

WALSTROOM OP LOVEN, TILBURG

*De rapportage van de studie naar de mogelijkheid om **walstream** in te zetten als vliegwiel voor schone transitie van kadegebonden activiteiten op Loven, Tilburg*



#PSR
Experts in Ports and Logistics

MAART 2025

Verklarende woordenlijst	2
1. Inleiding	4
1.1 Aanleiding	4
1.2 Doel	4
1.3 Leeswijzer	4
2. Schets van de haven van Tilburg	6
2.1 De haven van Tilburg	6
2.2 Situatie netcongestie Tilburg	7
2.3 Mate van elektrificatie bedrijven	9
2.4 Mate van lokale opwek bedrijven	9
2.5 Walstroomvoorzieningen Loven	10
2.6 Tussenconclusie schets van de haven van Tilburg	10
3. Tilburg – de prognoses	11
3.1 Prognose benodigd vermogen walstroom	11
3.2 Prognose benodigd vermogen opladen van middelzware- en zware voertuigen	11
3.3 Prognose benodigd vermogen opladen elektrische scheepvaart	13
3.4 Prognose overig benodigd vermogen havengebied	14
3.5 Prognose lokaal opgewekt vermogen	14
3.6 Tussenconclusie Tilburg – de prognoses	16
4. Conclusie en vervolg	17
4.1 Nadere uitwerking	22
Bibliografie	25
Bijlage A: Terminologie aansluitwaarde en contractvermogen	27
Bijlage B: Prognose aansluitvermogen per containerterminal in 2035	28
Bijlage C: Tarieven Enexis	29
Bijlage D: Toelichting schematische weergaven van de elektrische infrastructuur	30

Verklarende woordenlijst

In dit document komen bepaalde begrippen of afkortingen vaker terug. Om ervoor te zorgen dat het rapport leesbaar en begrijpelijk is, is in dit hoofdstuk een verklarende woordenlijst opgenomen.

BESS: Een batterijopslagsysteem dat elektrische energie opslaat voor later gebruik. De afkorting staat voor Battery Electrical Energy Storage.

Cable pooling: Een methode waarbij meerdere energie-installaties—zoals opwekking (bijv. zonne- en windenergie), opslag en verbruik—een gezamenlijke elektriciteitsaansluiting delen. Dit verhoogt de efficiëntie van het elektriciteitsnet door complementaire energiebronnen optimaal te benutten en netcongestie te verminderen.

CHP: De gangbare afkorting voor een energiesysteem dat tegelijkertijd warmte en elektriciteit produceert. De afkorting staat voor Combined Heat and Power.

DER: De gangbare afkorting voor decentrale energiebronnen, zoals zonnepanelen of kleine windturbines, die energie leveren dicht bij de eindgebruiker. De afkorting staat voor Distributed Energy Resource.

Elektriciteitsvraag: Dit is de term voor het vaststellen van het totale verbruik van elektriciteit over een bepaalde tijd.

EV: Elektrische voertuigen. De afkorting staat voor electrical vehicles.

GWh: De afkorting staat voor gigawattuur. Een gigawattuur staat gelijk aan 1.000 MWh of 1 miljoen kWh.

HV: De gangbare afkorting voor hoogspanning. Hoogspanning is een elektrische spanning die hoger is dan een bepaalde grenswaarde, waarbij speciale isolatie- en veiligheidsmaatregelen nodig zijn om overslag en elektrische schokken te voorkomen. In de elektrotechniek wordt hoogspanning doorgaans gedefinieerd als een spanning boven 36.000 volt (36 kV) volgens internationale normen. De afkorting staat voor high voltage.

KWh: De hoeveelheid energie die wordt verbruikt of opgewekt wanneer een vermogen van 1 kilowatt (kW) gedurende 1 uur wordt gebruikt. De afkorting staat voor kilowattuur.

Load shifting: Het verschuiven van de laadtijden bij het laden van elektrische voertuigen naar periodes waarin de elektriciteitsvraag lager is of wanneer er een overschot aan duurzame energie beschikbaar is. Dit helpt om piekbelasting op het elektriciteitsnet te verminderen, de netstabiliteit te verbeteren en kosten te optimaliseren door gebruik te maken van gunstigere energietarieven.

LV: De gangbare afkorting voor laagspanning. Laagspanning is een elektrische spanning tot maximaal 1.000 volt (1 kV) wisselspanning (AC) of 1.500 volt gelijkspanning (DC), zoals gedefinieerd in internationale normen. Laagspanning wordt gebruikt voor huishoudelijke, commerciële en industriële toepassingen, zoals elektrische installaties, verlichting en apparaten. De afkorting staat voor low voltage.

Megawattpiek: Een maat voor het maximale vermogen dat een zonne-energie-installatie onder standaard testomstandigheden kan leveren. Het geeft de theoretische piekcapaciteit van zonnepanelen weer en wordt gebruikt om de prestaties en omvang van zonneparken of installaties te vergelijken. De werkelijke energieproductie kan variëren door factoren zoals zoninstraling, temperatuur en paneeloriëntatie. De gangbare afkorting is MWp.

MV: De gangbare afkorting voor middenspanning. Middenspanning is een elektrische spanning die ligt tussen laagspanning en hoogspanning, doorgaans gedefinieerd als spanning tussen 1 kV en 36 kV. Middenspanning wordt gebruikt voor de regionale distributie van elektriciteit naar onderstations, bedrijven en grote installaties, voordat de spanning verder wordt verlaagd naar laagspanning voor eindgebruikers. De afkorting staat voor medium voltage.

MWh: De afkorting staat voor megawattuur. Een megawattuur staat gelijk aan 1.000 kWh.

Nettopologie: Nettopologie in de context van energie-infrastructuur is een beschrijving van de manier waarop de componenten van een energiebeheersysteem, zoals elektriciteitscentrales, transformatoren, distributie- en transmissielijnen, en opslagfaciliteiten, met elkaar verbonden zijn in een netwerk. Het beschrijft de fysieke en/of logische structuur van dit netwerk en hoe energie van de bron naar de afnemer wordt gedistribueerd.

PV: De gangbare afkorting voor een installatie die energie opwekt via zon. De afkorting staat voor fotovoltaïcs.

REKS: De afkorting van Regionale Energie- en Klimaatstrategie. Met de REKS brengt de regionale samenwerking Hart van Brabant in kaart hoe en waar energie kan worden bespaard en duurzaam kan worden opgewekt en hoe de omgeving kan worden aangepast aan het veranderende klimaat.

SLD: De gangbare afkorting voor een schematische weergave van een elektrisch systeem met behulp van enkelvoudige lijnen en symbolen. De afkorting staat voor *Single Line Diagram*. Een Single Line Diagram is een technische tekening die de elektrische verbindingen en componenten van een installatie overzichtelijk weergeeft met behulp van gestandaardiseerde symbolen. Het wordt vaak gebruikt in de elektrotechniek en energievoorziening om complexe systemen eenvoudig en duidelijk weer te geven.

SS: De gangbare afkorting voor een onderstation. Een onderstation in de elektrotechniek heeft als functie om hoogspanning om te zetten naar een lagere spanning voor distributie naar eindgebruikers en om de energievoorziening te regelen en beveiligen binnen het elektriciteitsnet. De afkorting staat voor substation.

TWh: De afkorting voor terawattuur. Een terawattuur staat gelijk aan 1.000 GWh of 1 miljard kWh.

Valley filling: het strategisch verhogen van de laadvraag bij het laden van elektrische voertuigen tijdens perioden van lage elektriciteitsvraag (de "daluren" of "valleys" in de netbelasting). Dit helpt om het elektriciteitsnet efficiënter te benutten, energieproductie beter te spreiden en kosten te verlagen door te laden op momenten met lagere energietarieven.

Vehicle-to-Grid (V2G): een technologie waarbij elektrische voertuigen (EV's) niet alleen energie uit het elektriciteitsnet kunnen halen om op te laden, maar ook overtollige energie terug kunnen leveren aan het net. Dit bi-directionele laadproces helpt om vraag en aanbod van elektriciteit beter op elkaar af te stemmen, netcongestie te verminderen en duurzame energiebronnen efficiënter te integreren.

Vermogensvraag: Dit is de term voor het vaststellen van de maximale belasting op een specifiek moment.

VPP: De afkorting voor een netwerk van gedistribueerde energiebronnen die centraal worden aangestuurd als één virtuele energiecentrale. De afkorting staat voor Virtual Power Plant. Een Virtual Power Plant is een digitaal gestuurd systeem dat meerdere gedecentraliseerde energiebronnen, zoals zonneparken, windturbines en batterijopslagsystemen, met elkaar verbindt en coördineert. Door deze bronnen slim te beheren, kan een VPP de energieproductie optimaliseren, vraag en aanbod balanceren en bijdragen aan een stabiel elektriciteitsnet.

1. Inleiding

Bedrijventerreinen in Nederland staan voor een grote uitdaging: de overgang van fossiele naar hernieuwbare energie. Dit heeft ingrijpende gevolgen voor bedrijfsprocessen. Veel bedrijven vinden het lastig om de overstap daadwerkelijk te maken, omdat de opgave complex en omvangrijk is. Om deze transitie te versnellen, is een impuls nodig—zowel om inzicht te krijgen in de opgave als om nieuwe samenwerkingen op te bouwen en bedrijfsprocessen op een natuurlijke manier mee te laten groeien. Voor kade gebonden activiteiten, zoals laden en lossen, biedt walstroom een kans om deze omschakeling te maken. In dit kader wordt er op bedrijventerrein Loven in Tilburg een pilot opgezet binnen het Schone Lucht Akkoord, met als doel kennisontwikkeling en verduurzaming van havenactiviteiten.

1.1 Aanleiding

De gemeente Tilburg heeft ambitieuze plannen op het gebied van de energietransitie en kiest voor een integrale aanpak. Walstroom speelt hierin een sleutelrol, omdat het niet alleen schepen voorziet van schone energie, maar ook kansen biedt om andere bedrijfsprocessen te verduurzamen. In de eerste fase wordt gekeken naar combinaties met laadinfrastructuur, batterijopslag om piekvermogens op te vangen en load balancing tussen walstroom en andere activiteiten op het terrein. Bij verdere opschaling kunnen laadpleinen, energieopslag en zelfs de verduurzaming van scheepsvoortstuwning worden ontwikkeld. Op termijn biedt dit kansen voor een businessmodel waarin de distributie van ‘containerized energy’ centraal staat.

Dit onderzoek wordt mede gefinancierd via een SPUK-aanvraag binnen het Schone Lucht Akkoord en richt zich op de impact van walstroom op de luchtkwaliteit, met een focus op de reductie van NOx en fijnstof (PM10/PM2,5). Het project loopt van 1 januari 2024 tot 31 maart 2025 en wordt uitgevoerd op industrieterrein Loven.

1.2 Doel

Dit rapport geeft een overzicht van de elektrificatiemogelijkheden en -strategieën voor het industrieterrein Loven in Tilburg. Het richt zich op vlootelektrificatie, infrastructuur en faciliteiten, productieprocessen en de financiële haalbaarheid van investeringen. De studie is uitgevoerd door Schneider Electric, het rapport is opgesteld door Port Solutions Rotterdam.

De volgende deelvragen zijn, waar mogelijk, beantwoord in de studie:

- Wat is het benodigd elektrische vermogen van de verschillende onderdelen van de walstroom installatie op industrieterrein Loven?
- Wat zijn de investeringen en exploitatiekosten van een walstroom installatie?
- Welke kansen voor laadinfrastructuur worden gezien op Loven?
- Wat is het benodigd elektrisch vermogen van deze andere laadinstallaties in de industriehaven?
- Wat zijn de investeringen en exploitatiekosten van een dergelijke laadinstallatie?
- Wat zijn de mogelijkheden voor een koppeling met het laden van batterijen?
- Op welke wijze kan een combinatie gestructureerd worden om met een zo klein mogelijke netaansluiting het benodigd vermogen voor beide zaken te realiseren?
- Welk afnamevolume kan op korte termijn gerealiseerd worden voor de verschillende onderdelen?
- Wat zijn de mogelijkheden voor het optimaliseren van load balancing in de industriehaven Loven
- Welke effecten op luchtkwaliteit en stikstofreductie kunnen gerealiseerd worden bij de realisatie van walstroom én de totale installatie?

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 ‘Schets van de haven van Tilburg’ is uiteengezet uit welke gebieden de haven van Tilburg bestaat en is nader ingegaan op het industrieterrein Loven. Daarnaast is de situatie rondom netcongestie en congestiemanagement toegelicht. Tot slot is de mate van electrificatie van bedrijven, de mate van lokale opwek en de huidige stand van zaken van walstroomvoorzieningen beschreven.

Hoofdstuk 3 ‘Tilburg – de prognoses’ beschrijft achtereenvolgens prognoses voor:

- het benodigd vermogen voor walstroom,
- het benodigd vermogen voor opladen van middelzware- en zware voertuigen,
- het benodigd vermogen voor opladen van elektrische scheepvaart,

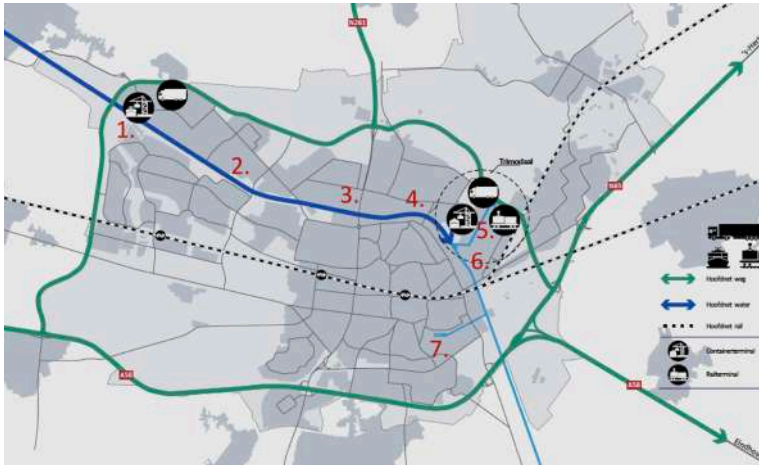
- het benodigd vermogen voor electrificatie in het havengebied,
- lokaal opgewekt vermogen

Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 'Conclusie en vervolg' antwoord gegeven op de hierboven geformuleerde vragen. En tot slot, worden aanbevelingen voor een vervolg gegeven.

2. Schets van de haven van Tilburg

2.1 De haven van Tilburg

De gemeente Tilburg wordt gevormd door de stad Tilburg en de dorpen Berkel-Enschot, Udenhout en Biezenmortel. De havenactiviteiten in de gemeente Tilburg spelen zich af langs en rondom het Wilhelminakanaal. De langshaven Vossenberg West II (1), de langshaven Bressers Metaal (2), de langshaven Kraaiven (3), de langshavenkade Goirkekanaaldijk Lijnsheike (4), de industriehaven Loven (5) en de langskade Lovensekanaaldijk Molenbocht (6) zijn de industriehavens in de gemeente (Gemeente Tilburg, 2021). De Piushaven (7) is een recreatiehaven met verschillende functies; die van museumhaven, passantenhaven en overwinterhaven. In afbeelding 1 is een overzicht van deze havengebieden weergegeven (Port Solutions Rotterdam B.V., 2022).



Afbeelding 1: Overzicht havengebieden Tilburg (Port Solutions Rotterdam B.V., 2022)

Loven

Industrieterrein Loven, gelegen aan de oostkant van Tilburg, is een van de oudste en meest strategisch gelegen bedrijventerreinen van de stad. Aangelegd in de jaren zestig, was het het eerste grote bedrijventerrein van Tilburg en heeft het zich ontwikkeld tot een belangrijke logistieke hub. Het terrein beslaat circa 162 hectare en wordt begrensd door de Bosscheweg, de spoorlijn Tilburg – Den Bosch, de Burgemeester Bechtweg, de Centaurusweg en het Wilhelminakanaal. Dankzij de multimodale ontsluiting – via weg, water en spoor – is Loven uitstekend bereikbaar. De nabijgelegen snelwegen A58 en A65 bieden directe verbindingen naar belangrijke economische centra, terwijl de haven en spoorlijn transportmogelijkheden richting onder andere de haven van Rotterdam faciliteren.

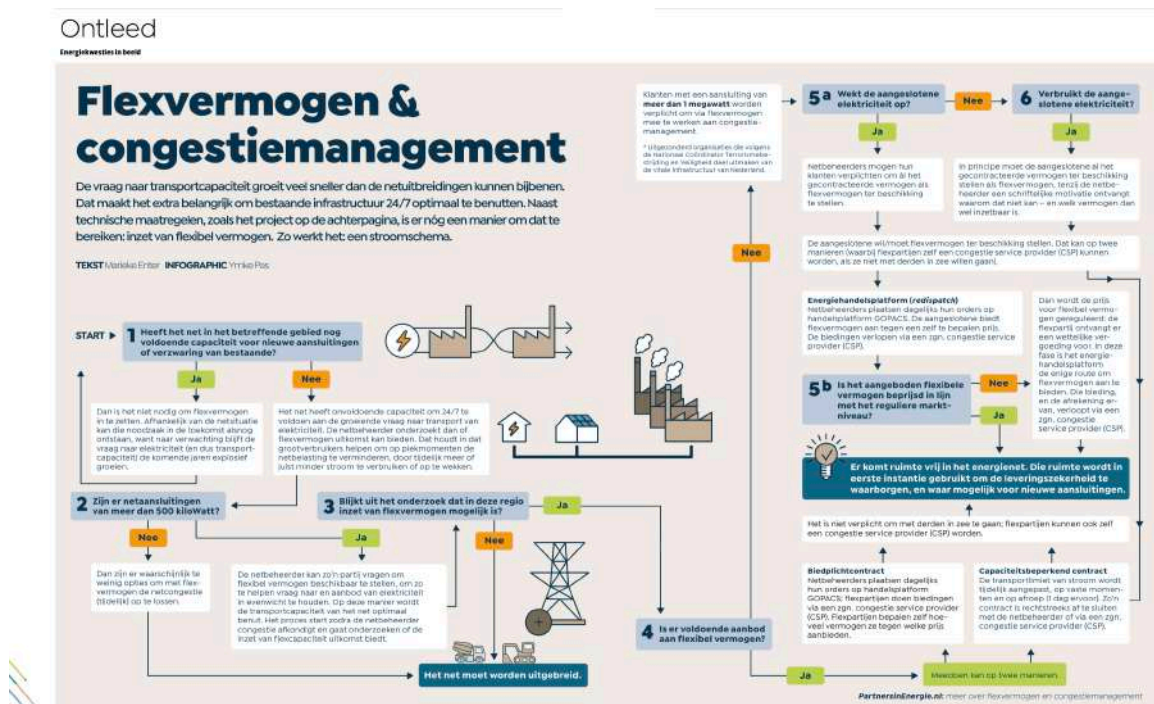
Op Loven zijn ruim 250 bedrijven gevestigd, variërend van grote internationale ondernemingen tot MKB-bedrijven, dienstverleners en productiebedrijven. Bekende namen zoals MOL Logistics, Smartwares, DS Smith Packaging en Chromalloy hebben hier hun vestiging, evenals het distributiecentrum van Albert Heijn, waar 1.300 medewerkers werkzaam zijn. Ook de maak- en foodindustrie zijn vertegenwoordigd met bedrijven als King Cuisine en Group of Butchers. Eén van de oudste Tilburgse bedrijven op Loven is Helvoet, dat gespecialiseerd is in de assemblage van kunststofproducten voor de medische en voedselindustrie. De voornaamste functie van het terrein ligt in logistiek en warehousing, waarbij een deel van de activiteiten plaatsvindt via het Wilhelminakanaal en de eigen insteekhaven voor kadegebonden laad- en losactiviteiten.

Ondernemers op Loven erkennen de noodzaak van verduurzaming en werken samen met de gemeente Tilburg aan verschillende initiatieven om het bedrijventerrein toekomstbestendig te maken. In dit kader zijn diverse onderzoeken uitgevoerd, waaronder verkennende gesprekken over de mogelijkheden van een walstroomsysteem. Hieruit blijkt een duidelijke behoefte om de technische potentie van walstroom verder uit te werken, als onderdeel van de bredere transitie naar een duurzamer en efficiënter bedrijventerrein.

Ook TenneT heeft een capaciteitskaart gepubliceerd van de beschikbare ruimte op het hoogspanningsnet van voor het invoeden van duurzaam opgewekte elektriciteit of afnemen van elektriciteit (Netbeheer Nederland, 2025). Ook qua beschikbaarheid van ruimte op het hoogspanningsnet is de gemeente Tilburg, zowel voor afname als invoeding, een congestiemanagementgebied.

Congestiemanagement

Congestiemanagement is een manier om de transportcapaciteit voor zowel afname als teruglevering op het elektriciteitsnet efficiënter te verdelen. In het kader van congestiemanagement worden grootzakelijke klanten verzocht om hun transportvraag tijdelijk aan te passen wanneer er dreigende overbelasting is. Dit wordt beloond met een financiële vergoeding. Hierdoor blijft het elektriciteitsnet betrouwbaar en veilig. Tegelijkertijd ontstaat er meer ruimte voor duurzame initiatieven en het aansluiten van nieuwe klanten. De inzet van flexibel vermogen wordt gezien als een van de manieren om met netcongestie om te gaan. In afbeelding 4 is dit schematisch weergegeven.



Afbeelding 4: Flexvermogen & congestiemanagement (Netbeheer Nederland, 2024)

TenneT kondigde in 2022 een tijdelijke stop aan voor nieuwe aansluitingen in Noord-Brabant en is tegelijkertijd begonnen met een onderzoek naar mogelijkheden om het bestaande net intensiever te gebruiken. De resultaten van de onderzoeken zijn in september 2022 gepubliceerd. De korte conclusie is dat op basis van het onderzoek TenneT concludeert dat de wachlijst met aanvragen voor afname van 334 megawatt transportcapaciteit gefaciliteerd kan worden onder toepassing van congestiemanagement (TenneT, 2022). Ten behoeve van invoeding is de conclusie van TenneT dat 310 megawatt capaciteit beschikbaar gesteld kan worden met toepassing van congestiemanagement. Daarbovenop kan er circa 150 megawatt extra capaciteit vrijgegeven worden met een operationele maatregel. Deze resultaten zijn aanvullend op de reeds lopende aansluittrajecten voor duurzame opwek (1.758 MW) en de door Enexis ingeschatte autonome groei (488 MW) (TenneT, 2022).

Ook op het door Enexis beheerde elektriciteitsnet zijn de grenzen van de mogelijkheden van congestiemanagement bereikt. Mede hierom heeft de gemeente Tilburg, waar mogelijk, de nettopologie van Loven in kaart gebracht. Deze is op verzoek beschikbaar.

Zoals uit bovenstaande blijkt is er een probleem voor nieuwe aansluitingen voor de gemeente Tilburg wat niet op korte termijn opgelost kan worden. Omdat dit het geval is in de grootste delen van Nederland zijn er door het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) trajecten gestart die bijdragen aan het oplossen van deze

problemen. Dit gebeurt onder andere op het gebied van strategie en visievorming, realisatie van energie-infrastructuurprojecten en de ruimtelijke inpassing van deze projecten.

Cable pooling

Toezichthouder Autoriteit Consument & Markt (ACM) staat sinds 15 maart 2024 toe dat alle soorten installaties, zowel voor productie, opslag als verbruik, gebruikmaken van één elektriciteitsaansluiting (het zogenoemde cable pooling), vooruitlopend op de komst van de Energiewet die dit zal regelen. Cable pooling, waarbij een aansluiting gedeeld wordt, bevordert de efficiëntie van het gebruik van de aansluiting, met name omdat zonne-energie en windenergie vaak complementair zijn. Dit besluit van ACM volgt op de inspanningen van de sector om deze mogelijkheid uit te breiden, hoewel een eerdere poging via een amendement in de Eerste Kamer strandde. In afwachting van de behandeling en instemming met de Energiewet geeft ACM nu groen licht voor bedrijven om alvast aan de slag te gaan met cable pooling, onder voorwaarden en met een meldingsplicht bij ACM.

2.3 Mate van elektrificatie bedrijven

Er is op dit moment geen inzicht in de mate van elektrificatie van bedrijven op Loven. Er is geen sprake van een openbaar toegankelijke centrale registratie van data rondom energieverbruik en -opwek, op basis waarvan energiebehoefte gemonitord kan worden. Wel is er inzicht in (een deel van) de nettopologie op Loven. Wegens vertrouwelijkheid van de gegevens is de nettopologie geen onderdeel van dit rapport. Op verzoek is dit inzicht beschikbaar.

Het is onmogelijk om een profiel op te stellen van een bedrijf voor een inschatting van de mate van elektrificatie, zoals dat wel mogelijk is voor bijvoorbeeld de mate van elektrificatie van vervoer. Elk van de op Loven gevestigde bedrijven heeft een eigen, unieke energiebehoefte en mate van elektrificatie, volledig afhankelijk van de aard van de activiteiten, de omvang van de werkzaamheden en de mate en het gebruik van technologie.

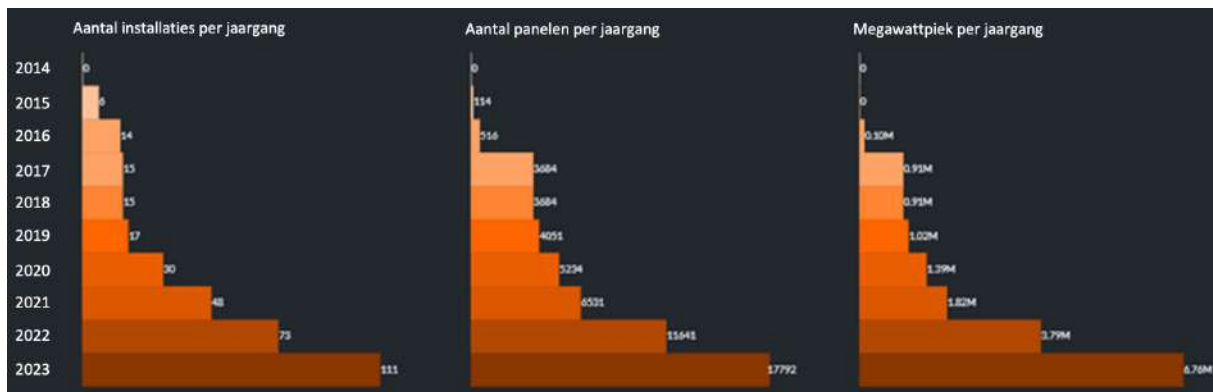
2.4 Mate van lokale opwek bedrijven

Er zijn op Europees niveau afspraken gemaakt welke energie onder hernieuwbare (duurzame) energie vallen (Nationaal Klimaat Platform, 2024). Dit zijn in ieder geval windenergie (op land en zee), PV-installaties (zonnepanelen), geothermie, warmtepompen, biomassaketels bedrijven, bij- en meestoken biomassa in kolencentrales, houtkachels, biogas, afvalcentrales, bio-olie, zonthermie en overige, zoals waterkracht en houtskool.

Tilburg maakt deel uit van de REKS-regio Hart van Brabant, een samenwerkingsverband met als doel om tegen 2030 in totaal 1 TWh aan elektriciteit op te wekken. Een deel hiervan wordt al gerealiseerd, maar er ligt nog een restopgave van 451 miljoen kWh. Deze moet worden ingevuld via drie bronnen: windenergie, zonnenvelden (zon-op-land) en zonnepanelen op bedrijfsdaken (zon-op-dak). Voor zon-op-dak is de ambitie om 25% van de beschikbare bedrijfsdaken te benutten. Naast energieopwekking zet de regio ook in op energiebesparing: 20% minder verbruik in 2030 ten opzichte van 1990, met een verdere besparing tot 50% in 2050.

In de afspraken van de REKS is vastgelegd dat elke gemeente bijdraagt aan het behalen van de energiedoelen, maar in tegenstelling tot andere regio's, zoals de RES West-Brabant en RES Noordoost-Brabant, is de restopgave niet per gemeente verdeeld. Tilburg heeft dus geen vast aantal kWh toegewezen gekregen, maar werkt wel aan de gezamenlijke doelstellingen. Dit betekent onder andere dat er zonnepanelen worden geplaatst op daken en windturbines op geschikte locaties, waaronder de twee windprojecten bij De Spinder en langs de A58 (Spinderwind, 2025). Daarnaast worden er nieuwe energiehub's ontwikkeld en een regionaal ontwikkelbedrijf opgezet, waarbij Tilburg de voortrekkersrol op zich neemt.

Via Reader is er inzicht in de hoeveelheid opgewekte energie via zon-op-dak tot en met 2023 voor Loven. Tot en met 2023 zijn er 111 verschillende installaties die gezamenlijk bestaan uit 17.792 panelen met een totaal vermogen van 6,76m Megawattpiek. In afbeelding 5 is de opbouw in de afgelopen jaren weergegeven van het aantal installaties, het aantal panelen en de hoeveelheid megawattpiek.



Afbeelding 5: Inzicht in aantal installaties, aantal panelen en megawattpiek zon-op-dak Loven (Reader, 2025).

2.5 Walstroomvoorzieningen Loven

Er zijn op dit moment geen walstroomvoorzieningen beschikbaar op Loven.

2.6 Tussenconclusie schets van de haven van Tilburg

De haven van Tilburg speelt een belangrijke rol in de logistieke infrastructuur van de gemeente en is strategisch verbonden met water, spoor en weg. Industrierrein Loven, gelegen aan het Wilhelminakanaal, is een cruciale logistieke hub met diverse bedrijvigheid en kadegebonden activiteiten. Ondanks de sterke multimodale ontsluiting en het belang van het gebied voor de regionale economie, zijn er enkele knelpunten en uitdagingen die aandacht vereisen.

Een van de grootste uitdagingen is de netcongestie in Tilburg. Zowel op het regionale als het hoogspanningsnet is er beperkte of geen transportcapaciteit beschikbaar voor nieuwe aansluitingen, wat de elektrificatie en verduurzaming van bedrijven belemmert. Hoewel congestiemanagement enige ruimte kan creëren, blijft de vraag groter dan de beschikbare capaciteit, waardoor duurzame initiatieven vertraging kunnen oplopen.

Daarnaast ontbreekt inzicht in de mate van elektrificatie bij bedrijven op Loven. Er is ook geen centrale registratie van energieverbruik en -opwek, wat het lastig maakt om een concreet beeld te schetsen van de energiebehoefte en de potentie voor verduurzaming. Wel is er inzicht in het aantal zon-op-dak installaties, het aantal panelen dat is geïnstalleerd en het vermogen in megawattpiek. Ook is er inzicht in de nettopologie op Loven. Tilburg heeft ambitieuze doelen binnen de REKS-regio Hart van Brabant. Loven is in de REKS niet gedefinieerd als energie hub.

Tot slot blijkt uit de analyse dat er momenteel geen walstroomvoorzieningen aanwezig zijn op Loven. Dit betekent dat schepen die aanmeren nog steeds afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen voor hun energievoorziening. Gezien de verduurzamingsopgave en de groeiende druk op het elektriciteitsnet, is het belangrijk om verder te onderzoeken hoe walstroom kan bijdragen aan zowel emissiereductie als een efficiënter energiegebruik binnen het havengebied.

3. Tilburg – de prognoses

In dit hoofdstuk worden, waar mogelijk, prognoses voor de elektriciteitsvraag beschreven. Een indicatie van de toekomstige elektriciteitsbehoefte is van belang voor een passende oplossing. Door gebruik te maken van reeds bestaande onderzoeken en analyses, waar mogelijk aangevuld met specifieke lokale informatie, wordt geprobeerd om een zo goed mogelijke prognose te maken voor de elektriciteitsvraag.

Van belang is om te realiseren dat een prognose een inschatting is van de toekomst op basis van de huidige stand der techniek en slechts een indicatie geeft.

3.1 Prognose benodigd vermogen walstroom

De gemeente Tilburg is aangesloten bij het Walstroomcollectief. Dit is een informele samenwerking tussen havens, vaarwegbeheerders, provincies en gemeenten met als doel de juiste walstroomvoorziening op de juiste locatie. In 2022 is door Port Solutions Rotterdam B.V. in opdracht van het Walstroomcollectief een 'inventarisatie vermogensbehoefte' uitgevoerd. Deze inventarisatie geeft inzicht in de vermogensbehoefte per locatie op basis van het te verwachte type en aantal schepen dat gebruik maakt van de faciliteiten in de haven van Tilburg. In tabel 3 is de inventarisatie vermogensbehoefte van de locatie Loven weergegeven (Port Solutions Rotterdam B.V., 2022).

Het type schip dat gebruik maakt van de insteekhaven Loven is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 2

Type schip, frequentie en duur gebruik locatie

Type schip	Frequentie	Duur gebruik
Spits – voor opwaardering	2 tot 3 maal per week	Gedurende laad- en losactiviteiten
Kempenaar – voor opwaardering	1 tot 2 maal per week	Gedurende laad- en losactiviteiten
Europaschip – na opwaardering	Nog niet bekend	Gedurende laad- en losactiviteiten
Containerschip Kempenaar – na opwaardering	Meerdere schepen per dag	Gedurende laad- en losactiviteiten

Waarschijnlijk zullen Europaschepen pas de insteekhaven Loven kunnen bereiken na opwaardering naar volledig klasse IV. De diepgang in fase 1,5 kan slechts minimaal vergroot worden.

In tabel 3 is de minimale vermogensbehoefte weergegeven op Loven.

Tabel 3

Vermogensbehoefte locatie Loven, gemeente Tilburg

Locatie	Aansluitingen	Vermogensbehoefte
Insteekhaven Loven	Minimaal 2 aansluitingen (na opwaardering)	Maximaal 400 volt, 32 ampère voor opwaardering. Maximaal 400 volt, 40 ampère na opwaardering. Er is onvoldoende inzicht in de verschillende locaties in de insteekhaven om het minimaal aantal aansluitingen te benoemen.

3.2 Prognose benodigd vermogen opladen van middelzware- en zware voertuigen

Het totaal aantal bestelauto's en trucks per bedrijventerrein vormt de basis voor het maken van prognoses van logistieke laadvraag. Nederland telt circa 1 miljoen bestelauto's (categorie N1) en meer dan 150 duizend trucks (waaronder bakwagens en trekker-opleggers, categorie N2/N3). Door de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL) is een Outlook Logistiek en Bedrijventerreinen opgesteld (NAL, 2025). Deze outlook is gebaseerd op CBS-onderzoek naar standplaatsen van logistieke voertuigen. Dit geeft beste inschatting waar deze voertuigen 's nachts staan (de zogenaamde stand- of rustplaats); dit zijn de meeste logische locaties waar de voertuigen ook kunnen worden opgeladen. In tabel 4 is voor de locatie Loven weergegeven hoeveel bestelwagens en trucks de Loven als stand- of rustplaats gebruiken, zoals weergegeven in de outlook van de NAL.

Tabel 4*Standplaatsen logistieke voertuigen (NAL, 2025).*

Locatie	Aantal bestelwagens	Aantal trucks
Industrieterrein Loven	611 - 634	477 - 589

ElaadNL maakt gebruik van scenario's om schattingen te maken van de mate van elektrificering van bestelauto's en trucks voor de jaren tot en met 2050. Deze scenario's worden als basis gebruikt voor de inschatting van het toekomstige aantal elektrische logistieke voertuigen per bedrijventerrein. Op basis van gemiddelde jaarkilometrages (CBS) en verbruik per type voertuig is door ElaadNL ingeschat wat voor additionele energievraag en additionele vermogensvraag dit per bedrijventerrein met zich meebrengt. ElaadNL gebruikt vervolgens laadprofielen om te bepalen op welk moment van de dag die energie met welk vermogen zal worden geladen. Dit laadprofiel is weergegeven in afbeelding 6.

**Afbeelding 6:** *Gemiddeld laadprofiel bedrijventerrein (ElaadNL, 2025)*

Door de vermogens voor alle elektrische voertuigen per bedrijventerreinen bij elkaar op te tellen ontstaat een beeld van de extra vermogensvraag dat op een bedrijventerrein te verwachten is. In tabel 5 is dit weergegeven voor Loven, uitgaande van het midden scenario van ElaadNL.

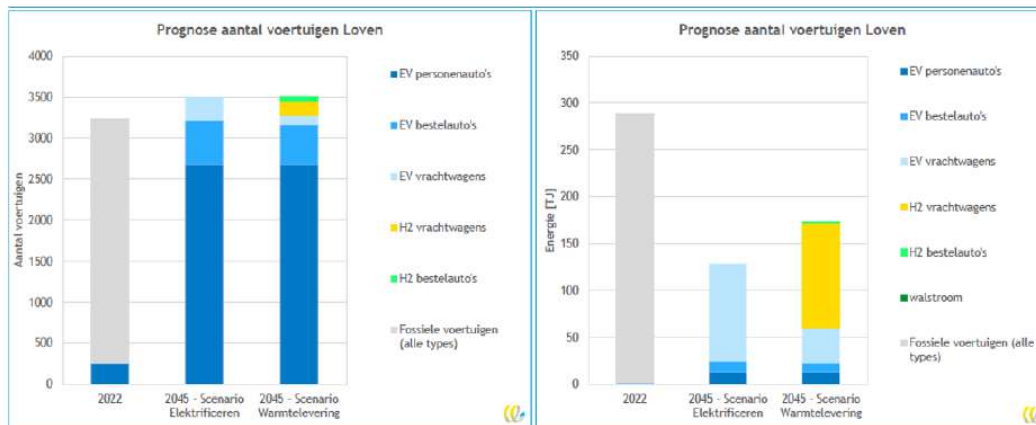
Tabel 5*Geschat bijbehorend additioneel vermogen en additionele elektriciteitsvraag (NAL, 2025).*

Locatie	Jaar	Aantal e-bestelwagens	Aantal e-trucks	Additionele elektriciteitsvraag in GWh ¹	Additioneel vermogen in MW
Loven	2050	634	530	37	21 MW

¹ Additionele elektriciteitsvraag heeft betrekking op het vaststellen van het totale verbruik van elektriciteit over een bepaalde tijd.

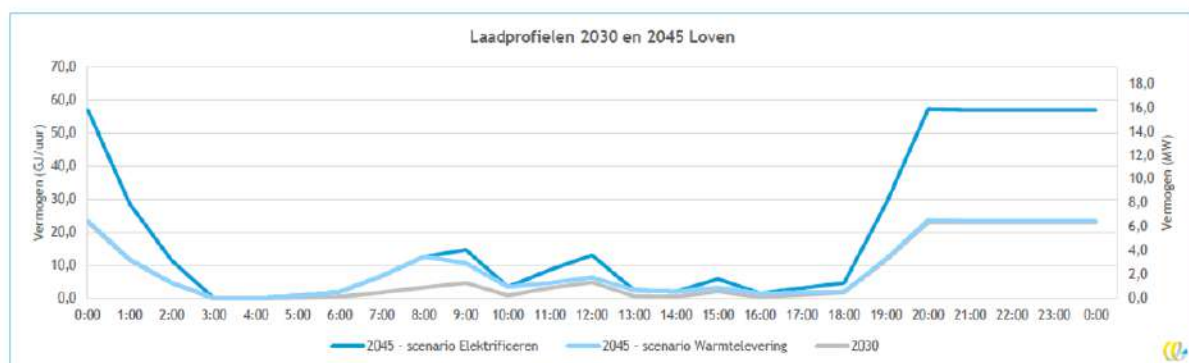
Het additioneel vermogen heeft betrekking op het vaststellen van de maximale belasting op een specifiek moment.

Door CE Delft is eerder onderzoek gedaan naar de laadprofielen van Loven op basis van prognoses van het aantal voertuigen op Loven. In onderstaande grafieken, weergegeven in afbeelding 7, zijn de prognoses voor het aantal voertuigen in 2030 en 2045 weergegeven.



Afbeelding 7: Prognoses aantal voertuigen en energievraag (CE Delft, 2023).

Op basis van de prognoses van het aantal voertuigen en de energievraag zijn laadprofielen voor 2030 en 2045 opgesteld. Deze laadprofielen zijn in afbeelding 8 weergegeven.



Afbeelding 8: Laadprofielen (CE Delft, 2023).

Naast de laadvraag van bestelauto's en trucks is het denkbaar dat er een laadvraag is of ontstaat voor industriële middelzware voertuigen, zoals bijvoorbeeld elektrische heftrucks. Deze laadvraag is niet meegenomen in de scenario's van ElaadNL of CE Delft.

3.3 Prognose benodigd vermogen opladen elektrische scheepvaart

Batterij-elektrische vaart lijkt op dit moment een van de belangrijkste kandidaten om de binnenvaart duurzamer te laten varen. Voor het varen met batterijcontainers leent de containervaart zich om een aantal praktische redenen het meest. De containervaart heeft doorgaans contracten voor langere tijd en vaart over het algemeen korte en vaste trajecten. Dit zijn factoren die gunstig zijn voor een financiering en voor nauwkeurige bepaling van vermogensbehoefte. Daarnaast zijn er op het schip geen grote aanpassingen nodig om de containers te kunnen plaatsen en kunnen de containers bij de terminals middels de aanwezige kranen makkelijk gewisseld worden. In de outlook 'Tegen de stroom in varen De ontwikkeling van batterij-elektrische binnenvaart in Nederland tot en met 2035' van E-laad is een prognose gegeven van het aansluitvermogen per containerterminal in 2025. Deze prognose is in bijlage B weergegeven. In Tilburg zijn meerdere containerterminals aanwezig. Het is denkbaar dat een hub voor batterijcontainers geplaatst wordt in de haven, omdat de wens is om op een bestaande containerterminal hubs te creëren voor het wisselen van batterijen zodat dit zo min mogelijk ingrijpt in de logistieke keten. Het is onvoldoende duidelijk of dit een realistisch scenario is. Daarom is dit niet meegenomen in de prognoses.

Ook wordt op dit moment gewerkt aan de mogelijkheid om kleine binnenvaart te elektrificeren met een vaste accu aan boord, qua vermogen en gebruik gelijk aan de accu van een elektrische truck. Echter, deze ontwikkeling is nog zo nieuw dat er nog geen schepen van dit type zijn en nog geen aansluitpunten. Daarom is het onmogelijk om een indicatie te geven van het benodigd vermogen van deze vorm van elektrische scheepvaart.

3.4 Prognose overig benodigd vermogen havengebied

Er is op dit moment geen inzicht in de mate van elektrificatie van bedrijven in de haven van Tilburg op basis waarvan een prognose voor de toekomst doorgerekend kan worden. Dit geldt ook voor de behoefte aan laadvermogen voor elektrische auto's (zowel op openbare plekken als bij bedrijven) en laadvermogen voor middelzware industriële voertuigen. De gemeente heeft (nog) geen inzicht in de informatie van bedrijven, vanwege de gevoeligheid van deze gegevens en/of omdat bedrijven deze informatie zelf niet inzichtelijk hebben. Bovendien bestaat er geen openbaar toegankelijke centrale registratie van gegevens over energieverbruik en -opwek, waardoor het monitoren van energiebehoeften niet mogelijk is.

Het is momenteel niet haalbaar om een profiel op te stellen van individuele bedrijven om de mate van elektrificatie te schatten, zoals dat wel mogelijk is voor bijvoorbeeld elektrificatie van transport. Elk bedrijf in de haven heeft een unieke energiebehoefte en mate van elektrificatie, die volledig afhangt van de aard van de activiteiten, de omvang van de operaties en het gebruik van technologieën.

3.5 Prognose lokaal opgewekt vermogen

Een vijfde aspect van de prognoses is gericht op het te verwachten lokaal opgewekte vermogen. Dit omvat de geschatte hoeveelheid elektriciteit die ter plaatse wordt opgewekt, bijvoorbeeld door middel van zonnepanelen, windmolens of andere duurzame energiebronnen. Het inschatten van de lokale opwek is van belang om de totale elektriciteitsbalans in de Tilburgse haven en specifiek Loven beter te begrijpen en eventuele afhankelijkheid van externe bronnen te verminderen. Cable pooling, zoals toegelicht in paragraaf 2.2 'Situatie netcongestie Tilburg' biedt kansen om lokaal opgewekt vermogen beter in te zetten.

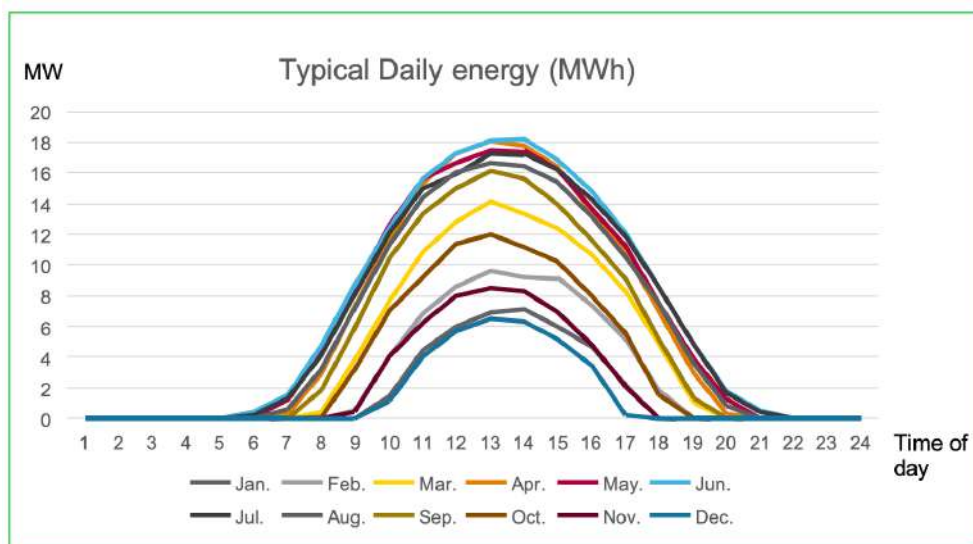
PV-installaties

In het onderzoek van CE Delft is een overzicht gegeven van de mogelijkheden van zon-op-dak in Loven. Dit is weergegeven in afbeelding 9. CE Delft zegt hierover: *“Gegevens van zon op dak komen uit 2021, de werkelijke opwek in 2023 ligt daardoor mogelijk hoger. De potentieberekening is gebaseerd op het beschikbare dakoppervlak in het bedrijventerrein. Sommige dakconstructies zijn niet sterk genoeg voor panelen en dus ongeschikt. Er is verder geen rekening gehouden met de congestieproblematiek in deze analyse”*.



Afbeelding 9: Overzicht zon op dak Loven (CE Delft, 2023).

Schneider Electric heeft in haar studie ook een prognose gegeven van de potentie van zon op dak. In afbeelding 10 is die potentie per maand en gedurende de dag weergegeven. Zichtbaar is dat de potentie nogal afhangt van de tijd van het jaar. In januari is de piek van de opwerk bijvoorbeeld maximaal 6 MWh, in juni is dat meer dan 18MWh.



Afbeelding 10: Potentie zon op dak op Loven (Schneider Electric, 2025).

De potentie waar Schneider Electric vanuit gaat in haar prognoses is behoudend. Op dit moment is op Loven reeds 6,76M Megawattpiek geïnstalleerd, zoals in afbeelding 5 is weergegeven. Er is in 2023 geïnterviewd wat het potentieel is voor zon-op-dak op Loven. Op het terrein zijn 553 geschikte gebouwen geïdentificeerd. Dat geeft een potentie van 176.932 panelen met een potentieel vermogen van 73,43M Megawattpiek (Reader, 2025).

Windenergie

Op basis van Regionale Energiestrategieën (RES 1.0) is in kaart gebracht op welke locaties in 2030 windmolens worden verwacht in de omgeving van de gemeente Tilburg². Dit is in kaart gebracht op de windmolenkaart (TNO, 2025). Deze kaart, zoals in afbeelding 11 is weergegeven, geeft aan dat het aantal windmolens in Tilburg geprognostiseerd voor 2030 als volgt is:

- Geen windmolens op industrieterrein Loven,
- Wel windmolens in andere delen van de gemeente Tilburg en in de buurgemeente Oisterwijk



Afbeelding 11: Windmolenkaart (TNO, 2025).

Windenergie op Loven kan echter een element zijn om een energy hub Loven te versterken. Dat heeft dan vooral te maken met een andere type opwekprofiel dan bij PV.

3.6 Tussenconclusie Tilburg – de prognoses

In dit hoofdstuk zijn verschillende prognoses voor de elektriciteitsvraag in Tilburg weergegeven, met, waar mogelijk, een focus op de specifieke behoeften van de locatie Loven. De prognoses zijn gebaseerd op bestaande onderzoeken en analyses, aangevuld met specifieke lokale informatie, en bieden inzicht in de toekomstige elektriciteitsbehoefte op het gebied van walstroom, het opladen van logistieke voertuigen, de elektrificatie van scheepvaart, en de te verwachten lokale opwek van duurzame energie.

De prognoses voor het benodigde vermogen voor walstroom en het opladen van voertuigen geven een goed overzicht van de verwachte stijging van de energievraag op korte en lange termijn, met name door de elektrificatie van logistieke voertuigen. De prognose voor het opladen van middelzware en zware voertuigen, zoals bestelwagens en trucks, laat een aanzienlijke toename in energievraag zien, met een schatting van 37 GWh aan extra elektriciteitsbehoefte in 2050 voor de locatie Loven. De mate van elektrificatie van bedrijven in de haven en de bijbehorende vermogensbehoefte blijft onzeker en is een belangrijk onderdeel van de prognose voor het benodigd vermogen voor Loven. De verwachte bijdrage vanuit zon-op-dak biedt een belangrijke aanvulling op de energiebehoefte.

Samenvattend, hoewel er een aantal gedetailleerde prognoses beschikbaar zijn, blijven er onzekerheden over de exacte toekomstige vraag naar elektriciteit op Loven, vooral als het gaat om de elektrificatie van de industrie en de havenactiviteiten.

² De locaties van de toekomstige windturbines zijn gebaseerd op de zoekgebieden zoals die in de ingediende plannen van de RES-regio's zijn opgenomen. Deze locaties kunnen in de toekomst nog veranderen.

4. Conclusie en vervolg

Er is een aantal deelvragen gesteld die bij beantwoording gezamenlijk antwoord moeten kunnen geven op de vraag of walstroom kan helpen om de energietransitie op Loven verder te helpen. De beantwoording van deelvragen is onderzocht in de studie door Schneider Electric. In dit hoofdstuk, wordt aan de hand van de informatie die is gedeeld in de vorige hoofdstukken geprobeerd om de deelvragen te beantwoorden om te komen tot een conclusie over de mogelijkheid of walstroom kan bijdragen aan het verder helpen van de energietransitie in Loven.

Wat is het benodigd elektrische vermogen van de verschillende onderdelen van de walstroom installatie op industrieterrein Loven?

Op dit moment zijn minimaal 2 aansluitingen voor 400 volt, 32 ampère voldoende voor de hotelfunctie van binnenvaartschepen. Na opwaardering zijn minimaal 2 aansluitingen van 400 volt, 40 ampère benodigd voor de hotelfunctie. Let wel, dit heeft slechts betrekking op de hotelfunctie. Als schepen de walstroominstallatie gebruiken voor bijvoorbeeld pompen of de autokraan zal dit niet voldoende zijn en zijn ten minste aansluitingen van 400 volt, 63 ampère noodzakelijk.

Als de walstroominstallatie ook wordt ingezet voor het laden van elektrische schepen zal dit vermogen zeker onvoldoende zijn. Vanwege de fase waarin de ontwikkeling van de kleine elektrische binnenvaart zich bevindt is het nog onmogelijk om uitspraken te doen over het benodigd vermogen.

Wat zijn de investeringen en exploitatiekosten van een walstroom installatie?

Op verzoek van het Walstroomcollectief is door het Onshore Power Supply Network een standaard technisch bestek voor een walstroomkast voor de binnenvaart opgesteld. Vanwege deze standaard is er in de markt ook een verregaande standaardisatie opgetreden, waardoor de kosten van een walstroomkast substantieel zijn gedaald. Een inschatting van de kosten ligt tussen de EUR 15.000 en EUR 25.000 voor een walstroomvoorziening. Let wel: dit betreft een standaard walstroomvoorziening die tot 125 ampère kan leveren.

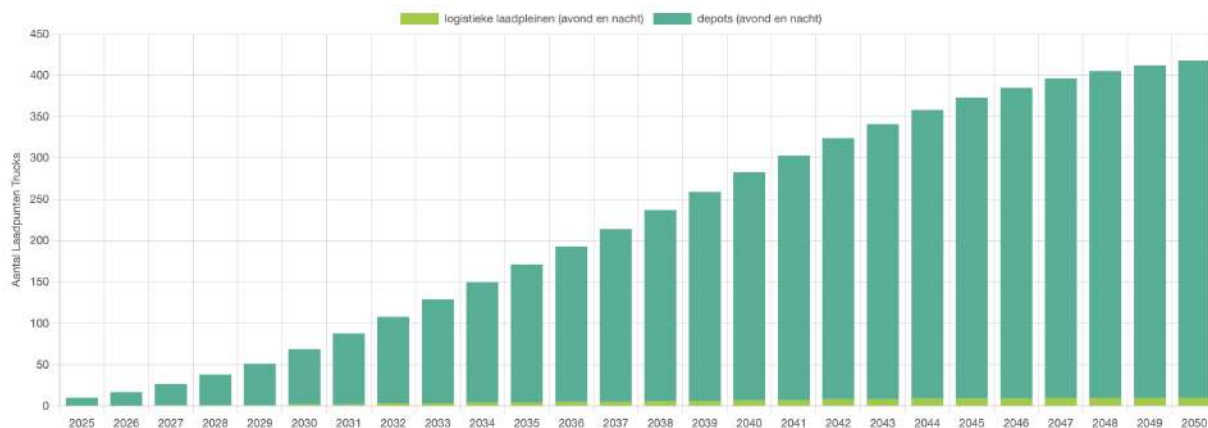
Naast de daadwerkelijke walstroomvoorziening zijn er ook andere kosten. Denk aan de eventuele uitbreiding van een bestaande aansluiting bij Enexis of de aanvraag van een nieuwe aansluiting. De kosten zijn zeer afhankelijk van de omvang van de aansluiting. In bijlage C is een overzicht gegeven van deze tarieven.

Een ander element is de bekabeling van het middenspanningstation naar de walstroomkast en eventueel een middenspanningstation. Als er een nieuwe grootzakelijke aansluiting met een capaciteit van meer dan 3 x 250 ampère (>173 kVA) wordt aangevraagd, dan betreft dit een middenspanningsaansluiting (MS-aansluiting). Afhankelijk van de situatie kan een klantstation vereist zijn. Als ervan uit wordt gegaan dat er sprake is van een aansluiting van >173 kVA, is er inzicht nodig of er ruimte is in een bestaand middenspanningstation of dat er een nieuw station benodigd is. Dat inzicht is er op dit moment niet.

Bij de realisatie van een MS-aansluiting wordt een deel van de infrastructuur door Enexis Netbeheer aangelegd. Dit wordt het gereguleerde deel van de aansluiting genoemd. Het niet-gereguleerde deel van de aansluiting, waaronder de meetinrichting, de transformator, de behuizing en mogelijk een deel van de middenspanningsinstallatie, wordt op rekening van de aanvrager door een extern meetbedrijf uitgevoerd. Een indicatie van deze kosten is in deze fase niet te geven.

Welke kansen voor laadinfrastructuur worden gezien op Loven?

Zowel in de scenario's van ElaadNL als CE Delft wordt ervan uitgegaan dat er een flinke groei zal ontstaan in het aantal elektrische bestelwagens en elektrische vrachtwagens. Hiervoor is veel laadinfrastructuur nodig. ElaadNL heeft ook prognoses gemaakt voor het aantal laadpunten voor elektrische trucks tot en met 2050. In afbeelding 12 is een prognose van het aantal laadpunten voor trucks tussen 2025 en 2050 in het midden scenario weergegeven.



Afbeelding 12: Prognose aantal laadpunten trucks op industrieterrein Loven tussen 2025 en 2050 (ElaadNL, 2025).

Het is onvoldoende duidelijk op welke wijze bovenstaande ingroeiscenario daadwerkelijk in de praktijk zal zijn. Hiervoor zijn gesprekken met de op de Loven gevestigde bedrijven noodzakelijk om inzicht te krijgen in het investeringstempo in elektrificatie van bestelwagens en trucks.

Wat is het benodigd elektrisch vermogen van deze andere laadinstallaties in de industriehaven?

Zoals in tabel 5 in paragraaf “Prognose benodigd vermogen opladen van middelzware- en zware voertuigen” is weergegeven is een inschatting van de additionele elektriciteitsvraag in 2050 37 GWh. Dat betekent dat een additioneel vermogen van 21 MW noodzakelijk is.

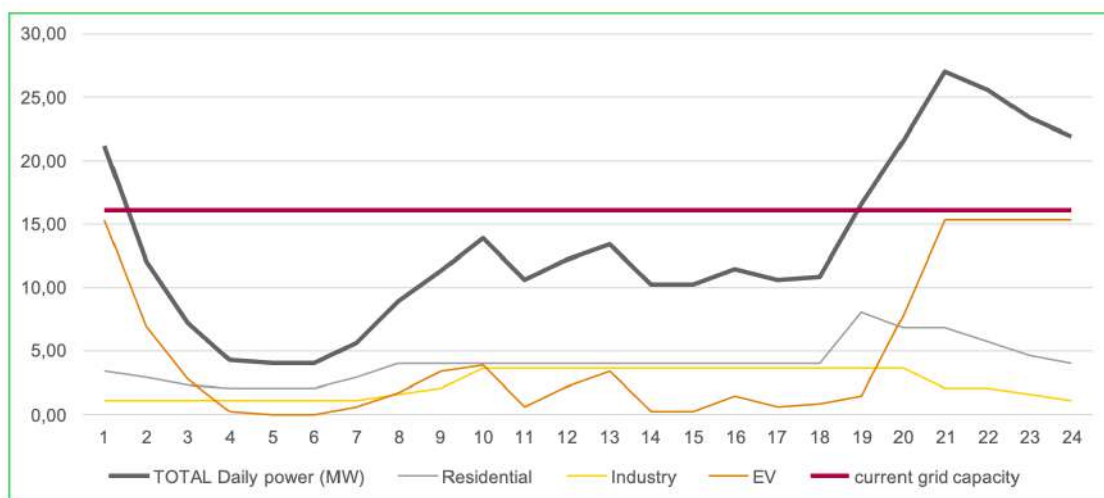
Wat zijn de investeringen en exploitatiekosten van een dergelijke laadinstallatie?

Er is onvoldoende inzicht in het aantal laadvoorzieningen, de timing van de plaatsing en de daadwerkelijke locaties om een juist beeld te geven van de investering en exploitatiekosten van laadinstallaties voor elektrische trucks en elektrische bestelwagens.

Wat zijn de mogelijkheden voor een koppeling met het laden van batterijen?

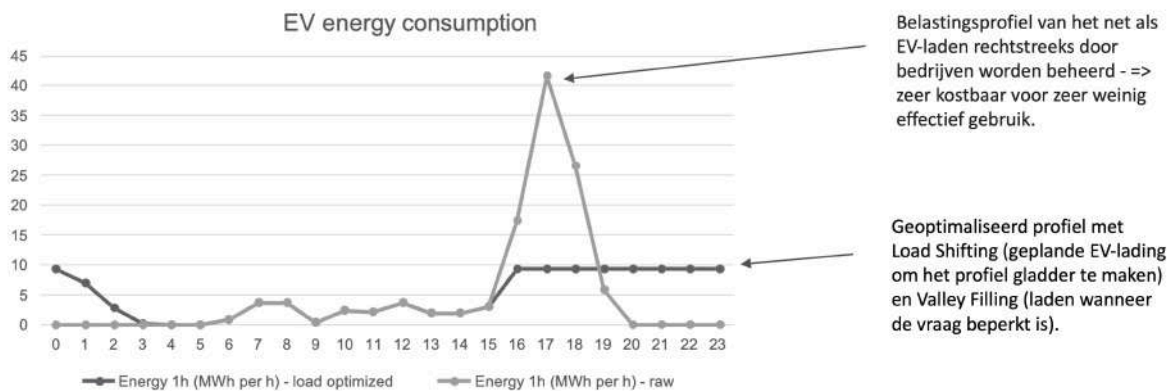
Er zijn goede mogelijkheden voor een koppeling met het laden van batterijen. Dat blijkt uit de studie die is uitgevoerd door Schneider Electric. In onderstaande afbeelding 13 is weergegeven hoe het dagelijks verbruik in MW op industrieterrein Loven gedurende de dag fluctueert.

De rode lijn geeft aan wat de huidige capaciteit op het net is, gebaseerd op de capaciteit van het onderstation. De zwarte lijn geeft het energieverbruik aan. Zoals zichtbaar in de afbeelding is gedurende de periode na 19:00 uur er onvoldoende vermogen beschikbaar. Dit vermogen wordt met name gebruikt voor het laden van auto’s, bestelwagens en trucks.



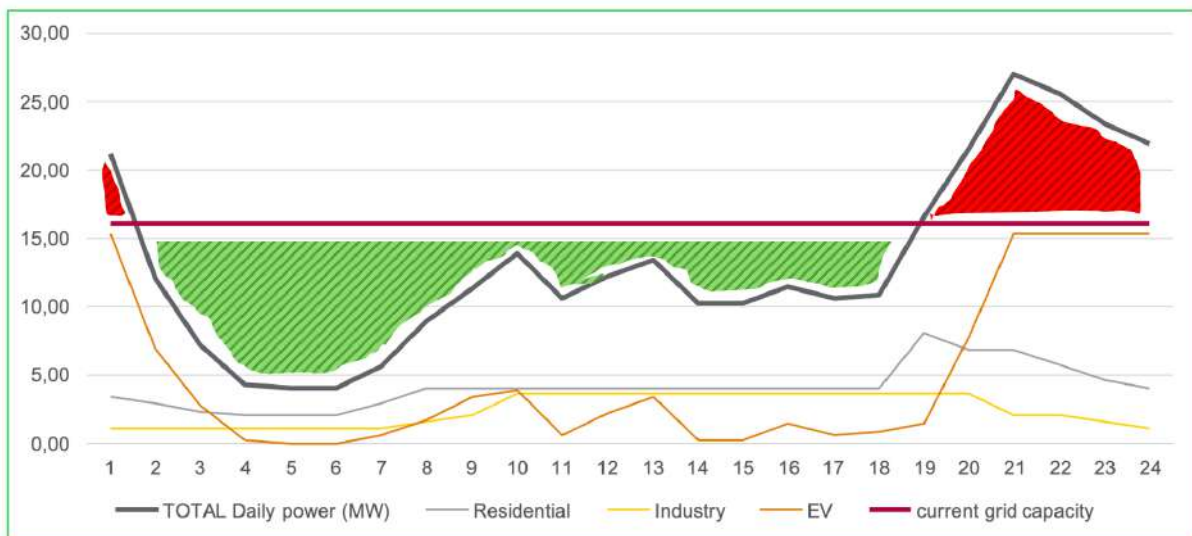
Afbeelding 13: Geconsolideerd profiel electrificatie Loven (Schneider Electric, 2025)

In de schematische weergaven van het geconsolideerde verbruiksprofiel is uitgegaan van 'smart charging'. Het slim gebruiken van EV kan helpen om de beperkingen op het elektriciteitsnet te verminderen, omdat er gebruik gemaakt wordt van de flexibiliteit die kan worden ingezet bij het laden van EV's. Schneider Electric heeft dat schematisch weergegeven. Die weergave is in afbeelding 14 opgenomen.



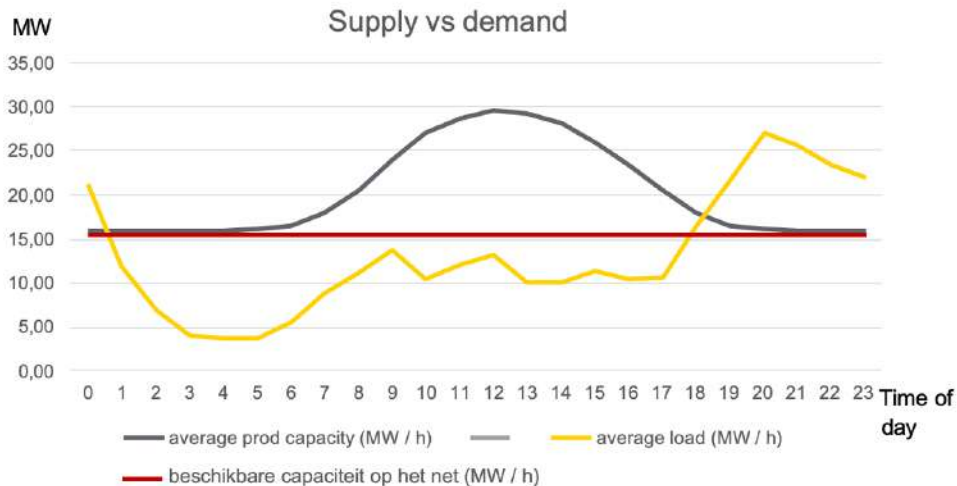
Afbeelding 14: Profielen elektrisch laden EV's met en zonder loadbalancing (Schneider Electric, 2025).

Als het dagelijks verbruik wordt geanalyseerd, is het duidelijk dat de tijd tussen 19:00 uur en 02:00 uur de energievraag groter is dan de capaciteit op het net. Dit is rood gearceerd in onderstaande afbeelding 15. Gedurende de tijd tussen 02:00 uur en 19:00 uur is de energievraag kleiner dan de capaciteit op het net. Dit zou opgevangen kunnen worden door het inzetten van een batterijsysteem. Deze batterij kan worden geladen gedurende de momenten dat de vraag kleiner is dan de capaciteit en worden ingezet om de pieken in de vraag op te vangen.



Afbeelding 15: Inzicht in mogelijkheden voor inzet batterijsystemen.

Het is interessant om naast bovenstaande gemiddeld dagelijks verbruiksprofiel ook de potentie van zon op dak mee te nemen, zoals die eerder in paragraaf 3.5 prognose lokaal opgewekt vermogen is opgenomen. Schneider Electric heeft in haar studie die gegevens gecombineerd, zoals weergegeven in afbeelding 16. In deze afbeelding is een gemiddelde dag genomen, waarbij de opwek circa 15 MW is.



Afbeelding 16: Vraag en aanbod Loven (Schneider Electric, 2025).

De opwek van zonne-energie vergroot het verschil tussen elektriciteitsvraag en -aanbod. Dit komt doordat zonnepanelen voornamelijk overdag energie produceren, terwijl de vraag naar elektriciteit voor elektrische voertuigen (EV's) met name 's nachts plaatsvindt. Een mogelijke oplossing is het onderzoeken van prikkels om EV's overdag op te laden en het Vehicle-to-Grid (V2G)-concept toe te passen. Dit zou kunnen bijdragen aan netbalancering door voertuigen tijdelijk energie terug te laten leveren. Echter, voor de logistieke sector brengt dit aanzienlijke uitdagingen met zich mee vanwege de operationele complexiteit van laadbehoeften.

Een van de meest effectieve manieren om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen, is batterij-energieopslag (BESS - Battery Energy Storage System). Zonder opslagcapaciteit kan het noodzakelijk zijn om de productie van zonne-energie te beperken om overproductie en netcongestie te voorkomen. Schneider Electric geeft in haar studie een voorlopige dimensionering van een BESS-systeem van meer dan 12 MW gedurende 3 uur.

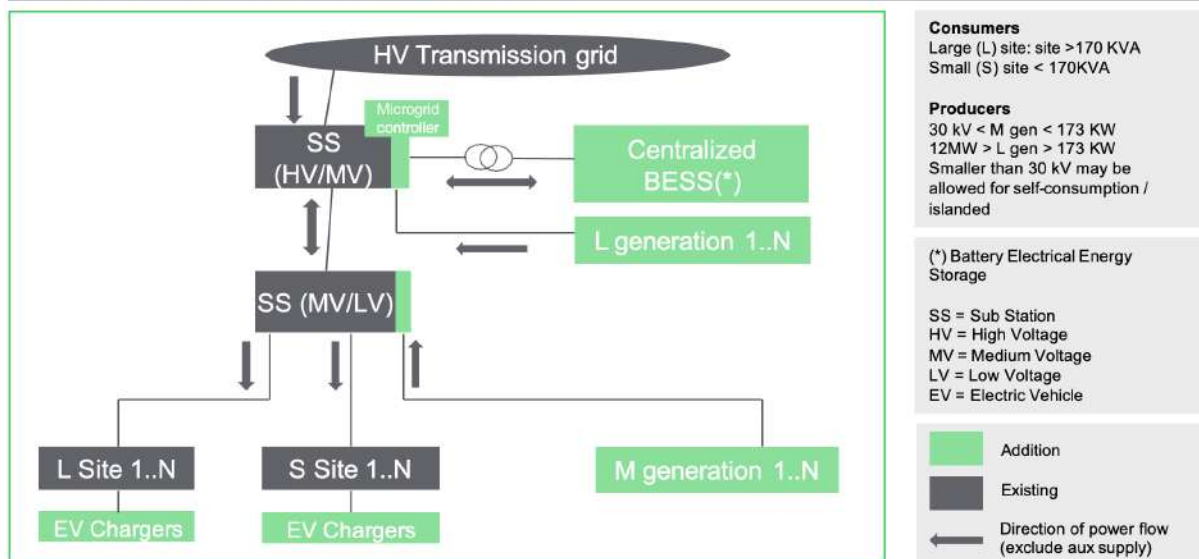
Op welke wijze kan een combinatie gestructureerd worden om met een zo klein mogelijke netaansluiting het benodigd vermogen voor beide zaken te realiseren?

Afbeelding 15 geeft inzicht in het verbruiksprofiel in combinatie met de potentie van PV op Loven. Dit geeft inzicht in de mogelijkheid van een BESS om dat verbruiksprofiel af te vlakken. Dit inzicht is door Schneider Electric verwerkt tot een schematische weergave van de elektrische infrastructuur, waarin de belangrijkste componenten en verbindingen worden weergegeven. In afbeelding 16 is deze schematische weergave opgenomen. Deze afbeelding toont een conceptueel elektrisch schema van een energienetwerk waarin elektrische voertuigen (EV's), batterij-energieopslagsystemen (BESS) en energieopwekking geïntegreerd zijn. Dit schema beschrijft een geïntegreerd energiesysteem waarin:

- EV-laders elektriciteit ontvangen van het net.
- Energieopslag (BESS) helpt om vraag en aanbod in balans te houden.
- Lokale energieopwekking bijdraagt aan de stroomvoorziening.
- Een microgrid-controller dynamisch energiebeheer mogelijk maakt.

Een nadere duiding van afbeelding 17 is in bijlage D opgenomen.

Electrical Concept Scheme



Afbeelding 17: Schematische weergave van de elektrische infrastructuur (Schneider Electric, 2025).

Welk afnamevolume kan op korte termijn gerealiseerd worden voor de verschillende onderdelen?

Zoals uit de prognoses in hoofdstuk 3 valt te concluderen is er op dit moment onvoldoende inzicht in het daadwerkelijk afnamevolume op korte termijn. De reden hiervan is dat de geschetste prognoses lange termijn prognoses zijn en het onduidelijk is met welke sprongen bepaalde ontwikkelingen gaan.

Om inzicht in deze korte termijn afnamevolumes te verkrijgen is het noodzakelijk om met gebruikers van de verschillende onderdelen in gesprek te gaan over toekomstige mate van elektrificatie en het gewenste tempo hierin.

Wat zijn de mogelijkheden voor het optimaliseren van load balancing in de industriehaven Loven?

De schematische weergaven van de elektrische infrastructuur op Loven is gebaseerd op de inzet van een Virtual Power Plant (VPP). Een VPP is een systeem dat verschillende gedistribueerde energiebronnen, zoals zonnepanelen, batterijsystemen (BESS) en elektrische voertuigen (EV), combineert en deze optimaal beheert om de efficiëntie te verhogen en kosten te verlagen. Load balancing is daarmee de basis van een VPP.

De volgende vereisten zijn essentieel voor de implementatie en werking van een VPP:

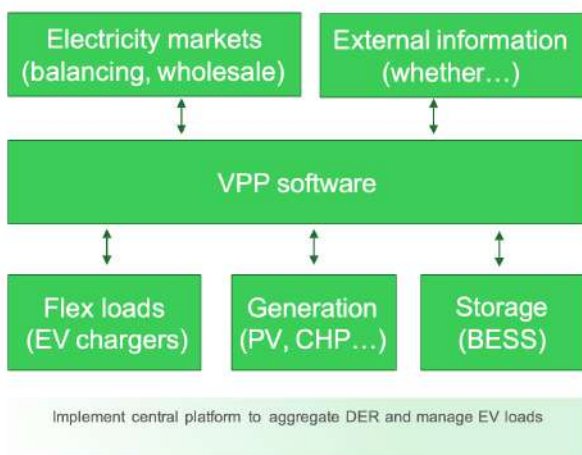
- De mogelijkheid om verschillende energiebronnen samen te voegen. Een van de fundamenteën van een VPP is het vermogen om meer dan 100.000 gedistribueerde activa (energiebronnen) te verzamelen en te beheren. Dit betreft energiebronnen zoals zonne-energie, en verbruiksbronnen zoals gebouwen en industriële installaties. Deze gedistribueerde systemen moeten effectief worden samengebracht om het totale energieverbruik en de opwek te optimaliseren.
- Voorspelling van verbruik en opwek. Het is essentieel dat een VPP nauwkeurige voorspellingen kan maken van zowel het energieverbruik (in gebouwen, industrieën en elektrische voertuigen) als de energieopwekking (vooral van zonne-energie en batterijsystemen). Deze voorspellingen zijn cruciaal voor een efficiënte planning en energiedistributie.
- Aansturing voor afvlakken van pieken en het optimaal verbruik van zonne-energie. De VPP moet in staat zijn om de opwek van zonne-energie optimaal te benutten door zelfverbruik te maximaliseren en piekbelastingen te verminderen. Dit vereist een geavanceerd systeem dat energie effectief distribueert naar de juiste gebruikers op het juiste moment.
- Slim beheer van EV-laadvermogen. Elektrische voertuigen (EV's) spelen een steeds grotere rol in de energiemix. Het slimme beheer van het laadvermogen van EV's is noodzakelijk om pieken in het netwerk te vermijden en tegelijkertijd de kosten van elektriciteit te optimaliseren.
- Integratie met de elektriciteitsmarkt en optimalisatie van kosten. De integratie van de VPP met elektriciteitsmarkten is essentieel om de kosten van elektriciteit te optimaliseren. Door in te spelen op

vraag en aanbod kan de VPP bijdragen aan een efficiënter gebruik van elektriciteit en kostenbesparingen realiseren voor gebruikers.

- **Cybersecurity.** Vanwege de steeds grotere afhankelijkheid van digitale systemen, is het waarborgen van de cybersecurity van belang voor de bescherming van de gegevens en de infrastructuur van de VPP. Een robuust cybersecuritybeleid is noodzakelijk om ongeautoriseerde toegang en potentiële cyberaanvallen te voorkomen.
- **Schaalbaarheid.** De VPP moet schaalbaar zijn, zodat het systeem kan uitbreiden naarmate meer energiebronnen worden toegevoegd. Het vermogen om het systeem effectief op te schalen is essentieel voor de lange termijn groei en het succes van de VPP.

In onderstaande afbeelding 18 is dit door Schneider Electric schematisch weergegeven.

Digital Concept Scheme



Afbeelding 18: Schematische weergave van de elektrische infrastructuur (Schneider Electric, 2025).

Welke effecten op luchtkwaliteit en stikstofreductie kunnen gerealiseerd worden bij de realisatie van walstroom én de totale installatie?

Het is momenteel nog niet mogelijk om een indicatie te geven van effecten op de luchtkwaliteit en stikstofreductie vanwege verschillende onzekerheden. De snelheid van de implementatie van walstroom, de mate van elektrificatie van schepen, de mate van elektrificatie van vrachtwagens en bestelbussen en de snelheid van uitbreiding van zon op dak zijn allemaal nog onduidelijk. Deze factoren beïnvloeden het tempo van stikstofreductie en luchtkwaliteitsverbetering.

Zodra er meer duidelijkheid is over deze aspecten, kunnen er gefundeerde voorspellingen gemaakt worden over de effecten van walstroom en de elektrificatie van vervoer op de luchtkwaliteit.

4.1 Nadere uitwerking

Een aantal onderwerpen verdient nadere uitwerking om te komen tot een vervolg voor de realisatie van walstroom dat tegelijkertijd als vliegwiel kan dienen voor de verdere elektrificatie van Loven. Dat zijn de onderstaande onderwerpen. Voor alle onderstaande genoemde onderwerpen geldt: **de inzichten in dit rapport dat is opgesteld naar aanleiding van de studie van Schneider Electric biedt kansen om te experimenteren met de inzet van centrale laadpleinen, een energiecollectief, cable pooling en andere initiatieven zolang er netcongestie bestaat. Ook geldt dat afstemming met het project Energiehubs Loven essentieel is om gezamenlijk een optimaal resultaat behalen.**

Walstroom

Het is mogelijk om met de huidige kennis en de huidige situatie rondom netcongestie op de juiste locaties op Loven walstroomvoorzieningen te realiseren. Voor de huidige benodigde vermogens zijn geen grote aansluitingen noodzakelijk. Wel is het van belang om rekening te houden met de overige vraag- en aanbodonderdelen in het gehele profiel van Loven. Daarom is het wenselijk om te kiezen voor een walstroomkast gebaseerd op het standaard technisch bestek, waarbij rekening wordt gehouden met een systeemkeuze die later kan communiceren met een VPP.

Walstroom kan hierdoor dienen als vliegwiel voor de verdere elektrificatie van Loven. Hoewel walstroom over relatief kleine vermogens gaat en het amper tot geen invloed heeft op het vraag- en aanbodprofiel van Loven is de realisatie van walstroom een relevante aanleiding om in gesprek te gaan met ondernemers. Én laat het zien dat de gemeente elektrificatie serieus neemt.

Aanbeveling: realiseer walstroomvoorzieningen op Loven. Doe dat conform het standaard technisch bestek voor een walstroomkast voor de binnenvaart. Kies voor een ondersteunend systeem dat flexibel genoeg is om te communiceren met VPP.

Profiel vraag en aanbod elektriciteit

Uit het profiel zoals dat door Schneider Electric is opgesteld blijkt dat zonnepanelen (PV) niet direct kunnen bijdragen aan het tekort aan capaciteit op het net. Overdag als de zon schijnt wordt energie opgewekt via zonnepanelen, terwijl het tekort aan energie tussen 19:00 en 02:00 uur ligt. Dit komt qua moment niet overeen. Dit maakt het moeilijk om PV direct in te zetten om pieken in de vraag te dekken. Een batterijsysteem zou het wel mogelijk maken om PV in te zetten om die piek te dekken.

Om te bepalen of er mogelijkheden zijn om de belasting van het net te verlichten door de inzet van PV, zou het nuttig zijn om in gesprek te gaan met Enexis en TenneT. Het is belangrijk om te onderzoeken of het helpen ontlasten van het netwerk door de stroom naar Tilburg te verminderen tijdens de daguren als er stroom beschikbaar is van zonnepanelen, een voordeel zou kunnen opleveren. Wanneer er wordt gekeken naar het potentieel van lokale zonnepanelen, is het belangrijk dat de opgewekte energie beperkt blijft tot de regio en niet verder het bovenliggende netwerk in stroomt. Dit kan worden bereikt door een goed beheer van de lokale opwek en afname van energie.

Aanbeveling: ga in overleg met TenneT en Enexis om te bepalen of er mogelijkheden zijn om de belasting van het net te verlichten door de inzet van PV.

Bovendien kan het zinvol zijn om zonnepanelen te zien als een aanvullende maatregel om de doelstellingen op het gebied van decarbonisatie te bereiken. Door groene elektriciteit op te wekken, kan een bijdrage worden geleverd aan de verduurzaming van de energievoorziening.

Het daadwerkelijke toekomstige profiel van vraag en aanbod is sterk afhankelijk van de mate van elektrificatie en het tempo daarvan. Een goed beeld hiervan is van groot belang voor het daadwerkelijk vaststellen van welke infrastructuur op welk moment noodzakelijk en/of wenselijk is op Loven om een juiste balans te vinden.

Aanbeveling: intensiveer het overleg met ondernemers op Loven over het onderwerp 'walstroom als vliegwiel voor een schone transitie van kadegebonden activiteiten' en breng op basis van deze gesprekken in kaart wat het daadwerkelijke vraag- en aanbodprofiel de komende jaren zal zijn op Loven.

EV-laadpunten

Het is voor het totale systeem van belang dat bedrijven geen individuele EV-opladers plaatsen. De voorkeur heeft een gecoördineerd beheer van laadpunten via een microgrid-controller. Door het laadproces slim te organiseren, kan de stroomvraag over 24 uur, en bij voorkeur tijdens de nachtelijke uren, beter worden verspreid. Dit helpt om pieken in het energieverbruik te voorkomen en het elektriciteitsnet efficiënter te benutten.

Om dit goed te regelen, is samenwerking nodig tussen ondernemers op Loven, EV-laadoperators en de gemeente. Gezamenlijk kan een businessmodel worden ontwikkeld dat zowel de elektrificatie van vervoer stimuleert als de stabiliteit van het energienet verbetert. Daarnaast is het nuttig om bidirectioneel laden (vehicle-to-grid) verder te onderzoeken. Dit houdt in dat elektrische voertuigen niet alleen energie uit het net kunnen halen, maar ook terug kunnen leveren wanneer dat nodig is. Hierdoor wordt het net flexibeler en stabiel.

Aanbeveling: maak, samen met ondernemers en EV-laadoperators, een businessmodel voor de elektrificatie van vervoer op Loven.

Bouwteam

Bij complexe bouw- en infraprojecten speelt de engineeringfase een cruciale rol in het bepalen van de haalbaarheid, tempo, kosten en uitvoering. Het is een mogelijkheid om in deze fase een bouwteam in te zetten om de samenwerking tussen opdrachtgever, aannemer en adviseurs te optimaliseren.

Een bouwteam is een samenwerkingsvorm waarin de opdrachtgever (de gemeente Tilburg) en specialisten die ook de uitvoering kunnen doen, samenwerken aan de engineering en voorbereiding van een project. In plaats van een traditionele aanbesteding waarin partijen pas later aanhaken, wordt in een bouwteam gezamenlijk gewerkt aan het ontwerp, de kostenoptimalisatie en de uitvoeringsstrategie.

De voordelen van een bouwteam zijn onder andere de volgende:

- Betere afstemming en samenwerking.
- Door vroegtijdige betrokkenheid worden uitvoerbaarheid en ontwerp goed op elkaar afgestemd.
- Problemen en knelpunten kunnen vooraf worden opgelost in plaats van tijdens de uitvoering.
- Kostenbeheersing, door het samen zoeken naar kostenefficiënte oplossingen worden budgetoverschrijdingen op een later moment voorkomen.
- Risico's worden vroegtijdig geïdentificeerd en gemitigeerd, wat faalkosten vermindert.
- Versnelling van het bouwproces
- Doordat een mogelijke uitvoerende partij al betrokken is bij de engineering, kan de bouw sneller starten na de ontwerpfase.
- Parallele processen (zoals vergunningen en technische uitwerking, maar ook de mogelijkheid voor een energiehub op Loven) kunnen efficiënter worden doorlopen.

Het bouwteam kan met het daadwerkelijke vraag- en aanbodprofiel dat is opgesteld naar aanleiding van gesprekken met ondernemers een aantal scenario's opstellen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan:

- Hoe kan een VPP optimaal worden ingericht voor Loven? Is dit door een Load Management System (LMS) op bedrijfsniveau, groepscontractniveau of stationsniveau te plaatsen?
- Welke infrastructuur wordt op welk moment op welke locatie geplaatst? Denk hierbij bijvoorbeeld aan de plaatsing van meerdere kleinere batterijen dicht bij aanbod en vraag? Of is het wenselijk om een grote batterij dicht bij een onderstation te plaatsen?

Het inzetten van een bouwteam in de engineeringfase leidt tot een efficiëntere samenwerking, lagere risico's en een betere kwaliteit van het eindresultaat. Het zorgt ervoor dat technische, financiële en uitvoeringsaspecten al in een vroeg stadium geoptimaliseerd worden, wat uiteindelijk leidt tot een soepeler en succesvoller bouwproces.

Aanbeveling: stel een bouwteam in voor de engineeringfase.

Bibliografie

CE Delft. (2023). *Factsheet Bedrijventerrein Loven – Oktober 2023*. Delft.

E-laad. (2020, oktober). *Tegen de stroom in varen De ontwikkeling van batterij-elektrische binnenvaart in Nederland tot en met 2035*. Opgehaald van E-laad: https://elaad.nl/wp-content/uploads/2022/05/20Q4_Elaad_Outlook_Binnenvaart.pdf

ElaadNL. (2025, 03 10). *groeiscenario's*. Opgehaald van ElaadNL: <https://platform.elaad.io/interactieve-outlook/#groeiscenario's>

ElaadNL. (2025, 03 10). *Laadprofielen*. Opgehaald van ELaadNL: <https://platform.elaad.io/interactieve-outlook/#laadprofielen>

Enexis. (2025, 03 11). *Nieuwe aansluiting aanvragen*. Opgehaald van Enexis: <https://www.enexis.nl/zakelijk/aansluitingen/nieuwe-aansluiting-aanvragen/tarieven-nieuwe-aansluiting#kostenelektriciteitsaansluiting>

Gemeente Tilburg. (2021). *Havens en loswallen*. Tilburg.

NAL. (2025, 03 10). *Laadprognoses voor bedrijventerreinen*. Opgehaald van Nationale Agenda Laadinfrastructuur: <https://platform.elaad.io/interactieve-outlook/#groeiscenario's>

Nationaal Klimaat Platform. (2024, 03 11). Opgehaald van Energieopwek.nl: <https://energieopwek.nl/#nationaal-klimaat-platform>

Netbeheer Nederland. (2024). *Flexvermogen & congestiemanagement*. *NetNL*.

Netbeheer Nederland. (2025, 03 10). Opgehaald van <https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/>

Netbeheer Nederland. (2025, 03 10). Opgehaald van Capaciteitskaart: <https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/>

Port Solutions Rotterdam B.V. (2022). *Handelingsperspectief Tilburg*. Mijnsheerenland.

Port Solutions Rotterdam B.V. (2022). *Inventarisatie vermogensbehoefte*. Mijnsheerenland.

Reader. (2025). Tilburg.

Schneider Electric. (2025). *Report - Process Electrification Practice - Port of Tilburg*. Hoofddorp.

Spinderwind. (2025, 02 27). Opgehaald van <https://www.spinderwind.nl/>

TenneT. (2022, 09 09). Opgehaald van Congestieonderzoek Noord-Brabant Analyse naar beschikbare transportcapaciteit voor afname van elektriciteit onder toepassing van congestiemanagement: <https://tennet-drupal.s3.eu-central-1.amazonaws.com/default/2022-09/Congestieonderzoek%20Noord-Brabant%20-%20Afname.pdf>

TenneT. (2022, 09 09). Opgehaald van Congestieonderzoek Noord-Brabant Analyse naar beschikbare transportcapaciteit voor (duurzame) opwek van elektriciteit onder toepassing van congestiemanagement: <https://tennet-drupal.s3.eu-central-1.amazonaws.com/default/2022-09/Congestieonderzoek%20Noord-Brabant%20-%20Invoeding-correctie.pdf>

TNO. (2025, 03 10). Opgehaald van Windmolens: <https://windmolens.tno.nl/>

Vitaal Tilburg. (2025, 03 10). *Vitaal Loven*. Opgehaald van Vitaal Tilburg: <https://loven.vitaaltilburg.nl/>

Bijlagen

Bijlage A: Terminologie aansluitwaarde en contractvermogen

Bijlage B: Prognose aansluitvermogen per containerterminal in 2035

Bijlage C: Tarieven Enexis

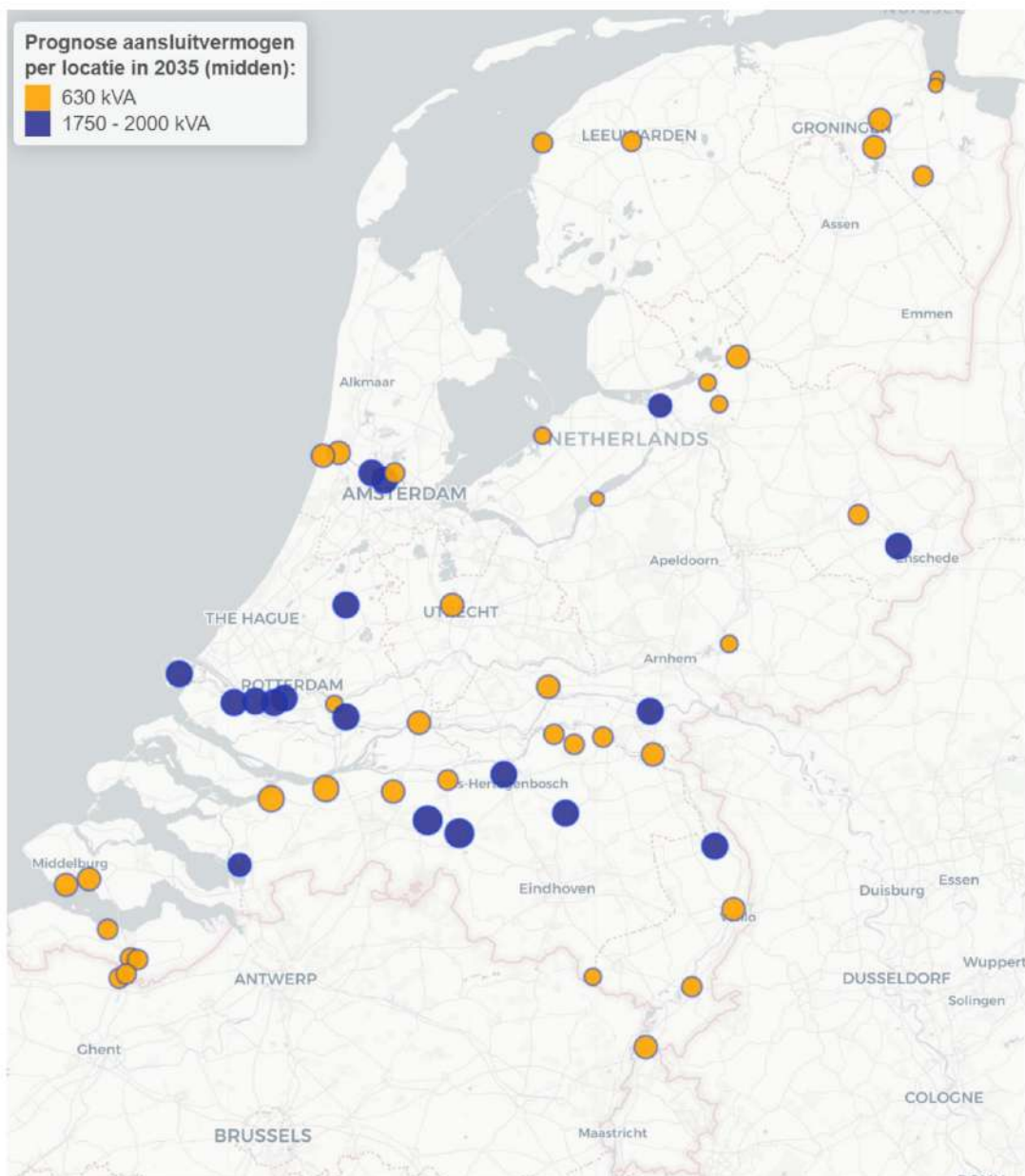
Bijlage D: Toelichting schematische weergaven van de elektrische infrastructuur

Bijlage A: Terminologie aansluitwaarde en contractvermogen

Bij de beschrijving van de eigen voedingspunten worden verschillende eenheden, waaronder ampères (A), kilowatts (kW) en kilovolt ampères (kVA), door elkaar gebruikt bij de aansluitwaarde van de reeds aanwezige eigen netaansluitingen van RWS. Deze eenheden zijn direct overgenomen uit het energie-monitoringsysteem en kunnen allen worden gezien als aanduidingen van het vermogen van de aansluiting. Het vermogen, meestal uitgedrukt in kilowatt (kW), is de hoeveelheid energie die per seconde geleverd kan worden. Bij wisselspanningssystemen bestaat er een verschil tussen het theoretische vermogen dat een bron kan leveren (schijnbaar vermogen: VA of kVA) en het vermogen dat daadwerkelijk door de ontvanger kan worden gebruikt (werkelijk vermogen: W of kW). Als vuistregel geldt: werkelijk vermogen = 0,85 x schijnbaar vermogen. De aansluitwaarde van een middenspanningsaansluiting wordt bijvoorbeeld aangeduid als 630 kVA (schijnbaar vermogen), wat overeenkomt met een werkelijk vermogen van 535,5 kW. Soms wordt een aansluitwaarde uitgedrukt in de vorm van 3 x 63 A, wat betekent dat elke spanningvoerende geleider (L1, L2, L3) een maximale stroom van 63 ampère kan dragen. Hoeveel vermogen een voedingspunt kan leveren, hangt af van de manier van aansluiten, waarbij de relatie tussen vermogen (P), spanning (U) en stroomsterkte (I) geldt volgens de formule $P = U \times I$.

Bijlage B: Prognose aansluitvermogen per containerterminal in 2035

Uit binnenvaartdata afkomstig van Rijkswaterstaat uit 2018 is de spreiding van aankomsten- en vertrekkende containerschepen per haven vastgesteld. Er is per havenlocatie een inschatting gemaakt op de kansrijkheid van laadinfrastructuur voor batterijcontainers op basis van een aantal indicatoren. Uitgaande van het feit dat er bij de elektrificatie van de containervloot een vermogensvraag van zowel aankomende en vertrekkende schepen verwacht kan worden. Data rondom aankomende- en vertrekkende containervaarten vormde daarbij de basis van de kansrijke bepaling. Aan de hand van het aantal elektrische schepen in 2035 volgens het midden scenario is onderstaande figuur tot stand gekomen. Waarbij er onderscheid is gemaakt tussen een laag en hoog aansluitvermogen. De figuur laat zien dat met name in de internationale havens meerdere dicht op elkaar geplaatste containerterminals een mogelijke vermogensvraag gaan creëren. De haven van Rotterdam springt eruit als één van de gebieden waar bij meerdere containerterminals een vermogensvraag zou kunnen uitstaan. Ook in Noord-Brabant (met name langs de Maas) zijn een flink aantal containerterminals, alsook in Zeeland. Het aansluitvermogen ligt bij die terminals vaak lager doordat er veel minder containerschepen per dag komen.



Afbeelding BB1: Prognose aansluitvermogen (E-laad, 2020)

Bijlage C: Tarieven Enexis

Kosten nieuwe elektriciteitsaansluiting

Voor een nieuwe aansluiting met een capaciteit groter dan 3 x 80 ampère (grootverbruikers) biedt Enexis een aantal standaard aansluitingen aan tot een maximale aansluitcapaciteit van 10 MVA.

Is de lengte van de kabels tussen het aansluitpunt in ons netwerk en het overdrachtspunt naar de installatie in uw pand, groter dan 25 meter? Dan wordt er meerlengte in rekening gebracht (excl. boringen en/of straatwerk). Dit geldt voor elke meter boven de 25 meter.

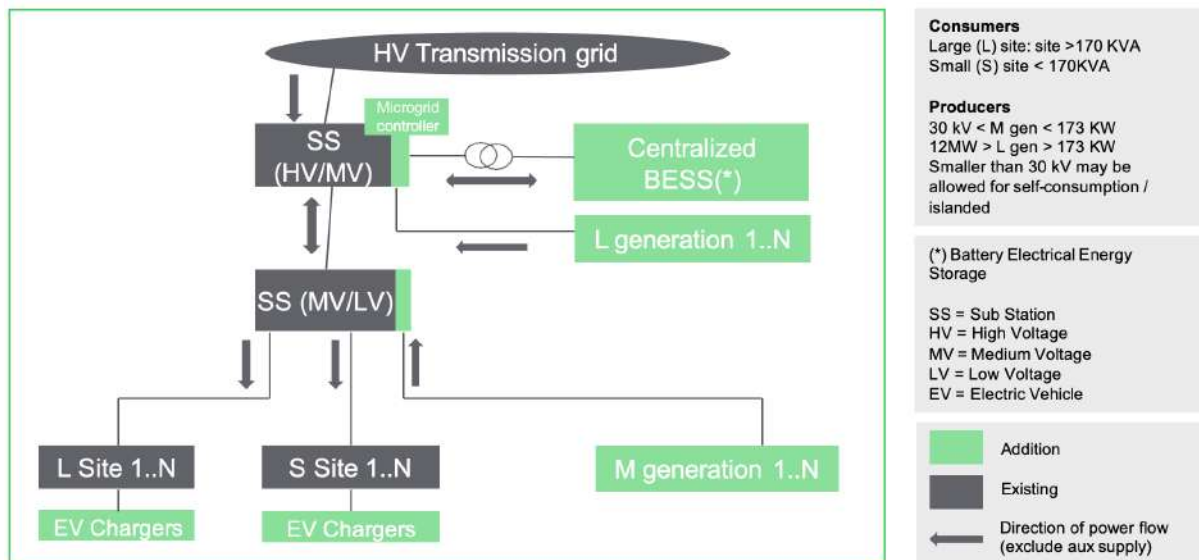
Aansluitcapaciteit	Netvlak	Nominale aansluitspanning	Aansluittarief (excl. btw)	Meerlengte (per meter, excl. btw)
3 x 160 A *	MS/LS	0,4kV	€ 6.118,00	€ 93,35
3 x 250 A *	MS/LS	0,4kV	€ 8.087,00	€ 93,35
630 kVA	MS-D	10/20kV	€ 25.975,00	€ 151,20
1750 kVA	MS-D	10/20kV	€ 57.993,00	€ 151,20
6000 kVA	MS-T	10/20kV	€ 433.390,00	€ 341,40
10000 kVA	HS/MS	10/20kV	€ 617.622,00	€ 400,30
> 10000 kVA	Maatwerk	10/20kV	Maatwerk	Maatwerk

* Bij aansluitingen van 3 x 160 A en 3 x 250 A levert Enexis altijd standaard een aardingsvoorziening via het TN-stelsel.

Afbeelding BD1: Tarieven Enexis (Enexis, 2025)

Bijlage D: Toelichting schematische weergaven van de elektrische infrastructuur

Electrical Concept Scheme



Afbeelding BE1: Schematische weergave van de elektrische infrastructuur (Schneider Electric, 2025).

In de bovenstaande schematische weergave van de elektrische infrastructuur zijn diverse afkortingen termen weergegeven. Onderstaand is nadere toelichting op de schematische weergave geschreven.

HV Transmission Grid ofwel het hoogspanningsnet. Dit is het landelijke of regionale hoogspanningsnet dat energie transporteert naar onderliggende netten.

SS (HV/MV) ofwel een transformatorstation voor hoogspanning/middenspanning. Een transformatorstation (substation) dat hoogspanning omzet naar middenspanning. Dit station wordt beheerd door een microgrid-controller, wat duidt op slimme aansturing en optimalisatie van energiestromen.

SS (MV/LV) ofwel een transformatorstation voor middenspanning/laagspanning. Dit station zet middenspanning om naar laagspanning, nodig voor eindgebruikers zoals laadstations.

De volgende eindgebruikers en installaties zijn opgenomen in het schema:

EV Chargers, dit zijn laadstations voor elektrische voertuigen). Er wordt fictief uitgegaan van twee locaties ("L Site" en "S Site") waar EV's worden opgeladen. L site staat voor een grote netaansluiting. S site voor een kleinere netaansluiting.

M Generation 1..N, dit verwijst naar meerdere energieopweksbronnen (bijv. PV).

Centralized BESS ofwel gecentraliseerde batterijopslag. Een batterij-energieopslagsysteem (BESS) dat energie buffert en terug kan leveren aan het net.

Energierichting en Sturing:

Er zijn pijlen die energiestromen aanduiden tussen de verschillende componenten.

De microgrid-controller speelt een rol bij het optimaliseren van vraag en aanbod.