

# Slim laden van voertuigen op een energiehubs

## Algemeen

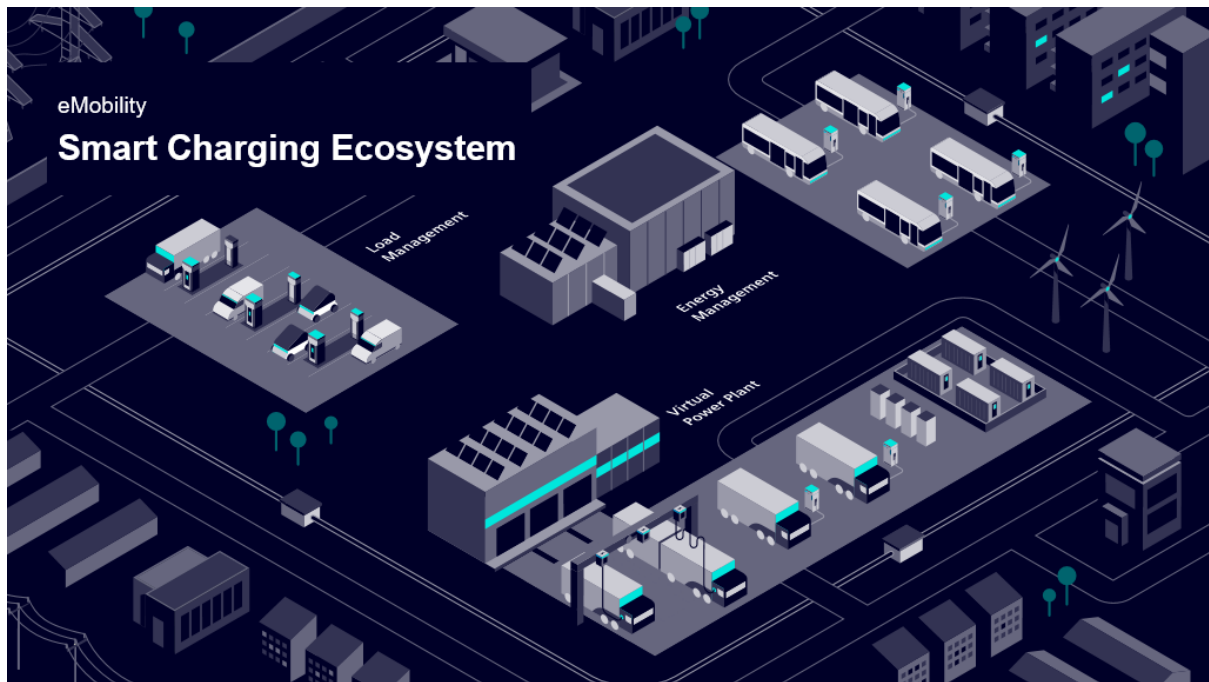
De elektrificatie van mobiliteit stelt met name de logistieke en openbaar vervoerssector voor een groot aantal uitdagingen. Deze uitdagingen ontstaan doordat – in vergelijking met fossiel vervoer – de elektriciteitsmarkt een andere organisatie heeft; dit zowel op gebied van opwek, transport alsook distributie. Opwek is meer lokaal (in meest extreme vorm als zelf-opwek) en distributie ondervindt vaak hinder in de vorm van congestie. Hier vloeit uit voort dat het gebruik van en toegang krijgen tot energie in de juiste hoeveelheid en op de juiste tijd een hoge mate van energiemangement van de gebruiker vereist. Verder is de prijsvorming van elektriciteit in het algemeen volatieler dan de olie/dieselprijs. Dit doordat de elektriciteitsprijs meer bepaald wordt door factoren zoals weersomstandigheden, lokale omstandigheden, gaskoppeling etc.

Tot slot vereist een robuust energiemangement ook dat toegang tot flexibiliteitsmaatregelen is verzekerd om het uiteindelijke operationele proces (laden van voertuigen) zo stabiel en betrouwbaar mogelijk te laten verlopen.

Onderstaande figuur geeft een overzicht van de algehele inrichting van een energiehubs, in de vorm van een laadplein. Er zijn meerdere fysieke en digitale subsystemen te herkennen :

- Zelf-opwek middels wind
- Batterijsysteem
- Netaansluiting
- Laders
- Energiemangement
- Load management
- Virtual Power plant

Vaak bevindt zich op het terrein van het laadplein ook nog een distributiecentrum dat op dezelfde netaansluiting aangesloten is.



Tot slot zij nog vermeld dat om de operatie betrouwbaar van elektriciteit te voorzien het thema *flexibiliteit* belangrijk is. Zie hiertoe de volgende paragraaf.

## Flexibiliteit

Flexibiliteit kan in het algemeen gedefinieerd worden als het vermogen om op elk moment vraag en aanbod op elkaar te kunnen afstemmen. Deze worden veroorzaakt door :

- De noodzaak van het in evenwicht moeten brengen van vraag en aanbod van elektriciteit in elke tijdsperiode.
- De relatieve onvoorspelbaarheid van hernieuwbare (zelf-)geproduceerde elektriciteit.
- Het lokale karakter van de beschikbaarheid van stroom/elektriciteit via het lokale net

Door de verduurzaming van het elektriciteitssysteem zal het karakter hiervan ook veranderen van een vraaggestuurd systeem naar een meer aanbodgedreven systeem.

Om de robuustheid van het elektriciteitssysteem te waarborgen is er daarom behoefte aan flexibiliteit.

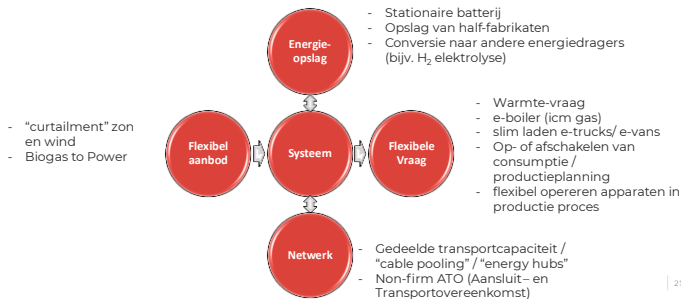
Er zijn verschillende manieren om aan de vraag naar flexibiliteit te voldoen. Flexibiliteit kan zich zowel binnen het productieproces bestaan (bijv. aan zowel de opwek- als aan de gebruikskant, en in de vorm van opslag) alsook op verschillende externe commerciële markten. E.e.a. wordt in de volgende figuur samengevat:

NOODZAAK

IECO

## Waar bevindt zich flexibiliteit in industriële processen?

Flexibiliteit bevindt op meerdere plekken binnen het productieproces



21

### Gebruikskant

Flexibiliteit uit zich door aanpassen (verhogen of verlagen) van de vraag (versneld laden van voertuigen, reductie consumptie etc.)

### Opwekkant

Flexibiliteit uit zich door bijv. afschakelen/curtailment van zonopwek.

### Energie-opslag

Flexibiliteit uit zich door opslag van energie op momenten van lage prijzen en ontladen op momenten van hoge prijzen. Tevens valt onder deze optie de mogelijkheid om energie op te slaan in halffabrikaten of middels de conversie naar andere energiedragers zoals warmte.

### Netwerk

Netwerk refereert aan het transportnetwerk alwaar door flexibele contracten (beperkt) beschikbaar vermogen efficiënt verdeeld kan worden.

### Systeem

Systeem refereert aan marktmechanismen waar flexibiliteit in waarde omgezet kan worden. Deze markten worden beheerd door Tennet op landelijk niveau en DSO's / GOPACS op lokaal niveau.

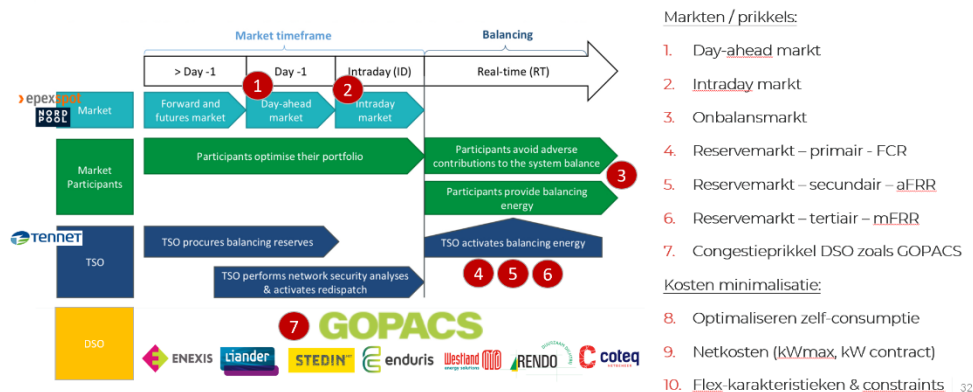
Voor het onderhavige voorbeeld van een laadplein zijn alle bovenvermelde vormen van flexibiliteit toepasbaar.

Tot slot van deze paragraaf is het goed te vermelden dat het containerbegrip flexibiliteit zowel een component bevat gerelateerd aan het zekerstellen van de continuïteit van het operationele proces – i.e. het laden van voertuigen – als ook het verwaarden van beschikbare capaciteit op verschillende commerciële markten. Met name de laatste optie hierboven vermeld – Systeem – en delen van de optie Netwerk lenen zich hiertoe. Meer over deze laatste component in de volgende paragraaf.

## Verwaarding

Voor verwaarding van de flexibiliteit op externe markten (ref. bovengenoemde netwerk en systeemopties) bestaan verschillende mogelijkheden – zie onderstaande figuur.

Bij het verwaarden van flexibiliteit kan je gebruik maken van verschillende markten en prikkels en dient rekening te worden gehouden met kosten-minimalisatie factoren.



Bovenstaande figuur geeft een overzicht van verschillende marktmechanismen die binnen een 48-uurs periode flexibiliteit kunnen leveren/absorberen.

Voor een meer gedetailleerde behandeling van het thema Verwaarding en partijen actief op deze markt zie de separate Deelrapportage Inzet van Flexibel Vermogen (ook onderdeel van het MOOI-EIGEN subsidieproject).

## Toepassingen bij concrete real-life situaties

Een aantal functionaliteiten rondom slim energiemanagement van voertuigen zoals hierboven beschreven is, is mede dankzij subsidieprojecten zoals MOOI-EIGEN doorontwikkeld naar commerciële toepassingen.

Deze paragraaf zal een aantal voorbeelden hiervan uit Heliox' portfolio van commerciële toepassingen beschrijven. De toepassingen zijn te vinden bij meerdere Nederlandse

energiehubs, zoals openbaar vervoer laadpleinen (Arriva, Connexxion, QBUZZ etc.) en bij logistieke hubs (AH, Sligro etc.).

Voor een vervoerder is de allereerste vereiste - afgezien van het uitgangspunt dat elektrificatie het onderliggende operationele proces van mobiliteit zo weinig mogelijk beïnvloedt – dat te allen tijde de fysieke en contractuele netaansluiting niet overschreden wordt. Het managen hiervan tijdens het laden van voertuigen wordt Load Management genoemd.

### Load Management

Load management stelt zeker dat er tijdens het laden van voertuigen geen fysieke of contractuele netaansluitingslimieten overschreden worden. Deze limieten volgen uit contractuele overeenkomsten. Eventuele overschijdingen zijn kostbaar en moeten te allen tijde voorkomen worden. Hierbij moet tevens rekening gehouden worden met het feit dat er vaak nog andere energieverbruikers aanwezig zijn op hetzelfde laadplein (en achter dezelfde meter).

In het algemeen leidt Load Management (LM) voor de gebruiker tot lagere netaansluitingskosten en zorgt voor een meer efficiënte benutting van de beschikbare capaciteit. Het kan gedaan worden op een simpele statische manier of op een dynamische manier. **Statisch LM** werkt op basis van een vaste voorafbepaalde limiet.

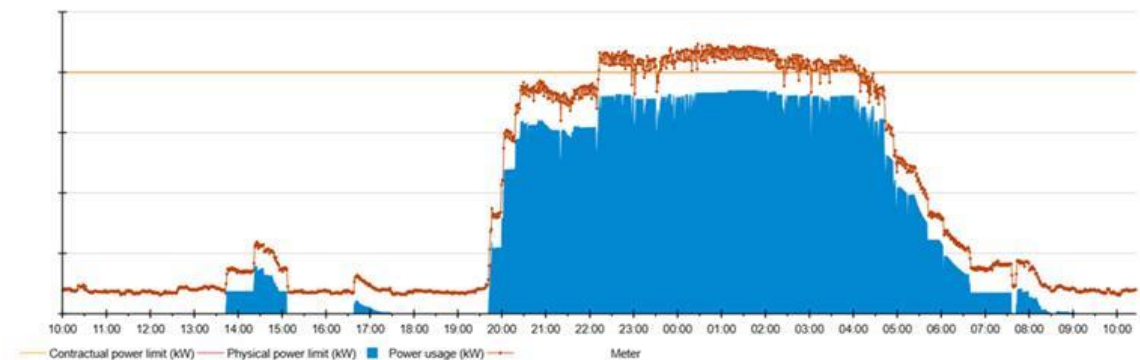
Zie onderstaande illustratie.



In een real-life situatie kan de actuele dynamische capaciteitsafname gevolgd worden ten opzichte van de vastgestelde capaciteitslimiet.

Zie onderstaande grafiek. De blauwe oppervlakte geeft de daadwerkelijke afname weer die onder de vaste gele lijn ligt die de limiet weergeeft. De dynamische rode lijn kan in deze genegeerd worden.

Power usage (kW) of charging stations within group



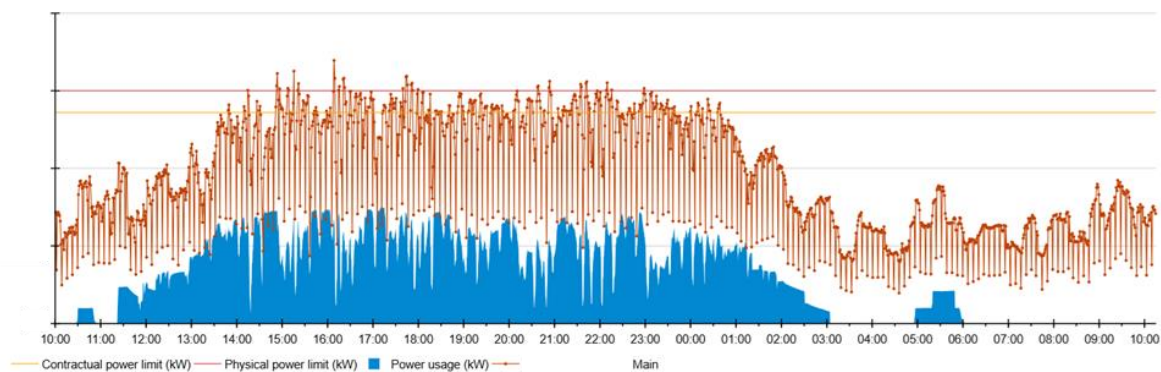
**Dynamisch LM** houdt rekening met de vermogens-afname over de tijd van andere gebruikers achter dezelfde aansluiting (zoals bijv. een koelhuis) en schakelt het beschikbare vermogen voor het laadproces bij of af al naar gelang er vraag is vanuit de andere verbruikers. Zie onderstaande illustratie



In een real-life situatie kan de actuele dynamische laadcapaciteitsafname gevolgd worden ten opzichte van de vastgestelde capaciteitslimiet.

Zie onderstaande grafiek. De blauwe oppervlakte geeft de daadwerkelijke laadafname weer die varieert naar aanleiding van de afname van andere gebruikers (rode oppervlak). Het totale afgenomen vermogen moet onder de vaste gele en rode lijnen liggen die de contract- en fysieke limieten weergeven (de overshoot vindt niet daadwerkelijk plaats maar is een gevolg van vertraagde meter-readings).

Power usage (kW) of charging stations within group



**Scheduled Limits** is een functionaliteit waarbij – in variatie op Statisch LM -- van tevoren verschillende tijdslots ingegeven kunnen worden waarop de beschikbare netcapaciteit beperkt is.

Tot slot zij nog vermeld dat een verdere toepassing van Load Management het uitruilen van vrije capaciteit is tussen separate entiteiten is (bijv. tussen burens op een energie-hub). Wanneer de vraag naar energie complementair is (dag vs. nacht enz.) is er ruimte om gebruik van de aansluiting te optimaliseren.

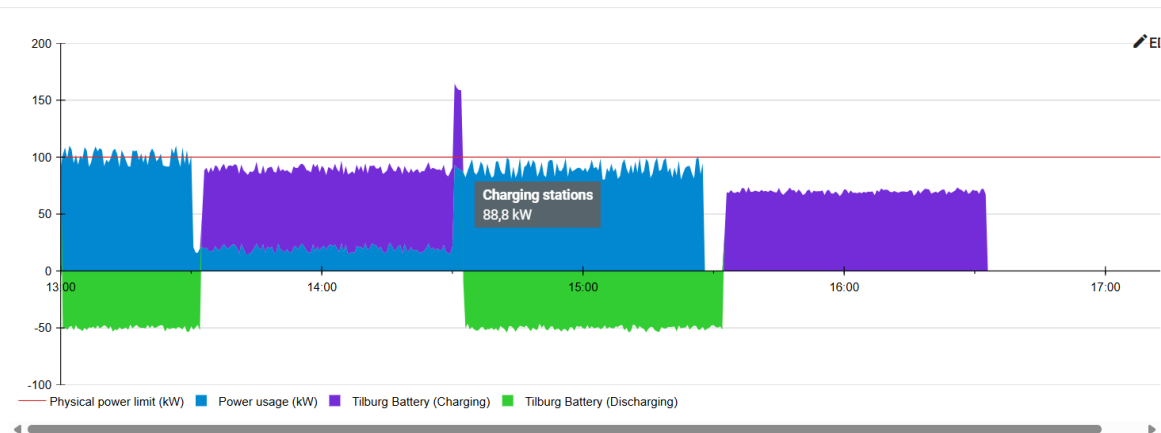
### Batterij-optimalisatie

Deze functionaliteit heeft als onderwerp het opereren van een stationaire batterij als onderdeel van laadhub. De batterij wordt ingezet om in geval van een beperkte net-aansluiting toch toegang tot het juiste vermogen op het juiste moment te hebben.

De optimalisatie van de batterij kan verschillende vormen aannemen – van simpel laden bij vrije capaciteit en ontladen bij behoefte aan extra energie tot het integreren van prijsvoorspellingen van energie- en flex markten.

Zie onderstaande illustratie

Power usage (kW) of charging stations within group



Het blauwe en groene oppervlak geeft op enig moment de totale benodigde laadcapaciteit weer. Het totale vermogen is hoger dan de fysiek aansluitlimiet (vaste rode lijn). Op momenten dat de laadbehoefte vanuit de grid laag is wordt de rest-capaciteit gebruikt om de batterij te laden (paarse oppervlak).

### Slim laden obv prijzen

Het slim laden van voertuigen op basis van prijs leidt ertoe dat gegeven een bepaalde laadbehoefte, een gewenst vertrektijdstip met volle batterij en een prijsvoorspelling, de optimale laadmomenten gekozen worden om gebruik te maken van lage prijzen.

De prijsvoorspelling kan gedaan worden gebruikmakend van de zogenaamde day-ahead-price, waarbij voor de volgende dag per uur een prijsvoorspelling gedaan wordt, of op basis van de zogenaamde (near-real time) onbalansprijs die per kwartier een aantal kwartieren vooruitkijkt. Aan de hand van zulke voorspellingen worden laadmomenten uitgekozen.

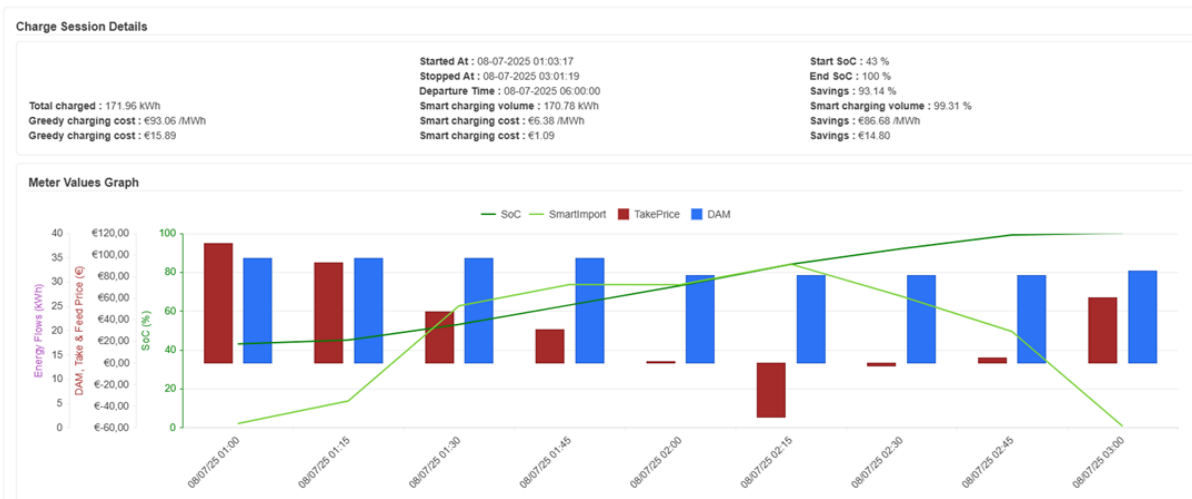
Deze strategie van “Smart Charging” kan gesteld worden tegenover het alternatief van laden vanaf het moment van arriveren van het voertuig tot aan de gewenste laadtoestand van de batterij.

### “Greedy Charging”

In het algemeen kan gesteld worden dat Smart Charging zal leiden tot lagere laadkosten dan Greedy Charging (ongestuurd laden).

Onderstaande figuur geeft een vergelijking tussen Smart Charging en Greedy Charging voor een real-life situatie.

De blauwe balken geven de laadkosten op basis van “Greedy Charging” aan, gebruikmakend van de day-ahead prijzen en de rode balken de kosten op basis van onbalans – zeer korte termijn – prijzen. Op momenten van (relatief) lage prijzen (“rode balk lager dan blauwe balk”) zal er geladen worden. Tegelijkertijd loopt de SoC van de batterij (donker groene lijn) op. De dondergroene lijn geeft de kWh-import aan van de batterij; deze lijn neemt af naarmate de batterij voller wordt.



### Virtual Power Plant (VPP)

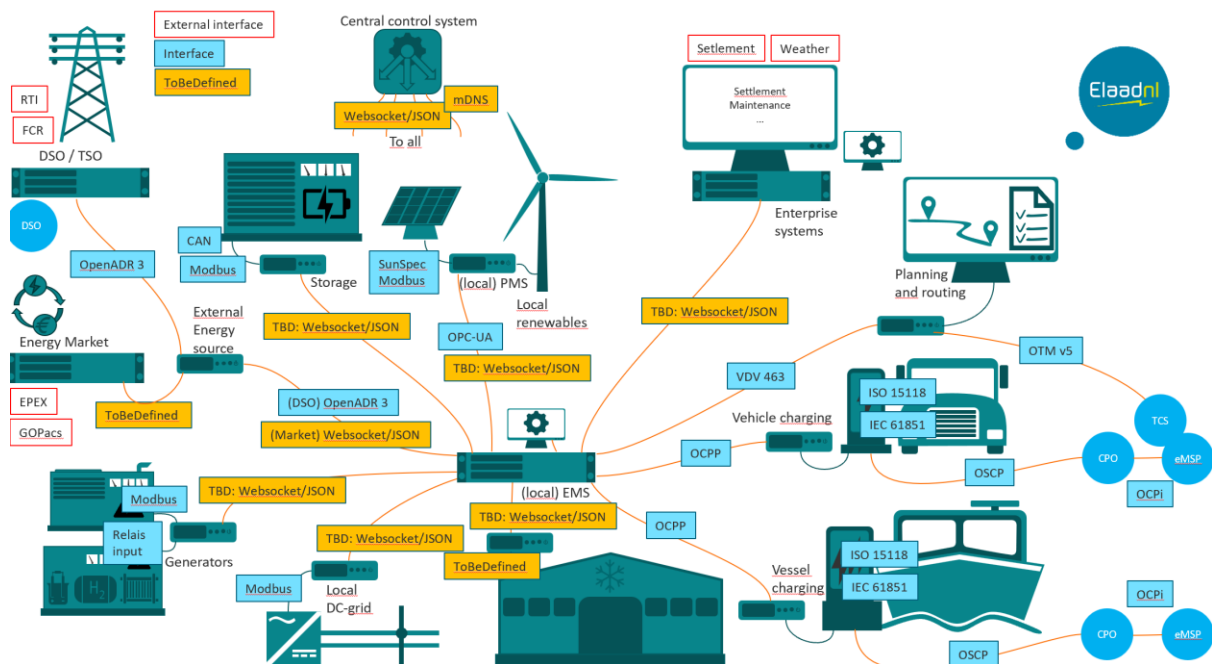
Dit is de meest geavanceerde vorm van energiemangement op een energie/laad-hub. Het combineert de lokale (achter de meter) opwek van elektriciteit met opslag in een batterij, een netaansluiting en verwaarding van vrije capaciteit op de externe flex-markten (zie sectie omtrent Verwaarding). Zo gedefinieerd zijn de functionaliteiten van een VPP vergelijkbaar met die van een traditionele fossiele centrale.

Het managen van een VPP geschiedt door middel van een geavanceerd Energie Management Systeem (EMS) dat op basis van voorspellingen van o.a. voertuiglaadbehoefte (in geval van een logistieke energie-hub), marktprijzen, weersvoorspellingen, aanwezige en beschikbare laadinfra (laders, batterij, zelf-opwek, gridaansluiting) in near-real time een set stuursignalen uitstuurt aan de verschillende assets met de insteek om de totale operatie tegen bijv. minimale kosten te laten geschieden.

Alle hiervoor beschreven functionaliteiten zijn onderdeel van het VPP maar dekken dit niet volledig af.

## Connecties & Interfaces

Afgezien van de digitale software nodig om de energie-stromen te optimaliseren (i.e. het EMS) zijn ook de juiste interfaces van groot belang. Onderstaande figuur geeft voor een typische energiehub/laadplein een overzicht van de hoeveelheid benodigde interfaces alsook een weergave van bestaande of te ontwikkelen protocollen. Het is een analyse ontwikkeld door ElaadNL als onderdeel van het project Charging Energy Hubs. Een belangrijke schakel ontbreekt nog in dit overzicht – namelijk de interface met overige energieverbruikers op een hub zoals bijvoorbeeld het koelhuis, andere gebouwen etc. Hier is geen standard interface voor -- een mogelijke optie zou S2 kunnen zijn.



## Conclusies

Het effectief managen van energiestromen op een energiehubs/laadplein zodanig dat op ieder moment in de tijd het juiste vermogen aan de laders geleverd wordt binnen de contractuele/fysieke/operationele grenzen/vereisten van elektriciteitsnet en vervoersplanning is een complexe opgave.

De complexiteit bestaat m.n. daaruit dat – zeker in de meest geavanceerde interpretatie van een VPP – een aantal systemen en interfaces fysiek en digitaal met elkaar moeten kunnen communiceren zodanig dat aan de tijds- en datavooraanvragen voldaan is; voorts is het laden van voertuigen vaak een deel van de totale energie-behoefte op een energiehubs. Het (operationeel) verkrijgen van energie op het juiste moment is onderhevig aan het maken van dagelijkse nominaties op de dag ervoor. Vaak moeten deze nominaties gedaan worden op basis van incomplete of planningsdata; na deze nominaties volgt dan een proces van aanpassing vanwege veranderende omstandigheden. Deze aanpassingen moeten dan weer door middel van flexibiliteit zoals o.a. hierboven beschreven geacommodeerd worden.

Zo gezien bestaat energiemangement uit een continu proces van Plannen, Aanpassen en Uitvoer. Het laatste onderdeel van dit proces is *Settlement* dat leidt tot facturering.

Tot slot zij nog vermeld dat robuuste IT-systemen met de juiste aandacht voor Cyber Security onontbeerlijk zijn.