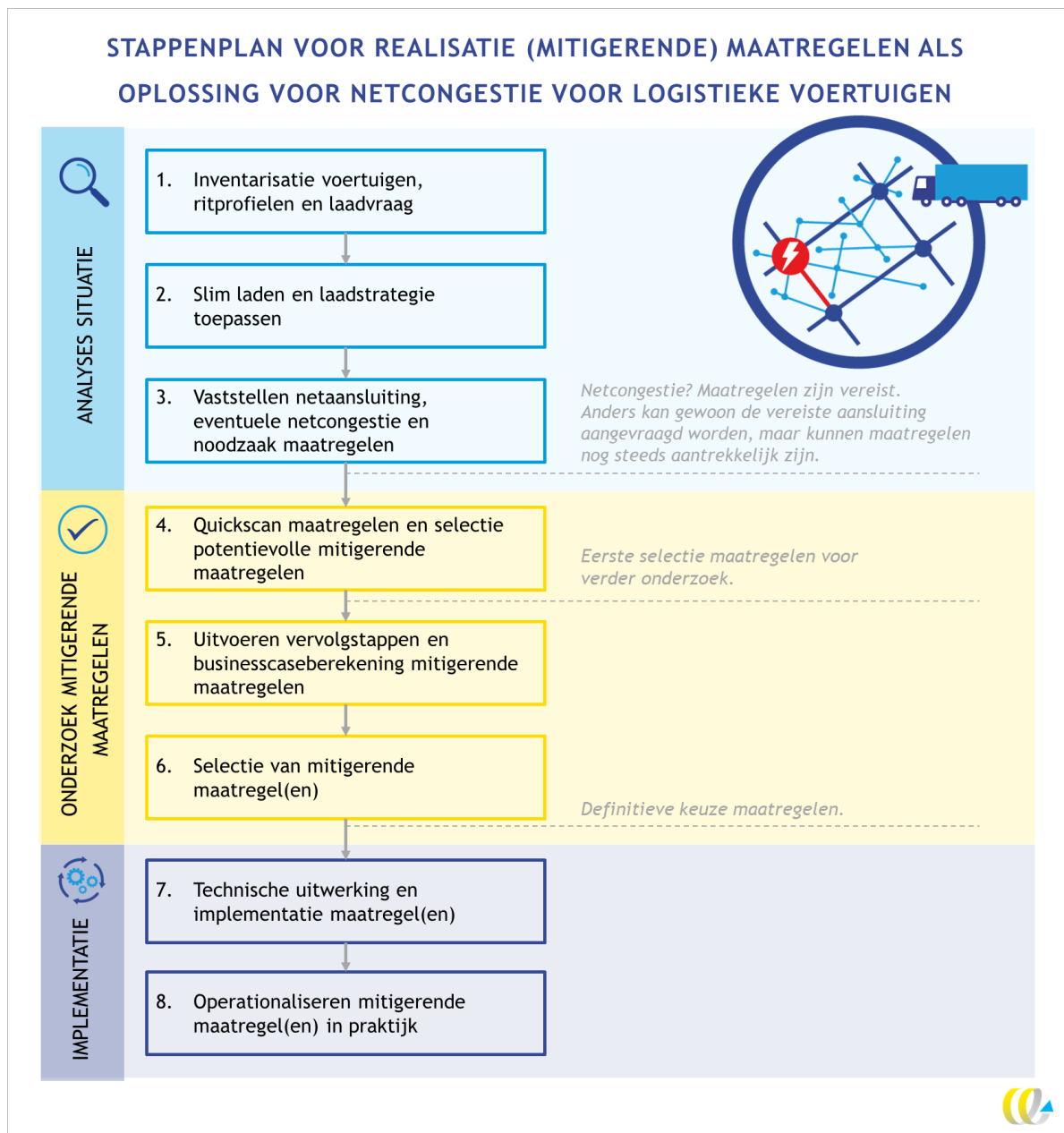
8.3 Stappenplan voor realiseren mitigerende maatregelen

In de studie zijn per individuele mitigerende maatregel vervolgstappen in kaart gebracht. Deze zijn onderdeel van een groter proces voor het onderzoeken en implementeren van mitigerende maatregelen. In dit onderzoek heeft CE Delft een gedeelte van dit proces doorlopen en dit samengevat. Met dit schema kunnen bedrijven hetzelfde proces doorlopen en zo hopelijk op een goede manier tot mitigerende maatregelen komen. Figuur 8 geeft dit proces weer, bestaande uit negen stappen. In de analysefase (Stap 1 tot en met Stap 3) worden de elektrische voertuigen, laadinfrastructuur, potentie van slim laden en vereiste netaansluiting bepaald. Als er geen netcongestie is, kan de gewenste aansluiting gerealiseerd worden. Anders kan de werf mitigerende maatregelen verder onderzoeken in Stap 4 tot en met Stap 6. We raden aan eerst een quickscan uit te voeren op haalbaarheid,

kosten en duurzaamheid, om te bepalen welke maatregelen verder onderzocht wordt. Aan het einde van deze fase dient een keuze gemaakt te worden voor mitigerende maatregelen, waarna met leveranciers de maatregelen definitief vastgesteld en gerealiseerd worden (Stap 7 en Stap 8).

Grotere bedrijven kunnen dit proces mogelijk volledig zelf uitvoeren. Veel bedrijven zullen echter voor (sommige van de) Stappen 2 tot 6 ondersteuning nodig hebben van een dienstverlener met kennis van zowel logistiek als elektriciteit. Voor Stappen 7 en 8 zijn technische leveranciers vereist.

Figuur 8 - Stappenplan tot realisatie mitigerende maatregelen



8.4 Aanbevelingen

Aanbevelingen voor partijen met logistieke voertuigen

De doorlooptijd van het realiseren van laadinfrastructuur is ongeveer één tot twee jaar vanaf het moment dat de belanghebbende partij het interne proces heeft afgerond. Het is essentieel om zo snel mogelijk te beginnen met het vaststellen van de benodigde toekomstige laadvraag en netaansluiting. Het ophalen van de juiste informatie intern kan een tijdrovend proces zijn. Vervolgens kan het gesprek worden aangegaan met de netbeheerder over de vereiste aansluiting en over mogelijke congestie. Van belang is dus vooral om snel aan de slag te gaan en hiervoor informatie in te winnen bij overheidspartijen, adviseurs en andere bedrijven. Voor Stap 2 tot en met 6 kan het nodig zijn om een externe adviespartij te betrekken.

Aanbevelingen netimpact

In deze studie is zeer concreet aangetoond dat mitigerende maatregelen de netimpact van logistiek enorm kunnen verlagen. Slim laden is essentieel en moet overal aangemoedigd worden.

Een NFA kan de firm-netaansluiting, en daarmee dus de bijdrage aan netcongestie tot 65% verlagen. Het kostenvoordeel is echter zeer beperkt (ongeveer 1% van totale elektriciteitskosten) en het is essentieel dat er voldoende zekerheid ingebouwd wordt voor het bedrijf. Door de NFA zekerder en financieel aantrekkelijker te maken, kan er enorm veel netcongestie voorkomen worden. Het inzetten op de ontwikkeling van de NFA is essentieel.

Voor bedrijven die geen grotere aansluiting kunnen krijgen, is een combinatie van de NFA en batterij een zeer potentievolle maatregel om toch betrouwbaar en volledig te kunnen elektrificeren.

Beleidsaanbevelingen

Uit onze studie is opnieuw de noodzaak voor kennis gebleken bij de bedrijven, en de vereiste ondersteuning in de kennisopbouw richting mitigerende maatregelen. We hopen hier met deze studie actief aan bijgedragen te hebben.

Voor overheden zijn de beleidsaanbevelingen deels overeenkomstig met de studie 'Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit'. Onze beleidsaanbevelingen zijn daarom:

1. Zet zeer sterk in op slim laden. Dit is essentieel voor lagere kosten voor bedrijven en een lagere netimpact.
2. Kennisontwikkeling over mitigerende maatregelen in een koplopersprogramma en kennisdeling door een expertisecentrum en digitaal kennisplatform.
3. Ondersteuning voor bedrijven met (logistieke) voertuigen in hun onderzoek naar mitigerende maatregelen door middel van een adviseur/expert. Bedrijven zijn onbekend met mitigerende maatregelen. We zien vooral dat dit gebrek aan kennis een probleem is en dat bedrijven daardoor ook niet durven te investeren in kennisopbouw. Daarom zou (financiële) ondersteuning om onderzoek te doen zeer nuttig zijn.
4. Hervormingen van regelgeving en netwerkstarieven om collectieve en flexibele mitigerende maatregelen mogelijk te maken. In deze studie is de potentie van NFA voor het verlagen van de netimpact zeer duidelijk, maar is de zekerheid en het kostenvoordeel voor het bedrijf of overheidsinstantie nog te laag.

Daarnaast kan de virtuele energiehub in de toekomst zeer nuttig zijn. Door deze tarieven te hervormen zullen mitigerende maatregelen echt mogelijk worden.

5. Additioneel inzicht in congestie per gebied en de ontwikkeling in de tijd, zodat er effectief beleid voor mitigerende maatregelen gevormd kan worden.



Literatuur

ACM, 2021. *Tarievenbesluit Liander elektriciteit 2022*, ACM,
<https://www.acm.nl/nl/publicaties/tarievenbesluit-liander-elektriciteit-2022>.

CBS, 2021. *Statline: Aardgas en elektriciteit, gemiddelde prijzen van eindverbruikers*,
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81309NED/table?dl=56025>.

CE Delft, 2022. *Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit. Mitigerende maatregelen voor bestelauto's en vrachtwagens*, Delft: CE Delft.

Koffrie, R., 2022. *DKTI Inventarisatie 0-emissie inzamelvoertuigen : geleerde lessen en voorlopige conclusies*: Rijkswaterstaat.

Netbeheer Nederland, 2022. *Capaciteitskaart*, Netbeheer Nederland,
<https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/>.

Port of Amsterdam, 2021 *Gemeente Amsterdam, Liander en Tennet gaan samen elektriciteitsprobleem aanpakken* [Online]
<https://www.portofamsterdam.com/nl/nieuws/gemeente-amsterdam-liander-en-tennet-gaan-samen-elektriciteitsprobleem-aanpakken>.

Pro3, 2021. *Routekaart laadinfrastructuur wagenpark Amsterdam*.

A Bijlage Stap 1: Uitgebreide casusomschrijving

De directie Afval en Grondstoffen verricht werkzaamheden vanuit vijf werven, waarvan de werf aan de Nieuw-Zeelandweg er één is. Op deze werf worden de voertuigen gestald. In totaal worden op alle zes de werven 160 grote inzamelvoertuigen. In de toekomst is de verwachting dat er circa 100 tot 140 inzamelvoertuigen zijn. De 160 inzamelvoertuigen van de directie Afval en Grondstoffen zijn onderdeel van het totale wagenpark van de gemeente Amsterdam, in totaal circa 1.500 voertuigen.

Momenteel is de gemeente bezig met de ontwikkeling van de toekomst van de afvalinzamelingswerven, waarbij nieuwe werven in gebruik worden genomen en enkele bestaande werven worden gesloten. Ook kan het gebruik van de werf aangepast worden. Naast deze transitie is de directie Afval en Grondstoffen ook bezig met de aanschaf van zero-emissie-voertuigen. De gemeente Amsterdam heeft mede het Convenant Duurzame Voertuigen en Brandstoffen in de Reinigingsbranche ondertekend. Daarin is afgesproken om in 2030 alle nieuw aan te schaffen reinigingsvoertuigen volledig emissievrij te laten zijn, of eerder, waar mogelijk. Met het oog op een gemiddelde vervangingstermijn van acht jaar, worden momenteel de laatste nieuwe dieselvoertuigen geleverd. De instroom van elektrische voertuigen gaat de komende jaren echt van start, waardoor ook de laadlocatie van belang is.

De werven van de gemeente Amsterdam liggen op verschillende locaties in de stad. Doordat de locaties verschillen, zijn de werven aangesloten op verschillende onderstations. Het gevolg hiervan is dat er momenteel geen sprake is van netcongestie op alle locaties. Enkele locaties liggen in zogeheten 'rood gebied': hier is op de korte termijn geen netcapaciteit beschikbaar voor een grotere aansluiting. Bij andere locaties is wel uitbreiding mogelijk. De gemeente Amsterdam onderzoekt nu met name hoe laadinfrastructuur kan komen op locaties waar momenteel netcongestie bestaat. Voor één van deze locaties, gelegen in het Westelijk Havengebied, bekijken we mitigerende aansluitingen.

A.1 Huidige situatie locatie

De locatie Werf Nieuw-Zeelandweg, gelegen aan de Nieuw-Zeelandweg 45, ligt in het Westelijk Havengebied, in het exploitatiegebied van de haven van Amsterdam (Port of Amsterdam, 2018). Het Havenbedrijf Amsterdam heeft op veel gebieden een coördinerende functie, waaronder in de route naar klimaatneutraliteit. De netcongestie in de haven raakt ook andere partijen die in de haven gevestigd zijn. In samenspraak werken TenneT, gemeente Amsterdam en Port of Amsterdam aan een programma om werkzaamheden en innovaties te versnellen en tijdelijke oplossingen te stimuleren (Port of Amsterdam, 2021). Het is mogelijk dat het havenbedrijf nog een rol kan spelen in (tijdelijke) oplossingen wat betreft netcongestie. Bijvoorbeeld door bedrijven bij elkaar te brengen.

Op de werf aan de Nieuw-Zeelandweg worden voornamelijk voertuigen gestald voor de nacht. Het gaat momenteel om zo'n 30 tot 40 vrachtwagens die worden ingezet voor het inzamelen van afval. Daarnaast zijn er tien kleinere voertuigen gestald. In de toekomst neemt dit toe naar 55 vrachtwagens op de locatie. Hierbij geldt dat er weinig verschillen zijn in de omvang en het energieverbruik van de vrachtwagens, maar wel in de rittenprofielen van de vrachtwagens die op de Nieuw-Zeelandweg staan:

- 23 vrachtwagens worden ingezet voor het ophalen van restafval. Het gaat hier om routes die dicht bij de werf liggen, waardoor de afstand per rit zo'n 80 km is.
- Zestien vrachtwagens halen grofvuil en glas op. Deze vrachtwagens rijden zo'n 150 km per rit.
- Acht tot tien vrachtwagens halen papier op. Deze vrachtwagens rijden tussen de 100 en 120 km per rit.
- Zes vrachtwagens halen plastic op. Deze vrachtwagens hebben een groot werkgebied en rijden daardoor zo'n 200 km per rit.

A.2 Ritprofielen

Momenteel rijden de meeste vrachtwagens één rit per dag, met een starttijd tussen 6:30 en 7:30 uur en een maximale rijtijd van 8,5 uur. Daarnaast hebben de chauffeurs tussen 9:00 en 10:00 uur een koffiepauze van 15 tot 30 minuten, en tussen 12:00 en 13:00 uur een lunchpauze van 30 tot 60 minuten. In theorie kunnen ritten duren tot 17:00 uur, maar gangbaarder is een eindtijd tussen 15:00 en 16:00 uur, waardoor een laadtijd van 12 uur mogelijk is. Er wordt momenteel in beperkte mate met dubbele diensten gereden.

Deze lopen van 7:00 uur tot 14:00 uur en van 15:00 tot 22:00 uur. In deze diensten worden niet dezelfde afstanden afgelegd, omdat er relatief meer tijd in de spits gereden wordt. Een dubbele dienst kan dus niet volledig twee enkele diensten vervangen. Er wordt overwogen om vaker in dubbele diensten te rijden, om de hoeveelheid benodigde vrachtwagens te verminderen, onder andere om investeringskosten te drukken. Het in de avond ophalen van afval is geen mogelijkheid voor glas, vanwege de geluidsoverlast.

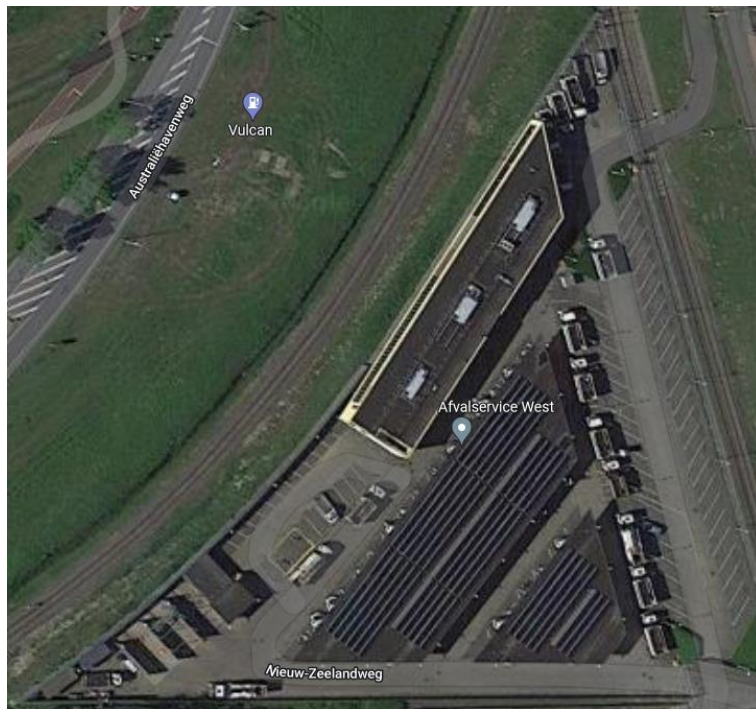
Piekmomenten voor de ophaaldienst zijn de dagen rondom de weekenden en de feestdagen. In beperkte mate wordt er afval opgehaald op weekend- en feestdagen. Op de dagen voor en na weekend- en feestdagen wordt extra afval opgehaald. Langere ritten en dubbele diensten zijn gangbaarder op deze dagen. Een eerste grove inschatting is dat op dergelijke dagen de helft van de vrachtwagens, uitgaande van de huidige generatie elektrische vrachtwagens, gebruik moet maken van snellaadinfrastructuur.

Er zijn enkele kanttekeningen te plaatsen bij de ritafstanden:

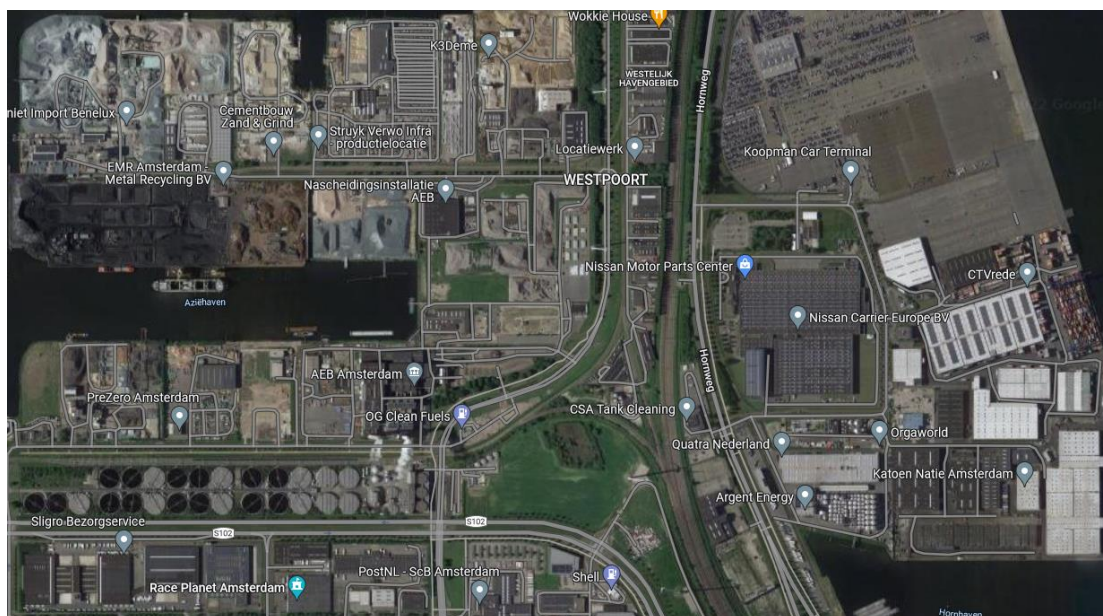
- De ritafstanden hangen erg samen met de locaties waar gelost wordt. In het geval van de Nieuw-Zeelandweg gebeurt dat nabij de locatie. De loslocatie is niet iets waar de gemeente Amsterdam zelf volledig invloed op heeft, omdat aanbestedingen gemoeid zijn met het verwerken van afval. Het is dus belangrijk om een marge te houden in de ritafstanden van zo'n 20 tot 30 km per dag.
- Het rijden op hogere snelheden heeft veel invloed op de capaciteit van de batterij. De twee huidige vrachtwagens laten zien dat bij vergelijkbare afstanden een route met een groot deel snelwegkilometers tot een 30% legere batterij kan leiden.

De verwachting is dat er voor deze locatie overdag en in de nacht niet voldoende netcapaciteit beschikbaar is om te laden. Er is enig ander energieverbruik vanwege verlichting en verwarming van kantoorgebouwen die op de werf staan. In de zomertijd is dit lager, maar verder is er weinig flexibiliteit in het energiegebruik van de verlichting en de kantoorgebouwen.

Figuur 9 - Sattelietbeeld van de locatie



Figuur 10 - Omliggende bedrijven westelijk havengebied



A.3 Mogelijkheden voertuigen

In (Koffrie, 2022) zijn ervaringen samengevat van de elektrische vrachtwagens die momenteel in de afvalinzameling worden gebruikt. Enkele belangrijke punten die hierin naar voren komen zijn:

- Bij inzamelvoertuigen is het gemiddelde vermogen voor het laden voor een inzet typisch een factor 5 tot 10 kleiner dan het piekvermogen voor laden.
- Vanwege slijtage van de batterij is een licht overgedimensioneerd batterijpakket noodzakelijk. Aan het eind van de levensduur van de batterij dienen dezelfde ritten namelijk nog te worden gereden. Als einde levensduur wordt een bruikbare ‘state of charge’ aangenomen van 80% van de batterijcapaciteit. Voor vrachtwagens die ’s nachts laden hangt de batterijcapaciteit af van het verbruik over de hele dag. Voor vrachtwagens die snelladen hangt de batterijcapaciteit van de zwaarste rit af.
- Bij de eerste generatie voertuigen uit 2017, met een batterijcapaciteit van 170 kWh, was het mogelijk om een groot gedeelte van de routes volledig te rijden zonder te snelladen. Bij de nieuwere voertuigen uit 2020 en 2021 (capaciteit tot 420 kWh) kan ROVA uit Zwolle (bijna) alle afzonderlijke ritten rijden zonder bij te laden. Omdat er vaak meerdere ritten achter elkaar worden gedaan, dient er vaak wel te worden bijgeladen. Eén-op-één vervanging van een dieselvoertuig is daarom vaak niet mogelijk.
- De verwachting is dat de energie-efficiëntie in de toekomst zal verbeteren, waardoor meer kilometers kunnen worden afgelegd op één batterij. Daarnaast nemen batterijcapaciteiten en laadsnelheden toe.
- Naast gewinning aan de actieradius komen er weinig problemen naar voren. De reductie in geluid, toename van rijcomfort en de afwezigheid van uitlaatgassen worden zeer gewaardeerd.

A.4 Laadstrategie

In opdracht van het Amsterdams gemeentelijk wagenparkbeheer is een routekaart opgesteld voor de benodigde laadinfrastructuur voor de periode 2022-2030. (Pro3, 2021) gaat uit van de volgende strategie:

- Regulier laden van voertuigen in de nachtelijke uren, zodat de volgende werkdag de dagelijkse ritten met volle batterijen kunnen worden gereden.
- Indien er toch moet worden bijgeladen, kan hiervoor gebruik gemaakt worden van (ultra-)snellaadstations die de gemeente in de komende jaren gaat realiseren. Het kan zijn dat werk- en/of pauzetijden hierdoor moeten worden omgezet (pauzeren tijdens snelladen).
- De mogelijkheden bekijken of er naast gebruik van de gemeentelijke (ultra-)snellaadpunten ook nog opties zijn om te (ultra-)snelladen bij andere bedrijven.

Uit ervaringen met de huidige generatie vrachtwagens met 350 kWh batterij, blijkt dat op lange ritten of ritten met een hoog aandeel snelweg er soms bijgeladen dient te worden. Ondanks dat vuilniswagens efficiënter worden, kan 350 kWh voor de rittenprofielen van de gemeente problematisch zijn. Op basis van overleg met de gemeente is de inschatting dat op piekdagen 50% van de vrachtwagens zou moeten bijladen. Onze inschatting is dat het wel mogelijk is om dit aandeel te beperken door in de toekomst ook enkele vrachtwagens aan te schaffen met batterijen groter dan 350 kWh. Zoals besproken in (Koffrie, 2022) is het belangrijk om een goede afstemming te hebben in de batterijcapaciteit, de laadinfrastructuur en de ritprofielen.

A.5 Laadprofielen

In de voorgaande paragrafen is context geschetst waarin het laden plaats zal vinden. Omdat we de situatie na 2025 onderzoeken, maken we enkele aanpassingen op datgene wat hiervoor is besproken. Ook beperken we de inzetwijzen om het overzichtelijk te houden.

We gaan uit van de volgende uitgangspunten voor de casus:

- Er zijn 55 vrachtwagens die laden op het terrein. Laden gebeurt vooral tijdens de nacht. Daarnaast zijn er tien kleinere voertuigen met 50 kWh batterijcapaciteit.
- Piekmomenten zijn maandag en vrijdag en rondom de feestdagen. Op deze momenten dient ongeveer 50% van de voertuigen snel te laden. Dit zijn met name voertuigen die een dubbele dienst rijden. Er zijn 116 piekdagen per jaar.
- Op feestdagen en in het weekend wordt voor 50% doorgereden. Het gaat om 112 dagen per jaar.
- Rijtijden zijn van 7:00 tot 17:00 uur voor een enkele rit, en van 6:30 tot 22:00 uur voor dubbele ritten. Daarnaast wordt er additioneel geladen, zo nodig snel geladen, tijdens de lunch (12:00 tot 13:00 uur), of na afloop van de eerste dienst (14:00 tot 15:00 uur). Op piekmomenten worden de laadmomenten gespreid tussen 12:00 en 16:00 uur.

Tabel 9 toont de uitgangspunten voor de drie verschillende type ritten van de vrachtwagens.

Tabel 9 - Uitgangspunten voor laadvraagcasus

Rijprofiel	Korte afstand	Middellange afstand	Lange afstand
Afstand (km)	100 km	150 km	220 km
Afstand (km) dubbele rit	160 km	220 km	N.v.t.
Aantal vrachtwagens	23	26	6
Aandeel vrachtwagens dat dubbele diensten rijdt	50%	25%	0%
Energievraag enkele rit (kWh)	175	297,5	385
Energievraag dubbele rit (kWh)	280	472,5	612,5
Opslag laadvraag (kWh) piekdag	25%	25%	25%

Voor de uitgangspunten van de voertuigen sluiten we aan bij (Koffrie, 2022). Specifiek gaat het om de volgende punten:

- We gaan uit van een elektriciteitsverbruik van 1,75 kWh per km. Door technologische verbeteringen valt dat iets lager dan de 1,8 kWh per km die de huidige generatie vrachtwagens hebben.
- We gaan ervan uit dat de batterij niet leger dan 20% wordt gereden. Bij snelladen wordt geladen tot 80%.
- Vanwege slijtage van de batterij gaan we uit van 25% overdimensionering van de batterij ten opzichte van de energievraag op één dag.

A.6 Specifieke uitgangspunten

De drie typen afstanden en twee typen voertuigen hebben geresulteerd in zes laadprofielen. De informatie van die laadprofielen is gedetailleerd opgenomen in Tabel 10 en Tabel 11.

Tabel 10 - Overzicht laadprofielen (1/2)

Laadvraag	Eenheid	Profiel 1	Profiel 2	Profiel 3
Voertuigen	Voertuigtype	-	Vracht- en vuilniswagens	Vracht- en vuilniswagens
	Verbruik	kWh/km	1,750	1,75
	Aantal	#	12	20
	Accucapaciteit	kWh	280	280
	Snelladen	kW	250	250
	Kilometrage	km totaal	388.905	622.249
	Laadvraag	kWh/j	680.584	1.088.935
		kWh/d max.	219	350
Verbruik	kWh/h gem.	24	23	
Settings laden	Minimale SoC	%	20%	20%
	Snelladen tot SoC	%	80%	80%
	Vertrek 's ochtends SoC	%	100%	100%
	Aankomst 's avonds	hh:mm	16:00	22:00
	Vertrek 's ochtends	hh:mm	07:00	07:00
Dagschema	Nachtrust	uur	15	9
	Werktijd	uur	9	15
	Window snelladen	uur	6,7	1,8
Laadbeurten	Laadvraag 's nachts	kWh	224	224
	Laadvraag overdag	kWh	-	126
	Laadvraag snellaadbeurt	kWh max.	168	168
	Laadbeurten overdag	#	-	1
	Laadvraag per laadbeurt	kWh/#	-	126
	Duur snellaadbeurt	minuut	-	30
	Vermogen langzaamaders	kW min.	15	25
	Vermogen snelladers	kW	-	250

Tabel 11 - Overzicht laadprofielen (2/2)

Laadvraag	Eenheid	Profiel 4	Profiel 5	Profiel 6
Voertuigen	Voertuigtype	-	Vracht- en vuilniswagens	Grote bestelwagen
	Verbruik	kWh/km	1,75	0,37
	Aantal	#	6	10
	Accucapaciteit	kWh	360	40
	Snelladen	kW	250	50
	Kilometrage	km totaal	446.396	274.199
	Laadvraag	kWh/j	781.193	101.454
		kWh/d max.	481	482
Verbruik	kWh/h gem.	53	53,55555556	
Settings laden	Minimale SoC	%	20%	20%
	Snelladen tot SoC	%	80%	80%
	Vertrek 's ochtends SoC	%	100%	100%
	Aankomst 's avonds	hh:mm	16:00	16:00
	Vertrek 's ochtends	hh:mm	07:00	07:00
Dagschema	Nachtrust	uur	15	9
	Werktijd	uur	9	15
	Window snelladen	uur	0,4	8,0
Laadbeurten	Laadvraag 's nachts	kWh	288	32
	Laadvraag overdag	kWh	193	450
	Laadvraag snellaadbeurt	kWh max.	216	24
	Laadbeurten overdag	#	1	19
	Laadvraag per laadbeurt	kWh/#	193	24
	Duur snellaadbeurt	minuut	46	28
	Vermogen langzaamaders	kW min.	19	2
	Vermogen snelladers	kW	250	50



B Bijlage Stap 4: Quickscan maatregelen

In deze bijlage is de quickscan opgenomen van vijf mitigerende maatregelen en zonnepanelen. In Hoofdstuk 6 met Stap 4: Quickscan is als voorbeeld de quickscan voor de maatregel NFA opgenomen.

B.1 Collectieve laadpleinen

Collectieve laadpleinen zijn vooral geschikt als er meerdere logistieke partijen zijn, die op verschillende momenten laden. Daarnaast moeten alle bedrijven geïnteresseerd zijn in samenwerking met andere bedrijven, en een gedeelte inleveren van de flexibiliteit en comfort die een eigen laadvoorziening biedt. We zien grote voordelen voor collectieve laadpleinen als bedrijven zelf niet de ruimte hebben voor laadinfrastructuur op eigen terrein en het efficiënter opladen van voertuigen. Slim laden en laadstrategie op een collectief laadplein kan de totale netimpact sterk verlagen, doordat partijen samenwerken. Dit resulteert in lagere netkosten voor de eindgebruiker en lagere maatschappelijke kosten voor netverzwaring. Wel is het belangrijk om te kijken naar wat de energiekosten zullen zijn op het laadplein, aangezien deze bij de huidige laadpleinen vaak significant hoger zijn dan de kosten voor laden op eigen terrein. De kosten worden onder andere bepaald door het wel of niet nodig hebben van een nieuwe aansluiting, de kosten voor de grond en het commercieel belang. Een laadplein heeft wel effect op de operationalisering van het bedrijf. Er moet immers op een andere locatie geladen worden en er moet duidelijke afstemming zijn (bijvoorbeeld door reservering) over wanneer er geladen gaat worden, zodat er in de laadbehoefte kan worden voorzien.

Toepassing casus

Voor de locatie Werf Nieuw-Zeelandweg, gelegen aan de Nieuw-Zeelandweg 45, is het niet mogelijk om een collectief laadplein te faciliteren op het eigen terrein, aangezien er alleen plek is voor de eigen wagens en de aansluiting niet toereikend is voor een grote laadfaciliteit. De locatie ligt in het Westelijk Havengebied, in het exploitatiegebied van de haven van Amsterdam. In de omgeving zijn veel andere (logistieke) bedrijven met parkeerplek. Tabel 12 laat op basis van analyse van de omgeving zien welke locaties potentie hebben voor een collectief laadplein.

Tabel 12 - Overzicht van potentiële locaties voor een collectief laadplein

Locatie	Adres	Rijafstand tot Werf Nieuw-Zeelandweg	Aantal vrachtwagens (bij benadering)	Mogelijk gebruik van bestaande aansluiting	Beschrijving	Opmerkingen
P20 RAI Amsterdam	Heining 1074	3,2 km, 6 minuten	125	Nee	Losse parkeerplaats	
Truck tank-station en -schoonmaak	Hornweg 48	4,5 km, 7 minuten	50	Vermoedelijk niet	Losse parkeerplaats	De parkeerplekken horen vermoedelijk bij CSA Tank Cleaning, een bedrijf dat tanks van vrachtwagens schoonmaakt.
Nabij Zenith Terminal	Hornweg 10	2,3 km, 4 minuten	70	Aannemelijk	Parkeerterrein bij de ingang van een bedrijventerrein en opslaglocatie	Het is niet goed te overzien welke bedrijven gebruikmaken van deze parkeerplek en daarmee welk bedrijf mogelijk een aansluiting kan leveren.
Car terminal	Maltaweg 3	3,5 km, 5 minuten	1.000+	Onduidelijk	Heel groot parkeerterrein voor verschillende bedrijven rondom voertuigenlogistiek	Onduidelijk hoeveel parkeerplaatsen de gevestigde bedrijven daadwerkelijk nodig hebben.
AEB Amsterdam	Australië-havenweg 21	1,1 km, 2 minuten	35	Aannemelijk	Afvalverwerkingsbedrijf	Niet duidelijk hoeveel AEB zelf gebruikt van haar parkeerterrein. Het aantal plekken is daarom een onderschatting.

De locaties Hornweg 10, Maltaweg 3 en Australiëhavenweg 21 bevinden zich op het terrein van bedrijven die vrij zeker een grote aansluiting hebben, aangezien het om grote (industriële) bedrijven gaat. Het is niet in te schatten of en hoeveel capaciteit over is op deze grote aansluitingen. Bij de car terminal bestaan laadfaciliteiten, voor zover bekend alleen voor personenauto's. De grootte en de inrichting hiervan zijn onbekend. Port of Amsterdam zou een goede partij zijn om de verschillende (logistieke) bedrijven met elkaar in contact te brengen; zij zijn de beheerders van het volledige havengebied. De totstandkoming van een collectief laadplein vergt goede onderlinge afstemming, waarin Port of Amsterdam wellicht een rol kan hebben. Een uitgebreide inventarisatie naar zowel de bereidheid als de technische mogelijkheden is nodig om de optie voor een collectief laadplein te verkennen.

Beoordeling maatregel

We beoordelen de maatregel op haalbaarheid, kosten, duurzaamheid en doorlooptijd. Vervolgens bepalen we of dit één van de maatregelen is die in Hoofdstuk 7 verder wordt uitgewerkt. Tabel 13 toont de resultaten voor het collectieve laadplein.

Tabel 13 - Beoordeling maatregel 'collectief laadplein'

Criteria	Beoordeling collectief laadplein
Haalbaarheid voor de casus	Een collectief laadplein is niet mogelijk op het terrein van Werf Nieuw-Zeelandweg. Afstemming met derden is nodig om een collectief laadplein op een locatie in de omgeving te realiseren. Hierbij moet eerst worden onderzocht wat de mogelijkheden zijn binnen bestaande aansluitingen.
Kosten	De kosten zijn afhankelijk van de schaalgrootte.
Duurzaamheid	Deze oplossing is duurzaam.
Doorlooptijd	Vooraf organisatorisch, naar verwachting één tot twee jaar als er een voldoende grootte netaansluiting is.
Selectie verdere analyse?	Nee, aangezien dit niet mogelijk is op het terrein van Werf Nieuw-Zeelandweg en er daarnaast geen duidelijke kansrijke locaties in de buurt zijn.

Vervolgstappen

De concrete vervolgstappen voor een partij voor een collectief laadplein, zijn:

1. Onderzoek de eigen toekomstige laadvraag en dat van het bedrijventerrein om te vast te stellen of er potentieel is voor gecombineerd laden.
2. Samenwerking met bedrijven, parkbeheer en/of gemeente, om te onderzoeken of de bedrijven geïnteresseerd zijn in deze samenwerking. Duidelijke afspraken moeten gemaakt worden, zodat partijen erop kunnen vertrouwen dat het laadplein in hun laadbehoefte kan voldoen.
3. Zoek een geschikt publiek of privaat perceel, bijvoorbeeld bij een publieke parkeerplaats of bij een groot distributiecentrum.
4. Zoek een partij voor ontwikkeling (en mogelijk beheer) van het laadplein.

B.2 Energiehub

Een energiehub kan als mitigerende maatregel op twee manieren vormgegeven worden. De eerste manier is een gesloten distributiesysteem (GDS), wat mag onder zeer specifieke voorwaarden, als er een ontheffing bij de ACM voor wordt aangevraagd. Dit is geen realistische oplossing voor deze casus. We richten ons daarom op een virtuele energiehub, waarvoor een groepsaansluiting bij de netbeheerder aangevraagd moet worden. Dit groepsaansluitingproduct bestaat nog niet en wordt nu ontwikkeld met marktpartijen, waardoor implementatie pas tussen 2024 en 2026 wordt verwacht. Een groepsaansluiting betekent dat de netbeheerder verschillende aansluitingen op het publieke elektriciteitsnetwerk ziet als één (virtuele) aansluiting.

Hierdoor kunnen bedrijven het energiegebruik op elkaar afstemmen en gezamenlijk een lagere piekbelasting veroorzaken. Zo kunnen er meer bedrijven aangesloten worden als er netcongestie is, of kunnen bedrijven meer elektriciteit gebruiken als andere bedrijven minder gebruiken.

Toepassing casus

Voor de casus is het belangrijk om in kaart te brengen of er andere partijen zijn achter dezelfde onderstations (hoogspanning naar middenspanningstransformatorstation) van de netbeheerder. Nieuw-Zeelandweg 45 wordt gevoed door Station Basisweg. Eventuele andere partijen voor in de energiehub moeten ook aangesloten zijn op dit station.

De partijen moeten een ander energieprofiel hebben om nuttig te kunnen samenwerken of flexibel zijn in het moment van energiegebruik. Gelegen in de buurt van de Nieuw-Zeelandweg 45 zijn onder andere AEB (afvalverbrandingscentrale), verschillende op- en overslaglocaties, een car terminal (hier worden elektrische auto's die aankomen deels geladen) en distributiecentra. Uit een eerste studie van CE Delft blijkt dat er richting 2030 in dit gebied vooral een groei in vermogensvraag van de industrie verwacht wordt. Deze industrie heeft een circulair karakter en zal veel elektriciteit vragen, maar mogelijk kan deze wel flexibel worden gestuurd. Voor een energiehubs lijken er verschillende (toekomstige) bedrijven beschikbaar voor het vormen van een samenwerking. De Port of Amsterdam zou een goede partij zijn om verschillende bedrijven met elkaar in contact te brengen; zij zijn de beheerders van het volledige havengebied. Een diepgaandere analyse van de energieprofielen en de bereidheid van bedrijven is nodig voor het vaststellen van de haalbaarheid van een energiehubs. De komende jaren is een energiehubs als oplossing voor netcongestie echter nog niet mogelijk.

Beoordeling maatregel

We beoordelen de maatregel op haalbaarheid, kosten, duurzaamheid en doorlooptijd. Vervolgens bepalen we of dit één van de maatregelen is die in Hoofdstuk 7 verder wordt uitgewerkt. Tabel 14 toont de resultaten voor de energiehubs.

Tabel 14 - Beoordeling maatregel 'energiehubs'

Criteria	Beoordeling energiehubs
Haalbaarheid voor de casus	De energiehubs is pas haalbaar na een eventuele tariefaanpassing door de netbeheerders, verwacht rond 2024 tot 2026.
Kosten	De kosten zijn zeer situatieafhankelijk.
Duurzaamheid	Deze oplossing is duurzaam.
Doorlooptijd	Vooraf organisatorisch, naar verwachting één tot twee jaar.
Selectie verdere analyse?	Nee, aangezien deze oplossing pas over langer termijn mogelijk is en er nu nog geen concrete samenwerkingsverbanden zijn om op verder te bouwen.

Vervolgstappen

De concrete vervolgstappen voor een partij voor een virtuele energiehubs, zijn:

1. Een virtuele energiehubs moet eerst ontwikkeld worden door de netbeheerders, deze stap dient plaats te vinden voordat energiehubs grootschalig uitgerold kunnen worden.
2. Initiator voor organisatie energiehubs: één partij, zoals een bedrijf, gemeente of beheerder moet het initiatief nemen en partijen verbinden. De samenwerking opstellen en het identificeren van bedrijven met een wisselend en flexibel energiegebruik is de eerste stap. De organisatorische opzet is de tweede belangrijke stap.
3. Technische leverancier: een partij voor de technische ontwikkeling is belangrijk; deze zal de energiehubs ontwikkelen en wellicht ook beheren.
4. Implementatie op het bedrijventerrein van de energiehubs, in samenwerking met de technische leverancier en andere bedrijven.

Tekstvak 2 - Restcapaciteit tram- en metronetwerk inzetten in energiehub

Het Rotterdamse openbaarvervoerbedrijf RET is bezig met de ontwikkeling van een zogenoemde E-OV-hub. De stroom- en netwerkcapaciteit van het tram- en metronetwerk kan ingezet worden voor het laden van elektrische bussen en auto's. Het idee is om dubbel gebruik te realiseren, waarbij op een parkeerterrein, dichtbij het metronet, overdag elektrische auto's van reizigers kunnen laden. 's Nachts kunnen zowel de elektrische bussen van de RET zelf gebruikmaken van de laadinfrastructuur, alsook de vervoersmiddelen van stadslogistieke partijen, zoals PostNL en Picnic.

Op het net van de RET staat 24/7 piekstroom, zodat op de drukste momenten de metro en tram kunnen rijden. Deze piekstroom wordt dagelijks maar een aantal uren gebruikt. Door middel van de energiehub kan buiten de piekuren gebruikgemaakt worden van de restcapaciteit. Hiermee kan het openbare elektriciteitsnet worden ontzien en kan bijgedragen worden aan verduurzaming van de mobiliteitssector.

Er is onderzocht of de E-OV-hub juridisch gezien elektriciteit en netwerkcapaciteit aan derden mag leveren. Hierbij moet namelijk rekening gehouden worden met Europese en nationale energiewetgeving, alsook met mededingingsrecht en regionale en internationale regels voor de regulering van openbaar vervoer. De uitkomst van het onderzoek is dat de RET een ontheffing voor een zogenaamd gesloten distributiesysteem (GDS) moet aanvragen bij de Autoriteit Consument & Markt (ACM). Als gevolg van de ontheffing zou de RET zelf de netcapaciteit en overtollige energie kunnen beheren en hoeft er geen systeembeheerder aangewezen te worden. De netwerkcapaciteit en levering van energie moet tegen kostengebaseerde, niet-discriminerende en transparante tarieven ter beschikking worden gesteld aan andere bedrijven. Daarnaast is een gescheiden boekhouding en transparante kostprijsadministratie nodig. De onderzoekers meldden daarnaast dat de nieuwe Energiewet meer duidelijkheid zal geven over wat in de toekomst mogelijk is met smart-grids.

Het is momenteel onduidelijk of de ACM toestemming heeft verleend voor de E-OV-hub in Rotterdam.

Bron: www.nginfra.nl/nieuws/rotterdamse-ov-e-hub-testcase/

B.3 Slim laden en laadstrategie

Met een laadstrategie wordt bepaald met welk vermogen verschillende voertuigen laden. Het opstellen van een laadstrategie is een maatregel die helpt bij het elektrificeren van het wagenpark, ongeacht de beschikbare netcapaciteit. Slim laden is een overkoepelende term, waarbij de laadinfrastructuur en het voertuig via software met elkaar kunnen communiceren en data uitwisselen. Vervolgens kan slim laden voor verschillende doelen ingezet worden. Het betekent bijvoorbeeld dat je de laadsnelheid van laadpunten limiteert, zodat meer voertuigen tegelijk kunnen laden. Zo kunnen voertuigen die meer tijd beschikbaar hebben om te laden op lagere snelheid geladen worden. Hiermee wordt de piekvraag gereduceerd, waardoor een minder grote netaansluiting nodig is.

Toepassing casus

Slim laden en een goede laadstrategie zijn belangrijke mogelijkheden voor de afvalinzameling. Zoals besproken in Paragraaf 3.2 zouden zonder laadstrategie veel voertuigen tegelijkertijd willen snelladen tijdens de lunchperiode. Hierdoor zou er een grote aansluiting nodig zijn om alle voertuigen te laden. Er zijn verschillende mogelijkheden voor de afvalinzameling om snelladen te beperken:

1. Het correct dimensioneren van de batterijcapaciteit (kWh) van vrachtwagens, zodat laden tijdens de lunch niet noodzakelijk is voor de meeste ritten. Voor deze wagens is het dan voldoende om 's nachts te laden. De piekbelasting van 's nachts laden is lager dan overdag snelladen, waardoor een grotere batterijcapaciteit resulteert in een lagere piekvraag.

2. Het wisselen van lunchtijden of wisseltijden voor dubbele ritten, zodat het gebruik van snellaadpunten op verschillende tijden gebeurt.
3. Het gebruik van wisselaccu's die met name gedurende de dag geladen kunnen worden. Deze oplossing wordt nog niet grootschalig toegepast en de technische en economische haalbaarheid is onzeker. Dit is op korte termijn niet haalbaar, maar mogelijk in de toekomst wel.

Zoals besproken in Hoofdstuk 4 zorgen deze maatregelen ervoor dat het gevraagde laadvermogen voor snelladen daalt van 9.400 naar 1.800 kW. De vermogensvraag voor overdag laden daalt van 2.300 naar 1.700 kW.

Beoordeling maatregel

We beoordelen de maatregel op haalbaarheid, kosten, duurzaamheid en doorlooptijd. Vervolgens bepalen we of dit één van de maatregelen is die in Hoofdstuk 7 verder wordt uitgewerkt. Tabel 15 toont de resultaten voor het slim laden en de laadstrategie.

Tabel 15 - Beoordeling maatregel 'slim laden en laadstrategie'

Criteria	Beoordeling slim laden en laadstrategie
Haalbaarheid voor de casus	Een goede laadstrategie is essentieel voor grootschalige elektrificatie van wagenparken. Slim laden kan de potentie van andere (mitigerende) maatregelen vergroten. Er zijn verschillende partijen die diensten kunnen leveren op het gebied van slim laden en laadstrategie. De haalbaarheid voor deze casus is goed.
Kosten	De kosten zitten in het opstellen van de laadstrategie, het installeren van laadpunten en de meerkosten voor slimme laadpunten. Het zorgt echter wel voor een optimale benutting van de netcapaciteit, waardoor een kleinere aansluiting nodig is. Ook kan het ervoor zorgen dat eigen opwek van zonne-energie optimaal benut wordt.
Duurzaamheid	Slim laden en laadstrategie vormen een duurzame oplossing om op de lange termijn efficiënter met elektriciteit om te gaan. Ook biedt het een voorbereiding voor toekomstige veranderingen, zoals terugleveren van elektriciteit (vehicle-to-grid), of het opvangen van schommelingen in de elektriciteitsmarkt.
Doorlooptijd	Eén tot twee jaar.
Selectie verdere analyse?	Ja, slim laden is essentieel voor het verlagen van het vermogen en andere mitigerende maatregelen. Het is goed toepasbaar en een no-regret-maatregel.

Vervolgstappen

De concrete vervolgstappen voor een partij voor slim laden en laadstrategie, zijn:

1. Breng eerst de ritprofielen en laadvraag in kaart.
2. Stel een laadstrategie op: welke voertuigen moeten wanneer laden, en kan daarin geschoven worden?
3. Onderzoek de flexibiliteit van de laadvraag en de minimale laadvraag per uur. Dit geeft een goed beeld van wat er met slim laden gerealiseerd kan worden.
4. Implementeer slim laden en een slimme laadstrategie binnen uw organisatie.

B.4 Batterij

Een batterij slaat energie op voor later gebruik. Dit kan zowel zelfopgewekte energie zijn, van bijvoorbeeld zonnepanelen, als energie van het net. In combinatie met zonnepanelen is het voornaamste voordeel dat het eigen verbruik van de zelfopgewekte energie kan worden verhoogd en ingezet kan worden op het moment van energiebehoefte. De batterij opladen met energie van het net kan op een moment van overvloed op het net, bijvoorbeeld een zonnige middag of een dag met veel wind. Met een dynamisch energiecontract, waarin de elektriciteitskosten verschillen per uur op basis van vraag en aanbod, is het ook gunstiger om op deze momenten stroom in te kopen en de batterij op te laden. Hiermee kunnen de algehele energiekosten worden verlaagd. Voor een batterij dient wel rekening gehouden te worden met de fysieke plaatsing. Zeker grotere batterijen kunnen een aantal parkeerplaatsen aan ruimte in beslag nemen. Door een batterij te plaatsen, wordt de maximale capaciteit van de aansluiting efficiënter benut. Met de opgeslagen energie kunnen meer voertuigen geladen worden gedurende de nacht of extra voertuigen snelladen. Een batterij is als maatregel doorgerekend voor de casus en de effecten zijn in detail opgenomen in Hoofdstuk 7.

Toepassing casus

Een batterij kan uitkomst bieden voor Werf Nieuw-Zeelandweg, aangezien voor het laden van de vrachtwagens de aansluiting op dit moment niet groot genoeg is. De bedoeling is dat deze aansluiting vergroot wordt, maar het is nog onzeker wanneer dit mogelijk is. In de tussentijd kan een batterij er voor zorgen dat binnen de huidige aansluiting efficiënter gebruik kan worden gemaakt van de capaciteit. Ook kan de inzet van een batterij de gewenste vergroting van de netcapaciteit verkleinen.

Het vermogen van de batterij hangt af van de vermogensvraag. Op basis van het aantal vrachtwagens en de laadcapaciteit die nu voorzien wordt voor de casus, zal de vermogensvraag 3 MW zijn tussen 18:00 uur 's avonds en 6:00 uur de volgende ochtend. Een batterij met een vermogen van 1,5 MW zou in de helft van de vermogensvraag kunnen voorzien. Voor de doorrekening van de casus zal een batterij van 1,5 MW worden gebruikt. De uitwerking hiervan is te lezen in Hoofdstuk 7.

Beoordeling maatregel

We beoordelen de maatregel op haalbaarheid, kosten, duurzaamheid en doorlooptijd. Vervolgens bepalen we of dit één van de maatregelen is die in Hoofdstuk 7 verder wordt uitgewerkt. Tabel 16 toont de resultaten voor een batterij.

Tabel 16 - Beoordeling maatregel 'batterij'

Criteria	Beoordeling batterij
Haalbaarheid voor de casus	Het plaatsen van een batterij op het terrein van Werf Nieuw-Zeelandweg is mogelijk.
Kosten	De investeringskosten schatten we op 300 €/kWh (stationaire batterij, > 1 MW).
Duurzaamheid	Door een batterij op te laden op momenten waarop veel (zelfopgewekte) duurzame energie beschikbaar is, kan beter gebruik gemaakt worden van duurzame stroom.
Doorlooptijd	Eén tot twee jaar.
Selectie verdere analyse?	Ja, duurzame oplossing die goed past bij energievraag van logistiek, waarbij er gekeken wordt naar de optimale inpassing van de batterij.

Vervolgstappen

De concrete vervolgstappen voor een partij voor een batterij, zijn:

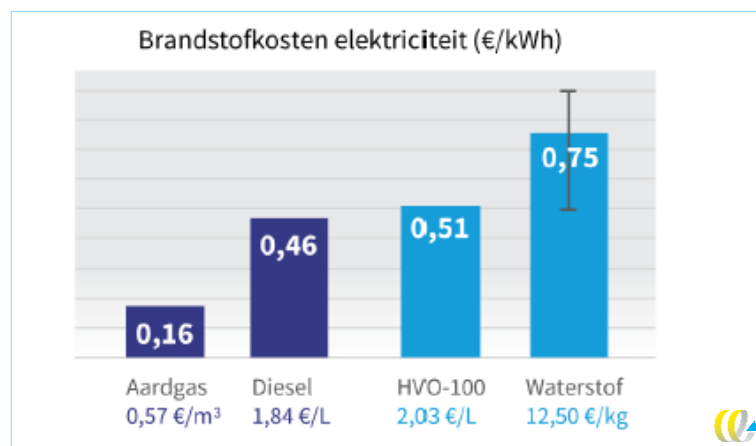
1. Onderzoek energiegebruik om vast te stellen wat het vereiste vermogen is van de net-aansluiting en netaansluiting met een batterij. Belangrijk is dat er ook momenten zijn dat de batterij kan opladen.
2. Afweging tussen koop of huur van de batterij. Dit is een financiële afweging die grotendeels wordt bepaald door of u het relatief grote bedrag kan investeren en hoe lang u de batterij gaat gebruiken.
3. Zoek de geschikte leverancier en maak een investeringsbeslissing.

B.5 (Tijdelijk) aggregaat

Een (tijdelijk) aggregaat produceert elektriciteit uit een brandstof. Dit kan aardgas of diesel zijn, maar ook duurzame brandstoffen, zoals groengas, groene waterstof of HVO-100 (hydrotreated vegetable oil, geproduceerd uit plantaardige oliën of uit restoliën, zoals afgewerkt frituurvet). Groengas en HVO-100 zijn direct toe te passen in respectievelijk een aardgas- en dieselaggregaat, echter zijn deze biobrandstoffen nog niet op grote schaal inzetbaar. Voor een aggregaat op waterstof dient een speciaal soort aggregaat gebruikt te worden. Daarnaast is groene waterstof de komende jaren beperkt beschikbaar en resulteert het huidige EU-beleid erin dat de industrie verplicht is veel groene waterstof te gebruiken. Het is daardoor erg onzeker of waterstof beschikbaar zal zijn voor aggregaten. De kosten voor waterstof zijn daarnaast erg hoog, zoals weergegeven in Figuur 11. Bij een aggregaat dient rekening gehouden te worden met de benodigde ruimte. Een aggregaat kan, afhankelijk van de capaciteit één tot een paar parkeerplaatsen aan ruimte nodig hebben.

Het aggregaat is een oplossing die nu door veel bedrijven gekozen wordt, aangezien het een snel te realiseren maatregel is. Het nadeel is echter dat er veel CO₂-uitstoot plaatsvindt als fossiele brandstof gebruikt wordt en er potentieel geluids- en geurhinder is, door emissies van luchtvervuilende stoffen. Figuur 11 toont de brandstofkosten van verschillende energiedragers. De huur van een 100 kW-dieselaggregaat is ongeveer € 500 per week. Voor eenzelfde soort aardgasaggregaat ligt deze prijs rond de € 700 per week. De aankoopprijs van een 100 kW-dieselaggregaat ligt tussen de € 20.000 en € 50.000, afhankelijk van de emissie-reductiesystemen.

Figuur 11 - Brandstofkosten elektriciteit uit een aggregaat



Bron: (CE Delft, 2022).

Het belangrijkste voordeel van een aggregaat is dat het in de volledige elektriciteitsvoorziening kan voorzien, zelfs als er helemaal geen netaansluiting verkregen kan worden. Een aggregaat kan daarnaast in combinatie met mitigerende maatregelen ook ingezet worden als back-up-aggregaat. Dit betekent dat dit aggregaat alleen gebruikt wordt als de andere mitigerende maatregelen niet in de energie kunnen voorzien of als de andere systemen onverwachts uitvallen.

Toepassing casus

Voor de casus geldt dat een tijdelijk aggregaat een laatste optie is als maatregel. De emissies die vrijkomen passen namelijk niet bij de wensen en plannen die de gemeente Amsterdam op het gebied van duurzaamheid heeft. Daarnaast is er ook geen sprake van goed werkgeverschap door een aggregaat naast kantoorgebouwen te plaatsen, aangezien dit voor slechtere luchtkwaliteit en overlast kan zorgen. Aggregaten zijn standaard beschikbaar in vermogens van 50 tot 2.000 kW, wat (net) past binnen de vermogensvraag van de casus. De indicatieve investeringskosten voor een aggregaat van 2 MW, wat ongeveer vereist is voor de casus, worden geschat op € 250.000. Daarnaast zijn er nog de genoemde investeringskosten of kosten voor huur.

Per jaar is de energievraag 5.530.000 kWh, rekenend met een efficiëntie van 40% zou dat neerkomen op 1,4 miljoen liter diesel. Met een dieselprijs van 1,30 €/liter⁶ is dit een totale kostenpost van € 1,8 miljoen per jaar voor diesel. De totale energiekosten, als de energie via het elektriciteitsnetwerk afgenomen zou worden, zijn ongeveer € 1,2 miljoen. Het dieselgebruik resulteert met een emissiefactor van 3,3 kg CO₂ per liter diesel in 4,6 kton CO₂-uitstoot.

Beoordeling maatregel

We beoordelen de maatregel op haalbaarheid, kosten, duurzaamheid en doorlooptijd. Vervolgens bepalen we of dit één van de maatregelen is die in Hoofdstuk 7 verder wordt uitgewerkt. Tabel 17 toont de resultaten voor het aggregaat.

Tabel 17 - Beoordeling maatregel 'collectief aggregaat'

Criteria	Beoordeling aggregaat
Haalbaarheid voor de casus	In de praktijk is een aggregaat op fossiele brandstoffen direct te realiseren. Er kleven echter veel bezwaren aan (emissie, geur- en geluidsoverlast) en wordt daarom als een onwenselijke optie gezien. De beschikbaarheid van waterstof en biobrandstof voor aggregaten is zeer beperkt. Een fossiele aggregaat is haalbaar, maar een duurzame aggregaat niet.
Kosten	De huur van een 100 kW-dieselaggregaat is ongeveer € 500 per week. Voor eenzelfde soort aardgasaggregaat ligt deze prijs rond de € 700 per week. De aankoopprijs van een 100 kW-dieselaggregaat ligt tussen de € 20.000 en € 50.000, afhankelijk van de emissiereductiesystemen.
Duurzaamheid	Een aggregaat op fossiele brandstof is niet duurzaam en zorgt voor uitstoot van broeikasgassen. Een aggregaat op HVO-100 of groengas is weliswaar CO ₂ -neutraal (omdat de CO ₂ kortcyclisch is), maar de uitstoot van deze biobrandstoffen zorgt net als fossiele brandstoffen lokaal wel voor emissies en geuroverlast.

⁶ Uitgaande van: www.toledenvoordeel.nl/mobiliteit/diesel/.

Criteria	Beoordeling aggregaat
	Bij het gebruik van groene waterstof voor een aggregaat is daar geen sprake van, maar dit is op korte termijn niet realiseerbaar.
Doorlooptijd	Het huren van een aggregaat op diesel of aardgas is binnen een paar dagen te realiseren. Voor aanschaf is realisatie binnen enkele weken mogelijk.
Selectie verdere analyse?	Nee, aangezien duurzame opties niet beschikbaar zijn voor deze toepassing. Een aggregaat op fossiele brandstoffen is niet duurzaam en daardoor niet wenselijk. Daarnaast is de geur- en geluidsoverlast van een aggregaat ook niet wenselijk.

Vervolgstappen

De concrete vervolgstappen voor een partij voor een aggregaat, zijn:

1. Bereken het vereiste vermogen, ook afhankelijk van of het aggregaat de voornaamste energievoorziening is of wordt ingezet als back-upvoorziening.
2. Bepaal de voorkeur voor huur of koop en het type brandstof.
3. Zoek een leverancier.
4. Als een aggregaat langer dan een half jaar wordt gebruikt, is een milieuvergunning vereist.

B.6 Zonnepanelen

Zonnepanelen kunnen voor een deel voorzien in de energiebehoefte door duurzame stroom op te wekken. Door zonnestroom te gebruiken hoeft minder stroom van het net gebruikt te worden. Echter, het nadeel van zonnepanelen is het fluctuerende aanbod en de afhankelijkheid van zonnig weer. Daarnaast wekken zonnepanelen alleen overdag stroom op, waardoor bijvoorbeeld in de nacht laden met zelfopgewekte zonnestroom alleen kan in combinatie met een batterij. Zonnepanelen zijn daarom niet een mitigerende maatregel op zichzelf, maar kunnen in combinatie met een batterij wel degelijk helpen bij de laadvraag en mogelijk een nieuwe aansluiting verkleinen. Met opslag in een batterij kunnen zonnepanelen een efficiëntere bijdragen leveren aan de verduurzaming van de elektriciteitsvraag en is men minder afhankelijk van de lokale netsituatie.

Toepassing casus

Momenteel is op het terrein op de Nieuw-Zeelandweg 54 boven de parkeergelegenheid voor de vrachtwagens een zonedakconstructie. Deze zonnepanelen hebben een piekvermogen van 95 kW. Op het kantoorgebouw zijn momenteel nog geen zonnepanelen aanwezig. In de uitwerking van de casus is op basis van de afmetingen van het dak berekend hoeveel zonnepanelen hier geplaatst kunnen worden. Dit is vervolgens meegenomen in de berekening van de mitigerende maatregelen. Deze zelfopgewekte energie kan in een batterij opgeslagen worden, die gebruikt wordt voor het snelladen of het 's nachts laden.

C Bijlage Stap 5: Uitwerking en businesscaseberekening mitigerende maatregelen

In deze bijlage is de detailuitwerking van de drie doorgerekende mitigerende maatregelen opgenomen als aanvulling op Hoofdstuk 7.

C.1 Slim laden en laadstrategie

Slim laden is Stap 2 in het stappenplan en daarom opgenomen in Hoofdstuk 4. De conclusies over het vermogen zijn opgenomen in Tabel 18.

Tabel 18 - Overzicht laadvraag voor de casus

	Zonder slim laden	Slim laden	Slim laden en laadstrategie
's Nachts laden	2.300 kW	1.700 kW	1.700 kW
Overdag snelladen	9.400 kW	3.600 kW	1.800 kW

De totale elektriciteitsvraag is 5.530.000 kWh, oftewel 5.530 MWh, waarvan ongeveer 95% voor het opladen van de voertuigen. De zonnepanelen leveren in totaal 205.000 kWh, waarvan 165.000 kWh direct wordt gebruikt en 40.000 kWh wordt teruggeleverd aan het elektriciteitsnetwerk. De resterende elektriciteitsvraag (5.365 MWh) wordt van het elektriciteitsnetwerk afgenomen.

Resultaten voor energie en kosten

Zonder slim laden zou een aansluiting van 9.400 kW vereist zijn. Daarvoor zijn de eenmalige kosten € 284.000. Het jaarlijkse transporttarief voor een 9.400 kW-aansluiting is € 530.000 per jaar, exclusief btw. Slim laden kan dus een kostenbesparing realiseren van € 405.000 per jaar, exclusief btw. De kosten voor slim laden zijn veel lager. Alleen al voor het verlagen van de nettarieven is slim laden dus al een financieel verstandige keuze.

We hebben in deze studie een vaste elektriciteitsprijs van 0,200 €/kWh aangenomen, gebaseerd op CBS-data. Met het vaste elektriciteitstarief heeft slim laden in deze analyse geen effect op de elektriciteitskosten. Als een bedrijf een flexibel energiecontract heeft en met slim laden alleen elektriciteit gaat gebruiken op momenten met lage elektriciteitsprijzen, is het mogelijk om de jaarlijkse elektriciteitskosten te verlagen.

C.2 Batterij, in combinatie met slim laden

Huidige aansluiting en batterij

De huidige aansluiting is slechts 82 kW. Tijdens de uren waarin voertuigen niet geladen hoeven te worden in de ochtend en middag, kan een batterij de netaansluiting gebruiken om op te laden. Tijdens die momenten is er echter vaak nog een elektriciteitsvraag voor het normale elektriciteitsverbruik van het gebouw, waardoor er slechts ongeveer 50 kW geladen kan worden tijdens deze uren. Gemiddeld zijn er ongeveer zes uren per dag dat er geen laadvraag is van voertuigen. Een batterij kan via de normale aansluiting ongeveer 50 kW gedurende zes uur laden, oftewel 300 kWh. Daarmee kan ongeveer één extra voertuig opgeladen worden, door een batterij toe te voegen naast de huidige aansluiting.

Het toevoegen van een batterij voor de huidige aansluiting is dus geen haalbare oplossing. Er kunnen dan slechts vier voertuigen opgeladen worden in plaats van drie, ten opzichte van de gewenste 55. Een verzwaring blijft vereist.

Verkleinen vereiste aansluiting met batterij

We hebben verschillende scenario's vergeleken voor de casus met een combinatie van een normale netaansluiting en een batterij. Een batterij kan de netaansluiting 45% verkleinen, doordat de batterij energie opslaat die gebruikt kan worden tijdens de piekvraag. Er kan iedere dag in de totale vermogensvraag (dit is inclusief veiligheidsmarge) voorzien worden met een netaansluiting van 1.000 kW en een batterij van 1.000 kW/4.000 kWh. Voor het verder verkleinen van de aansluiting naar bijvoorbeeld 850 kW is een 1.000 kW-/4.000 kWh-batterij niet meer voldoende, aangezien er dagen zijn waarbij meer dan 15% van de vermogensvraag niet voorzien kan worden. Een batterij met een grotere capaciteit (1.000 kW/ 6.000 kWh) is dan wel een mogelijkheid en resulteert ook in een betrouwbare energievoorziening. Als er wel wordt gekozen voor een 1.000 kW-aansluiting, kan de batterij eventueel verkleind worden tot 850 kW/3.400 kWh. Daarmee is er een iets lagere zekerheid, maar wordt het totale systeem wel goedkoper.

Tabel 19 - Overzicht effecten van verschillende varianten batterijen

Groote aansluiting ⁷	Groote batterij	Totale jaarlijkse vermogensvraag niet voorzien (%)	Aantal dagen dat 10 tot 15% van vermogensvraag niet voorzien kan worden	Aantal dagen dat 5 tot 10% van vermogensvraag niet voorzien kan worden
1.000 kW	1.000 kW/4.000 kWh	0,8%	0	0
850 kW	1.000 kW/4.000 kWh	15,9%	109	2
850 kW	1.000 kW/6.000 kWh	0,4%	2	0
1.000 kW	850 kW/3.400 kWh	1,9%	0	96

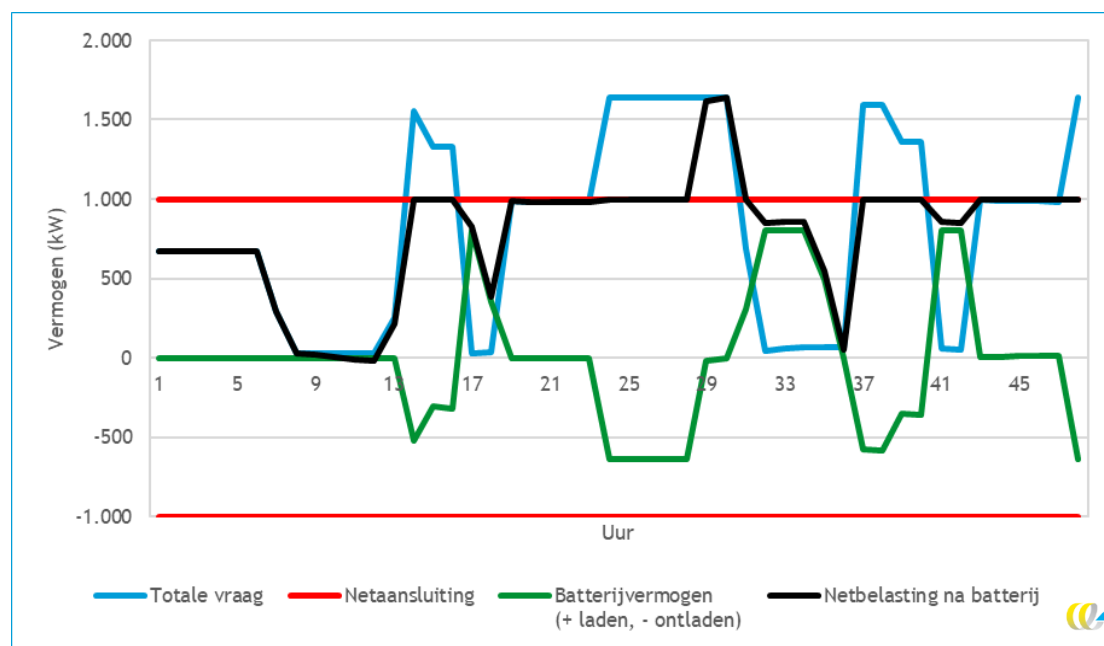
Uitwerking batterij als maatregel

We kiezen als voorbeeld een systeem van een 1.000 kW-netaansluiting met een 850 kW-/3.400 kWh-batterij. Figuur 12 toont de energiestromen voor twee dagen van het jaar.

⁷ Dit is een firm-aansluiting en dus niet een aansluiting met non-firm-ATO.

In blauw is de totale vermogensvraag te zien, die op verschillende uren groter is dan de netcapaciteit in rood. De batterij ontladst als de piekvraag groter is, zoals tijdens uur 13, waardoor wel in de totale laadvraag voorzien kan worden. In de nacht van dag twee, tijdens uur 29 en 30, is de batterij leeg en kan er op dat moment niet in de volledige laadvraag voorzien worden. Tijdens deze dag kan in 7% van de totale vermogensvraag inclusief laadvraag niet voorzien worden. Aangezien de veiligheidsmarge 15% is, zijn de voertuigen nog steeds voldoende vol aan het einde van de dag. In de uren daarna is er een zeer lage vermogensvraag en laadt de batterij weer opnieuw op. Om de energiezekerheid te vergroten, is het mogelijk om een back-up-aggregaat toe te voegen, wat we kort adresseren in Figuur 12.

Figuur 12 - Visualisatie inzet batterij



Resultaten voor energie en kosten

Van de totale energievraag van 5.530 MWh kan er 920 MWh niet door de netaansluiting gerealiseerd worden. Dit gedeelte kan door de batterij geleverd worden, door deze op te laden met stroom van het net op momenten dat er minder stroomvraag voor de elektrische voertuigen is. De batterij heeft echter meer stroom nodig, aangezien deze een efficiëntie van 85% heeft. Hierdoor is er 162 MWh additionele elektriciteitsverbruik vereist. Bij een vaste elektriciteitsprijs van 0,2 €/kWh zijn deze additionele kosten gelijk aan € 32.400.

De netaansluiting van 1 MW kent dezelfde eenmalige aansluitkosten als een 1.800 kW-aansluiting, oftewel € 36.600, voor het realiseren van de nieuwe aansluiting. Het jaarlijkse nettatarief is € 118.000, in plaats van € 124.000. Het relatief kleine verschil komt doordat het tarief voor een belangrijk gedeelte wordt bepaald door de hoeveelheid afgenomen energie (kWh-component). Deze neemt ondanks de lagere netaansluiting niet af, maar juist iets toe, door het energieverlies in de batterij.

Gebaseerd op eerdere studies, schatten we de investeringskosten voor batterijen van deze grootte op 300 tot 350 €/kWh. Voor een batterij van 850 kW/3400 kWh betekent dit een investering van € 1.020.000 tot € 1.190.000. Als de batterij over tien jaar wordt afgeschreven, zijn de jaarlijkse kosten dus ongeveer € 100.000 tot € 120.000.⁸

De totale kosten voor een batterij zijn hoger in vergelijking met een volledige firm-aansluiting, namelijk ongeveer € 136.000 per jaar⁹. Dit is een optelsom van de additionele kosten voor elektriciteitsverbruik en de jaarlijkse kosten van een batterij, minus het verschil in nettatarief. Deze kosten zijn echter mogelijk wel rendabel als er geen aansluiting gerealiseerd wordt, oftewel als mitigerende maatregel als er netcongestie is.

C.3 Non-firm-ATO, in combinatie met slim laden

Een toelichting op het principe van een non-firm-ATO (NFA) is opgenomen in Paragraaf 6.2. Van Liander hebben we twee profielen ontvangen van de netbelasting van onderstations in Amsterdam, nu en in de toekomst. Op basis van de belasting van de twee onderstations, hebben we twee verschillende NFA-profielen (A en B) opgesteld, waarin dus niet op elk moment de volledige aansluiting gebruikt kan worden. Voor onze analyse gaan we uit van het jaar 2025, en specifieke aannames over de vormgeving van de NFA¹⁰.

Huidige aansluiting en NFA

Een volledige non-firm-aansluiting naast de bestaande 82 kW-aansluiting is naar verwachting onvoldoende. Als de werf een NFA-aansluiting neemt van 2.000 kW, zijn er dagen dat een groot gedeelte van de energievraag niet voorzien kan worden. Op de meeste dagen kan een NFA voldoende vermogen leveren, maar op specifieke dagen in het jaar niet. Dit zijn zeventien dagen voor het profiel gebaseerd op Onderstation A, en 175 dagen voor het profiel gebaseerd op Onderstation B. Voor Profiel A is de totale vermogensvraag (inclusief veiligheidsmarge) die niet voldaan kan worden op een dag 25% en voor Profiel B is dit 28%.

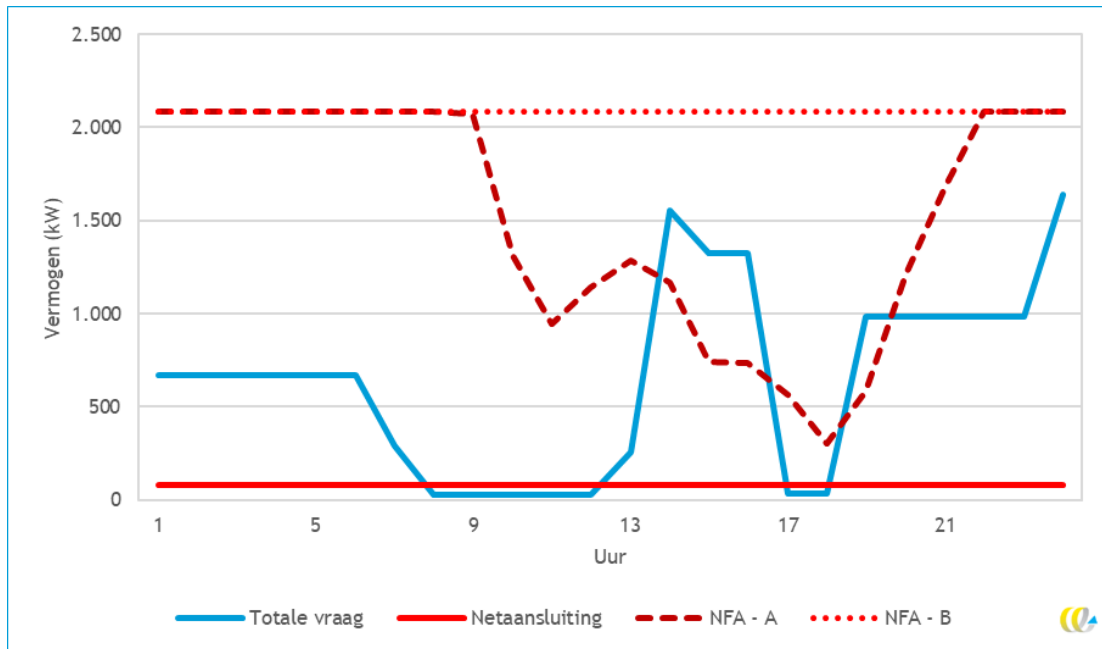
Figuur 13 toont een voorbeelddag met de totale laadvraag, de huidige aansluiting van 82 kW en een non-firm-aansluiting van 2.000 kW. Gedurende de nacht tot 9:00 uur 's ochtends is de netbelasting op het onderstation erg laag, en mag de NFA-aansluiting volledig gebruikt worden, waardoor de totale aansluiting 2.082 kW is. De netbelasting op station B is gedurende deze hele dag laag, waardoor de NFA-aansluiting voor station B gedurende de hele dag niet beperkt hoeft te worden. Voor Onderstation A geldt echter dat van 9:00 tot 22:00 uur de netbelasting hoog is en er dus minder vermogen voor de NFA beschikbaar is. Hierdoor kan in 20% van de totale vermogensvraag niet voorzien worden op deze dag. In dit voorbeeld is de NFA dus volgens onze criteria niet geschikt als betrouwbare energievoorziening.

⁸ Naar verwachting zal congestie niet tien jaar bestaan. De batterij kan echter zeker tien jaar goed opereren. Als congestie is opgelost, kan de batterij ingezet worden om de energiekosten te verlagen door zonne-energie op te slaan of op gunstige momenten energie in te kopen. Daarnaast kan de batterij handelen op de balanceringsmarkten van TenneT.

⁹ € 6.000 besparing door nettatarief, € 32.400 additionele elektriciteitskosten en € 100.000 tot € 120.000 investeringslasten voor de batterij.

¹⁰ We gaan ervan uit dat de netbeheerder het NFA-profiel baseert op de geprognostiseerde netbelasting met een veiligheidsmarge van 5%. Daarnaast nemen we aan dat het totale non-firm-vermogen van de aansluitingen 20% is ten opzichte van de totale stationscapaciteit, oftewel de afnamepiek.

Figuur 13 - Voorbeelddag NFA voor twee onderstations



Figuur 13 toont aan dat de functionaliteit van een NFA sterk afhankelijk is van de overige belasting op het onderstation en dus de lokale situatie. Als de werf geen andere energiebron heeft, zoals een batterij of aggregaat, kan er gedurende de voorbeelddag voor Onderstation A dus niet voldoende stroom gebruikt worden. Een belangrijk mogelijk nadeel van de NFA is dat een bedrijf vooraf geen zekerheid heeft over of in dit geval de voertuigen wel opgeladen kunnen worden. Er zijn echter contractvormen van de NFA mogelijk die veel meer zekerheid geven. In Tekstvak 3 lichten we toe hoe een NFA met meer zekerheid vormgegeven kan worden.

Tekstvak 3 - Een NFA met meer zekerheid

We kijken in deze analyse naar hoe een NFA-profiel uitwerkt wordt, maar niet naar de contractafspraken tussen netbeheerder en aangeslotenen. De netbeheerder en de aangesloten partij kunnen binnen een NFA-contract afspraken maken, zodat er meer zekerheid is over hoeveel de aansluiting gebruikt mag worden.

- Er worden tijdsblokken vastgesteld, waarbij de volledige aansluiting wel gebruikt kan worden. Bijvoorbeeld dat er alleen stroom gebruikt mag worden tussen 10:00 en 15:00 uur en tussen 22:00 en 6:00 uur. De partij kan daar dan de laadbehoefte op aanpassen. Als er tijdens die blokken congestie ontstaat, is de netbeheerder verantwoordelijk om dit op te lossen met congestiemanagement.
- Er wordt een totaalvermogen vastgesteld, wat gedurende de dag gebruikt kan worden met enige flexibiliteit. Er wordt bijvoorbeeld vastgesteld dat tussen 22:00 en 6:00 uur minimaal 10 MWh gebruikt kan worden. De netbeheerder geeft dan bijvoorbeeld een dag van tevoren aan hoeveel er exact per uur gebruikt kan worden.

Er zijn nog verschillende andere vormen denkbaar, waarover netbeheerders in gesprek zijn met onder andere marktpartijen en de toezichthouder ACM.

Verkleinen vereiste aansluiting met NFA

Hoewel de huidige 82 kW-aansluiting in combinatie met NFA niet werkbaar is, kan een verkleining van de vereiste aansluiting wel bereikt worden. Tabel 20 toont verschillende doorrekeningen voor een combinatie van een firm- en NFA-aansluiting voor de casus.

Voor Onderstation A is een firm-aansluiting van 600 kW voldoende om in de energievoorziening te voorzien, in combinatie met een NFA van 1.200 kW. Voor Onderstation B is een firm-aansluiting van 800 kW vereist, in combinatie met 1.000 kW-NFA. Ten opzichte van de originele aansluiting van 1.800 kW is dit dus een reductie van 65 tot 45% van de firm-netaansluiting. Naast de firm-aansluiting is dan logischerwijs nog wel non-firm-capaciteit vereist, maar dit resulteert juist niet in extra netcongestie.

Tabel 20 - Overzicht effecten van verschillende varianten NFA-aansluiting

Groote firm-aansluiting ¹¹	Groote NFA-aansluiting	Onderstation	Totale jaarlijkse vermogensvraag niet voorzien (%)	Aantal dagen dat 10 tot 15% van vermogensvraag niet voorzien kan worden	Aantal dagen dat 5 tot 10% van vermogensvraag niet voorzien kan worden
250 kW	2.000 kW	A	1,0%	9	18
		B	8,3%	155	33
600 kW	1.200 kW	A	0,5%	2	11
850 kW	1.000 kW	B	3,0%	9	75

Resultaten voor energie en kosten

Als voorbeeld bereken we het effect voor een partij die is aangesloten op Onderstation A, met een firm-aansluiting van 600 kW en NFA-aansluiting van 1.200 kW. Van de totale energievraag van 5.530 MWh kan 3.310 MWh voorzien worden door de normale firm-aansluiting en 2.220 MWh door de NFA-aansluiting.

De eenmalige kosten voor het realiseren van de aansluiting, blijven gelijk bij een NFA-aansluiting, en zijn dus € 36.600. De totale jaarlijkse nettatariefkosten zijn € 106.800 ten opzichte van € 124.000 voor de gewenste firm-aansluiting. Deze korting is beperkt, doordat in de huidige voorstellen voor NFA de korting gelijk is aan het kW-contracttariefcomponent van het nettatarief. Dit is voor aangeslotenen onder de 2 MVA slechts 21% van de totale netkosten. Voor de casus is daarnaast slechts een gedeelte NFA, waardoor de besparing op het nettatarief slechts 14% is. De totale jaarlijkse kosten voor elektriciteit en nettarieven zijn € 1,2 miljoen. Een besparing van € 17.000 door het toepassen van een NFA is dus slechts gelijk aan 1,4% van de totale energiekosten, laat staan ten opzichte van de totale kosten van de organisatie.

De NFA heeft dus een beperkt kostenvoordeel voor deze casus. De NFA lijkt daarom vooral potentie te hebben als er netcongestie is en er niet-additionele vaste transportcapaciteit gecontracteerd kan worden¹². De NFA kan dan wel gecontracteerd worden. Zoals aangegeven, kan dit product aantrekkelijk zijn als er meer zekerheid ingebouwd kan worden,

¹¹ Dit is een firm-aansluiting en dus niet een non-firm-ATO.

¹² Dit heeft dan sterke overeenkomsten met een capaciteitsbeperkingscontract; een product binnen congestie-management.

zoals beschreven in Tekstvak 3. Het kostenvoordeel is groter voor aansluitingen boven de 2 MVA, omdat het tarief voor die grootte aansluiting anders is vormgegeven.

C.4 Combinatie drie mitigerende maatregelen

Met slim laden en laadstrategie wordt de vermogensvraag verlaagd en kan er goed samen- gewerkt worden met andere mitigerende maatregelen. Met een NFA en batterij kan daar- naast de vereiste aansluiting significant worden verlaagd met 45 tot 65%. We zien echter ook veel potentieel in de combinatie van een NFA-aansluiting met een batterij. De batterij kan laden op momenten dat er weinig netbelasting is en vervolgens elektriciteit leveren door te ontladen op het moment dat er een laadvraag is van logistieke voertuigen.

Vereiste aansluiting met NFA en batterij

Met alleen een additionele non-firm-aansluiting als maatregel hebben we vastgesteld dat de uitbreiding van de firm-aansluiting verkleind kan worden tot 600 kW voor Onderstation A en 850 kW voor station B. De firm-aansluiting kan echter nog verder verlaagd worden, zoals is weergegeven in Tabel 21.

Tabel 21 - Overzicht effecten van verschillende varianten batterij en NFA-aansluiting

Grootte firm-aansluiting ¹³	Grootte NFA-aansluiting	Batterij	Onder- station	Totale jaarlijkse vermogensvraag niet voorzien (%)	Aantal dagen dat 10 tot 15% van vermogensvraag niet voorzien kan worden	Aantal dagen dat 5 tot 10% van vermogensvraag niet voorzien kan worden
82 kW	1.300 kW	850 kW/3.400 kWh	A	0,2%	0	5
	1.500 kW	850 kW/3.400 kWh	B	2,2%	1	52
250 kW	1.200 kW	300 kW/1.200 kWh	A	0,8%	2	15
	950 kW	850 kW/3.400 kWh	A	0,4%	4	5
	1.400 kW	500 kW/2.000 kWh	B	3,2%	12	73
	950 kW	850 kW/3.400 kWh	B	2,0%	11	42
500 kW	1.100 kW	200 kW/800 kWh	A	0,5%	1	7
	1.100 kW	300 kW/1.200 kWh	B	3,0%	9	74

Ten eerste hebben we gekeken of de huidige firm-contractcapaciteit voldoende kan zijn (82 kW) en analyses uitgevoerd voor een aansluiting van 250 en 500 kW. Er is dan nog steeds een uitbreiding vereist van de fysieke aansluiting op het elektriciteitsnetwerk, omdat er wel een grotere NFA-aansluiting vereist is dan de huidige aansluiting (250 kW). Voor deze ver- schillende grootten firm-aansluitingen concluderen we:

- **82 kW firm-aansluiting:** voor Station A is voor een betrouwbare elektriciteitslevering een NFA-aansluiting van 1.200 kW vereist, in combinatie met een 850 kW-/3.400 kWh-batterij. Voor Onderstation B is een 1.500 kW NFA-aansluiting en 850 kW-/3.400 kWh-batterij vereist.
- **250 kW firm-aansluiting:** met een grotere firm-aansluiting kan de batterijcapaciteit significant verlaagd worden naar 300 kW voor Onderstation A of naar 500 kW voor het profiel van Station B. De non-firm-capaciteit kan minder sterk verlaagd worden bij een grotere firm-capaciteit.

¹³ Dit is een firm-aansluiting en dus niet een non-firm-ATO.

- **500 kW firm-aansluiting:** deze firm-aansluiting maakt het mogelijk om de batterij-capaciteit verder te verlagen en daarnaast de non-firm-capaciteit te verlagen naar 1.100 kW.

Uit deze analyse blijkt dat met een combinatie van een firm-aansluiting, slim laden, NFA-aansluiting en batterij in verschillende configuraties tot een betrouwbare energievoorziening kan leiden. De afweging voor de varianten zal voornamelijk gebaseerd zijn op de grootte van de huidige aansluiting (vanwege congestie is er immers de noodzaak daarbinnen te blijven) en de kostenafweging tussen een NFA en batterij. Om de energiezeekerheid te vergroten, is het mogelijk om een back-up-aggregaat toe te voegen, wat we kort adresseren in Tekstvak 4.

Het is een mooi resultaat dat Werf Nieuw-Zeelandweg volledig kan elektrificeren ondanks netcongestie, aangezien het mogelijk is om binnen de firm-aansluiting van 82 kW te blijven, door gebruik te maken van slim laden en laadstrategie, een batterij en een non-firm-ATO-aansluiting. Dit betekent dat met de elektrificatie van het wagenpark er geen additionele piekbelasting en netcongestie wordt veroorzaakt, wat additionele netverzwaring kan voorkomen.

Tekstvak 4 - Eventuele toevoeging van een back-up-aggregaat

Een back-up-aggregaat wordt in principe niet gebruikt, maar wordt alleen ingezet als er een tekort aan stroom is of bijvoorbeeld de batterij niet goed functioneert. Ook kan het aggregaat ingezet worden tijdens dagen dat er vanuit de NFA te weinig elektriciteit geleverd kan worden. De firm-aansluiting, NFA-aansluiting en batterij kunnen met het toevoegen van een back-up-aggregaat kleiner gedimensioneerd worden. De investeringskosten voor een aggregaat van 1 MW als back-up-aggregaat zijn ongeveer € 160.000. Met een afschrijftermijn is dat ongeveer € 16.000 per jaar. Naar verwachting is een back-up-aggregaat goedkoper dan een grotere batterij en biedt het meer zekerheid dan een grotere NFA en batterij.

Uitwerking NFA en batterij als maatregel - Variant 1

We zien dat het met deze mitigerende maatregelen mogelijk is om binnen een aansluiting van 82 kW te blijven met een batterij van 850 kW/3.400 kWh en een non-firm-aansluiting van 1.300 of 1.500 kW.

De batterij levert in totaal 550 MWh, waarvoor additioneel 82 MWh vereist is door energieverliezen van de batterij. Hiervoor zijn de additionele kosten € 16.500. Voor een batterij van 850 kW/3400 kWh schatten we een investering van € 1.020.000 tot € 1.190.000. Als de batterij over tien jaar wordt afgeschreven, zijn de jaarlijkse kosten dus ongeveer € 100.000 tot € 120.000.

De jaarlijkse nettariefkosten zijn € 92.600, oftewel een besparing € 31.000. De jaarlijkse meerkosten voor de batterij (afschrijving en energieverlies) zijn tussen de € 116.000 en € 136.000, waardoor de totale additionele kosten € 85.000 tot € 105.000 per jaar zijn. Hiermee is het echter wel mogelijk om volledig te elektrificeren als er netcongestie is. De totale jaarlijkse additionele kosten zijn ongeveer 10% van de jaarlijkse energiekosten.

Uitwerking NFA en batterij als maatregel - Variant 2

Een andere variant met een grotere firm-aansluiting is een 500 kW firm-netaansluiting gecombineerd met 1.100 kW non-firm-aansluiting. Daarnaast is nog een 300 kW-/1200 kW-batterij vereist om de piekvraag te faciliteren.

De totale jaarlijkse nettarieven voor de aansluiting zijn € 101.600, oftewel € 23.000 (19%) lager dan de kosten voor een 1.800 kW firm-aansluiting. Daarnaast zijn de investeringskosten voor de batterij € 360.000 tot € 420.000, wat dus € 36.000 tot € 42.000 per jaar is, met een afschrijftermijn van tien jaar. De additionele elektriciteitskosten door de energieverliezen van de batterij zijn € 5.000.

De kosten voor deze totale oplossing zijn hoger dan een firm-aansluiting. De NFA resulteert in een kostenreductie van € 23.000 euro, en de batterij in additionele jaarlijkse kosten van € 36.000 tot € 42.000 per jaar. Met een nettoresultaat van € 13.000 tot € 19.000 kan echter wel de vereiste firm-netcapaciteit teruggebracht worden van 1.800 naar 500 kW.