

EOS/BESS en geluid

- EOS Energie Opslag Systeem
- BESS Battery Energy Storage System
- Rol van energieopslag
- Wetgeving
- Energieopslagsystemen
- Akoestisch onderzoek
- Oplossingsrichtingen (geluid)

Dennis Sanders

E sa@dgmr.nl

T 088 3467 818

M 06 525 505 79

dGm^R



MEGAPACK



Uitdagingen op de energiemarkt

• Ons bestaande elektriciteitsnet

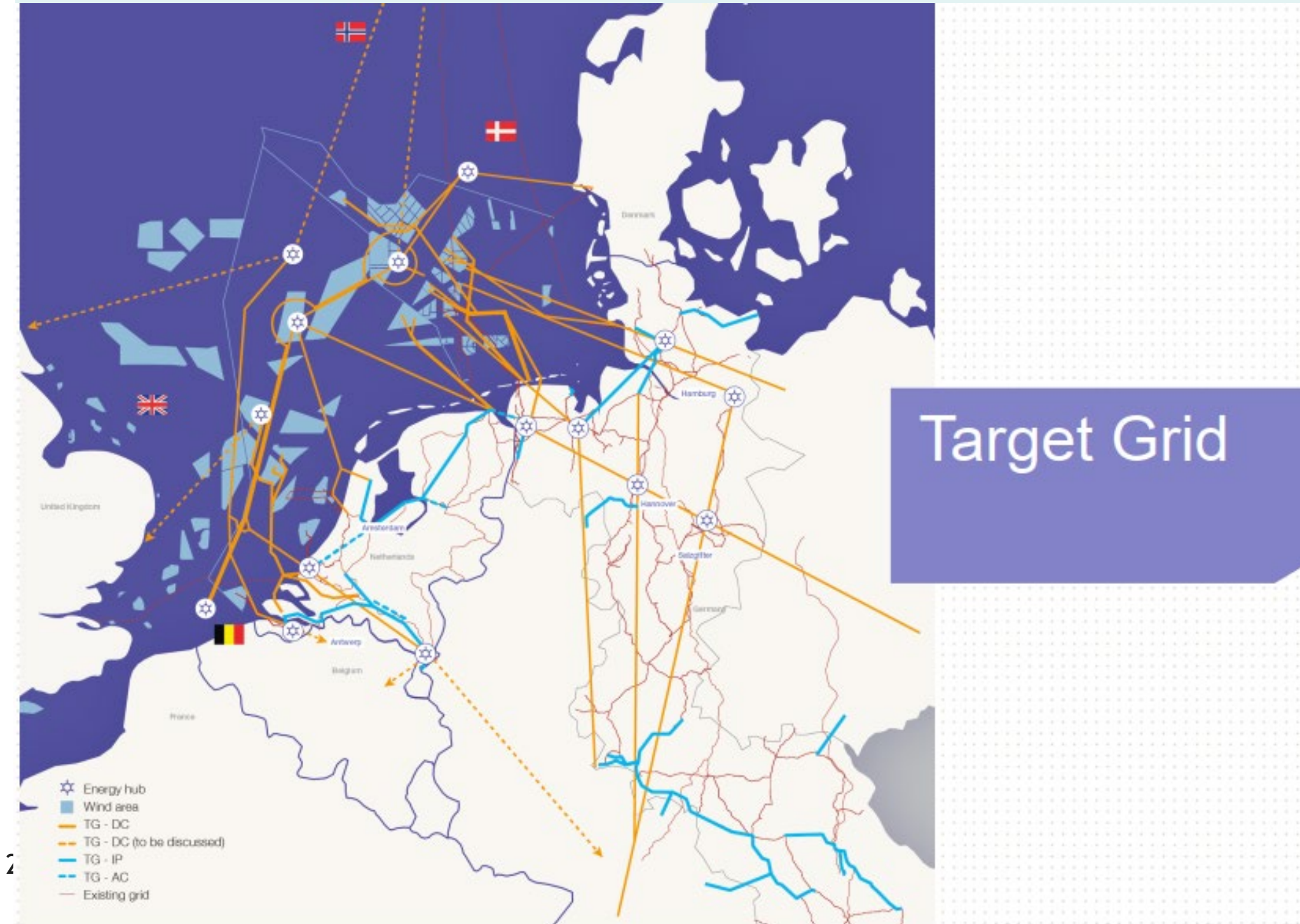
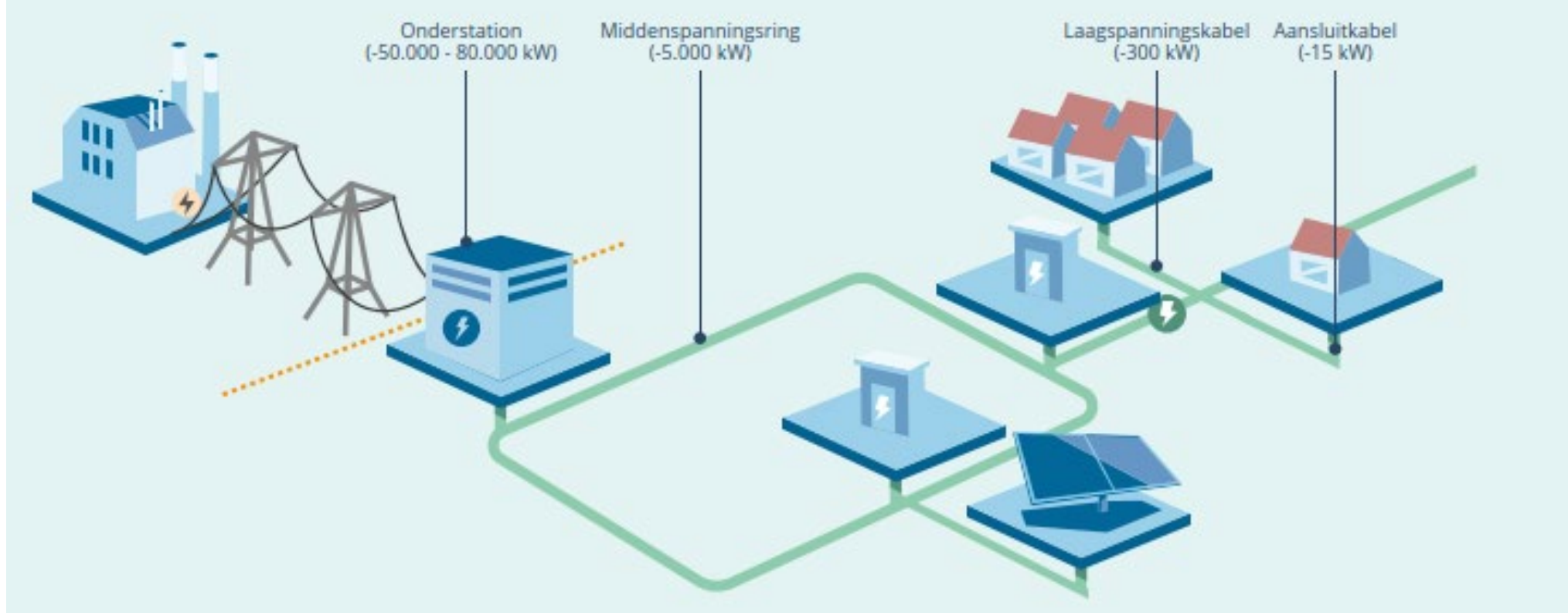
- Gebaseerd op grote elektriciteitscentrales en het transporteren ervan naar bedrijven en huishoudens
- Bovengrondse- en ondergrondse hoogspanningskabels uit elektriciteitscentrales en uit het buitenland, eigendom van TenneT
- HS-MS station (onderstations) omzetting van hoogspanning naar middenspanning, eigendom van Liander, Stedin en Enexis
- MS-LS stations (transformatorhuisjes), eigendom van Liander, Stedin en Enexis

• Balans om stroomuitval te voorkomen

- Vraag en aanbod moet iedere seconde in balans zijn

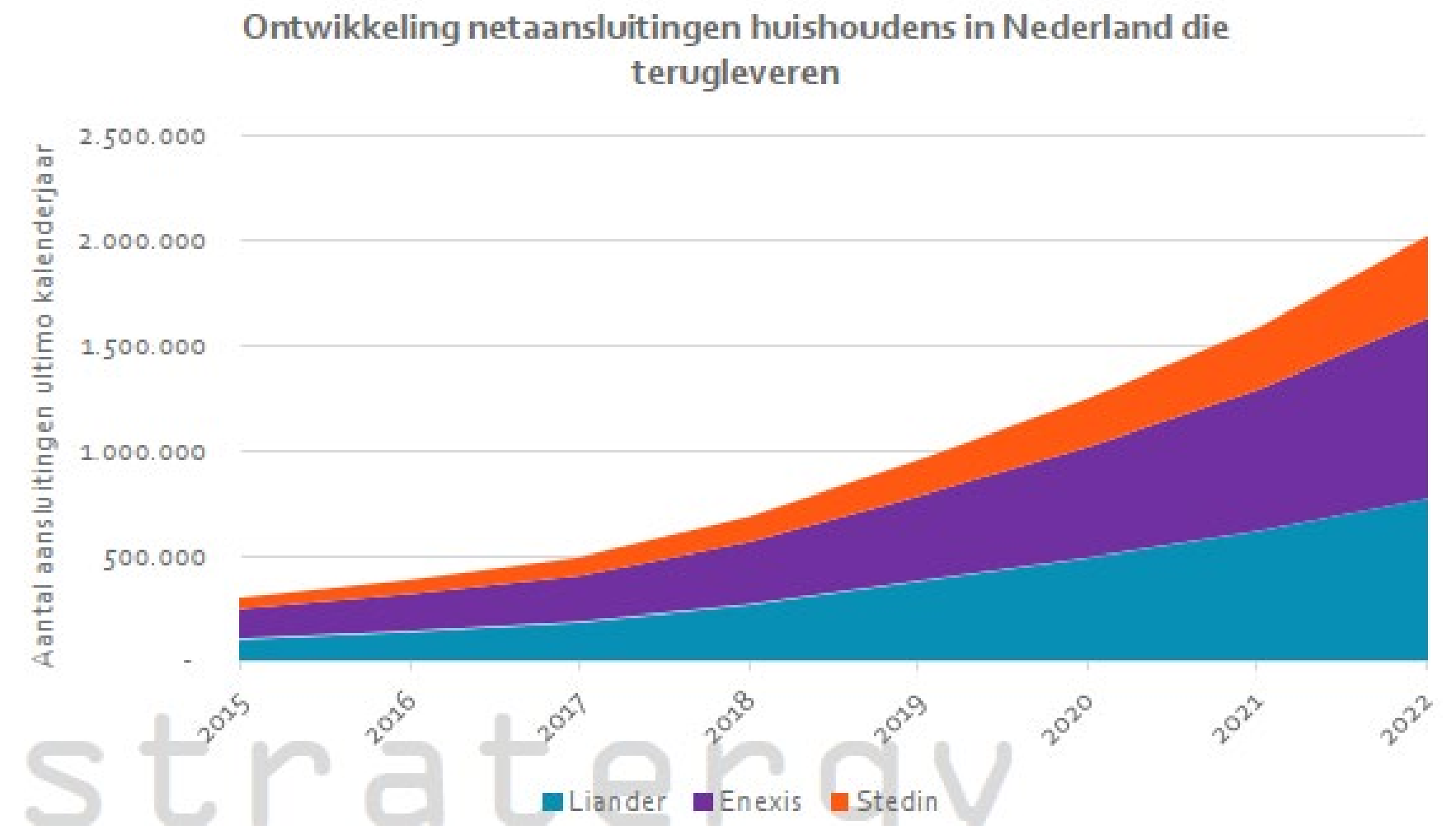
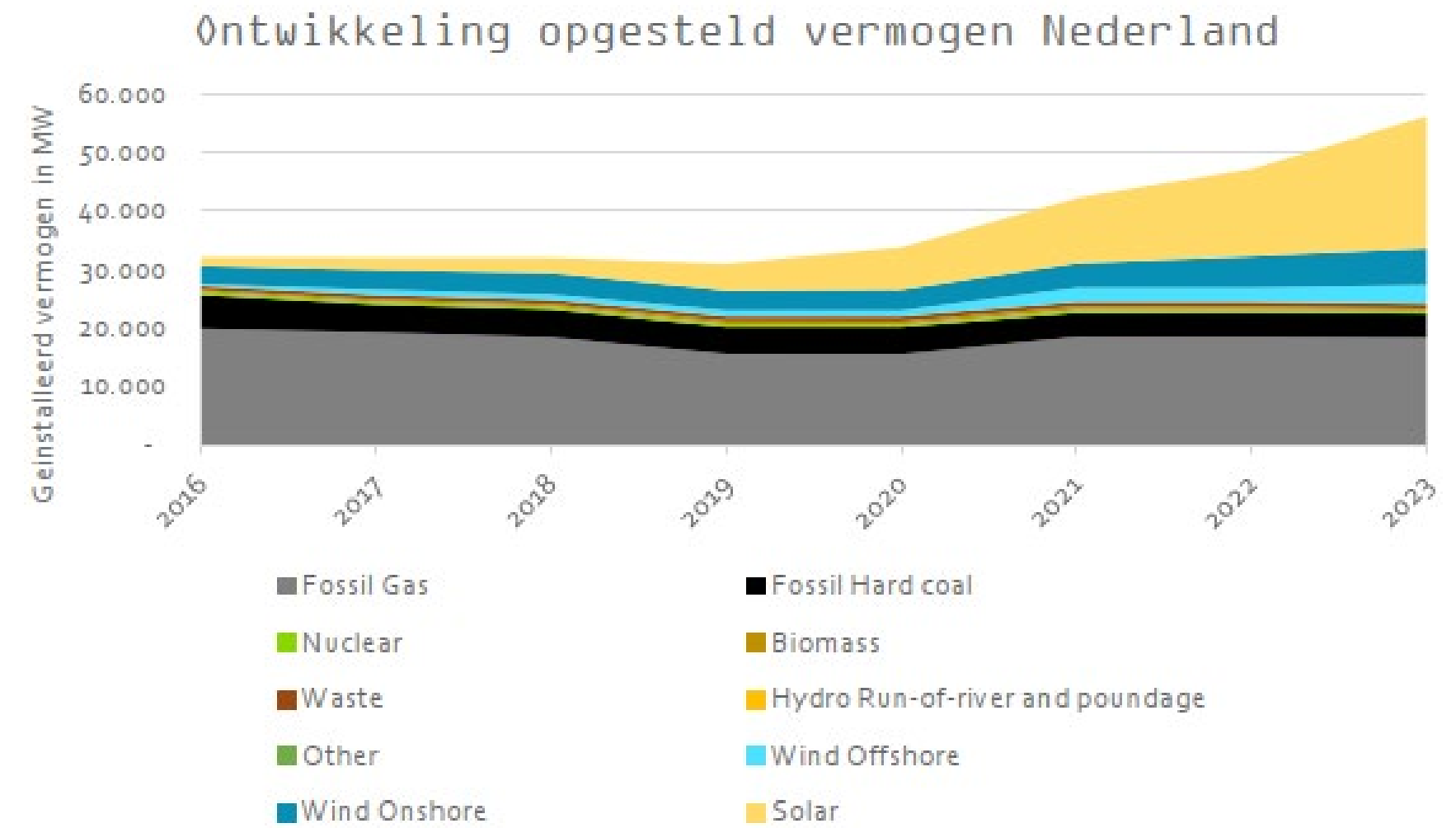
• Onvoldoende capaciteit op het elektriciteitsnet

- Net heeft beperkte capaciteit balanceren kan leiden tot congestie
- Congestie kan zowel op het hoog- als het midden- en laagspanningsnet optreden



Uitdagingen op de energiemarkt

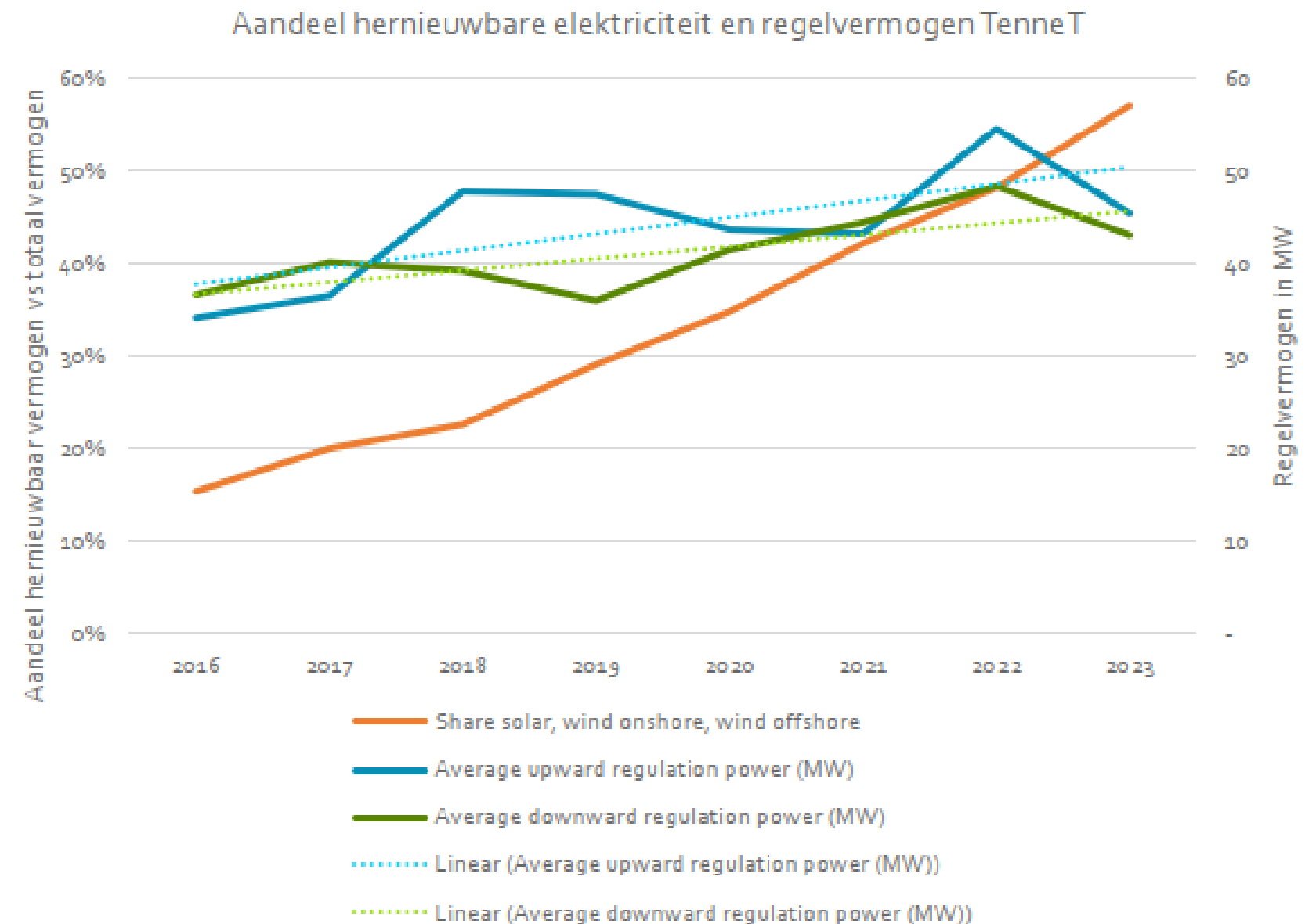
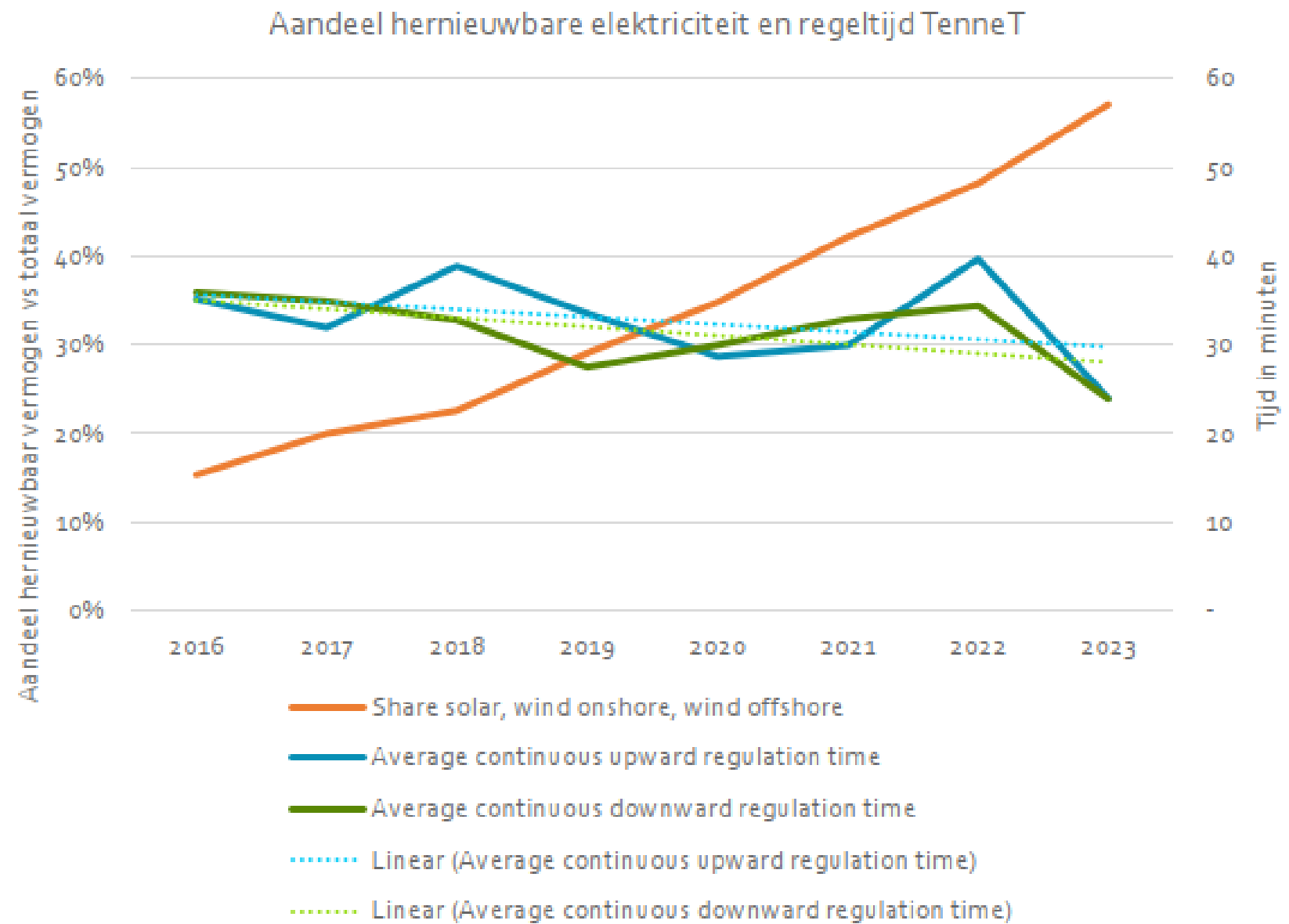
- Ontwikkelingen (trends)
 - Verdeling van opgesteld vermogen
 - Toename netaansluitingen



Uitdagingen op de energiemarkt

Ontwikkeling aandeel hernieuwbare elektriciteit (links)

Uitdagingen met regelvermogen (rechts)

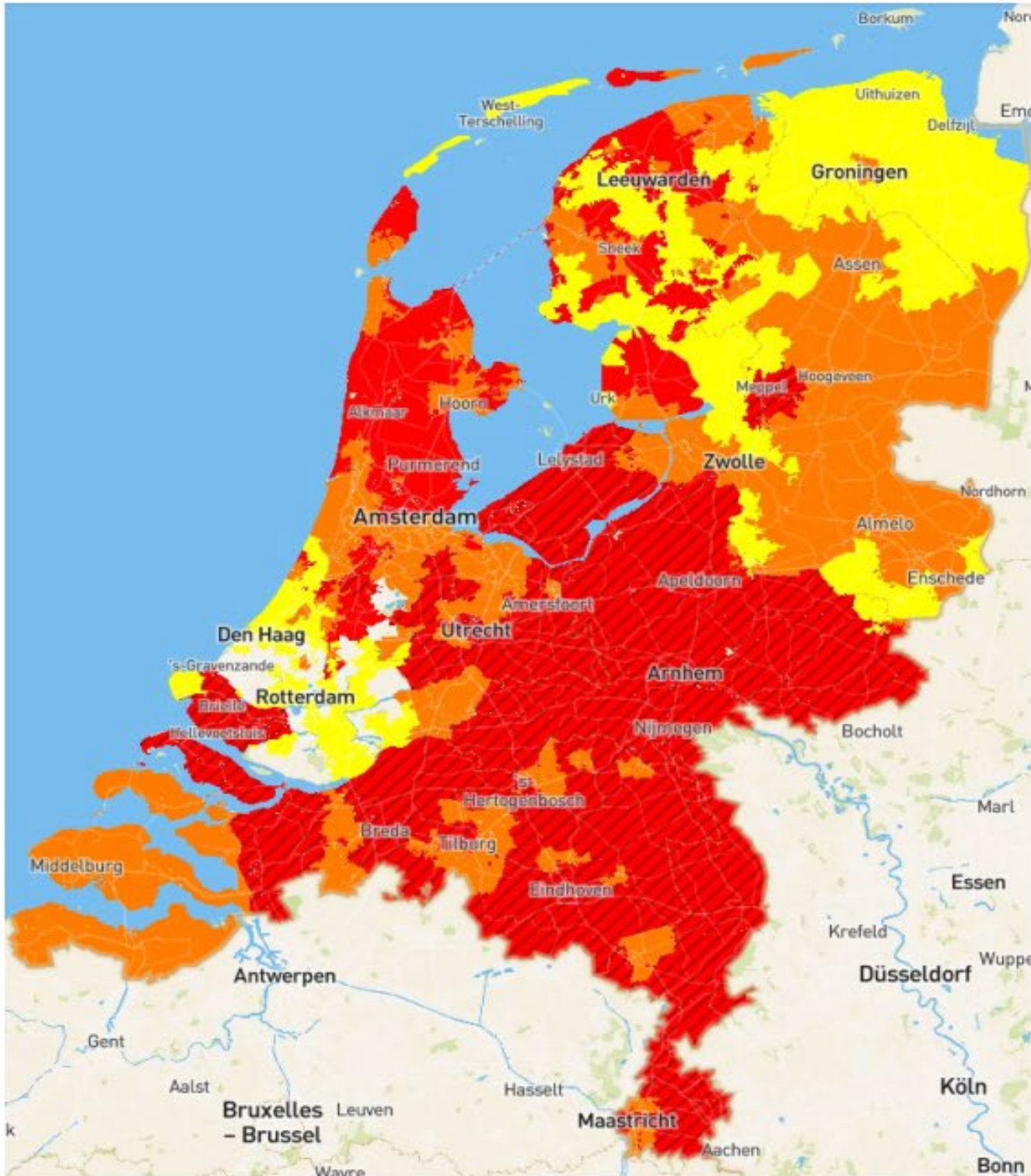


Uitdagingen op de energiemarkt

Beschikbaarheid van capaciteit

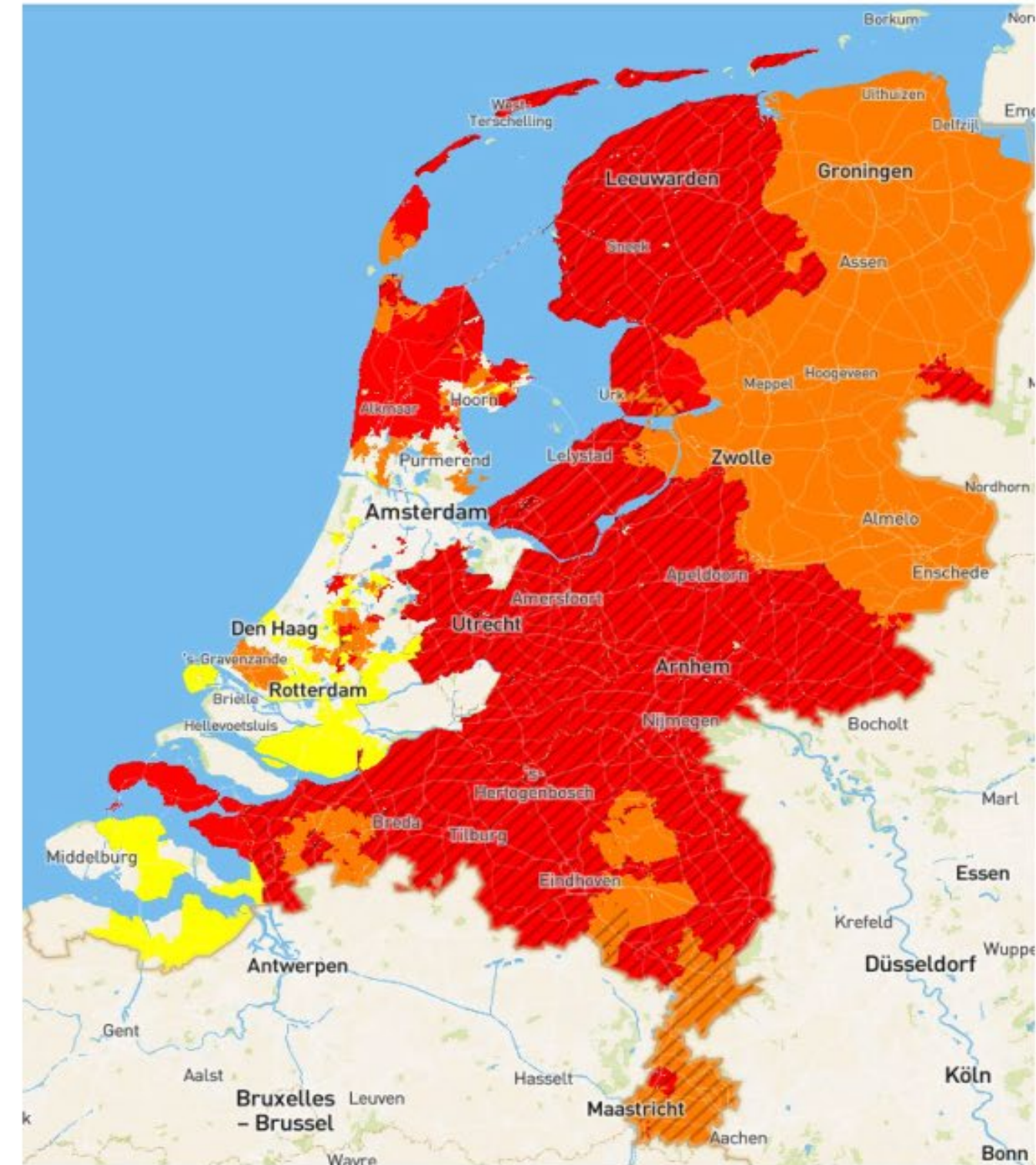
Capaciteitskaart afname elektriciteitsnet

Bijgewerkt: 04-12-2023 16:45



Capaciteitskaart invoeding elektriciteitsnet

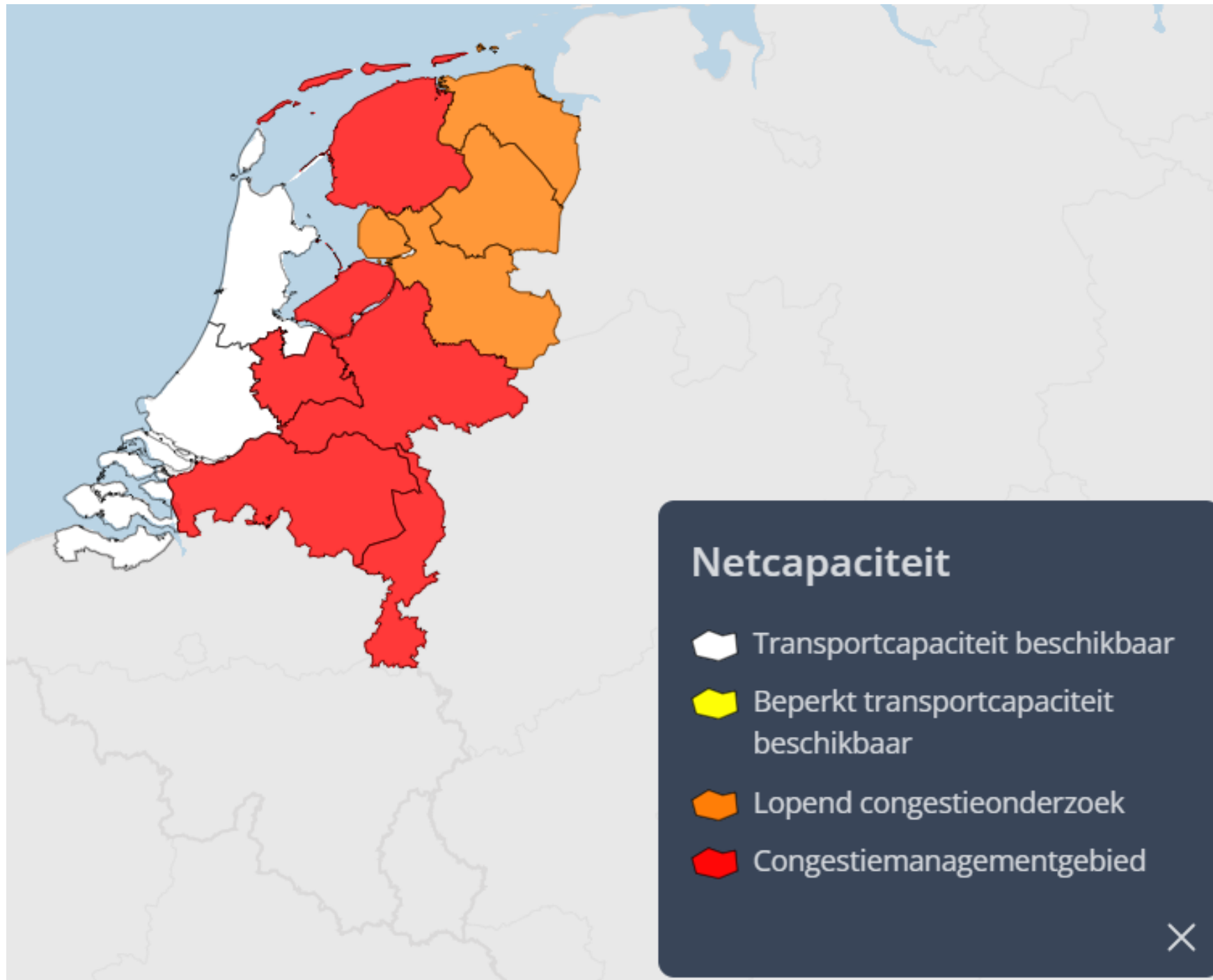
Bijgewerkt: 04-12-2023 16:45



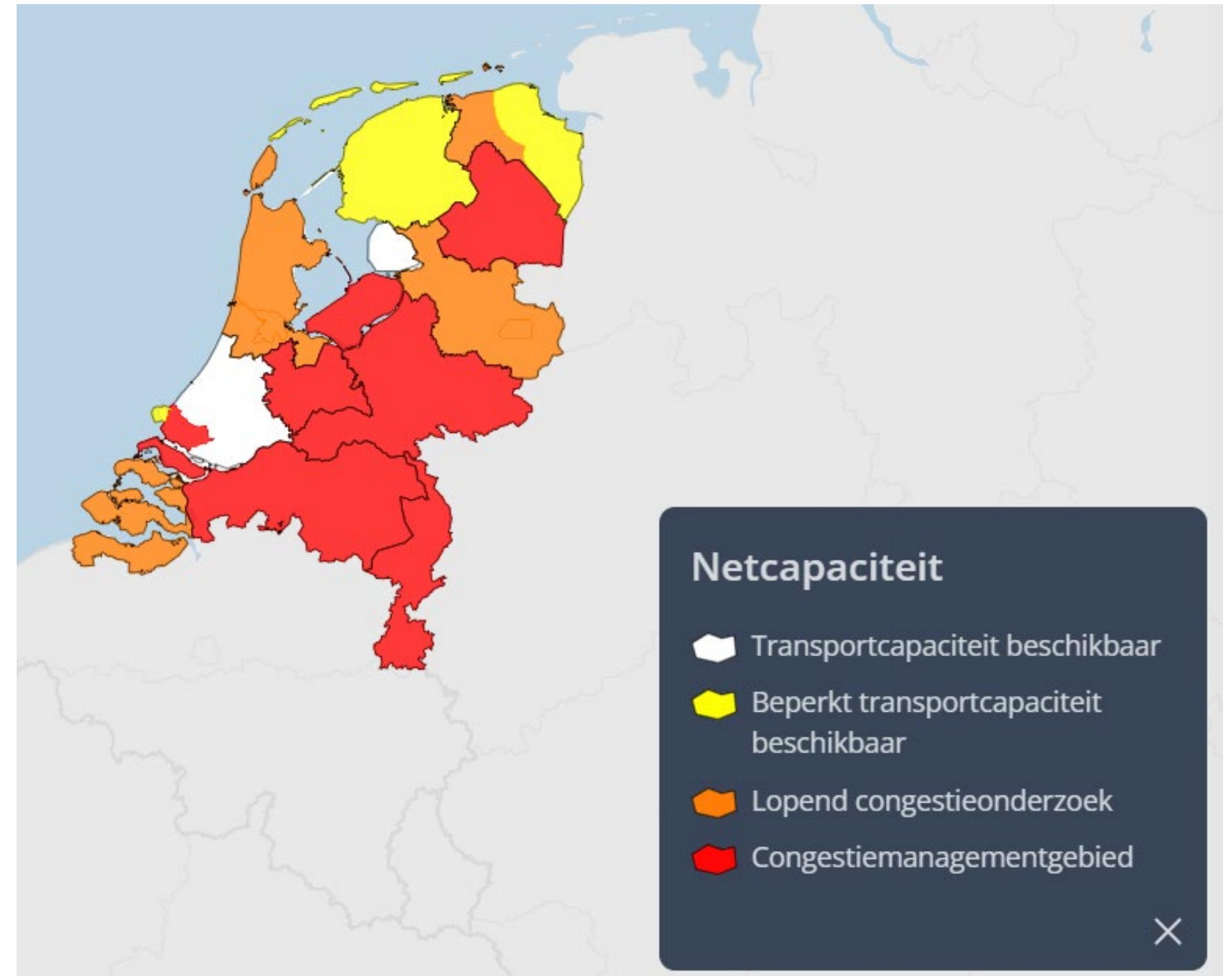
Uitdagingen op en energiemarkt

Actuele netcapaciteit

Invoeding

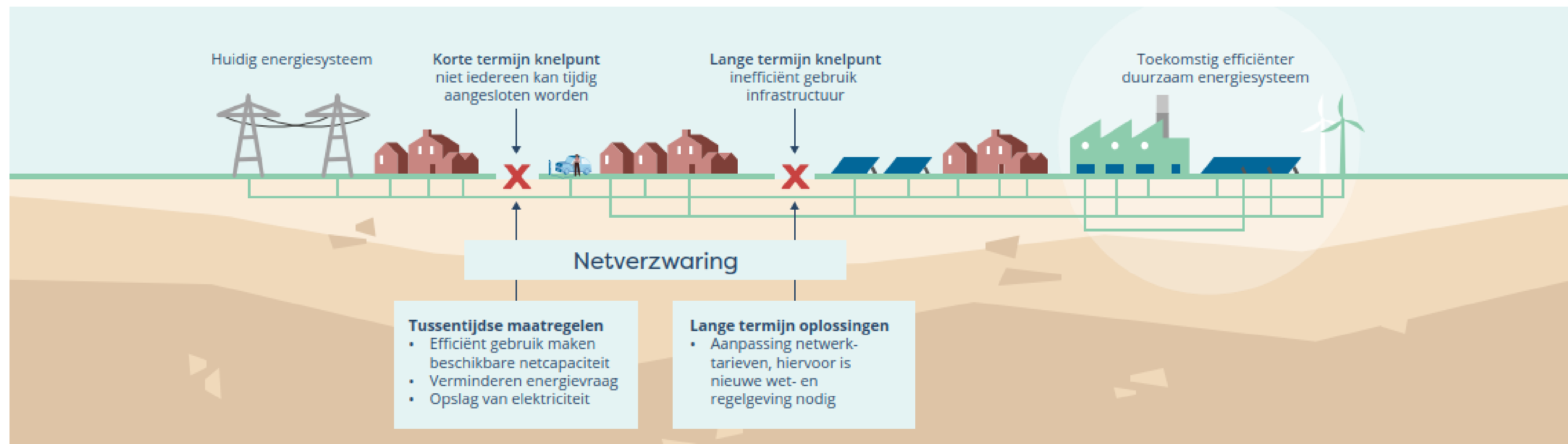
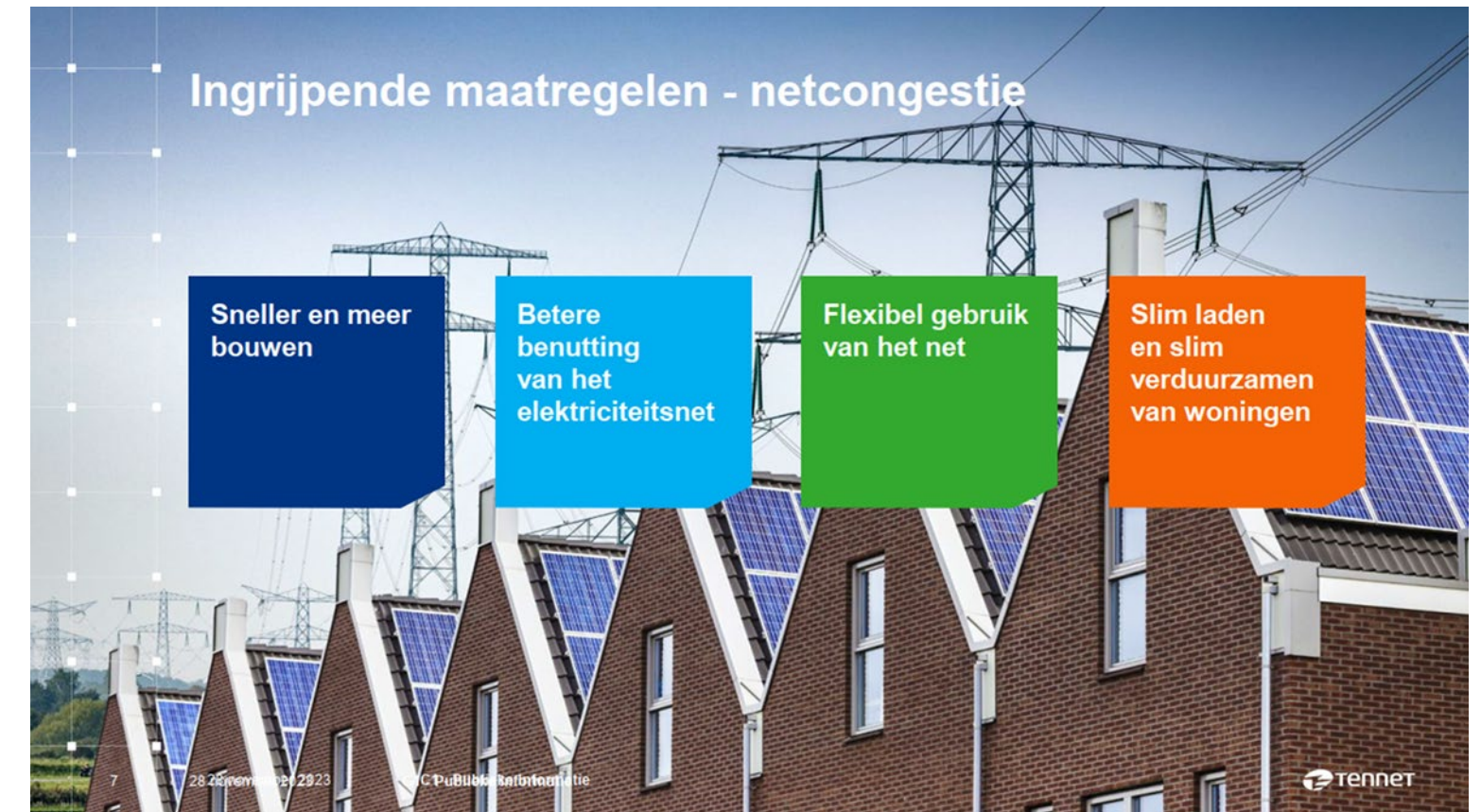


Afname



Uitdagingen op de energiemarkt

- **Ons nieuwe energiesysteem**
 - Over 8 jaar 85% opwekking uit wind- en zonne-energie
 - Sterke pieken en dalen in productie
 - Productie op andere plekken in ons systeem
 - Meer activiteiten
- **Uitdagingen**
 - Vraag en aanbod neemt toe (rijden, verwarmen, productie)
 - Opwek- en verbruiksprofielen sluiten niet op elkaar aan
 - Capaciteit op huidige net is onvoldoende



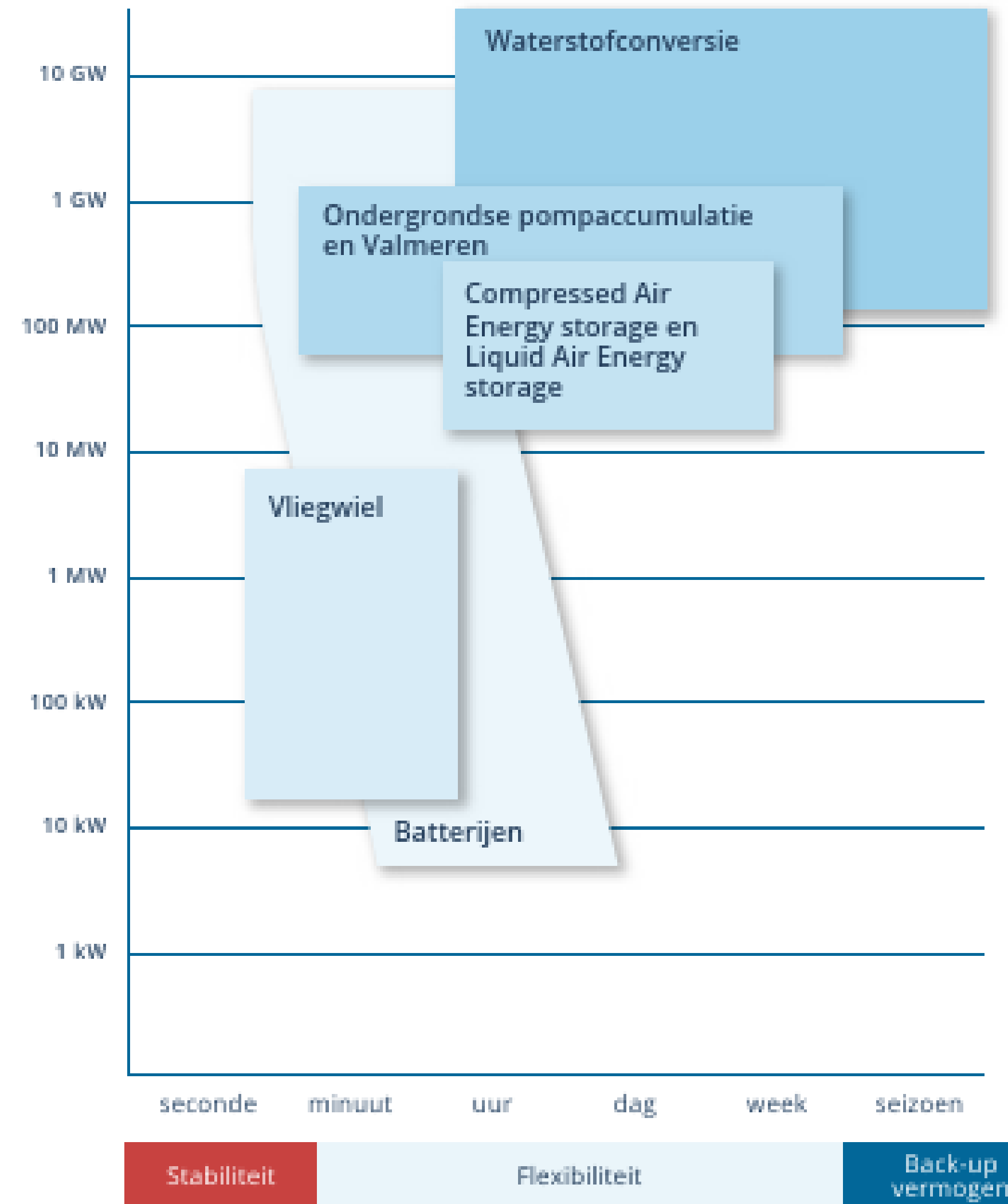
Rol van energieopslag

- **Arbitrage**
 - Handel in elektriciteit ingegeven door prijs per uur
 - Vraagt om opslag van 2 tot 8 uur
- **Backupvermogen**
 - Nu nog voorzien door fossiele centrales
 - Straks door langdurige opslag (stuwmeren), valmeren en conversie naar waterstof
- **Congestiemanagement**
 - Voorkomen van overbelasting van het elektriciteitskabels
 - GOPACS platform (afspraken omtrent (ont-)laden of productieprocessen tijdelijk afschakelen bij bedrijven)
- **Netbalancering**
 - Systeem op 50 Hz houden
 - Inkoop van balanceringsvermogen door TenneT op dagelijke energiemarkt
 - Vraagt om systemen die een paar uur elektriciteit kunnen leveren
 - Tegen lage kosten hoog vermogen leveren
- **Verhogen eigen vermogen**
 - Zelf opgewekte energie geeft eigenaar voordeel
 - Over zelf opgewekte energie hoeft geen energiebelasting te worden betaald.



Rol van energieopslag

- Welke vorm van opslag ?
- Figuur rechts: typisch vermogen per type opslagsysteem en hoe lang kan het systeem elektriciteit leveren op vol vermogen
- Techniek met lange opslagduur kan ook kort vermogen leveren **maar andersom kan niet**
- Groot voordeel nu: opslagsystemen zorgen ervoor dat kleinere aansluitingen nodig zijn en dat er meer kan binnen de bestaande aansluiting



Rol van energieopslag

Potentiële batterij locaties in Nederland

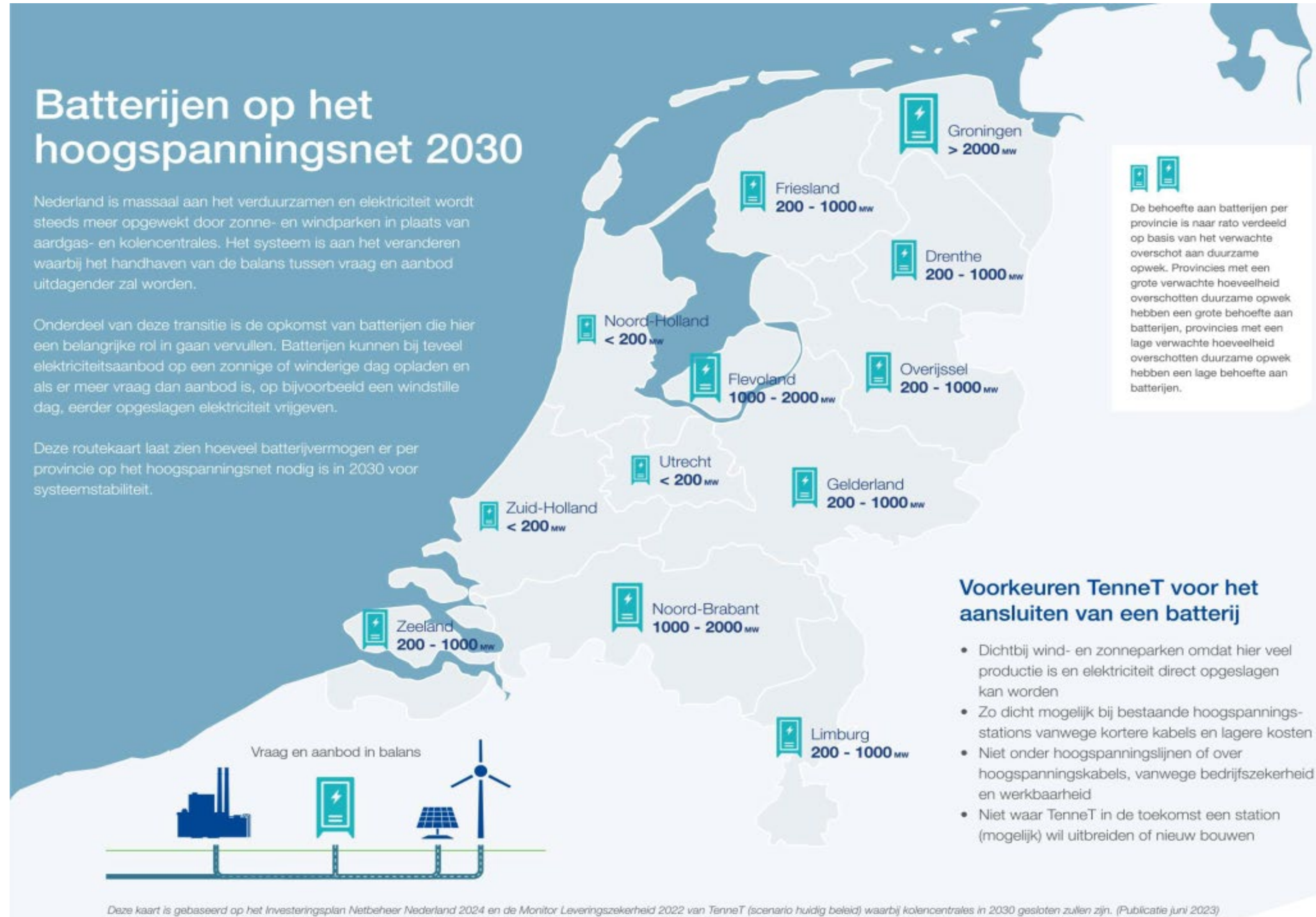
Business case:

Opslagsystemen opereren flexibel en kunnen verschillende functies tegelijkertijd vervullen

Voorbeeld:

- 's ochtends TenneT helpen met stabiliteit
- 's middags goedkoop opladen met zonnestroom
- 's avonds regionale netbeheerders helpen congestie te voorkomen (nu nog het **allerbelangrijkste**)

Naarmate er meer systemen komen veranderd de rol en worden andere rollen belangrijker



Wetgeving

- VNG-publicatie Bedrijven en Milieuzonering ?
- IPLO Informatiepunt MBA-Ow ?
- PGS 37/1 en 37/2
- NEN 4288:2020 NEN norm bedrijfsvoering EOS
- NEN 3140 aanvullende eisen

23 11 0271

Goedendag,

Op 2 november heeft u een vraag aan ons gesteld.
In antwoord op uw vraag geven wij de volgende informatie:

het huidige wettelijke kader voor energieopslagsystemen (EOS) wordt toegelicht in de bijlage van de Circulaire risicobeheersing lithium-ion energiedragers: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0043769/2020-07-01#Bijlage>

Daarin staat onder andere: "Het [Bevi](#) is van toepassing op de opslag van lithium-ion energiedragers" en er wordt geen link gelegd met een EOS, aangezien daarbij niet direct gesproken kan worden van opslag van een gevaarlijke stof.

In paragraaf 3.1 van de Circulaire wordt ook gesteld: "De [bijlage](#) behandelt de huidige, meer algemeen geformuleerde regelgeving die van toepassing is op de veiligheid van de opslag van energiedragers en het gebruik van een EOS" waarbij een duidelijk onderscheid wordt gemaakt tussen gebruik en opslag.

Uw vraag is:
Zijn lithiumhoudende energieopslagsystemen Bevi inrichtingen?

Zijn lithiumhoudende energieopslagsystemen (PGS17-1) van meer dan 10.000 kg wel of geen Bevi inrichtingen?

Op InfoMil wordt duidelijk uitgelegd hoe het zit mbt de opslag van lithium houdende batterijen (<https://www.infomil.nl/%40217276/opslag-lithium-ion-batterijen/>). Maar hier wordt niet ingegaan op een wanneer de batterijen/accu's in hoeveelheden groter dan 10.000 kg in gebruik zijn als energieopslagsysteem.

Alvast bedankt voor uw reactie.

Wij vertrouwen erop dat wij uw vraag hiermee naar tevredenheid hebben beantwoord. Voor eventuele vervolgvragen kunt u contact opnemen via onderstaande contactgegevens.

Met vriendelijke groet,

Informatiepunt Leefomgeving

PGS 37-1 en 37-2

In december 2023 zijn [PGS 37-1](#) en [PGS 37-2](#) vastgesteld door het Bestuurlijk Omgevingsberaad (BOB). Deze [PGS'en](#) bieden een richtlijn voor de veilige opslag van elektriciteit in energieopslagsystemen en de opslag van lithium-houdende energiedragers.

PGS'en 37 en Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)

In het Bal zal het opslaan van lithiumhoudende batterijen en het exploiteren van een energieopslagsysteem worden aangewezen als milieubelastende activiteit. In de algemene regels van het Bal zal worden verwezen naar beide PGS-en. Daardoor worden bepaalde maatregelen wettelijk verplicht voor de exploitant. Zodra het Bal is gewijzigd, zal de Circulaire risicobeheersing lithium-ion energiedragers uit 2020 worden ingetrokken. Naar verwachting zal [deze wijziging](#) van het Bal in de loop van 2025 in werking treden. Dit is opgenomen in [deze kamerbrief](#).

PGS 37-1

PGS 37-1 is een richtlijn voor de veilige opslag van elektriciteit in Energie Opslag Systemen (EOS). Deze richtlijn legt vast hoe u op een veilige manier moet omgaan met 'grote batterijen'. Deze batterijen bestaan uit gekoppelde lithiumbatterijen die worden gebruikt om energie op te slaan en vervolgens elektriciteit te leveren. Ze worden bijvoorbeeld gebruikt door bewonersverenigingen om zonne-energie op te slaan ('buurtbatterijen'). Energiemaatschappijen gebruiken ze om windenergie op te slaan of schommelingen in het elektriciteitsnet te stabiliseren. Vanwege het risico op een [thermal runaway](#), een brand die zich voordoet in de energiedrager en niet zomaar te stoppen is, kunnen ze gevaarlijk zijn. Daarom is het belangrijk om ze op de juiste manier te gebruiken.

PGS 37-2

Deze PGS heeft betrekking op de opslag van lithiumhoudende energiedragers. Lithium batterijen en accu's zijn opslagmiddelen die worden gebruikt voor bijvoorbeeld laptops, e-bikes, in elektrische of hybride voertuigen en voor de toekomstige zeevaart.

De opslag van lithium-ion batterijen en accu's kent verschillende risico's. De batterijen kunnen instabiel kunnen worden bij overladen, diep ontladen, en blootstelling aan hoge én lage temperaturen. Daardoor kan er kortsluiting, thermal runaway en brand ontstaan. Daarbij kunnen zeer giftige pyrolyseproducten vrijkomen. Bij het blussen ontstaat corrosief en giftig bluswater waaraan de hulpverleners, omstanders en bewoners blootgesteld kunnen worden.

Toepassing van de PGS'en in de periode tot de aanwijzing in het Bal

Een opslag van batterijen (PGS 37-2) of een EOS (PGS 37-1) is (nog) niet aangewezen als milieubelastende activiteit in het Bal. Er zijn 2 scenario's die op dit moment gelden voor batterijen of een EOS. Deze activiteiten kunnen wel functioneel ondersteunend zijn aan een andere aangewezen milieubelastende activiteit. Dan gelden de regels uit het Bal. Als ze niet ondersteunend zijn aan een aangewezen milieubelastende activiteit, gelden de regels in het omgevingsplan. Beide scenario's worden onderstaand verder toegelicht.

Wel functioneel ondersteunend aan een milieubelastende activiteit die in het Bal is aangewezen:

1. Als de opslag of EOS functioneel ondersteunend is aan een aangewezen

milieubelastende activiteit kan PGS 37 verplicht worden gesteld in een vergunningvoorschrift als de opslag of EOS binnen de vergunningplicht van die aangewezen milieubelastende activiteit valt.

2. Als de opslag of EOS niet binnen de vergunningplicht van de aangewezen milieubelastende activiteit valt, kan PGS 37 verplicht worden als invulling van de zorgplicht (artikel 2.11 Bal) en eventueel met een maatwerkvoorschrift op grond van de zorgplicht vastgelegd (artikel 2.13).

Niet functioneel ondersteunend aan een milieubelastende activiteit die in het Bal is aangewezen:

Als de opslag of EOS niet functioneel ondersteunend is aan een aangewezen milieubelastende activiteit, dan gelden niet de regels van het Bal. Dan gelden de regels in het omgevingsplan. Dit zijn de [bruidsschatregels](#) zolang de gemeente deze niet heeft gewijzigd. Tot deze bruidsschatregels behoort ook de specifieke zorgplicht, opgenomen in artikel 22.44 van het Invoeringsbesluit Omgevingswet (Stb. 2020, 400). De specifieke zorgplicht in artikel 22.44 van de bruidsschat geldt voor alle activiteiten die nadelige gevolgen voor het milieu kunnen veroorzaken en die niet als milieubelastende activiteit zijn aangewezen in het Bal (zie artikel 22.41, lid 1, en artikel 22.44, lid 1, 2 en 4, van de Bruidsschat). Dit betekent dat PGS 37 verplicht kan worden als invulling van de zorgplicht en dat de toepassing van PGS 37 op grond van artikel 22.45 met een maatwerkvoorschrift kan worden vastgelegd.

Wijzigen omgevingsplan

Bij het wijzigen van het [omgevingsplan](#) kan de gemeente regels opnemen voor het opslaan van batterijen of voor EOS. Voor de inhoud van deze regels kan de gemeente gebruik maken van PGS 37-2 respectievelijk PGS 37-1. De gemeente kan deze activiteit ook aanwijzen als een omgevingsplanactiviteit waarvoor een vergunning nodig is.

Omgaan met PGS 37-1 en PGS 37-2 in bestaande situaties

Een PGS-richtlijn beschrijft de stand van de techniek en bevat maatregelen die kunnen worden getroffen door degene die de activiteit verricht. In de periode tot aan de wettelijke verplichting in 2025 kan er wel alvast mee worden gewerkt. Het kan voor bestaande situaties onredelijk zijn om te eisen dat deze nieuwe maatregelen onmiddellijk worden getroffen. Daarom bevatten deze PGS-richtlijnen voor [bestaande situaties](#) implementatietermijnen als richtsnoer. Deze zijn te vinden in bijlage J van [PGS 37-1](#) en [37-2](#).

Batterijsystemen

Overzichtstabel met per techniek de belangrijkste kentallen op een rij.

	Batterijsystemen				
	Huidige technieken			Innovatieve technieken	
	Thuisbatterij	Grote batterij bij opwekker/verbruiker	Gridbatterij	Flowbatterij	Zoutwaterbatterij
Vermogen	2 - 10 kW (0,002 - 0,01 MW)	0,3 - 10 MW	ca 0,3 - 3MW (buurtbatterij), 5 - 1000+ MW (grote gridbatterij).	1 - 100 MW	Enkele kilowatten
Capaciteit	2 - 40 kWh	0,3 - 40 MWh	0,6 - 1000+ MWh	1 - 1000+ MWh	1-100 kWh
Tijdsduur ontladen op vol vermogen	1 - 4 uur	1 - 4 uur	2 - 4 uur	4 - 100 uur	2 uur en meer
Toepasbaarheid op schaalniveau	Woningniveau	Alle niveaus	Van buurtniveau tot hoogspanningsnet	Alle niveaus	Alle niveaus
Technische realisatie voor 2030	Zeker te realiseren	Zeker te realiseren	Zeker te realiseren	Zeker te realiseren	Mogelijk te realiseren
Investeringskosten	ca. 700 - 1200 €/kWh plus 500-1000 € installatiekosten.	500 €/kWh (stationaire batterij, >1 MW) tot 700 €/kWh (mobiele batterij)	ca. 700 €/kWh voor buurtbatterij, ca. 380 €/kWh voor grote gridbatterij (60 MW, 240 MWh)	ca. 500 €/kWh	Duurder dan lithium-ion, geen betrouwbare kosten-schatting beschikbaar.
Efficiëntie	ca. 90%	ca. 90%	Ca. 85%	ca. 70%	80-90%, afhankelijk van laadsnelheid
Doorlooptijd	<1 jaar	1 - 2 jaar	1 - 2 jaar	1 - 2 jaar als techniek eenmaal beschikbaar is	1 - 2 jaar als techniek eenmaal beschikbaar is
Ruimtelijke impact	< 1 m ² , past meestal in meterkast	30 - 80 m ² /MWh	ca. 25 m ² /MWh voor gridbatterij	ca. 10 m ² per MWh	Geen betrouwbare cijfers, maar fors groter ruimtebeslag dan lithium-ion.
Veiligheidsaspecten	Brandveiligheid bij oudere types lithium-ion (NMC). De nieuwere lithium-ijzer-fosfaat (LFP) batterijen zijn veel veiliger.	Er is een circulaire beschikbaar met veiligheidsvoorschriften, in afwachting van de PGS37-2. Brandveiligheid is het voornaamste aandachtspunt. Voor realisatie van buurtbatterijen is een NEN-norm opgesteld.		Nog geen normen. Veiliger dan lithium-ion, want componenten zijn vloeibaar en niet ontvlambaar.	Geen, bevat enkel zout water.

Innovatie

	Innovatie				
	Waterstofconversie	Compressed air energy storage	Liquid air energy storage	Ondergrondse pompaccumulatiecentrale (D-PAC)	Vliegwielen
Vermogen	1 MW – 10 GW	100-300 MW	100 – 300 MW	1,4 GW	1 MW
Capaciteit	0,125 tot 0,25 TWh	400 – 4000 MWh	600 – 10.000+ MWh	8,4 GWh	30 kWh
Tijdsduur ontladen op vol vermogen	Enkele dagen tot enkele maanden	6 tot 12 uur	6 uur en langer	6 uur	Enkele minuten
Toepasbaarheid op schaalniveau	Middenspanningsnet - hoogspanningsnet	Hoogspanningsnet	Hoogspanningsnet	Hoogspanningsnet	Laagspanningsnet
Technische realisatie voor 2030	Zeker te realiseren	Zeker te realiseren	Vermoedelijk te realiseren	Ja, mits start in 2023	Zeker te realiseren
Investeringskosten	Onbekend ⁶	150 €/kWh	300 – 600 €/kWh	41€/MWh	200 – 250 €/kWh afhankelijk van het materiaal
Efficiëntie	~40%	D-CAES: 60%, AA-CAES: 70%	70 - 80%	80%	92%
Doorlooptijd	2-5 jaar bij bestaande caveerne, >5 jaar als nieuwe caveerne nodig is	2-5 jaar bij bestaande caveerne, >5 jaar als nieuwe caveerne nodig is	2-5 jaar	>5 jaar	1-2 jaar
Ruimtelijke impact	7 m ² /MWh	11 m ² /MWh	16 m ² /MWh	Ruimte voor waterreservoir bovengronds, verder met name impact in de ondergrond	533 m ² per MWh
Veiligheidsaspecten	Mogelijk risico op bodemdaling, seismiteit of lekkage van waterstof ondergronds	Kans op verzakking van de bodem en seismische activiteiten	Ontvlammings- en explosiegevaar van zuurstof in extreem gekoelde lucht, maar vergeleken met vloeibaar aardgas is dit risico een stuk kleiner. Als het verwarmen van de lucht met duurzame energie gedaan wordt, stoot LAES geen CO ₂ uit.	Bodem moet geschikt zijn	Veilig en haast geruisloos

⁶ We kiezen er hier bewust voor om geen getal te noemen voor de investeringskosten voor waterstofopslag. Deze liggen namelijk veel lager dan bij andere technieken. Daardoor zou de (onterechte) indruk kunnen ontstaan dat het goedkoop is om elektriciteit op te slaan in waterstof, terwijl dat door de hoge energieverliezen zeker niet het geval is.

Thuisbatterijen

Wat is het?

De thuisbatterij is een kleine batterij die achter de elektriciteitsmeter wordt geplaatst bij huishoudens of kleine bedrijven. De batterij heeft voldoende opslagcapaciteit om een paar uur tot een dag te overbruggen.

Het voornaamste voordeel voor de gebruiker is dat het eigen verbruik van zelf opgewekte zonne-energie kan worden verhoogd. Bovendien kunnen gebruikers die een dynamisch energiecontract hebben (waarbij de prijzen fluctueren gedurende de dag) elektriciteit inkopen tegen gunstige tarieven.

Waar is het toepasbaar?

Thuisbatterijen zijn toepasbaar in ieder huishouden met genoeg ruimte om de batterij te plaatsen.

Een thuisbatterij is het meest rendabel in combinatie met zonnepanelen. Het voornaamste doel van een thuisbatterij is zo veel mogelijk zonnestroom zelf gebruiken. Dat biedt ook voordelen voor het energiesysteem, omdat er energie van de middag (hoog aanbod van energie) wordt verplaatst naar de avond (hoge energievraag), wat de pieken op het net vermindert.

Kenmerken

	Criterium
Vermogen	2 - 10 kW (0,002 - 0,01 MW)
Capaciteit	2 - 40 kWh
Tijdsduur ontladen op vol vermogen	1 - 4 uur
Toepasbaarheid op schaalniveau	Woningniveau
Technische realisatie voor 2030	Zeker te realiseren
Investeringskosten	ca. 700 - 1200 €/kWh ⁷ plus 500-1000 € installatiekosten.
Efficiëntie	ca. 90%
Doorlooptijd	<1 jaar
Ruimtelijke impact	< 1 m ² , past meestal in meterkast
Veiligheidsaspecten	Brandgevaar bij oudere types lithium-ion (NMC). De nieuwere lithium-ijzer-fosfaat (LFP) batterijen zijn veiliger, maar kennen nog steeds dezelfde veiligheidsrisico's als NMC. ⁸ De plek van de thuisbatterij in de meterkast kan vanuit veiligheidsaspecten onwenselijk zijn, aangezien deze zich vaak naast de voordeur, en daarmee op de vluchtweg bevindt.

Voorbeeld



Knelpunten

Het voornaamste knelpunt voor de thuisbatterij is financieel: de salderingsregeling. Met de salderingsregeling maakt het niet uit of zonnestroom direct zelf wordt verbruikt of eerst aan het net wordt teruggeleverd en later gebruikt. De batterij biedt dan nog een klein voordeel omdat elektriciteit met een dynamisch contract goedkoper kan worden ingekocht, maar dat is (lang) niet genoeg voor een rendabele businesscase.

In de toekomst zal het salderen worden afgebouwd en zullen ook de kosten van de batterijen verder dalen, waardoor er wel een businesscase ontstaat. Daarnaast onderzoeken netbeheerders een aanpassing in de nettarieven voor kleinverbruikers, zodat zij gestimuleerd worden om hun piekvraag te beperken.

Grote batterij bij opwekker/verbruiker

Wat is het?

Een grote batterij wordt geplaatst bij een bedrijf, een zonnepark of een windpark. Deze batterij is vrijwel dezelfde als de thuisbatterij, maar dan met een (veel) groter vermogen. De batterijen bestaan uit modulaire elementen: een grotere batterij wordt gemaakt door meerdere kleine batterijen te combineren.

De business case van de grote batterij is beter dan die van de thuisbatterij. Dit heeft meerdere redenen:

1. Grote batterijen zijn per kWh opslagcapaciteit goedkoper door schaalvoordelen;
2. Grootverbruikers mogen opwek niet wegstrepen tegen verbruik (kleinverbruikers hebben de salderingsregeling);
3. Grotere afnemers betalen een hoger nettatarief als ze meer netcapaciteit gebruiken. Een batterij beperkt deze kosten;
4. Grotere batterijen kunnen makkelijker ingezet worden om de netfrequentie stabiel te houden, waar TenneT hoge vergoedingen voor betaalt.

Kenmerken

	Criterium
Vermogen	0,3 – 10 MW
Capaciteit	0,3 – 40 MWh
Tijdsduur ontladen op vol vermogen	1 – 4 uur
Toepasbaarheid op schaalniveau	Alle niveaus: van bedrijfsniveau tot hoogspanningsnet
Technische realisatie voor 2030	Zeker te realiseren
Investeringskosten	500 €/kWh (stationaire batterij, >1 MW) tot 700 €/kWh (mobiele batterij) ⁹
Efficiëntie	ca. 90%
Doorlooptijd	1-2 jaar
Ruimtelijke impact	30 – 80 m ² /MWh
Veiligheidsaspecten	Er is een regeling waarin de veiligheidsvoorschriften worden beschreven ¹⁰ , in afwachting van de PGS37-1. Brandveiligheid is het voornaamste aandachtspunt.

Waar is het toepasbaar?

De grote batterij is toepasbaar bij bedrijven of opwekkers van hernieuwbare elektriciteit waarbij de productie of afname van elektriciteit sterk fluctueert over de dag, bijvoorbeeld een zonnepark, een snellaadstation voor mobiliteit of een bedrijf dat alleen overdag produceert. Batterijen kunnen in die toepassing de energie een paar uur verschuiven (arbitrage), het net ontlasten (congestiemanagement) en eventueel een bijdrage leveren aan het constant houden van de netfrequentie.

Bij een tekort aan beschikbare netcapaciteit kan een (tijdelijke) batterij ervoor zorgen dat bepaalde projecten of ontwikkelingen toch door kunnen gaan. Hierbij accepteren ondernemers in sommige gevallen dat de batterij meer kost dan de directe besparingen, omdat zij zonder de batterij winst door bedrijfsuitbreiding mislopen.

Voorbeeld



Figuur 2 – Artist's impression van batterij van 1 MW bij Prologis in Tilburg
Bron: Prologis



Figuur 3 – Batterijen van totaal 10 MWh bij windpark Hartelkanaal van Greenchoice
Bron: Alfen

Knelpunten

De hoge kosten van de batterijen is de voornaamste belemmering. Ondernemers kunnen deze kosten niet rechtvaardigen als zij deze niet terugverdienen door extra inkomsten of besparingen op andere kosten. De financierbaarheid van batterijen is daarom lastig omdat de inkomsten erg onzeker zijn.

Daarnaast kan het lastig zijn om een plek te vinden voor de batterij: er moet ruimte zijn voor de batterij zelf, de batterij moet niet te ver van het aansluitpunt staan, maar moet ook voldoende afstand hebben tot andere gebouwen en voertuigen in verband met de veiligheid. Dit punt speelt met name bij bedrijven en minder bij zonneparken en windparken, die vaak wat meer afgelegen zijn.

Gridbatterijen

Wat is het?

Een gridbatterij gebruikt dezelfde techniek als andere batterijen, maar is op een andere plek in het energiesysteem aangesloten. De gridbatterij heeft zijn eigen aansluiting op het elektriciteitsnet, zonder verbonden te zijn met andere verbruikers of opwekkers. De gridbatterij heeft dus altijd de hele aansluiting 'voor zichzelf', zodat de netaansluiting geen beperking vormt voor de inzet van de batterij.

We bespreken twee typen gridbatterijen: de buurtbatterij en de grootschalige gridbatterij.

- Een buurtbatterij is vaak een kleinere, mobiele batterij in een zeecontainer, die in woonwijken geplaatst kan worden.
- De grootschalige gridbatterij bestaat typisch uit tientallen batterijeenheden die samen één grote batterij vormen. Dit type batterij staat vaak op een meer afgelegen locatie, met een grotere netaansluiting.

Voorbeeld



Figuur 4 - Buurtbatterij in Woerden (2018, 200 kWh)¹⁵



Figuur 5 - Twee grootschalige gridbatterijen van Giga Storage: links de Giga Rhino (2020, 12 MW/7,5 MWh) en rechts de Giga Buffalo (2022, 25 MW/48 MWh)
Bron: Giga Storage

Kenmerken

	Criterium
Vermogen	ca 0,3-3MW (buurtbatterij), 5-1000+MW (grote gridbatterij)
Capaciteit	0,6 - 1000+ MWh
Tijdsduur ontladen op vol vermogen	2-4 uur
Toepasbaarheid op schaalniveau	Van buurtniveau tot hoogspanningsnet
Technische realisatie voor 2030	Zeker te realiseren
Investeringskosten	ca. 700 €/kWh voor buurtbatterij ¹¹ ca. 380 €/kWh voor grote gridbatterij (60 MW, 240 MWh) ¹²
Efficiëntie	ca. 85%
Doorlooptijd	1-2 jaar
Ruimtelijke impact	ca. 25 m ² /MWh voor gridbatterij ¹³
Veiligheidsaspecten	Er is een circulaire beschikbaar met veiligheidsvoorschriften ¹⁴ , in afwachting van de PGS37-1. Brandveiligheid is het voornaamste aandachtspunt. Voor realisatie van buurtbatterijen is een <u>NEN-norm</u> opgesteld.

Knelpunten

Buurtbatterijen komen moeizaam van de grond omdat ze relatief duur zijn per eenheid opgeslagen energie in vergelijking met grotere batterijen. Er is weliswaar een besparing op de kosten voor de aanleg van het elektriciteitsnet, maar deze besparing is deels nodig om de batterij-eigenaar te compenseren voor gemiste opbrengsten omdat er niet altijd vrij gehandeld kan worden.

Grootschalige gridbatterijen zijn momenteel (najaar '22) commercieel interessant en er is veel interesse vanuit marktpartijen om ze te bouwen. Het grootste probleem is om een netaansluiting te krijgen, omdat het elektriciteitsnet op veel plekken vol zit. Batterijen kunnen congestie verhelpen als ze op de goede manier worden ingezet, maar kunnen ook bijdragen aan congestie als zij geen rekening houden met de netbelasting. Netbeheerders onderzoeken momenteel verder hoe zij batterijen toch kunnen aansluiten, waarbij de netbeheerder de zekerheid heeft dat de batterij de congestie niet verergert.

Waar is het toepasbaar?

De buurtbatterij kan in woonwijken worden ingezet om te helpen het net te ontlasten. De batterij kan vrij handelen op de energiemarkten tijdens perioden dat er wel voldoende netcapaciteit is.

De grootschalige gridbatterij wordt doorgaans vanuit zuiver commercieel oogpunt gebouwd, met als doel de batterij zo optimaal mogelijk in te zetten op meerdere verschillende markten en een zo hoog mogelijke winst te behalen. Nu betekent dat meestal dat de batterij het grootste gedeelte van de tijd wordt ingezet voor netbalancing. Zonder aanvullende maatregelen is het echter niet zeker dat de batterij bijdraagt aan het oplossen van netcongestie.

Innovatieve batterijtechnieken

Andere batterijtypes

We bespreken hieronder kort enkele andere veelbesproken bestaande en toekomstige batterijtypes voor stationaire opslag.

Natrium-ion

Natrium-ion batterijen (sodium ion) lijken op lithium-ion batterijen, maar gebruiken veel goedkoper en minder zeldzaam natrium in plaats van lithium. Natrium-ion batterijen kunnen binnen enkele jaren competitief worden met lithium-ion en zouden een grote rol kunnen spelen voor stationaire opslag¹⁶.

Solid state batterijen

Solid state batterijen (letterlijk: vastestofbatterijen) bevatten geen vloeistof tussen de plus- en de minpool, maar een vaste stof. Dit resulteert in een betere levensduur, een hogere veiligheid en een hogere energiedichtheid.¹⁷ Solid state lithium batterijen worden midden jaren '20 verwacht in voertuigen en enkele jaren later in stationaire toepassingen.

Flowbatterijen

Wat is het?

Flowbatterijen slaan energie op in een vloeistof. De vloeistof is een chemische verbinding die een opgeladen en ontladen toestand heeft. De opgeladen en de ontladen vloeistof worden in aparte tanks opgeslagen. De batterij wordt opgeladen en ontladen door de twee vloeistoffen door een membraancel te pompen waar onder invloed van elektriciteit moleculen worden uitgewisseld.

Het grote voordeel van flowbatterijen is dat de capaciteit (MWh) en het vermogen (MW) onafhankelijk van elkaar schaalbaar zijn. Het vermogen wordt bepaald door het oppervlak van het membraan. De capaciteit wordt bepaald door de grootte van de opslagtanks. De vloeistof en tanks zijn relatief goedkoop, dus de meerkosten voor een langere opslagduur zijn beperkt.

Er zijn vele verschillende types flowbatterijen. Enkele van de meest bekende zijn de lithium-bromide batterij (LiBr) en de vanadium redox flow batterij (VRFB). De gebruikte vloeistoffen in deze batterijen zijn schadelijk voor het milieu. Er zijn veel flowbatterijen in ontwikkeling die gebruik maken van organische verbindingen die onschadelijk zijn voor het milieu.

Voorbeeld



Figuur 7 - Zoutwaterbatterij van AquaBattery met 1 kW/7 kWh²¹

Kenmerken

	Criterium
Vermogen	1 - 100 MW
Capaciteit	10 - 1000+ MWh
Tijdsduur ontladen op vol vermogen	4 - 100 uur
Toepasbaarheid op schaalniveau	Alle niveaus
Technische realisatie voor 2030	Zeker te realiseren
Investeringskosten	ca. 500 €/kWh ¹⁸
Efficiëntie	ca. 70%
Doorlooptijd	1-2 jaar als techniek eenmaal beschikbaar is
Ruimtelijke impact	ca. 10 m ² per MWh ¹⁹
Veiligheidsaspecten	Nog geen normen. Andersoortig dan lithium-ion batterijen, want de componenten zijn vloeibaar en niet ontvlambaar. Flowbatterijen daarentegen bevatten veel meer toxische componenten.

Knelpunten

Zoutwaterbatterijen zijn nog sterk in ontwikkeling en alleen nog als proefinstallaties op zeer kleine schaal verkrijgbaar. De technologie zal nog verder ontwikkeld moeten worden om een goed zicht te krijgen op kosten, performance en betrouwbaarheid.

De energiedichtheid van zoutwaterbatterijen is erg laag, daardoor is het ruimtebeslag fors. Dit maakt de batterijen ruimtelijk lastig in te passen.

Vehicle-to-grid

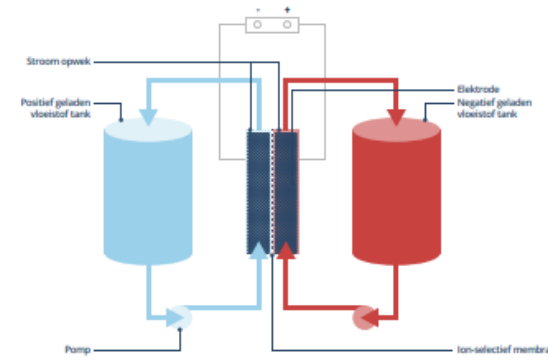
Vehicle-to-grid (V2G) is een techniek waarbij elektrische voertuigen elektriciteit terug kunnen leveren aan het net. Tijdelijke tekorten aan elektriciteit kunnen aangevuld worden door de batterij van heel veel voertuigen een beetje te ontladen, waardoor er grote vermogens beschikbaar komen. Dit kan pieken in de dagelijkse stroomvraag helpen opvangen.

Er zijn reeds vele succesvolle pilots geweest met V2G, maar het is nog lang geen standaard oplossing. De meeste bestaande voertuigen en laadpalen zijn nog niet geschikt voor V2G, maar steeds meer nieuwe voertuigen zijn dat wel. Naast de techniek ontbreekt het aan gestandaardiseerde protocollen om te communiceren tussen energieleverancier, netbeheerder, laadpaal en voertuig.

Waar is het toepasbaar?

Flowbatterijen worden gezien als oplossing voor middellange termijn opslag: van ca. 4 uur tot een week. In die functie kunnen ze helpen om overschotten en tekorten over de dag te vereven, maar ook om langere perioden van aanhoudend tekort (dunkelflaute) of aanhoudend overschot (storm) te overbruggen.

Voorbeeld



Figuur 6 - Schematische weergave van de werking van een flowbatterij

Knelpunten

De technologie van flowbatterijen is nog sterk in ontwikkeling en er zijn nog weinig systemen 'van de plank' leverbaar.

Het lage rendement en de hogere investeringskosten ten opzichte van lithium-ion zorgen ervoor dat flowbatterijen op de korte termijn commercieel niet aantrekkelijk zijn. Naarmate de tijd voortschrijdt, zal de technologie verbeteren, zullen de kosten lager worden en zal de behoefte aan opslag voor langere perioden groeien.

Zoutwaterbatterijen

Wat is het?

Een zoutwaterbatterij gebruikt water met verschillende zoutconcentraties om elektriciteit op te slaan. Qua opbouw lijkt een zoutwaterbatterij op een flowbatterij, maar het werkingsprincipe is anders. Tijdens het opladen wordt verdund zout water in een membraancel gescheiden in zoet water en geconcentreerd zoutwater, met behulp van elektriciteit. Tijdens het ontladen worden de twee stromen weer gecombineerd tot verdund zout water, waarbij energie vrij komt.²⁰

Kenmerken

	Criterium
Vermogen	Enkele kilowatt
Capaciteit	1-100 kWh
Tijdsduur ontladen op vol vermogen	2 uur en meer
Toepasbaarheid op schaalniveau	Alle niveaus
Technische realisatie voor 2030	Mogelijk te realiseren
Investeringskosten	Duurder dan lithium-ion, geen betrouwbare kostenschattingscijfers.
Efficiëntie	80-90%, afhankelijk van laadsnelheid
Doorlooptijd	1-2 jaar als techniek eenmaal beschikbaar is
Ruimtelijke impact	Geen betrouwbare cijfers, maar fors groter ruimtebeslag dan lithium-ion.
Veiligheidsaspecten	Geen, bevat enkel zout water.

Waar is het toepasbaar?

Voorlopig zijn er nog geen toepassingen van zoutwaterbatterijen. De techniek moet zich nog aanzienlijk verder ontwikkelen om goed in te kunnen schatten welke rol zoutwaterbatterijen kunnen vervullen.

7. Tijdelijke conversie (Waterstof)

Wat is het?

Duurzame elektriciteit kan worden omgezet in groene waterstof met elektrolyse en vervolgens worden opgeslagen. Op momenten van grote vraag naar elektriciteit, wordt de waterstof omgezet naar elektriciteit met een waterstofcentrale of brandstofcel. Waterstof kan worden opgeslagen in zoutcavernes, lege gasvelden of bovengrondse opslagtanks. Gasunie werkt aan een landelijk hogedruknet voor waterstof (de 'waterstofbackbone') dat de grote industrieclusters verbindt met een opslaginstallatie in zoutcavernes.

- Opslag van waterstof kent nagenoeg geen verlies van vermogen en is van vrijwel onbeperkte omvang. Dit maakt waterstof een gunstige toepassing voor energieopslag voor langere tijdseenheden. Echter gaat bij de conversie van elektriciteit naar waterstof en vervolgens weer naar elektriciteit wel veel energie verloren, het proces heeft een laag ketenrendement (~40%).

Waar is het toepasbaar?

Tijdelijke conversie van waterstof is voornamelijk interessant voor seizoensopslag. Als er genoeg waterstof is opgeslagen, dan is het geen probleem om via brandstofcellen een week of een maand lang elektriciteit te leveren.

Elektrolyse is overal mogelijk, maar transport van waterstof met buisleidingen is goedkoper dan transport van elektriciteit met hoogspanningskabels. Elektrolyse kan dus het best zo dicht mogelijk bij de opwek van elektriciteit plaats vinden, zodat het net niet verzwaard hoeft te worden voor de elektrolyzers. De elektrolyzers of brandstofcellen kunnen overal staan, maar in stedelijk gebied is benutting van de restwarmte wellicht mogelijk. Voor transport van waterstof is het gewenst dat er een aansluiting is op een waterstofnetwerk, om waterstof door Nederland te transporteren.

Waterstof kan op verschillende manieren worden opgeslagen:

- Als gas, in zoutcavernes: In Nederland is opslag van waterstof mogelijk in zoutcavernes in Groningen en Noord-Drenthe, zie ook figuur 11. In Nederland is de totale capaciteit voor waterstof opslag in zoutcavernes in 2030 tussen de 0,125 tot 0,45 TWh. In 2050 zal dit tussen de 1 en 30 TWh liggen.²² 1 zoutcaverne kan daarmee in theorie in de jaarlijkse elektriciteitsvraag van zo'n 80.000 Nederlandse huishoudens kunnen voorzien.
- Als gas, in lege olie- of gasvelden: Een recente studie van de NAM concludeert dat ondergrondse waterstofopslag in leeg geproduceerde gasvelden mogelijk is.²³
- Als gas, in tanks: Waterstof kan onder hoge druk worden opgeslagen in bovengrondse tanks. Dit is erg duur, maar het voordeel is dat er geen verbinding met een waterstofnetwerk nodig is.
- Als vloeistof, in tanks: Waterstof kan onder druk vloeibaar worden gemaakt en opgeslagen worden in cryogene tanks. Het vloeibaar maken van waterstof is echter erg energie-intensief. Deze vorm van opslag is daarom alleen interessant als waterstof vloeibaar wordt ingezet, bijvoorbeeld in de transport- of ruimtevaartsector.

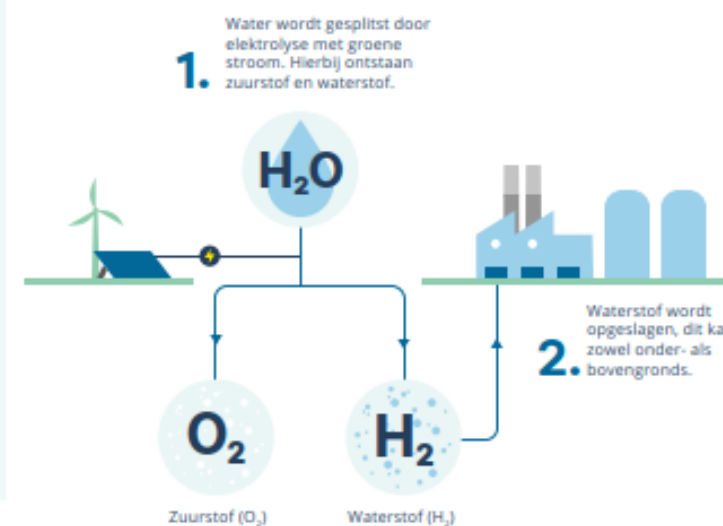
Hoe zit het met andere moleculen?

Energie kan ook in andere moleculen dan waterstof worden opgeslagen. Deze moleculen bestaan uit waterstof en nog een ander element, bijvoorbeeld stikstof (bij ammoniak) of koolstof (bij methanol, methaan, mierenzuur en vele andere moleculen). De waterstof wordt na elektrolyse in een chemisch proces verbonden met het andere element. Er is dus een extra installatie nodig voor deze omzetting en het kost ook extra energie. Het is dus efficiënter om waterstof direct te gebruiken als dit mogelijk is. Het voordeel van de andere moleculen is echter dat ze vaak eenvoudiger op te slaan zijn dan waterstof, wat een voordeel is voor toepassingen waarin veel energie in een beperkte ruimte moet worden opgeslagen, zoals in vliegtuigen of schepen.

Kenmerken

	Criterium
Vermogen	1 MW – 10 GW
Capaciteit per zoutcaverne	0,125 tot 0,25 TWh ²²
Tijdsduur ontladen op vol vermogen	Enkele dagen tot enkele maanden
Toepasbaarheid op schaalniveau	Middenspanningsnet - hoogspanningsnet
Technische realisatie voor 2030	Zeker te realiseren
Investeringskosten	²⁴
Efficiëntie	~40%
Doorlooptijd	2-5 jaar bij bestaande caverne, >5 jaar als nieuwe caverne nodig is
Ruimtelijke impact	7 m ² /MWh
Veiligheidsaspecten	Mogelijk risico op bodemdaling, seismiciteit of lekkage van waterstof ondergronds met bijbehorend brand- en explosierisico

Voorbeeld



Figuur 8 - Duurzame elektriciteitsopslag in waterstof.

Knelpunten

Het omzetten van duurzame elektriciteit in waterstof en weer terug kent een laag rendement. Waterstofopslag kan daarom het beste ingezet worden voor momenten dat er langere tijd geen of niet genoeg duurzame energie voorradig is. Bij langdurige tekorten kan met behulp van brandstofcellen relatief eenvoudig veel elektriciteit geproduceerd worden.

Ondergrondse opslag van moleculen zoals waterstof staat momenteel in de kinderschoenen en vergt aanpassing in de Mijnbouwwet.

Momenteel is opslag in zoutcavernes nog niet voorhanden, maar naar verwachting is er in 2026 een zoutcaverne gereed²⁵, tegen die tijd is ook het eerste stuk van de backbone gereed²⁶.

Daarnaast kent de opslag van waterstof onder de grond mogelijke risico's zoals, bodemdaling, seismiciteit of lekkage van waterstof ondergronds. Opslag in tanks is echter relatief veel duurder dan in zoutcavernes.

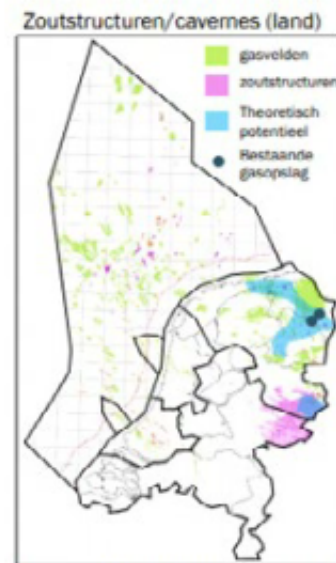
8. Compressed Air Energy Storage

Wat is het?

Bij Compressed Air Energy Storage (CAES, in het Nederlands persluchttopslag) wordt lucht met een elektrisch aangedreven compressor gecomprimeerd en onder hoge druk in grote ondergrondse ruimtes gepompt, vaak lege zoutcavernes. Vervolgens kan er weer elektriciteit opgewekt worden door de lucht te laten uitzetten. De lucht wordt dan opgewarmd en door een turbine geleid die een generator aandrijft. Er zijn twee manieren om dit te doen:

1. Diabatic CAES (D-CAES). Hierbij wordt de lucht opgewarmd met een externe verwarmingsbron, namelijk het verbranden van fossiele brandstoffen. In de toekomst is de verwarming ook mogelijk met verbranding van groene waterstof of elektriciteit.
2. Advanced adiabatic CAES (AA-CAES). Hierbij wordt de warmte die ontstaat bij compressie opgeslagen en weer gebruikt om later de lucht op te warmen voor de opwek van elektriciteit. Dit maakt het proces efficiënter en voorkomt verwarmen met fossiele brandstoffen.

Wereldwijd zijn er een aantal commercieel operationele CAES-installaties actief. Recent is er veel interesse voor A-CAES door het toegenomen aanbod van duurzame energie, onder andere in China, Canada en de Verenigde Staten.²⁷ In Nederland wordt er momenteel gewerkt aan een D-CAES installatie (320 MW/3-4 GWh) in Groningen waarbij de lucht wordt verwarmd door verbranding van groene waterstof.²⁸



Figuur 11 – Bestaande zoutcavernes en theoretisch potentiële locaties voor zoutcavernes op land. Het blauwe gebied op de kaart geeft aan waar zoutstructuren voorkomen, in praktijk zal het niet mogelijk zijn om dit gehele gebied te exploiteren.³¹

CAES is een oplossing voor middellange termijn opslag: van ca. 4 uur tot een week. In die functie kan CAES helpen om overschotten en tekorten over de dag te vereffenen, maar ook om langere perioden van aanhoudend tekort (dunkelflaute) of aanhoudend overschot (storm) te overbruggen.

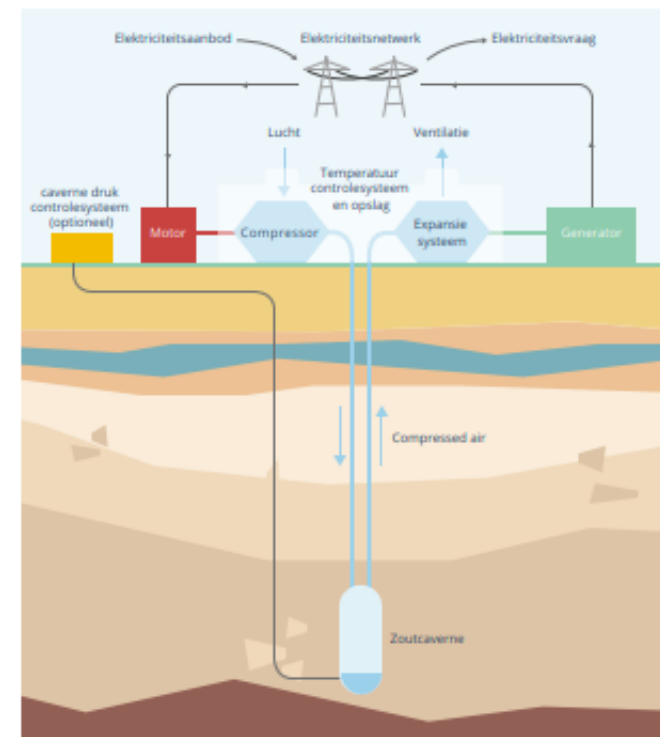
Kenmerken

	Criterion
Vermogen	100-300 MW
Capaciteit per installatie	400 – 4000 MWh
Tijdsduur ontladen op vol vermogen	6 tot 12 uur
Toepasbaarheid op schaalniveau	Hoogspanningsnet
Technische realisatie voor 2030	Zeker te realiseren
Investeringskosten	150 €/kWh ²⁹
Efficiëntie	D-CAES: 60% AA-CAES: 70% ³⁰
Doorlooptijd	2-5 jaar bij bestaande caverne, >5 jaar als nieuwe caverne nodig is
Ruimtelijke impact	11 m ² /MWh
Veiligheidsaspecten	Kans op verzakking van de bodem en seismische activiteiten

Waar is het toepasbaar?

Voor CAES-installaties zijn ondergrondse ruimtes zoals lege gasvelden of zoutcavernes nodig. Zoutcavernes zijn het meest geschikt, omdat lege gasvelden te groot zijn voor een CAES installatie. TNO heeft uitgerekend dat in Nederland zo'n 321 zoutcavernes potentieel geschikt zijn voor CAES, vooral in het noorden en het oosten van het land, zoals te zien in figuur 11.³⁰ De totale opslagcapaciteit van CAES voor deze 321 zoutcavernes is zo'n 0,58 TWh. Door de specifieke ligging van de zoutcavernes moet aandacht geschonken worden aan een goede verbinding met de bestaande elektriciteitsinfrastructuur.

Voorbeeld



Figuur 122 – Illustratie van een CAES installatie.

Knelpunten

Voor efficiënter en duurzamer gebruik van CAES zal AA-CAES verder ontwikkeld moeten worden. Voor D-CAES zijn nauwelijks verbeteringen mogelijk en de techniek is minder rendabel dan AA-CAES. De beschikbare zoutcavernes zouden daarom het beste ingezet kunnen worden voor doorontwikkelde AA-CAES installaties.

CAES concurreert in ruimtegebruik met waterstof, wat ook opgeslagen kan worden in zoutcavernes. Vermoedelijk heeft CAES een ondergeschikte rol in nationale energievoorziening, aangezien alternatieve vormen van flexibele opslag (zoals opslag van waterstof) een beter technisch economisch potentieel hebben.³²

Bij gebruik van zoutcavernes zijn er risico's voor het verzakken van de bodem en seismische activiteiten rondom zoutcavernes. Over opslag van gas in zoutcavernes is veel bekend, maar er is minder bekend over het opslaan van gecomprimeerde lucht. Hiervoor is meer praktijkervaring van belang.

O-PAC (en valmeren)

Wat is het?

Energie kan worden opgeslagen door water in een reservoir omhoog te pompen op het moment dat er een overschot aan elektriciteit is. Er kan elektriciteit worden opgewekt door het water vervolgens door een turbine naar beneden te laten stromen. Hoe groter het hoogteverschil tussen de waterstanden, hoe meer energie er opgewekt kan worden. In Nederland is er weinig hoogteverschil, maar kan er wel gebruik worden gemaakt van diepte. Bij een ondergrondse pompaccumulatiecentrale (O-PAC) wordt er gebruik gemaakt van een spaarbekken dat circa 1400 meter onder de grond ligt.

Een andere mogelijkheid voor opslag met waterkracht in Nederland is met kunstmatig valmeren. Hiervoor dient een groot meer van tientallen meters diep aangelegd te worden in bijvoorbeeld de zee, met daaromheen een dijk. Het water in het valmeer ligt lager dan het omliggende water. Energie kan opgeslagen worden door water uit het valmeer te pompen naar het naastgelegen hogere water. Bij een tekort kan vervolgens dit water door turbines stromen in het lager gelegen valmeer.

We leggen hier de focus op O-PAC, aangezien de investering en ruimtelijk impact van een valmeer groter zijn dan van O-PAC. Daarnaast zijn de plannen voor O-PAC verder uitwerkt en is de realisatie van O-PAC aannemelijker dan van een valmeer.

Kenmerken O-PAC³⁸

	Criterium
Vermogen	1,4 GW
Capaciteit	8,4 GWh
Tijdsduur ontladen op vol vermogen	6 uur
Toepasbaarheid op schaal-niveau	Hoogspanningsnet
Technische realisatie voor 2030	Ja, mits start in 2023
Investeringskosten	41€/MWh
Efficiëntie	80%
Doorlooptijd	>5 jaar
Ruimtelijke impact	Ruimte voor waterreservoir bovengronds, verder met name impact in de ondergrond
Veiligheidsaspecten	Niet elke ondergrond is geschikt vanwege verzakking

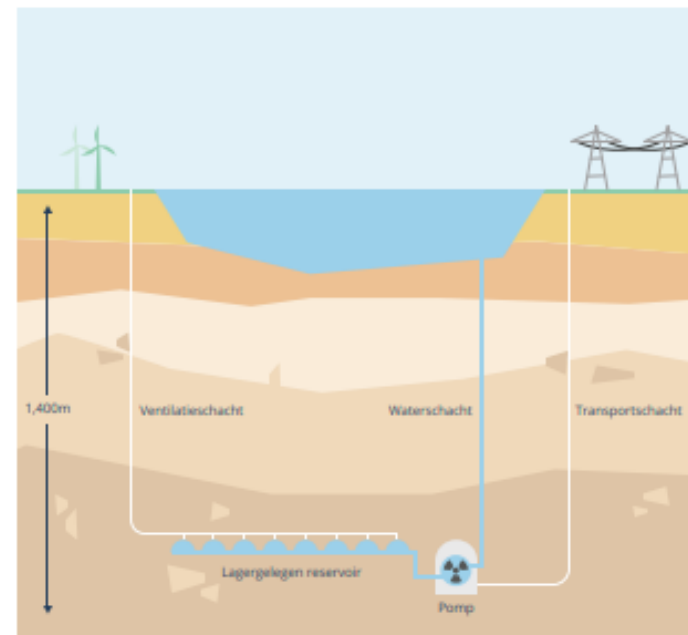
Waar is het toepasbaar?

In Nederland zijn plannen voor een O-PAC in een oude mijnschacht in Zuid-Limburg met een vermogen van 1,4 GW en een opslagcapaciteit van 8,4 GWh.³⁹ Hiermee kan er genoeg energie worden opgeslagen om ongeveer 6 uur lang op vol vermogen te leveren. Deze centrale is vooral geschikt voor het opvangen van fluctuaties tussen vraag en aanbod binnen een dag. Het is niet geschikt voor seizoensopslag, aangezien dit niet economisch rendabel is. Naar verwachting is een O-PAC alleen in Zuid-Limburg mogelijk, vanwege de bodemsoort. Meer onderzoek naar de bodem en geologie is nodig om te bepalen wat de lokale impact is van O-PAC, ook voor eventuele andere locaties voor O-PAC.

Het idee van Delta21 voor een tientallen meters diep valmeer bij het Haringvliet betreft een geïnstalleerd vermogen van 1.8 GW. Het gecreëerde meer van ongeveer 20 km² kan 12 uur achtereen energie leveren. De geschatte realisatie kosten van Delta21 bedragen 3.7 miljard euro.⁴⁰

O-PAC en valmeren zijn oplossingen voor middellange termijn opslag: van ca. 4 uur tot een week. In die functie kunnen ze helpen om overschotten en tekorten over de dag te vereffenen, maar ook om langere perioden van aanhoudend tekort (dunkelflaute) of aanhoudend overschot (storm) te overbruggen.

Voorbeeld



Figuur 15 - Schematische weergaven van O-PAC.

Knelpunten

Van zowel O-PAC als valmeren zijn er geen gerealiseerde pilots of commercieel actieve installaties. Wel zijn er talloze vergelijkbare voorbeelden van stuwmeren in de bergen; een reguliere pompaccumulatiecentrale.

De kans op kostenoverschrijding is aanzienlijk bij deze projecten, aangezien het gaat om complexe en grootschalige installaties in de ondergrond. De kosten voor O-PAC in Zuid-Limburg worden nu ingeschat op €1.8 miljard, maar het risico op onvoorziene ontwikkelingen met hogere kosten als gevolg is aanwezig. Meer onderzoek is nodig om inzicht te krijgen in de effecten op bodem en ondergrond voor zowel O-PAC als valmeren.

Vanwege het grote voorziene vermogen (1,4 GW) is het mogelijk dat er forse uitbreidingen van het elektriciteitsnet nodig zijn richting Zuid-Limburg.

Vliegwielen

Wat is het?

Een vliegwiel is een wiel met grote massa die energie opslaat in rotatie-energie. Vliegwielen kennen vele toepassingen in het dagelijks leven, bijvoorbeeld in automotoren, om de trillingen van de motor te dempen. Vliegwielen kunnen ook gebruikt worden voor energieopslag voor uitsluitend korte duur. Het vliegwiel wordt met een elektromotor aangedreven en op grote snelheid gebracht. De rotatie-energie in het vliegwiel kan later omgezet worden in elektriciteit, door het vliegwiel af te remmen met de elektromotor, die ook als generator kan werken. Vliegwielen hebben een levensduur van 20 jaar en hebben weinig onderhoud nodig.⁴¹

Voorbeeld



Figuur 16 - KINEXT Vliegwiel van S4 Energy BV.
Bron: S4 Energy BV

Kenmerken

	criterium
Vermogen	1 MW ⁴⁵
Capaciteit	30 kWh
Tijdsduur ontladen op vol vermogen	Enkele minuten
Toepasbaarheid op schaalniveau	Laagspanningsnet
Technische realisatie voor 2030	Zeker te realiseren
Investeringskosten	200 – 250 €/kWh ⁴² afhankelijk van het materiaal
Efficiëntie	92%
Doorlooptijd	1-2 jaar
Ruimtelijke impact	533 m ² per MWh
Veiligheidsaspecten	Veilig en haast geruisloos

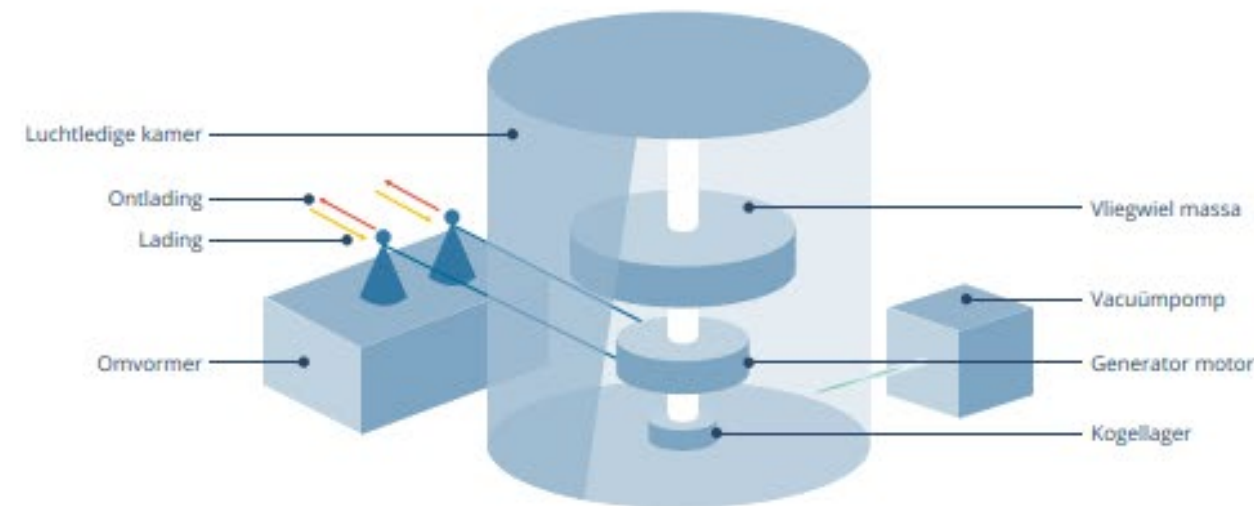
Waar is het toepasbaar?

Het opslaan van energie in vliegwielen is voornamelijk voor korte tijdsschalen, aangezien ze relatief weinig energie kunnen opslaan. Dit komt door de beperkte omvang van het wiel. Het rendement is daarentegen wel weer erg hoog.

Vliegwielen zijn daarnaast goed toepasbaar bij processen die veel vermogen in een korte tijd vragen, mede door de snelle reactietijd van het vliegwiel. Dit betreft met name netbalancing en het uitvlakken van pieken van industriële installaties met een hevig fluctuerende vraag. Bijvoorbeeld bij havenkranen kan het gebruik van een vliegwiel leiden tot een kleinere aansluiting op het elektriciteitsnet.

Toekomstige toepassingen

Vliegwielen zijn een volwassen technologie, waar geen grote verbeteringen meer te verwachten zijn. Combinaties van vliegwielen met batterijen zijn mogelijk om zowel grote vermogens te



Figuur 17 - Schematische weergave werking van een vliegwiel.
Het vliegwiel is ongeveer 16 m³.

Knelpunten

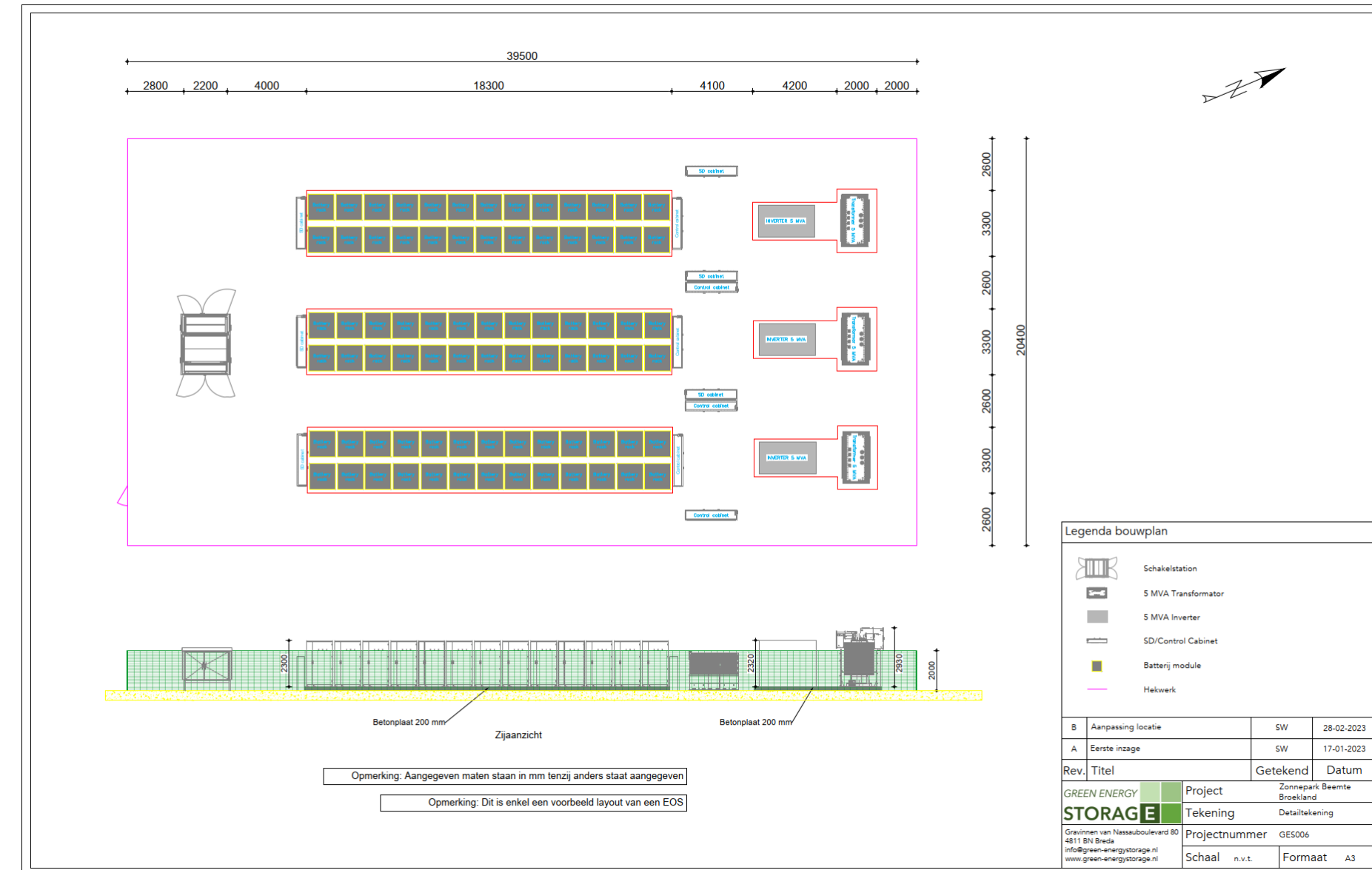
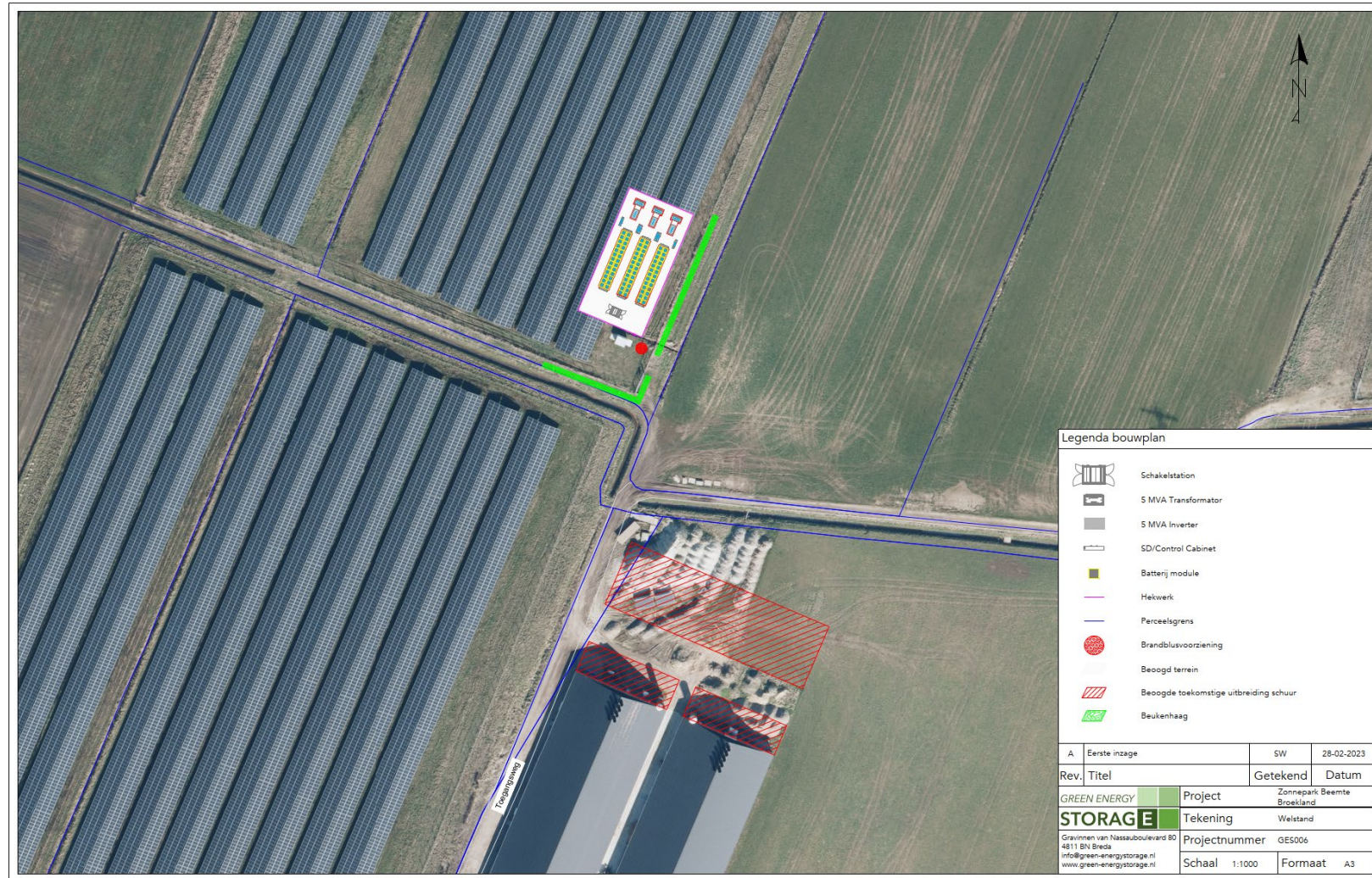
Voor langdurige opslag van (duurzame) energie zijn vliegwielen niet geschikt.⁴³ De inzet van vliegwielen zal daarom beperkt blijven voor energieopslag van enkele minuten voor specifieke toepassingen.

Akoestisch onderzoek

Geluidoverdrachtsberekening

- Geomilieu

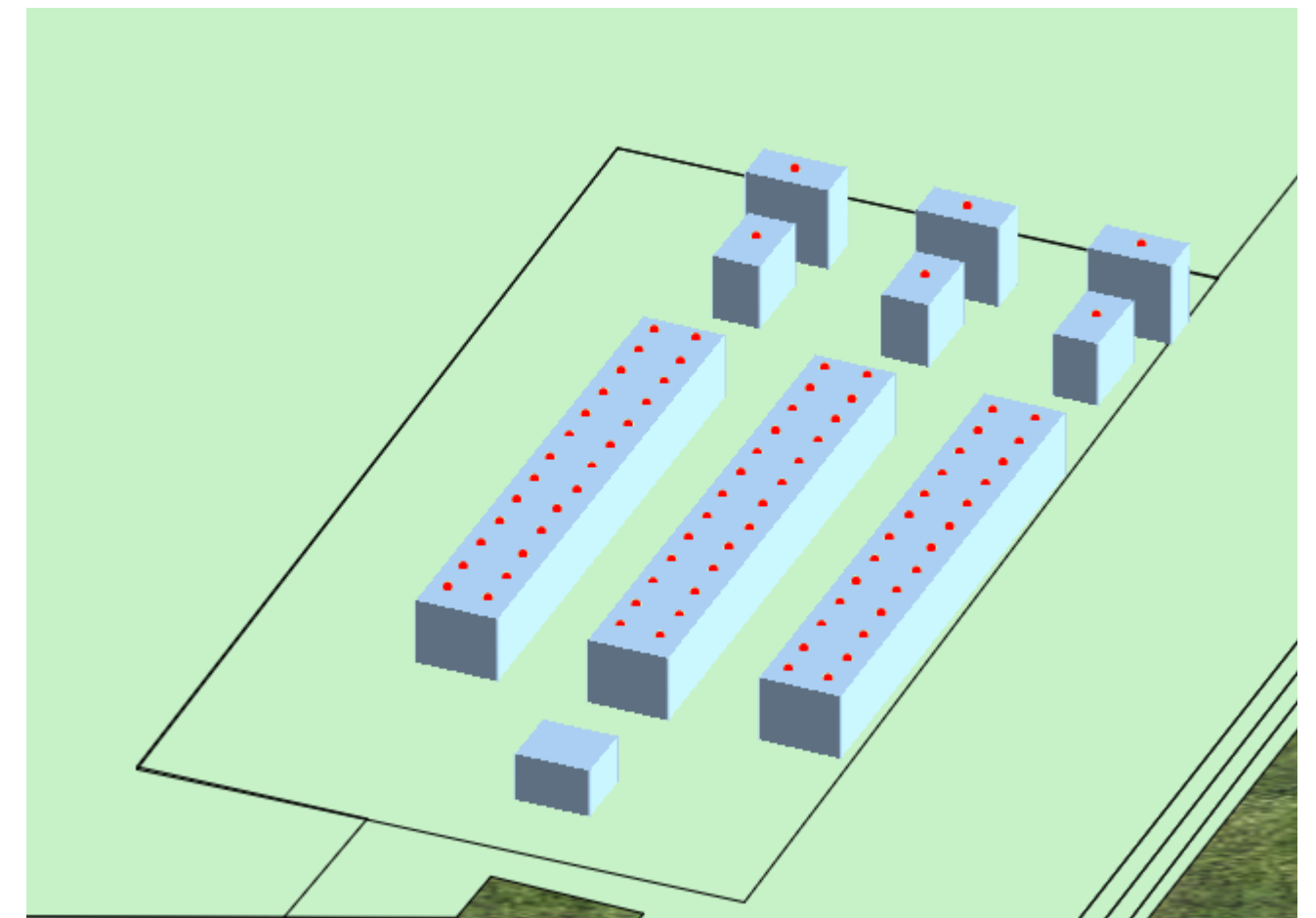
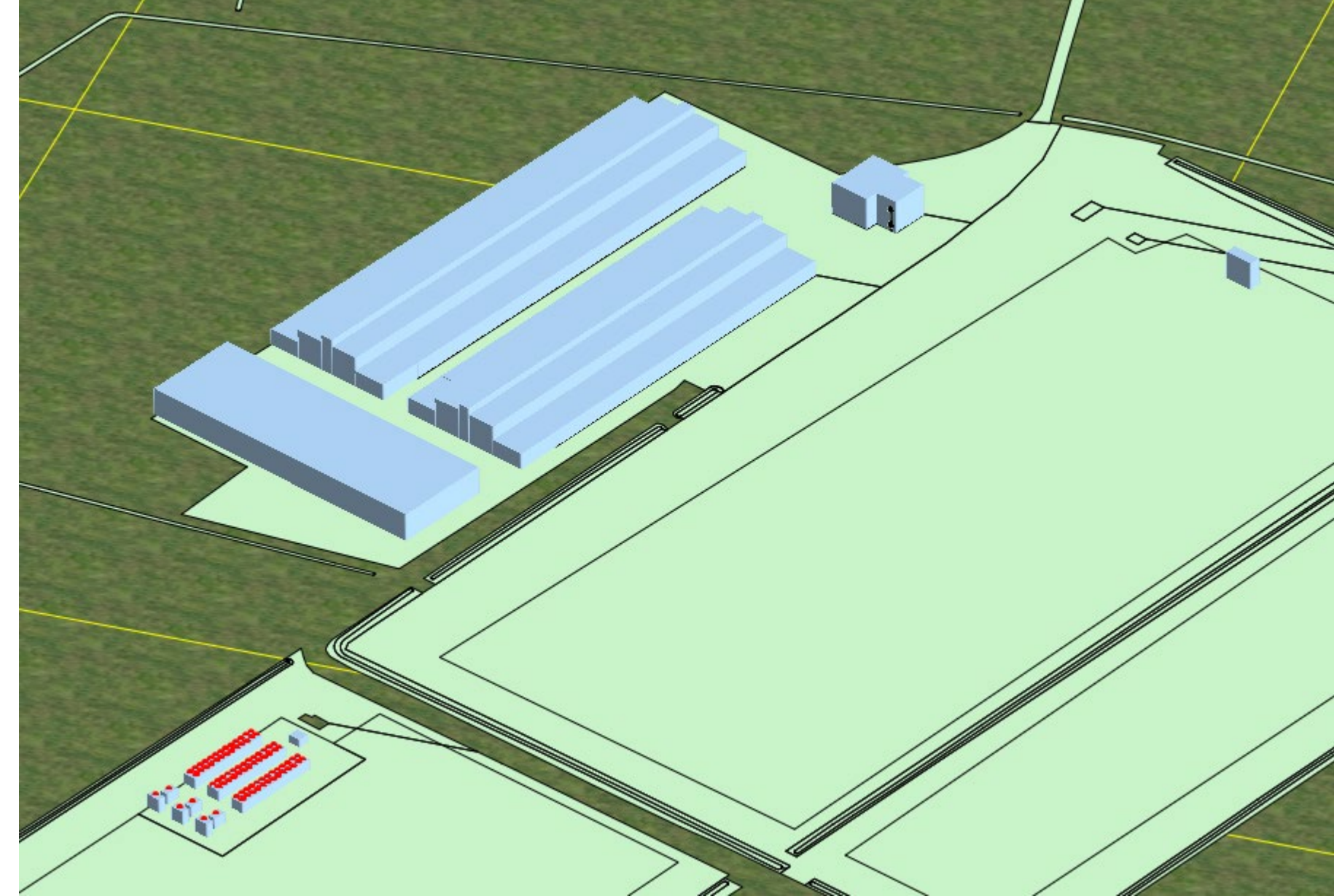
THE BATTERY ELEMENTS



Akoestisch onderzoek

Geluidoverdrachtsberekening

- Doorontwikkeling in modellering



Brondata - leveranciersmetingen



A total sound power level of 95.3 dB(A) with a standard deviation of 4 dB corresponding to accuracy class 3 according to DIN EN ISO 9614-2 [2] was thus determined for the APS converter unit in the simulated full-load operating condition.

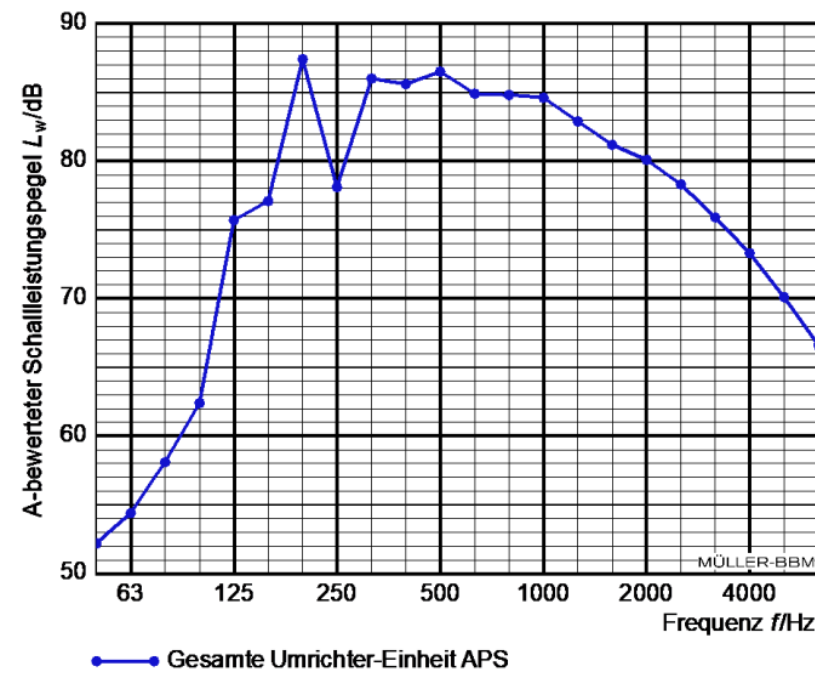


Figure 4 Total sound power level of the entire APS converter unit in third octave bands.

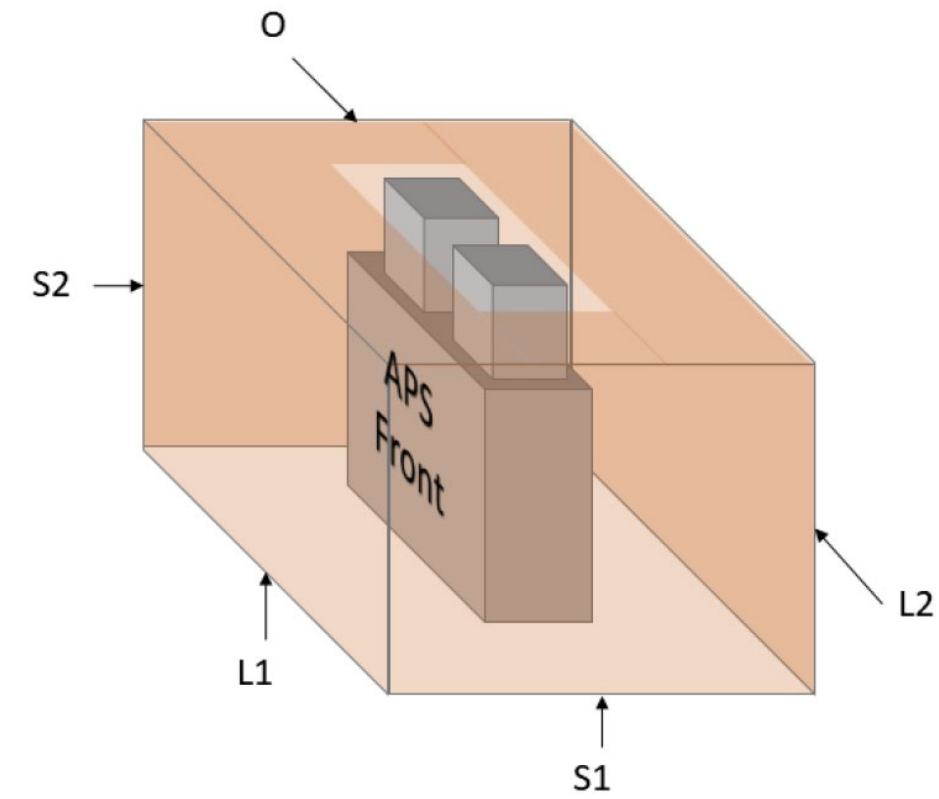


Table 4. Determined A-weighted sound power levels L_{WA} for the entire APS converter unit in dB(A).

Partial surface	L_i in dB(A)	Measuring surface dimension in dB	L_{WA} in dB(A)
Long side 1 (L1)	74.3	12.8	87.1
Long side 2 (L2)	71.4	12.8	84.2
Short side 1 (S1)	71.4	10.2	81.6
Short side 2 (S2)	70.1	10.2	80.3
Top side (O)	77.5	11.2	89.0
Water cooler 1 pressure side	80.8	8.0	88.8
Water cooler 2 pressure side	81.0	8.0	89.0
Sum of total APS-converter unit			95.3

Brondata - metingen DGMR



EOS BEC Cuijk

In de figuren 6, 7 en 8 volgen foto's van de inverter.

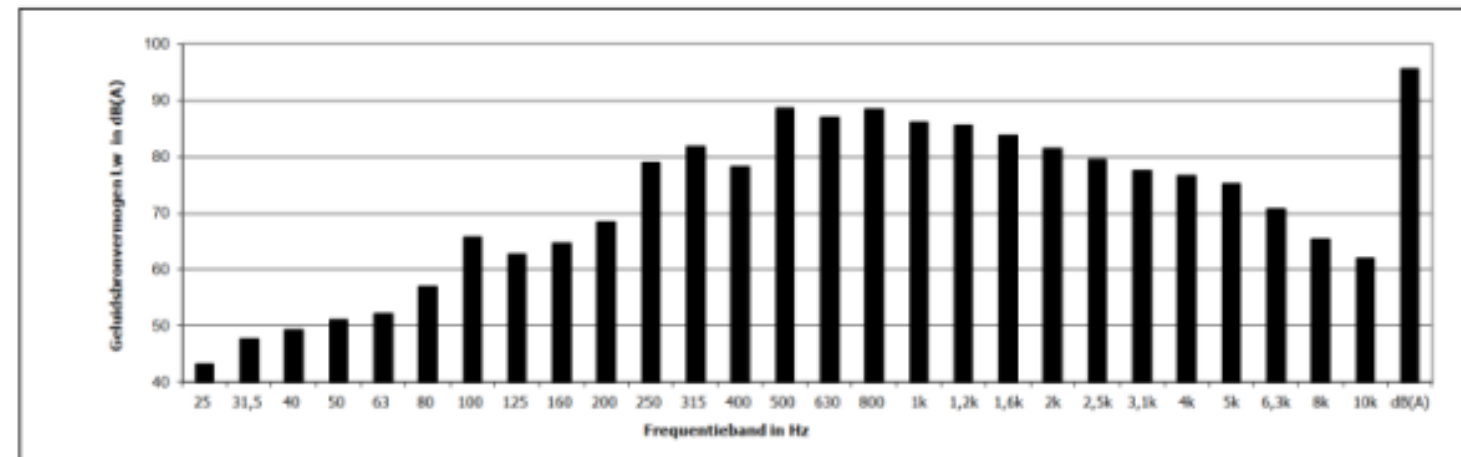



In tabel 1 volgen de technische gegevens van de inverter.

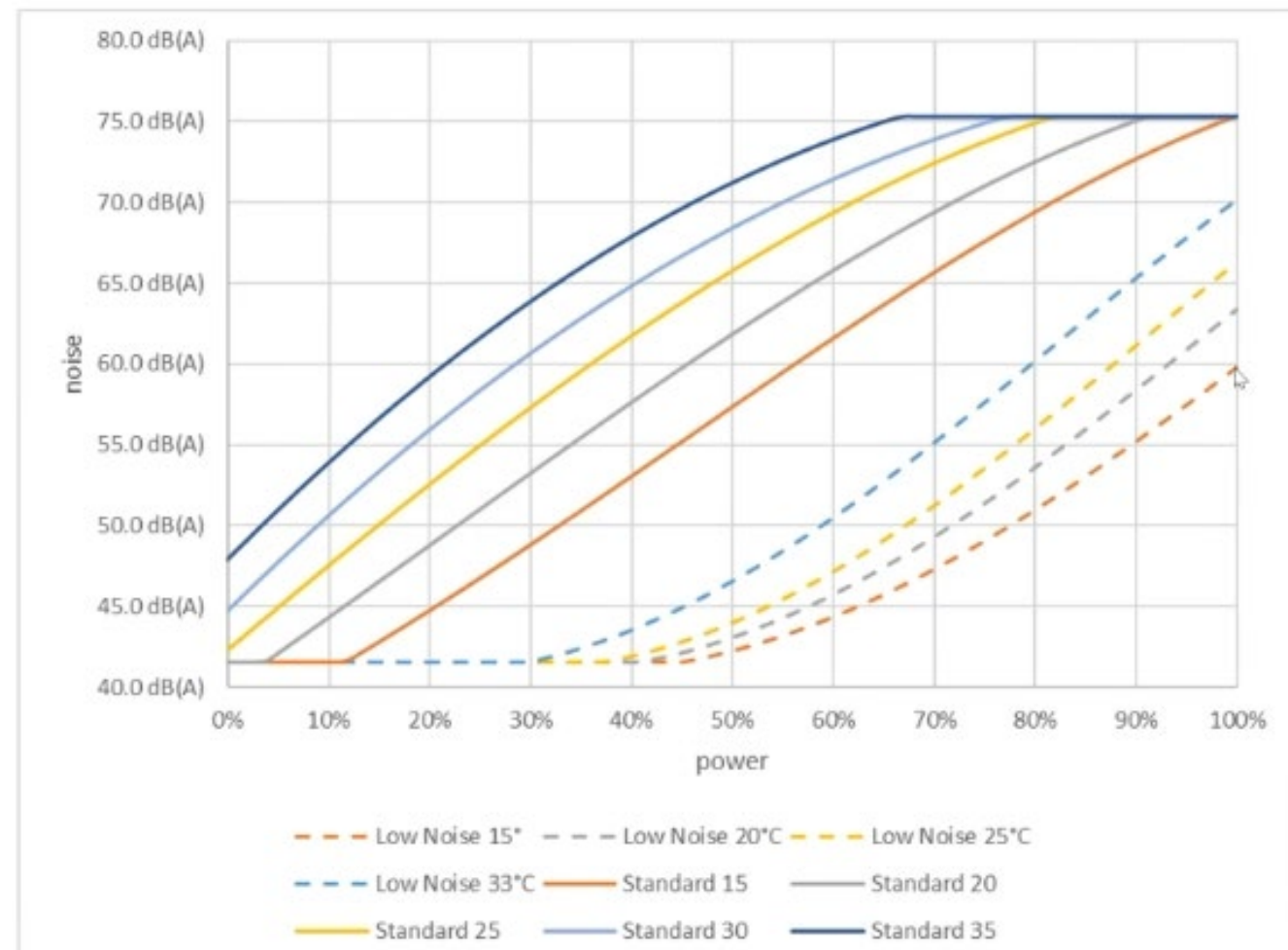
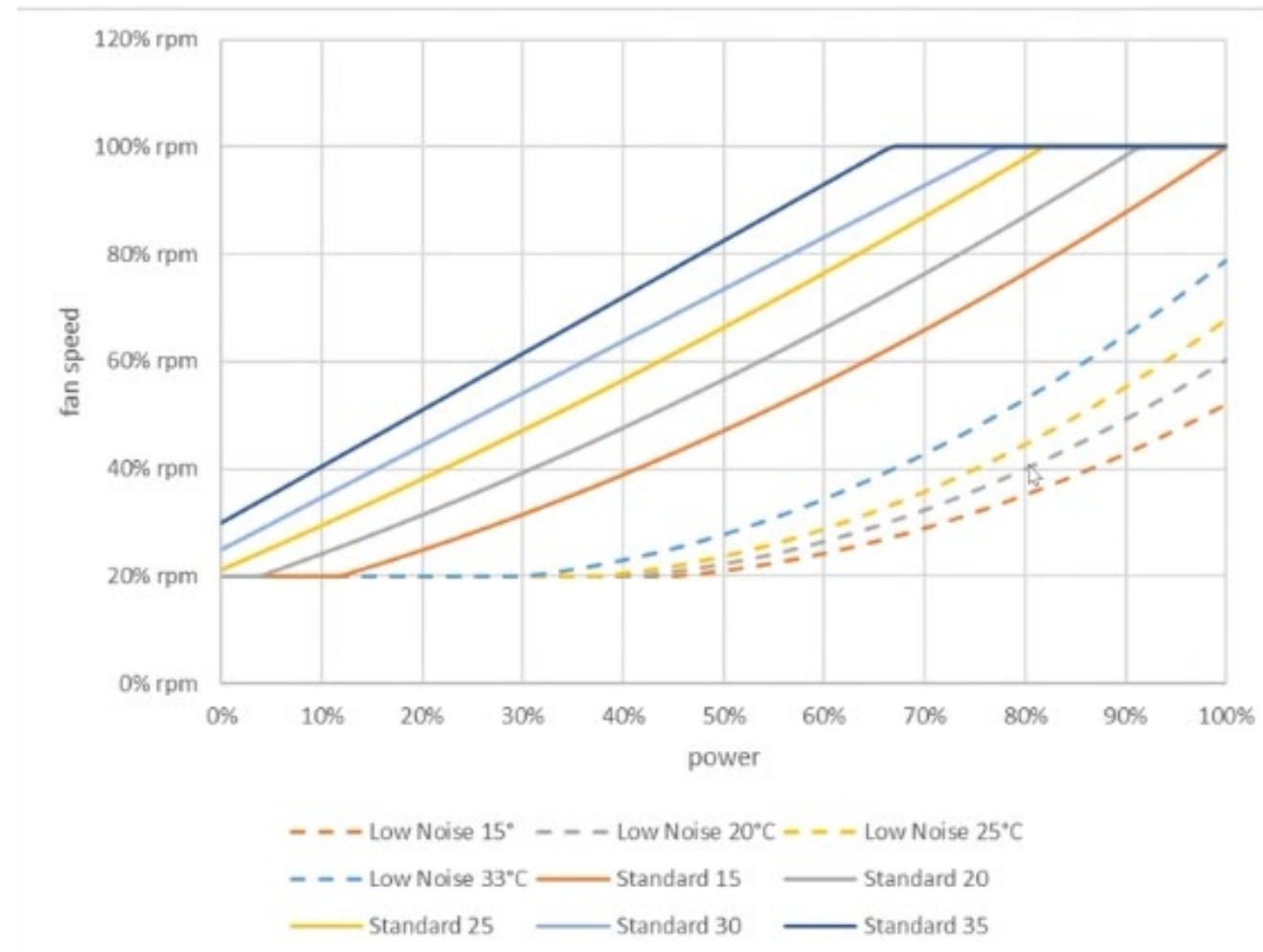
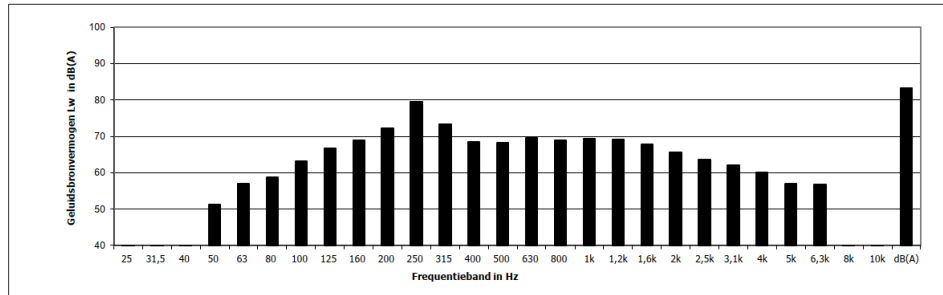
Tabel 1: technische gegevens Inverter

Omschrijving	Data
Merk	WSTECH GmbH
Type	HW:130 WD:401 APS5000-ES-4-690-5
Serienummer	APS-000833
DC-input	
DC-voltage range	1.008 ... 1.500 Volt
Maximum current	4 x 1.220 Ampère
Maximum short circuit level	6.4 kA
AC-output	
Rated power	4 x 1.250 kW (5.000 kW)
Rated grid voltage	31, 690 V, IT 50 Hz
Maximum current	4 x 1.050 S
Maximum short circuit level	42 kA
Safety, etc.	
Degree of protection	IP65
Protection class	1
Weight	3.900 kg
Overvoltage category	3
Year of manufacturing	2022
Network interface	Multi mode
Cabinet	Standard
Water connection	Hose-connection standard
Grid frequency	50 Hz
Common AC interface	One interface for up to 2 APUs
Additional overvoltage protection	None
Insulation monitoring	APU 1 2 Internal APU 4 4 Internal
Additional auxiliary supply	None
Island grip preparation	Yes
DC connection	Coupled
DC precharge circuit	1-4
Operating mode CC-CV	1-4
DC interface	Mount NH3L 1.500 V (up to 7 per pole)

		dB(A)																											
		25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,2k	1,6k	2k	2,5k	3,1k	4k	5k	6,3k	8k	10k	
Projectnummer	: M.2023.0731.02.R001																												
Projectnaam	: EOS BEC Cuijk																												
Omschrijving	: Inverter																												
Merk	: WSTECH																												
Type	: HW 130 WD APS5000-ES-4-690-5																												
Serienummer	: APS-000833																												
Bouwjaar	: 2022																												
Meetdatum	: 25 oktober 2023																												
Meetlocatie	: BEC Cuijk																												
Meetmethode	: II.2 HMRI 1999																												
Luchtdemping conform	: HMRI-II.8																												
Bronhoogte	[m]: 3,76																												
Meetafstand	[m]: 5,0																												
Meethoogte	[m]: 4,2																												
Bodemdemping	: 1 [ja = 1, nee = 0]																												
Meetpositie	: schuimvoor																												
Octaafbandmidfrekwentie	Hertz	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,2k	1,6k	2k	2,5k	3,1k	4k	5k	6,3k	8k	10k	dB(A)
Geluidsdruk niveau L _p	dB(A)	24,2	28,7	30,3	32,1	33,2	38,0	42,7	39,7	41,6	45,4	55,9	58,9	55,3	65,6	64,0	65,5	63,2	62,6	60,8	58,4	56,5	54,5	53,7	52,2	47,7	42,4	39,0	72,6
D _{max}	dB	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
D _{avg}	dB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
D _{min}	dB	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
Geluidsbronvermogen L _W	dB(A)	43,2	47,7	49,3	51,1	52,2	57,0	65,7	62,7	64,6	68,4	78,9	81,9	78,3	88,6	87,0	88,5	86,2	85,6	83,8	81,4	79,5	77,5	76,7	75,2	70,7	65,4	62,0	95,6
			52,1		59,0		69,2		83,8		91,1		91,7		86,7		81,3		72,2										



Projectnummer	: M.2023.0731.00	 Bijlage 2 Geluidsbronvermogen volgens leverancier																											
Projectnaam	: EOS																												
Omschrijving	: Inverter - Meting fabrikant																												
Merk	: WSTECH																												
Type	: MCS3750-ES-2-690-5																												
Serienummer	: -																												
Bouwjaar	: 2022																												
Meetdatum	: 23 augustus 2022																												
Meetlocatie	: -																												
Meetmethode	: DIN EN ISO 9614-2																												
Meetsituatie	: Met geluiddemper																												
Rapportnummer	: M169957/02 Muller-BBM Industry Solutions GmbH																												
Octaafbandmiddenfrequentie	Hertz		25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,2k	1,6k	2k	2,5k	3,1k	4k	5k	6,3k	8k	10k
Geluidsbronvermogen L _w	dB(A)	-	-	-	51,3	56,9	58,7	63,2	66,6	68,9	72,1	79,5	73,4	68,4	68,3	69,5	68,9	69,4	69,1	67,7	65,6	63,6	62,0	60,1	57,0	56,8	-	-	83,1
					61,4		71,6		81,0		73,5		73,9		70,7		64,9												



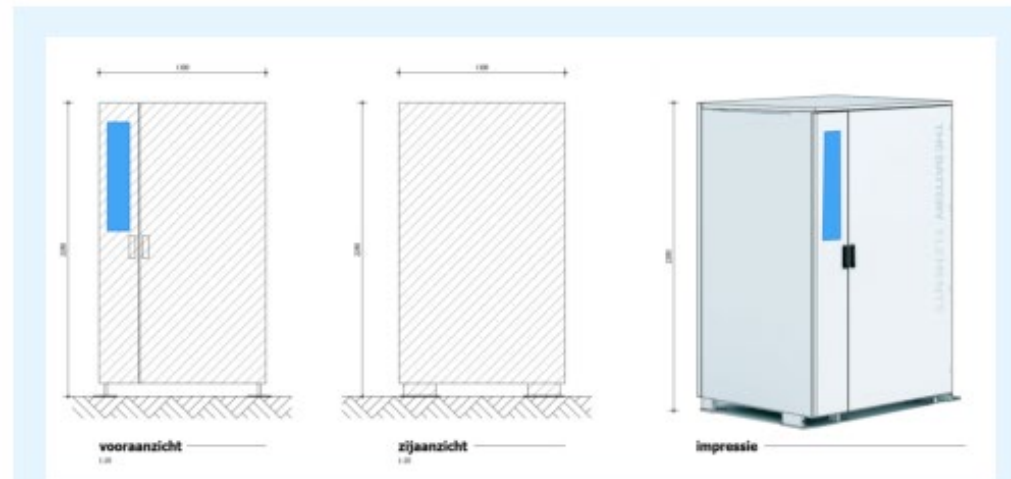
Brondata - metingen DGMR



EOS BEC Cuijk

4.3 Battery Rack

In figuur 9 volgt het vooraanzicht, een zijaanzicht en een impressie van een battery rack.



figuur 9: vooraanzicht, zijaanzicht en impressie battery rack

In de figuren 10 en 11 volgens foto's van de battery rack.

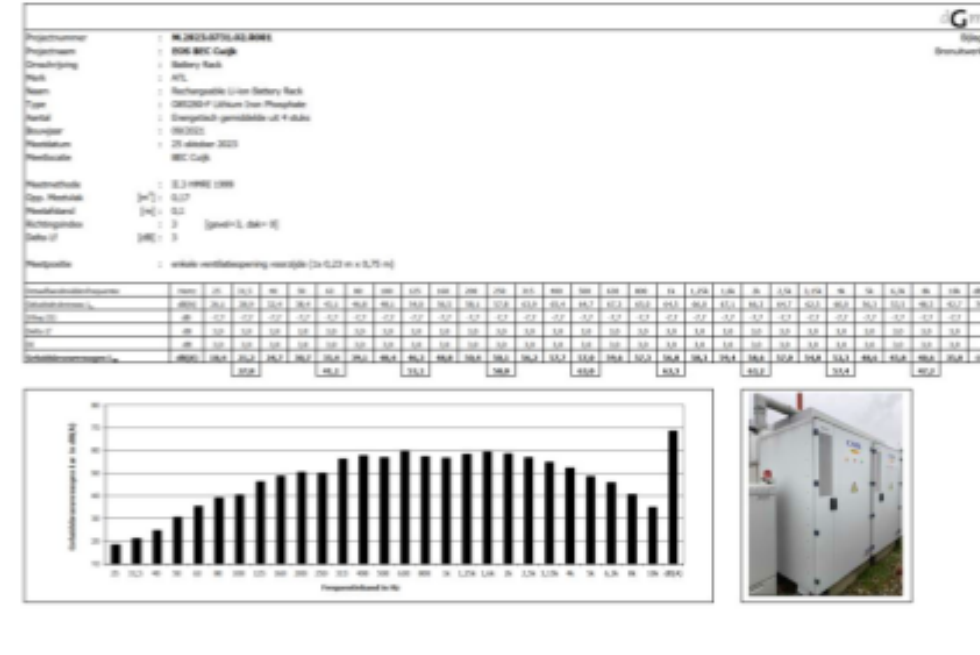


figuur 10: voorzijde battery rack



figuur 11: achterzijde battery rack

EOS BEC Cuijk



figuur 14: meetformulier enkele ventilatieopening voorzijde Battery Rack

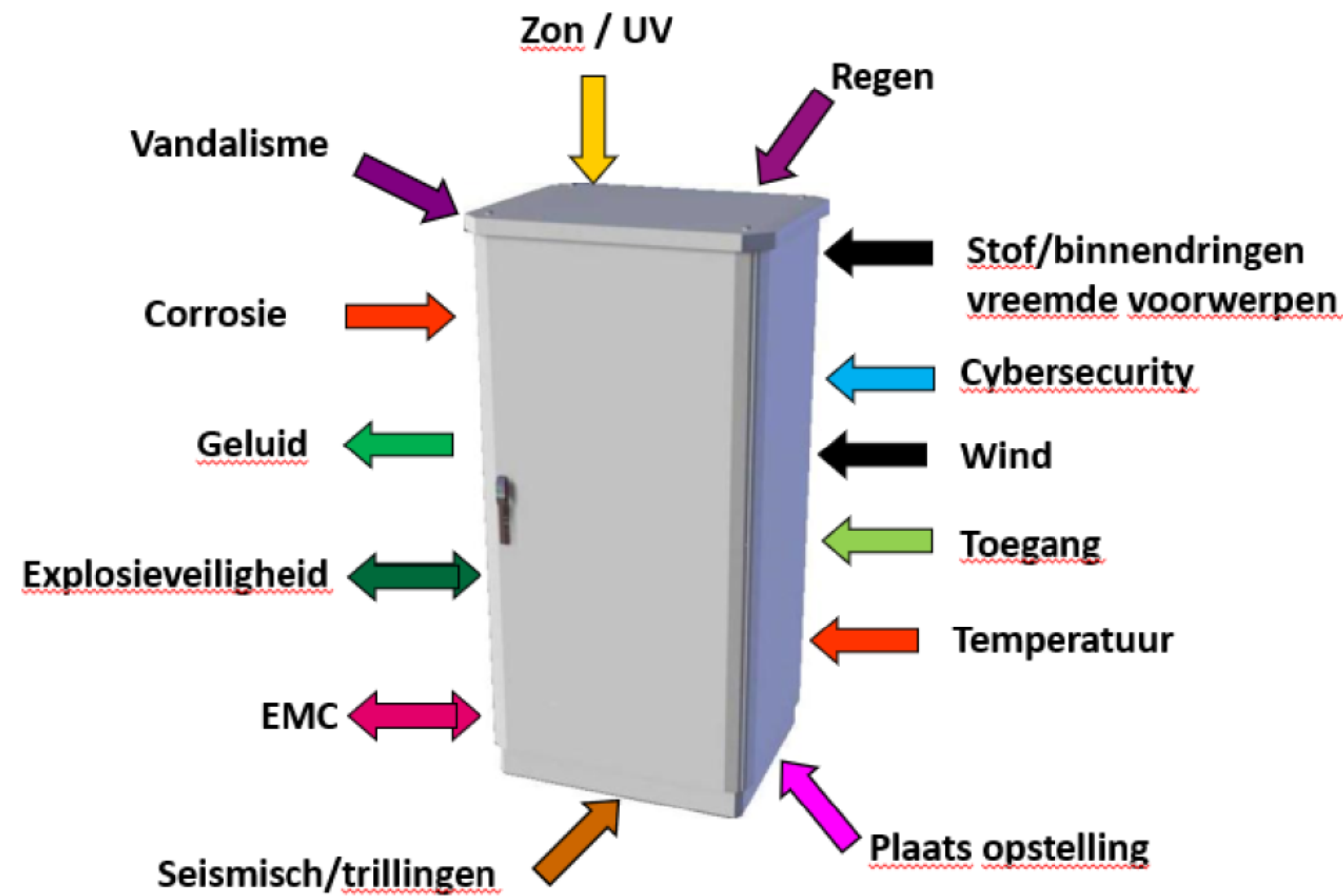


figuur 15: meetformulier dubbele ventilatieopening achterzijde Battery Rack

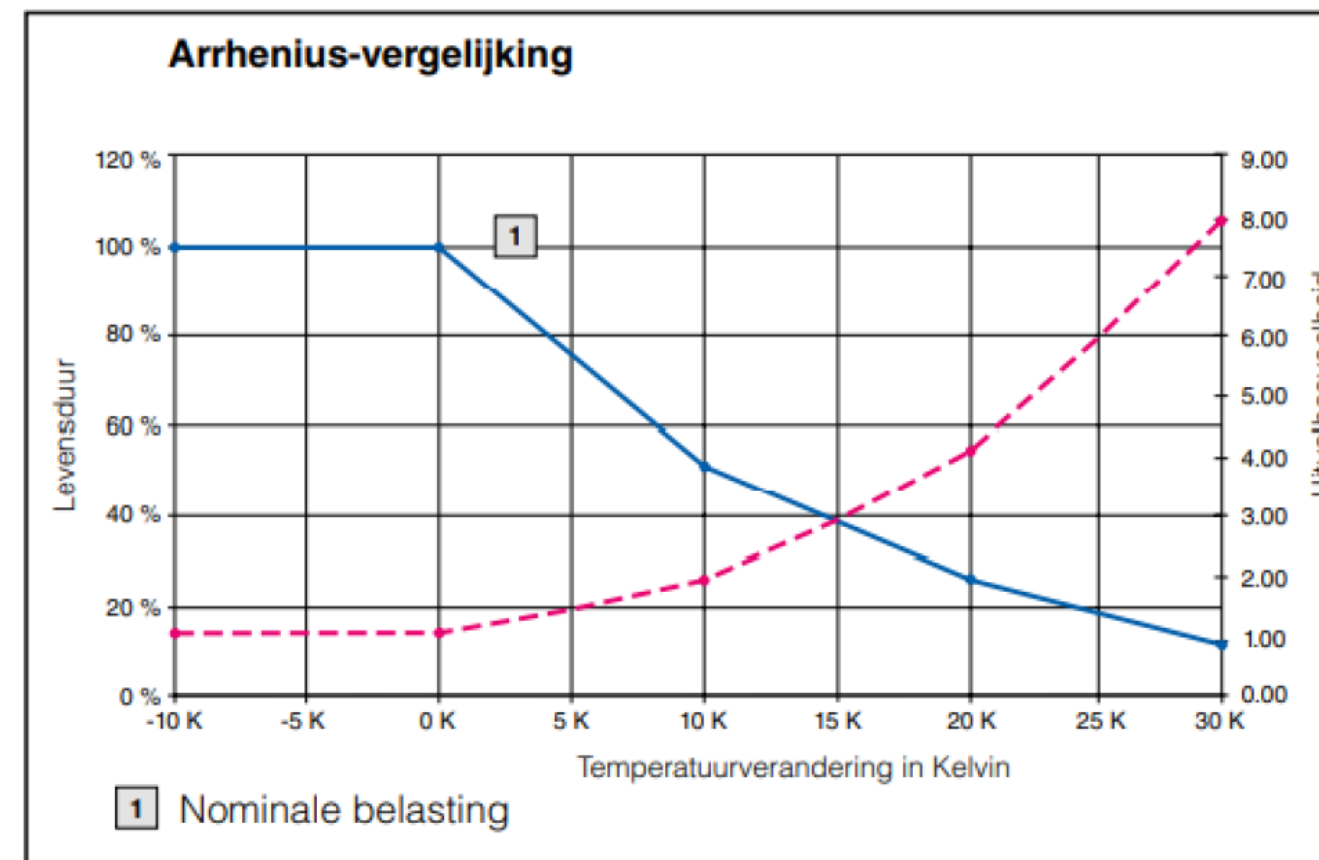
Oplossingsrichtingen

Oplossingsrichtingen

- Ventilator EC ventilator
- Montagewijze van de ventilator (ontkoppeling van de behuizing)
- Frequentieregeling met tijdsafhankelijke regeling
- Behuizing voldoende luchtgeluidisolatie, buigslap en ontdreuning



Temperatuur in de kast Levensduur elektronica



De levensduur van elektronische componenten halveert en bij een temperatuurverhoging van 10 K, ten opzichte van de maximaal toegestane bedrijfstemperatuur, verdubbelt de uitvalhoeveelheid.



CATL 宁德时代新能源科技股份有限公司测试验证中心
Contemporary Amperex Technology Co., Limited
Testing and Validation Center

报告编号
Report No. N/A

报告版本
Version V1.0

测试报告 Test Report

产品型号 Product Code	C02280P05L01
产品名称 Product Name	EnerC+ Containerized Lithium-Ion Battery Storage System
样品阶段 Sample Phase	A
样品类型 Sample Type	Container
检测项目 Testing Item	Noise Level Test
客户零部件号 Customer Product Number	N/A



宁德时代新能源科技股份有限公司测试验证中心
CATL Testing and Validation Center

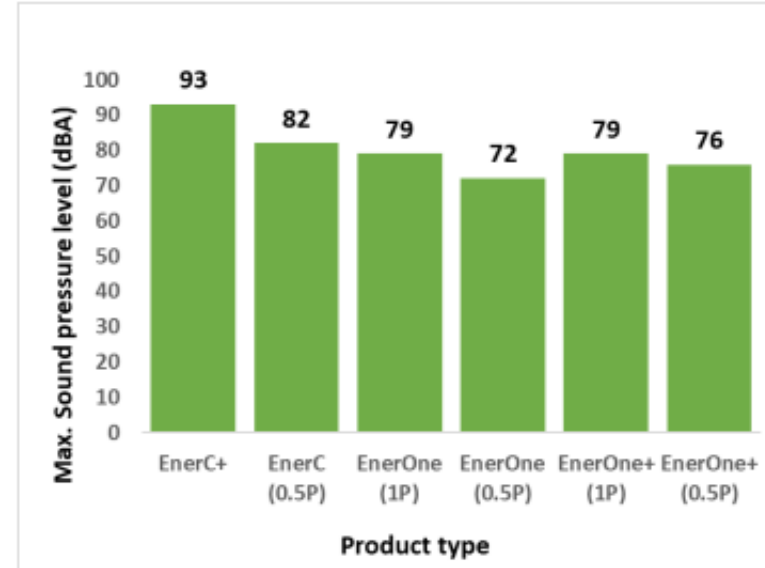
地址: 中国福建省宁德市蕉城区海湾镇新港路2号 邮编 Post Code: 352100 www.catl.com
Address: No. 2, XinGang Road, ZhangWan Town, JiaoCheng District, NingDe City, FuJian Province, P. R. China
电话 Tel: +86-0593-258 5332 传真 Fax: +86-0593-258 3667 邮箱 E-mail: TVC@catl.com



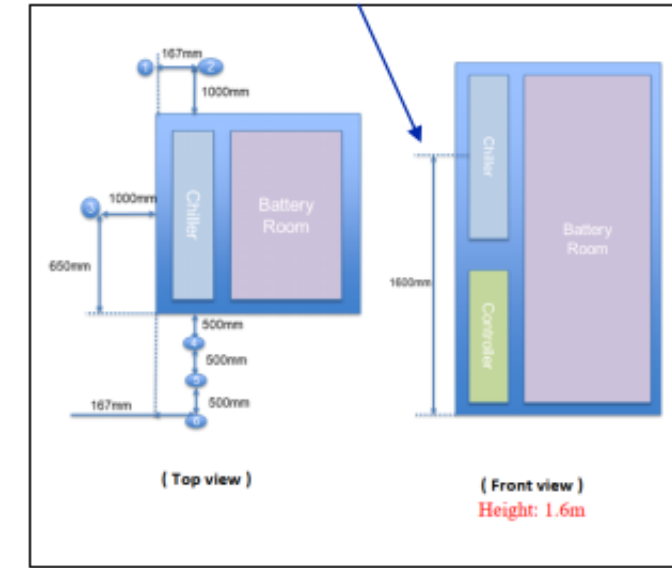
Form No.: TVC-JL-150-05

Secret 秘密 ★ 2028/05/08

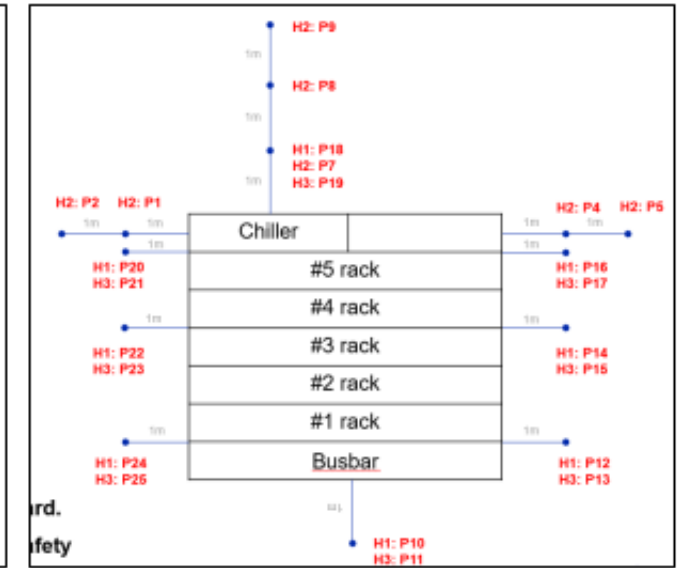
第 1 页, 共 15 页
Page 1 of 15



Noise level for all product

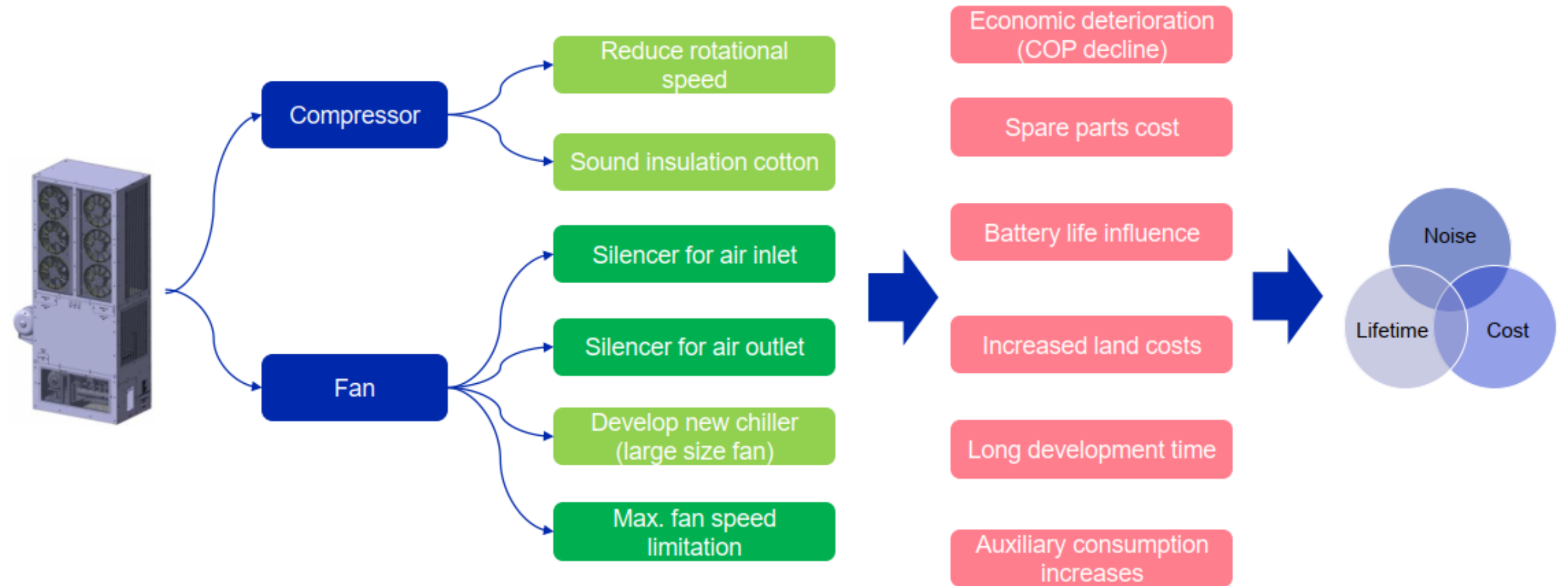


Test layout for rack



Test layout for Container

Product Optimization-Analysis & Strategy Selection

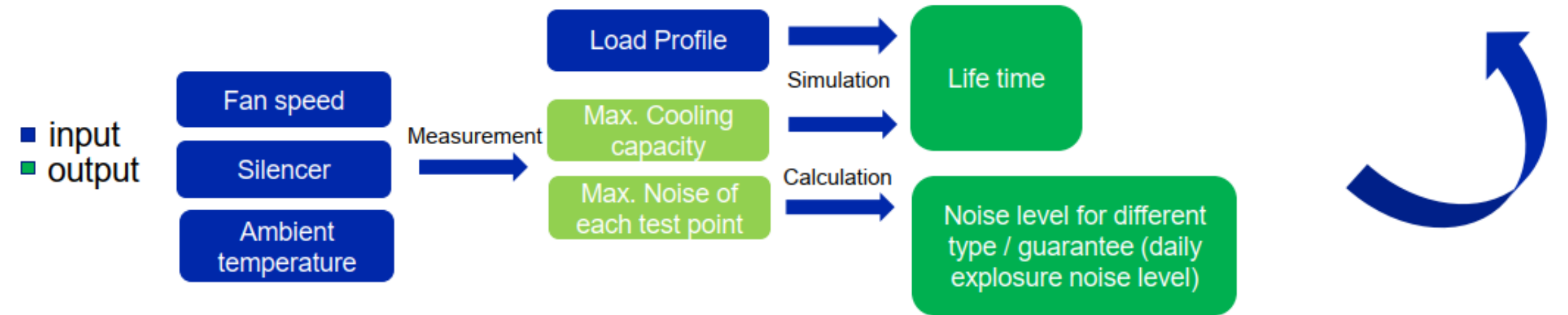
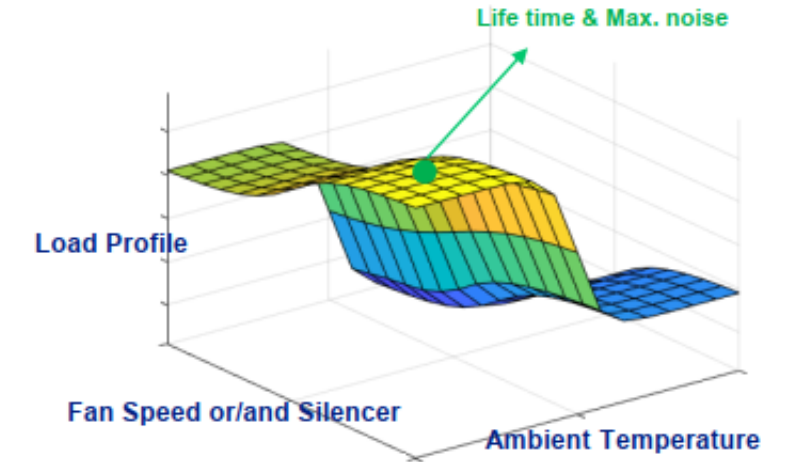


According to the test, the noise of the compressor has no obvious influence
At this stage, we try to reduce noise from the fan speed and Silencer



Product Optimization- Effect Factors & Strategies

- The methods being developed will have risks on the system:
 - Reduce cooling capacity / increase heat load
 - The cell temperature increases and the service life decreases
- Different projects have different requirements:
 - Battery lifetime (Ambient temperature, Load profile → cell temperature)
 - Noise level (Load profile, type of noise & ambient temperature)
 - Landcost (Silencer)
- The relationship of requirements decides the best final plan



DGMR en EOS

Apeldoorn

Cuijk

Goeree-Overflakkee

Groningen

Haelen

Kollum

Maastricht

Ooltgensplaat

Rilland

Rotterdam

Veendam

Venlo

Warmenhuizen

Zwolle

dGm^R





**Batterijen zijn goud waard.
Met én zonder congestie!**