


KWR 2023.125 | April 2024



Verkenning Power-to-X voor drie bedrijventerreinen in de provincie Utrecht

Eindrapportage project “Power-to-X Provincie Utrecht”
Daniël Bakker, Murette Zwamborn

KWR

Bridging Science to Practice



PROVINCIE  UTRECHT



Colophon

KWR 2023.125 | April 2024

Opdrachtnummer

403953

Projectmanager

Daniël Bakker

Opdrachtgever

Provincie Utrecht,
Uitvoeringsprogramma Goederenvervoer

Kwaliteitsborging

Ad van Wijk

Auteurs

Daniël Bakker, Marette Zwamborn,
Diederik van Hasselt†

Trefwoorden

Power-to-X, gebiedsontwikkeling,
systeemintegratie, elektriciteit,
waterstof, warmte, netcongestie,
energiehub, bedrijventerrein

Copyright

April 2024 ©

Alle rechten voorbehouden aan KWR.
Niets uit deze uitgave mag - zonder
voorafgaande schriftelijke toestemming van
KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen
in een geautomatiseerd gegevensbestand,
of openbaar gemaakt, in enige vorm of op
enige wijze, hetzij elektronisch,
mechanisch, door fotokopieën, opnamen,
of enig andere manier.



Management samenvatting (1/3)

Inleiding

In de periode 2022-2023 heeft KWR in opdracht van de provincie Utrecht een onderzoeksproject uitgevoerd met de titel 'Verkenning Power-to-X aanpak voor drie bedrijventerreinen in de provincie Utrecht'. Doel van het onderzoek was het verkennen of slimme combinaties en uitwisseling van duurzame energieopwekking en -opslag op bedrijventerreinen kunnen leiden tot een kleinere benodigde aansluiting op het elektriciteitsnet, waardoor elders ruimte voor nieuwe of uitgebreidere aansluitingen vrijkomt. Dit is een actuele onderzoeksvraag gezien de snel in ernst en omvang toenemende problematiek van netcongestie. Voorliggend document vormt de rapportage van het onderzoeksproject.

Aanpak

In dit project zijn de mogelijkheden voor een lokaal, integraal energiesysteem op bedrijventerreinen verkend. Daarbij is vooral gekeken naar bedrijventerreinen met een logistiek karakter, omdat geheel of gedeeltelijke elektrificatie van de logistiek de netwerkcongestie-problematiek op deze terreinen aanzienlijk zal doen toenemen. Waar veel haalbaarheidsstudies naar energiehubs op bedrijventerreinen zich momenteel richten op enkele bedrijven met een focus op elektriciteit, wordt in dit project een integrale, gebiedsgerichte benadering toegepast. Dit wordt aangeduid als de 'Power-to-X' aanpak. Daarbij is gebruik gemaakt van openbare data, en het onderzoek is nadrukkelijk een verkenning.

Management samenvatting (2/3)

Verkenning voor drie bedrijventerreinen

Als eerste stap in het onderzoek zijn drie bedrijventerreinen geselecteerd die een interessante basis boden voor de toepassing van de Power-to-X methodiek. Met een quick-scan zijn voor de verkenning drie bedrijventerreinen geselecteerd, namelijk de Isselt (Amersfoort), Lage Weide (Utrecht) en Nijverkamp/het Ambacht (Veenendaal). Voor elk bedrijventerrein is een workshop georganiseerd met deelname van stakeholders die een rol spelen in de huidige en toekomstige lokale energievoorziening om de voor de analyse benodigde informatie en gegevens te verzamelen.

Drie varianten voor het energiesysteem

De volgende stap in het onderzoek was om voor elk bedrijventerrein drie varianten door te rekenen:

- De klassieke fossiele variant: situatie met fossiele brandstoffen, zonder duurzame opwek;
- De elektrificatie variant: bedrijfsprocessen en logistiek zijn op grote schaal geëlektrificeerd in combinatie met eigen opwek door zon en wind;
- De Power-to-X variant: toevoeging van slimme ingrepen op het gebied van energieopwekking en -opslag, onderlinge uitwisseling van beschikbare energie en diversificatie van energiedragers.

De doorrekening geeft beeld van de inzet van energiestromen, de benodigde omvang van de netaansluiting, de businesscase en duurzaamheid (CO₂-uitstoot) van de drie varianten.



Management samenvatting (3/3)

Resultaten

Uit de verkenning blijkt dat de stap van de klassieke situatie naar een geëlektrificeerde energievoorziening vraagt om een 6 tot 8 keer zo grote aansluiting op het elektriciteitsnet. Toepassing van de Power-to-X variant betekent een 3 tot 5 keer zo grote aansluiting op het elektriciteitsnet ten opzichte van de klassieke variant. Kortom, de Power-to-X aanpak levert flinke winst op in termen van de benodigde omvang van de aansluiting op het elektriciteitsnet. Bovendien laat de verkenning zien dat de hogere voorinvesteringen bij een Power-to-X aanpak binnen een paar jaar terugverdiend kunnen worden en de kosten van energie op langere termijn lager zijn, in vergelijking met een volledig geëlektrificeerde energievoorziening.

Vervolg

De Power-to-X-aanpak past goed in de aanpak energiehubs op bedrijventerreinen. De uitkomsten van de studie zijn relevant voor het Uitvoeringsprogramma Goederenvervoer en het Programma Energietransitie van de Provincie Utrecht, en ook voor NP-RES en het Programma Verduurzaming Bedrijventerreinen. Het Programma Energietransitie is met de drie betrokken gemeenten in overleg over een vervolgaanpak. Voor Nijverkamp in Veenendaal en Lage Weide in Utrecht wordt de realisatie van een energiehubs onderzocht. Daarbij werd tot dusver in de eerste plaats gekeken naar elektriciteit. Deze verkenning laat het belang zien om verder te kijken en ook warmte en waterstof mee te nemen bij planvorming van energiehubs.



Inhoudsopgave

Introductie en probleemstelling 

Uitwerking PtX-aanpak voor De Isselt in Amersfoort 

Uitwerking PtX-aanpak voor Lage Weide in Utrecht 

Uitwerking PtX-aanpak voor Ambacht en Nijverkamp in Veenendaal 

Overzicht uitwerking voor drie locaties 

Conclusies en discussie 

Kansen en vervolgonderzoek 



Verkenning Power-to-X voor drie bedrijventerreinen

Essentie van de verkenning: hoe faseren we slim de fossiele bronnen uit?

- Learning-by-doing: uittesten werkwijze om te komen tot een gebiedsaanpak voor lokale, integrale energiesystemen op drie locaties in de provincie Utrecht
- Technisch-economische analyse: wat is de meerwaarde van integrale koppeling tussen vraag en aanbod in energiehubs op bedrijventerreinen?

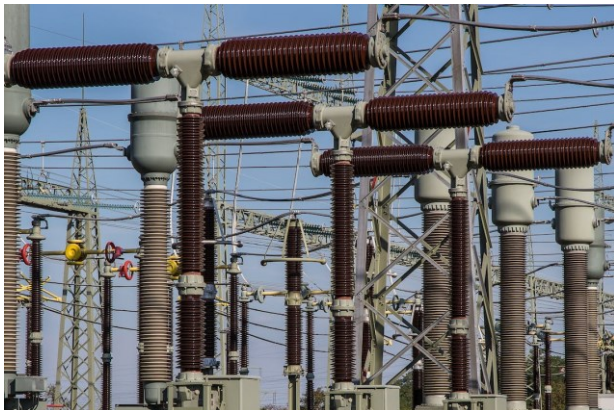
Aanpak

- Inventarisatie voorbeeldlocaties d.m.v. quickscans, workshops met stakeholders, opzet schetsontwerp toekomstig energiesysteem
- Technisch-economische analyse: doorrekening scenario's met een integraal rekenmodel, analyse van (1) aansluitcapaciteit, (2) aandeel directe benutting van eigen opgewekte energie en (3) kosten

Knelpunten energietransitie

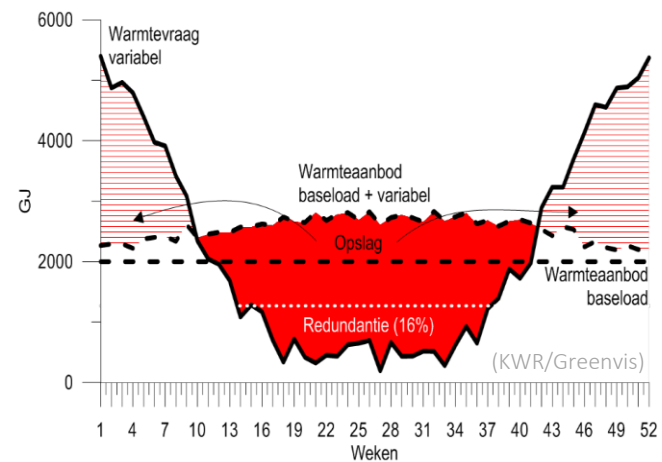
Capaciteitsproblemen

- Elektrificatie en decentrale opwek zorgen voor **netcongestie**
- Noodzaak voor **lokale opwek** en **lokaal verbruik**, minder transport van energie



Balanceringsvraagstukken

- Opwek zon & wind **niet tegelijk** met vraag naar energie
- Noodzaak voor **opslag & conversie** van energie: dag/nacht- en seizoenoverbrugging



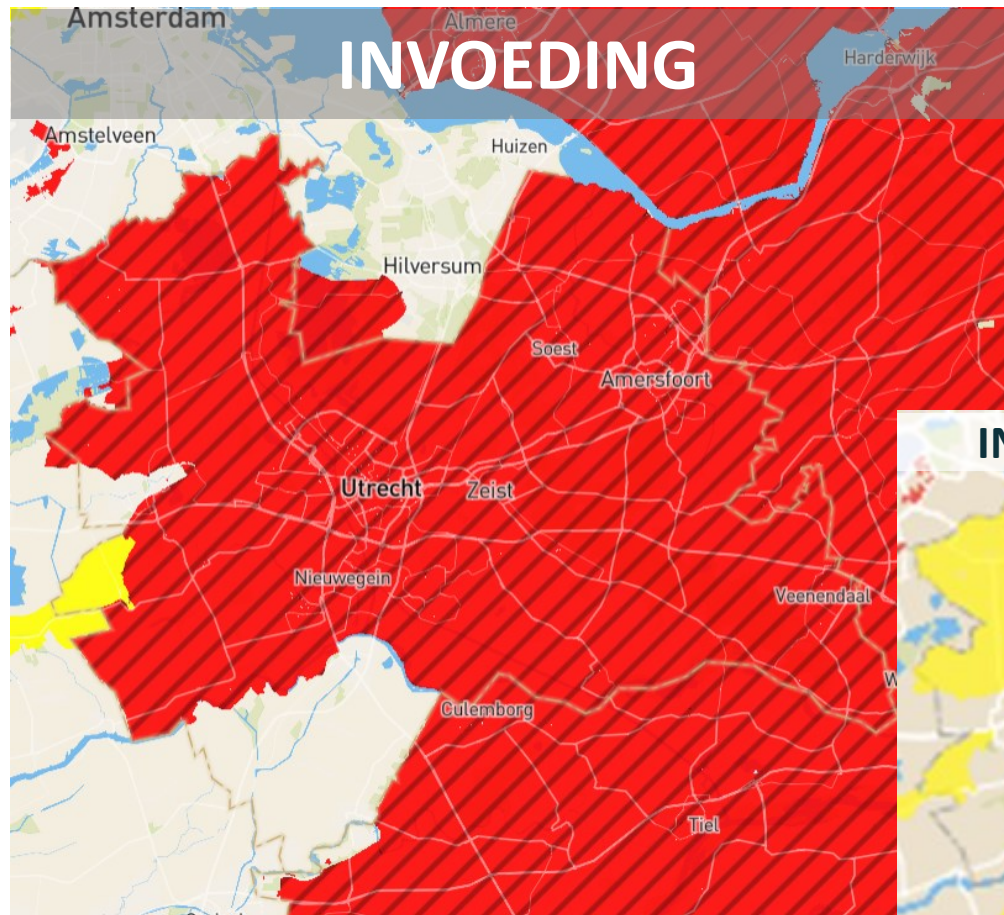
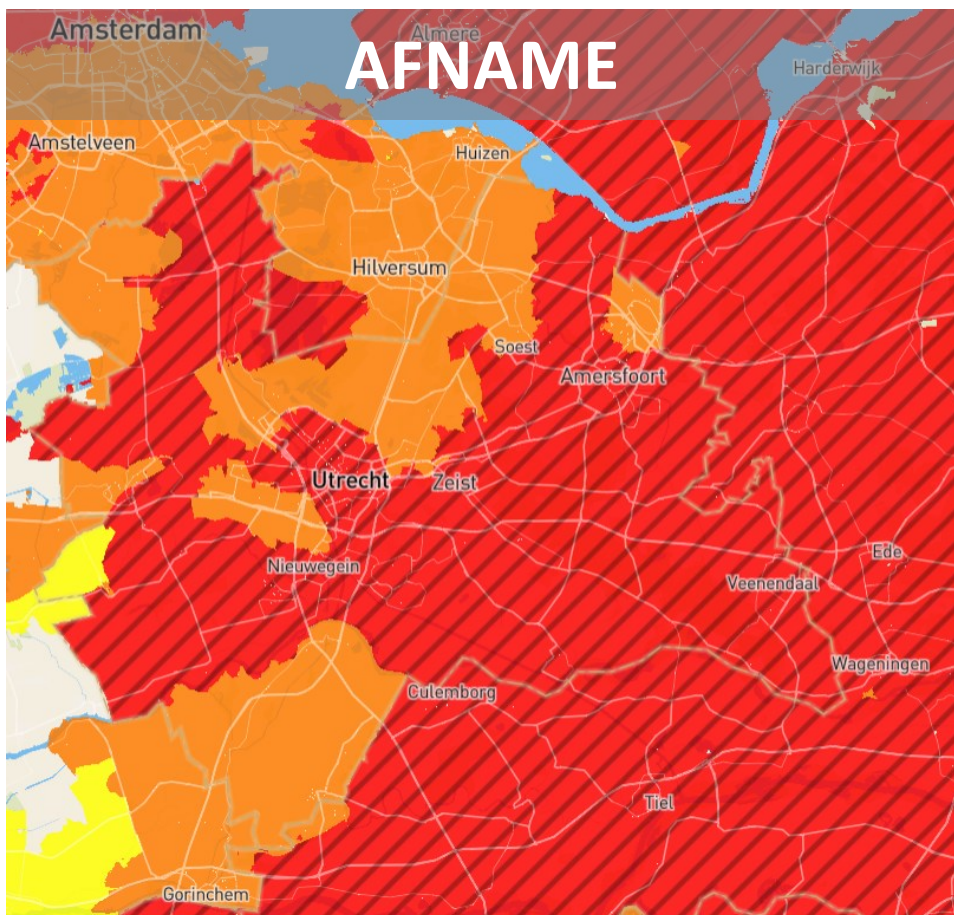
Verduurzaming mobiliteit

- Batterij-Elektrische aandrijflijn **niet altijd geschikt** (bijv. voor zwaar transport)
- Markt voor waterstof-voertuigen (FCEV) **onvolwassen**
- Noodzaak voor **opschaling**



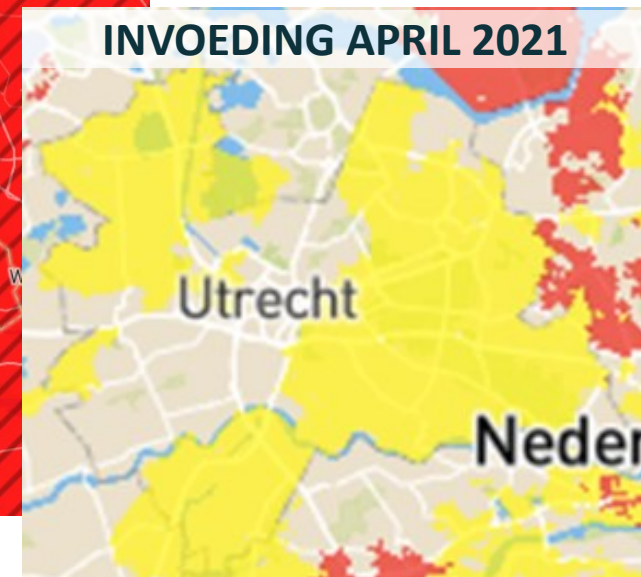
Infrastructuurknelpunten Utrecht

Utrecht ervaart veel druk op het elektriciteitsnet: stand congestie per 7-12-2023



Legenda

- Transparant: Transportcapaciteit beschikbaar
- Geel: Beperkt transportcapaciteit beschikbaar
- Oranje: Voorlopig geen transportcapaciteit beschikbaar in afwachting van congestiemanagement-onderzoek
- Rood: Geen transportcapaciteit beschikbaar: congestiemanagement kan niet worden toegepast



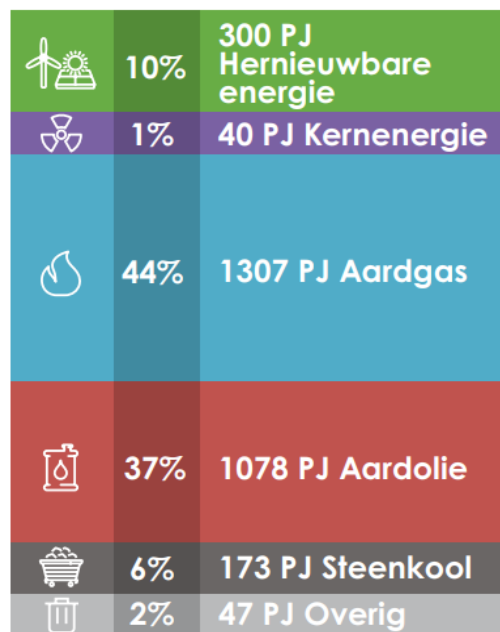
(<https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/>, geraadpleegd op 7-12-2023)

Noodzaak integrale aanpak (1)

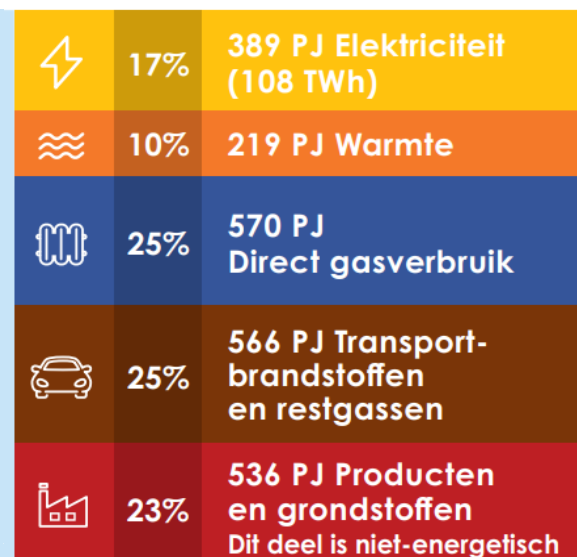
Naast elektriciteit zijn er vele energiebronnen en –dragers in het energiesysteem van NL

- Dit vraagt om een integrale, sector overschrijdende, benadering van het energiesysteem

Primair verbruik (2940 PJ) Energiebronnen

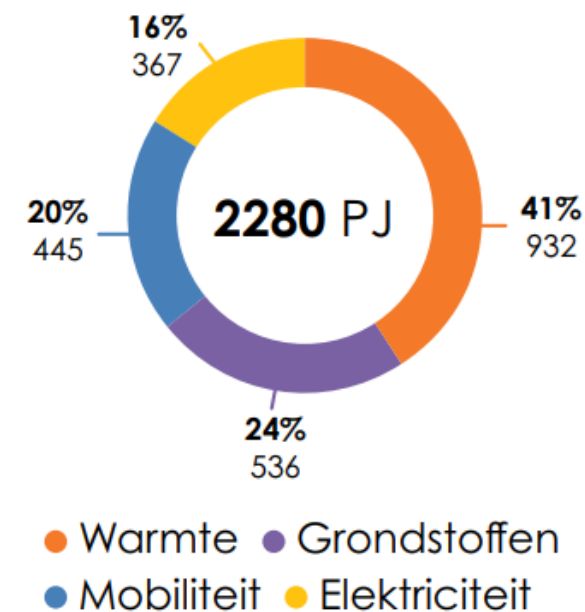


Eindverbruik (2280 PJ) Energiedragers



660 PJ Verlies
omzet, distributie, direct verbruik

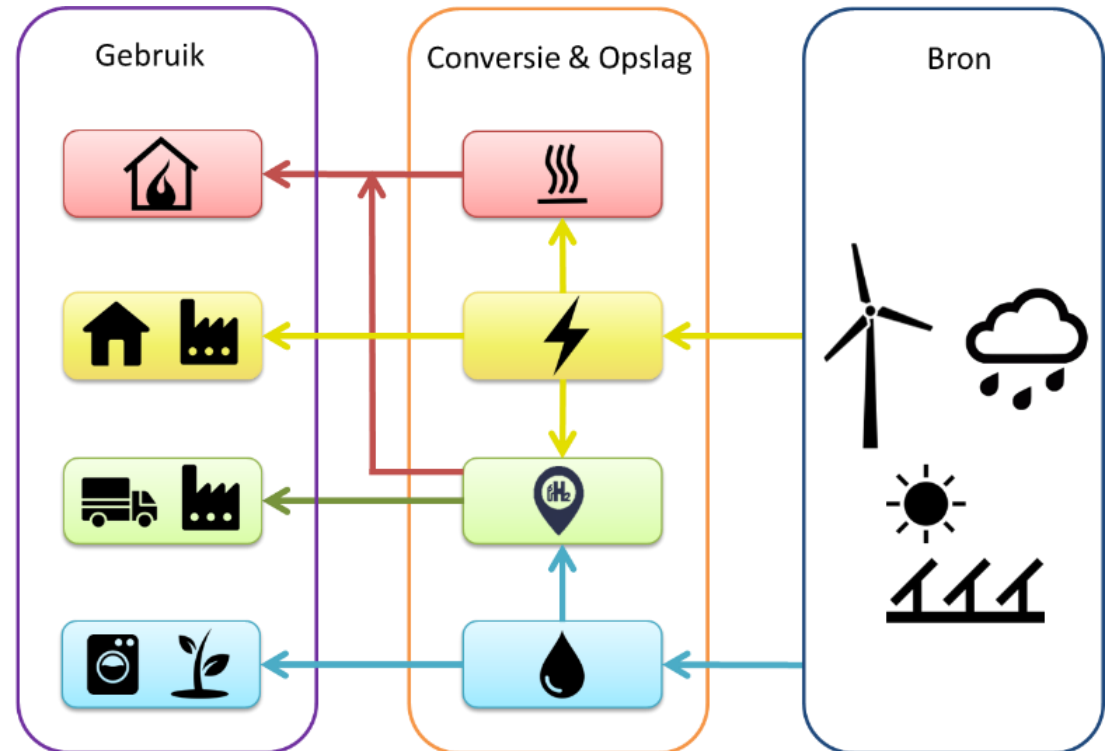
Toepassing



(Energie in Nederland, 2022)

Noodzaak integrale aanpak (2)

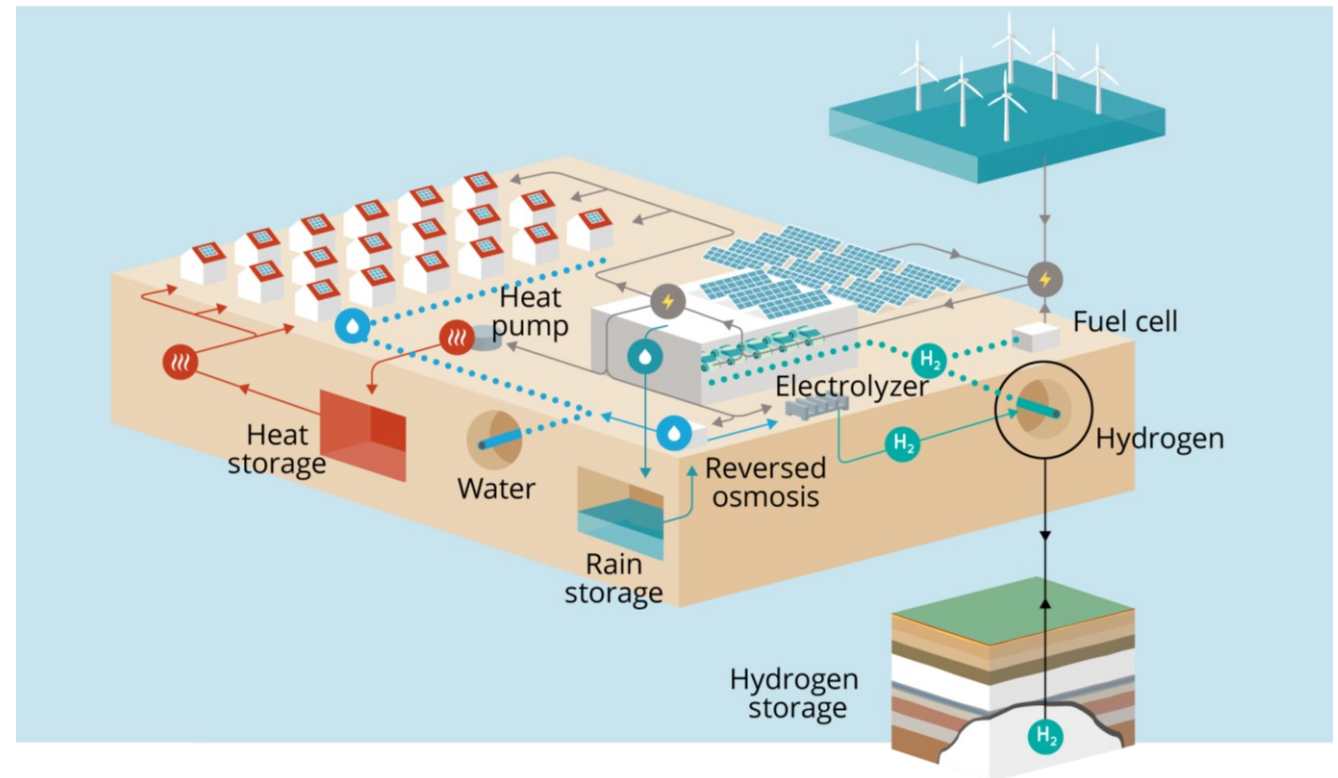
- RES & Transitievisies Warmte: regionale en lokale aanpak voor duurzame elektriciteit & warmte zijn gescheiden
- Minder transport & seizoens-overbrugging vraagt juist om een **integraal energie & water systeem** waarin lokale koppelkansen worden benut



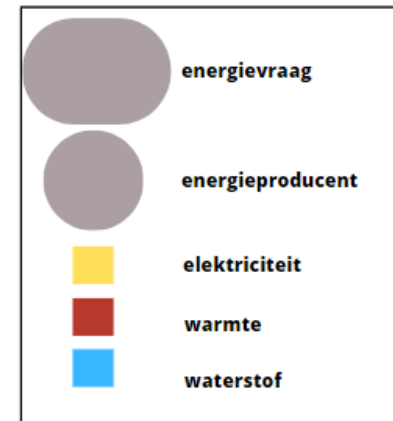
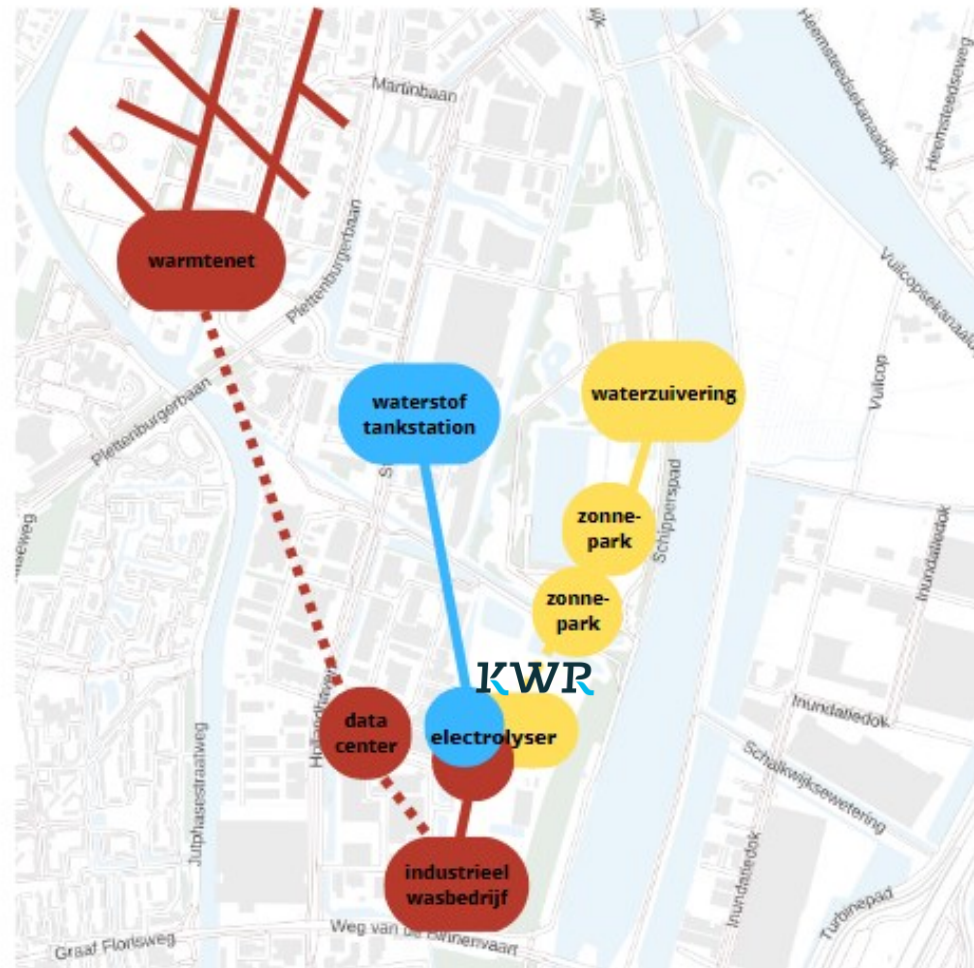
Power-to-X: gebiedsgerichte integrale systeembenadering

Elementen:

- Opwek duurzame **elektriciteit**
- Omzetting naar **waterstof**
- Omzetting naar **warmte**
- Benutting **restwarmte**
- Ondergrondse **warmteopslag**
- **Warmtenet**
(Opvang en benutting **regenwater**)



Voorbeeld systeemintegratie Plettenburg-de Wiers in Nieuwegein



Klik op bovenstaande afbeelding om meer te weten te komen over lokale waterstofproductie in Nieuwegein.

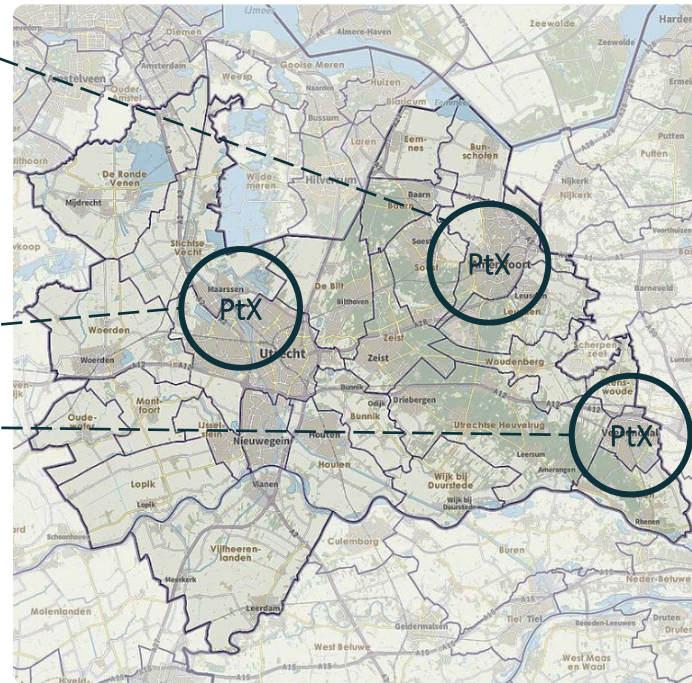
Opzet project Power-to-X Provincie Utrecht

Longlist potentiële casussen	Quick scan	Selectie 3 casussen	Uitwerking Power-to-X: 3 casussen	Presentatie & Evaluatie	Kennisdeling
------------------------------	------------	---------------------	-----------------------------------	-------------------------	--------------

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- .
- .
- .
- ×

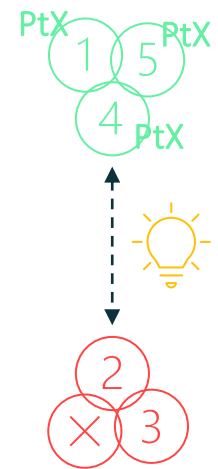


- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- .
- .
- .
- ×



- Potentie tot **uitwisseling energie**
- Kansen voor **warmte, elektriciteit, waterstof**
- Meerwaarde van de **integrale aanpak** ten opzichte van de **gescheiden aanpak** m.b.v. **referentiesysteem.**

- Delen van de 'lessons learned'



Quick scan potentiële casussen: selectiecriteria



Lokale opwek



Lokale Energievraag



Kansen voor een integrale aanpak



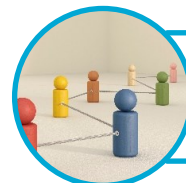
Betrokkenheid lokale partijen



Aanwezigheid van een **warmtevraag** en/of **infrastructuur**



Potentiële **waterstofvraag** in mobilititeit en transport, industrie of geb. omg.



Potentie tot **uitwisseling** van **energie** en/of **water** tussen partijen



Problematiek rondom **netcongestie**

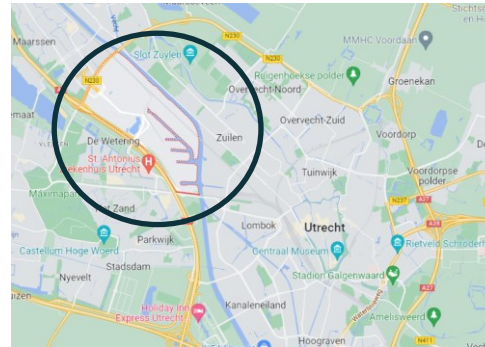
Verkenning op drie locaties

Bedrijventerrein Isselt Amersfoort



A-I

Bedrijventerrein Lage Weide Utrecht



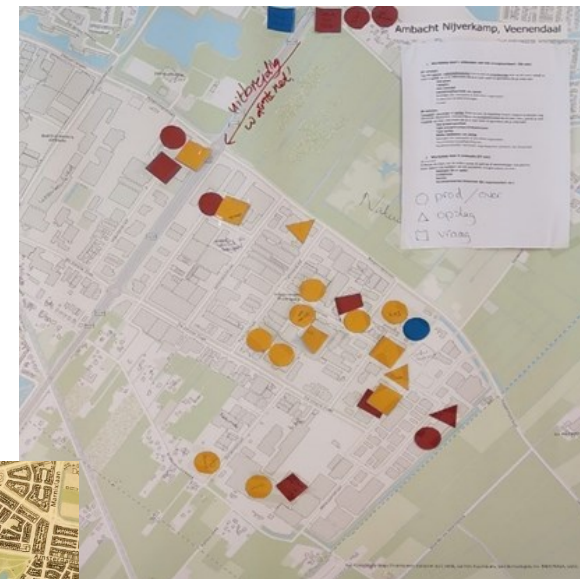
U-LW

Bedrijventerreinen Ambacht en Nijverkamp, Veenendaal



V-AN

Workshops op de drie locaties met de belanghebbenden



Opbrengsten van quick scan, selectie en workshops

- De quick scan, selectie en workshops leverden de nodige informatie over lopende initiatieven, ambities en dromen voor het energiesysteem
- Het doorlopen van een quick scan en selectie van casussen heeft bij betrokken partijen tot meer inzicht geleid, zoals het vinden van locaties waar veel verschillende ontwikkelingen op energiegebied bij elkaar komen
- De workshops werkten verbindend voor de belanghebbenden in het gebied, betrokken organisaties hadden nog niet eerder met elkaar gesproken in deze brede samenstelling en context



Uitwerking drie locaties: aanpak schetsontwerp en technisch-economische analyses

- uitgangspunten energievraag
- beschikbare opwek
 - o.b.v. workshops, lokale studies, literatuur, etc.
- opgesteld vermogen conversie, opslag en transport
 - input workshops en expert judgement
- merit-order en aansturing – niveau schetsontwerp

Te berekenen:

- **energiestromen** – rekenmodel uurwaarden
- **business case** – investeringskosten, kapitaallasten, exploitatie, o.b.v. kentallen (kostenniveau 2023)
- **duurzaamheid** - op basis van publieke emissiefactoren



Verklaring terminologie energiehubs in deze verkenning

Energiehubs

Locaties waar wordt samengewerkt tussen partijen om opwekking, opslag en gebruik van elektriciteit met elkaar te verrekenen en op elkaar af te stemmen door middel van slimme aansturing. Een mogelijke doelstelling voor de samenwerking is het vrijmaken van netcapaciteit door deze gezamenlijk te benutten en te zorgen dat pieken in het energiegebruik niet tegelijkertijd optreden.

Gesloten distributiesysteem (GDS)

Een energiehubs waarvoor eigen, fysieke elektriciteitsinfrastructuur wordt benut om opwekking, opslag en gebruik van elektriciteit “achter de meter” te verrekenen.

Administratieve energiehubs

Een energiehubs waarvoor de bestaande elektriciteitsinfrastructuur van de netbeheerders wordt benut om opwekking, opslag en gebruik van elektriciteit “tussen meters” (of achter een virtuele meter) administratief te verrekenen.

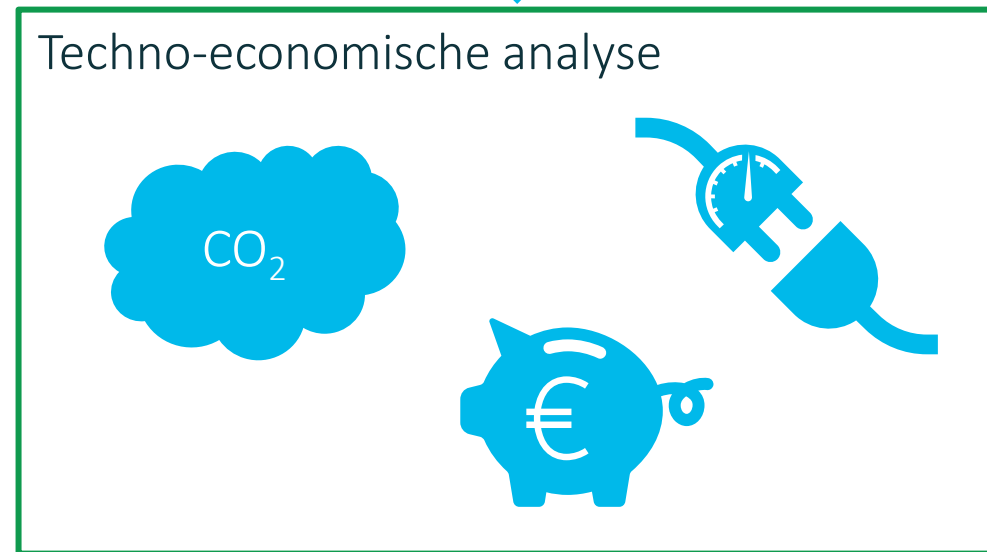
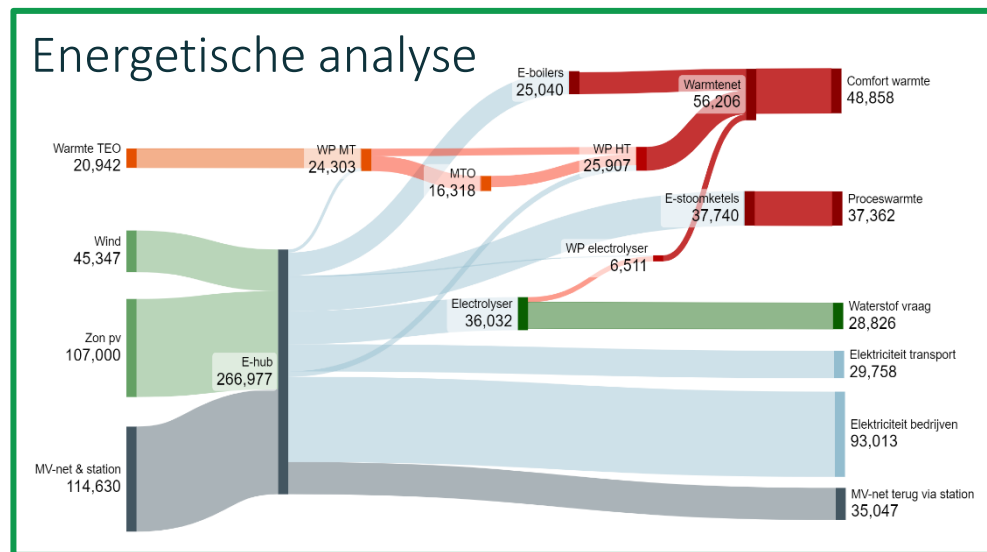
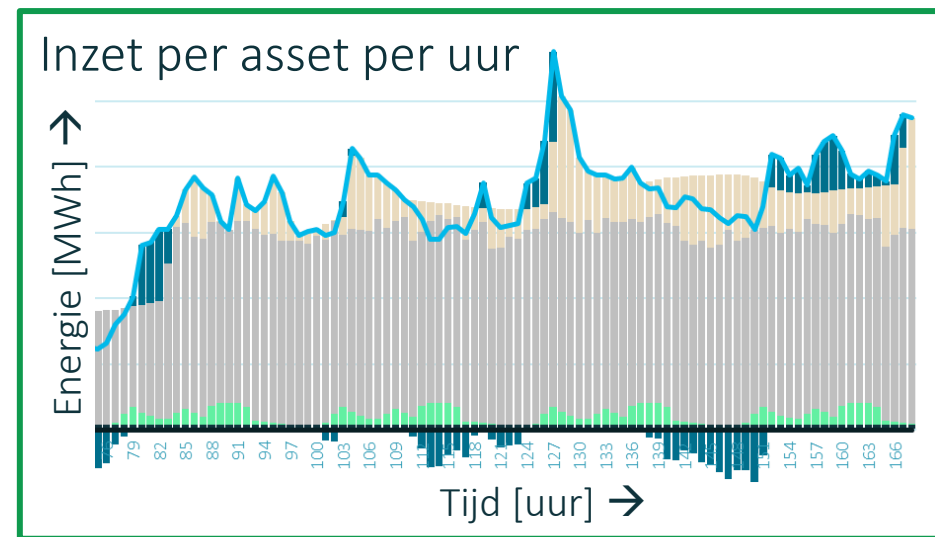
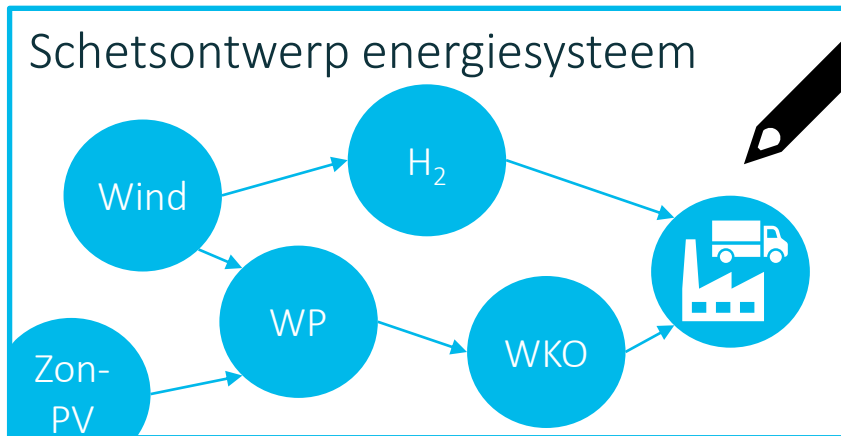
Let op: In deze verkenning beschouwen we een gezamenlijke aansluiting (oftewel een cable-pool) voor alleen duurzame opwekking en/of opslag van elektriciteit niet als een energiehubs. Dit is onafhankelijk van de toepassing van slimme aansturing of curtailment.

Vergelijking tussen drie scenario's per locatie

- Klassieke, fossiele energiesysteem: **historisch** scenario. Geen lokale duurzame opwekking van elektriciteit, **aardgas** voor de warmtevoorziening, **diesel** voor transport en mobiliteit
- Geëlektrificeerd energiesysteem: **toekomstscenario** zonder gebruik van fossiele brandstoffen:
 - Elektriciteit gedeeltelijk lokaal duurzaam opgewekt, gedeeltelijk geïmporteerd
 - **Lokale plannen** meegenomen, verschillend per locatie, o.a. biomassa, TEO, TEA, elektrisch transport
 - Overige warmtevoorziening, transport en mobiliteit **volledig elektrisch** ingevuld
 - Gangbare ontwikkelingen: batterijen, cable-pooling en curtailment voor de opwekking van elektriciteit, warmtepompen en seizoensopslag van warmte
- Power-to-X energiesysteem: **toekomstscenario** zonder gebruik van fossiele brandstoffen:
 - Bouwt voort op het geëlektrificeerde energiesysteem, maar dan met een verdergaande **slimme** combinatie van duurzame warmtebronnen, energieopslag en energieconversie; een grotere rol voor seizoensopslag van warmte; **diversificatie** van energiedragers
 - Fysieke of administratieve **Energiehub** om opwekking, opslag en gebruik van elektriciteit op elkaar af te stemmen en met elkaar te verrekenen

→ De invulling van deze drie energiesystemen verschilt per locatie. Zo worden bijvoorbeeld verschillende types energiehub, verschillende warmtebronnen en verschillende modaliteiten voor transport beschouwd.

Werkwijze modelstudies

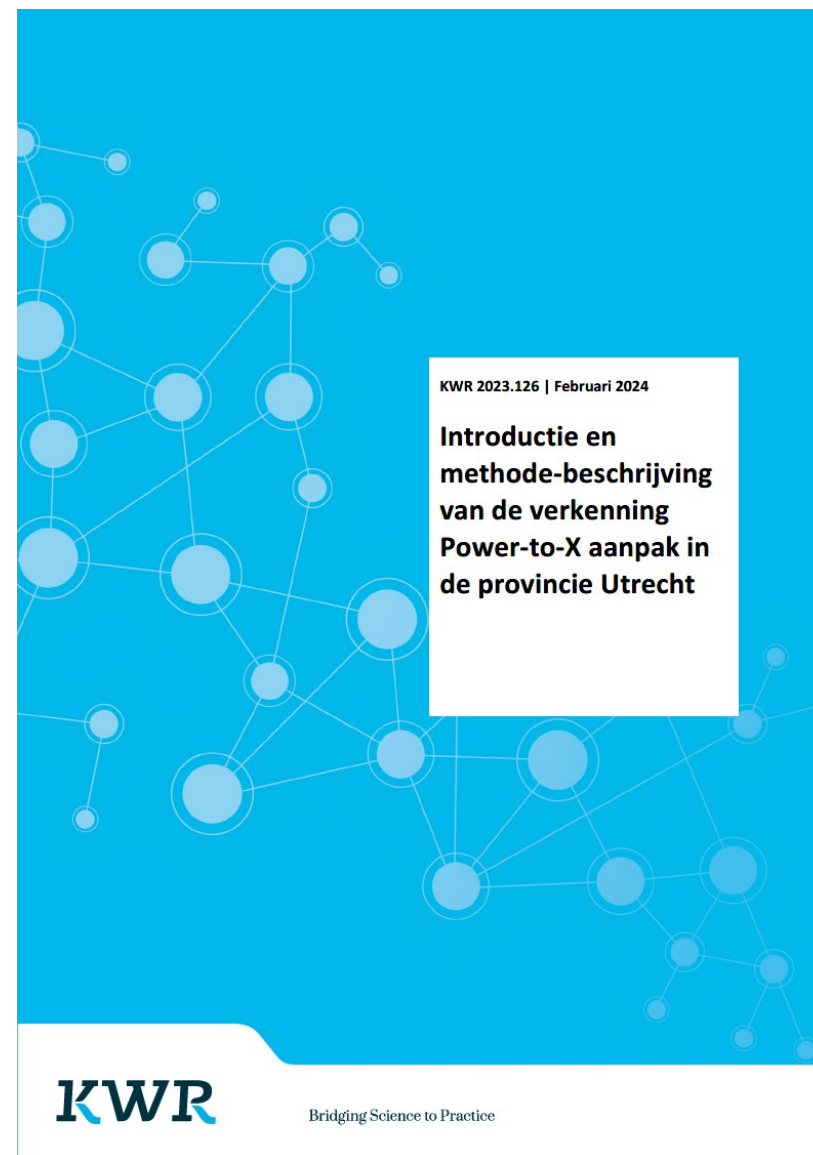


Verdiepende introductie en methode-beschrijving

Voor een verdiepende introductie en methode-beschrijving is een apart rapport beschikbaar, waarin op de volgende onderwerpen wordt ingegaan:

- Integrale aanpak in de energietransitie en onderzoeksdoel
- Introductie op de Power-to-X aanpak
- Selectie van drie voorbeeldlocaties
- Methode uitwerking energiesystemen

Link: [Rapport KWR 2023.126](#)





Amersfoort: De Isselt

KWR

Bridging Science to Practice

 Link naar
inhoudsopgave

 A-I



Inhoudsopgave case-studie

- Huidige energievraag op het bedrijventerrein
- Energiesysteem in drie scenario's
 - Schets van drie scenario's
 - Energievraag door het jaar heen
 - Vermogens van de assets
- Aanpak technisch-economische analyse: doorrekening met model
- Berekeningsresultaten en analyses
 - Energiestromen (Sankey-diagrammen)
 - Benutting van energiebronnen
 - Aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet
 - Benodigde import en benutting eigen opwek
 - Kosten en emissies
- Conclusies

Bedrijventerrein Isselt klassieke situatie met fossiele bronnen

Aansluitingen totaal: 580

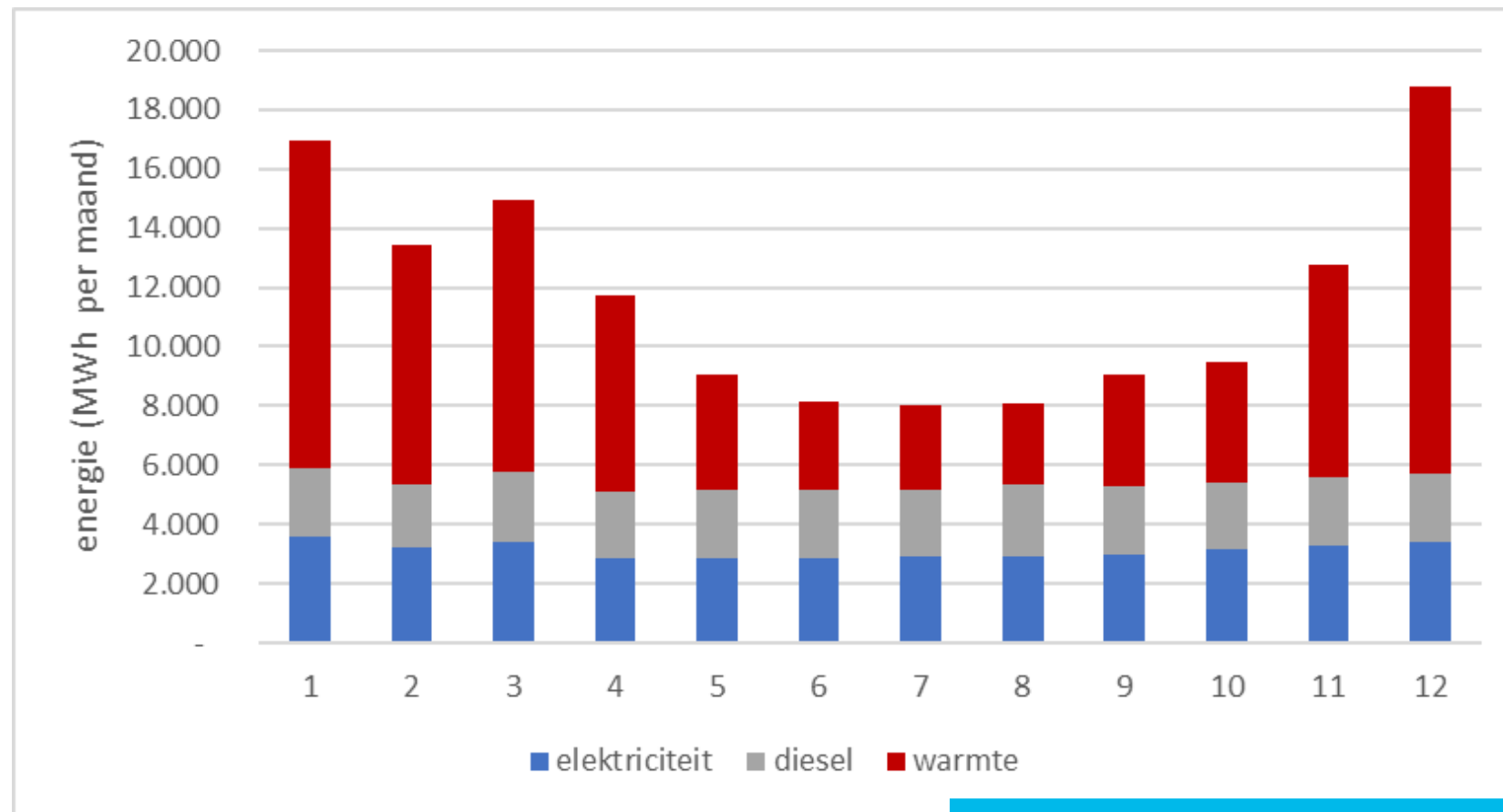
	E [GWh/jr]
Elektriciteitsverbruik panden & processen	38
Warmtevraag bedrijven panden & processen (gas)	47
Warmtevraag 3.000 woningen (gas)	28
Energievraag transport en mobiliteit (diesel)	28
Totaal	141

Voor bepaling van het energiegebruik op het bedrijventerrein zijn publiek beschikbare bronnen gebruikt

Bij de energievrage is uitgegaan dat vanuit het bedrijventerrein Isselt ook warmtelevering aan 3.000 woningen plaatsvindt. De warmtevraag heeft daarmee het grootste aandeel in het energiegebruik.

A-I

Profiel eindverbruik Isselt (maandwaarden)



Warmtevraag vertoont badkuip-profiel
Overige energievraag is relatief constant.

A-I

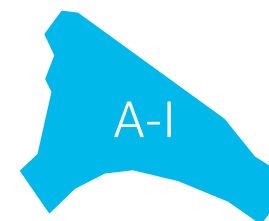
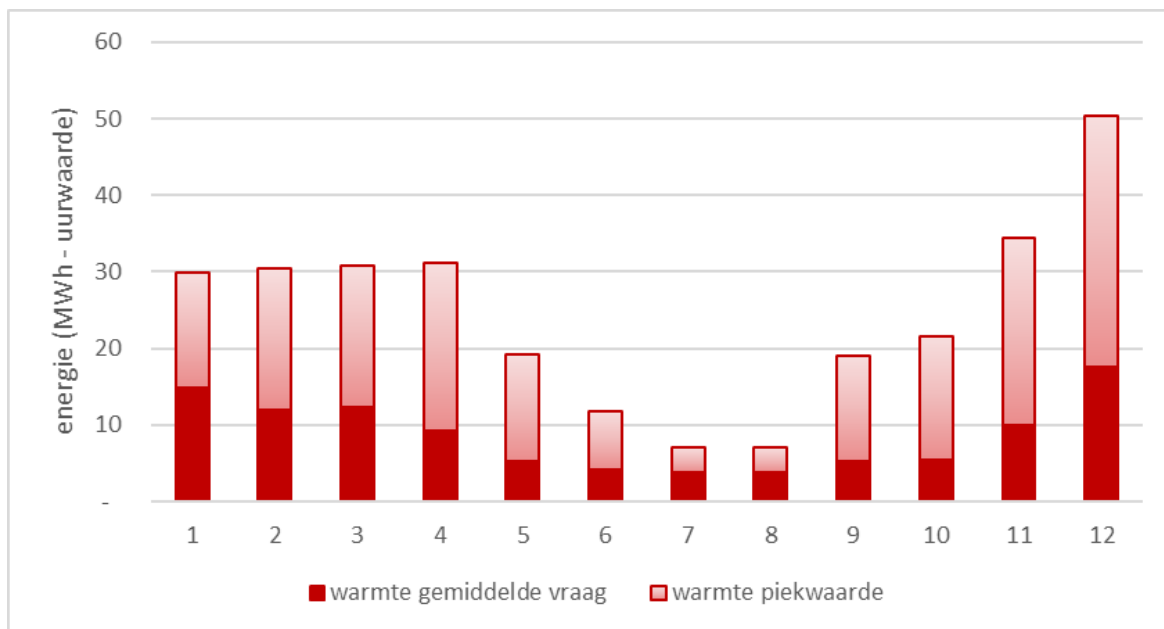
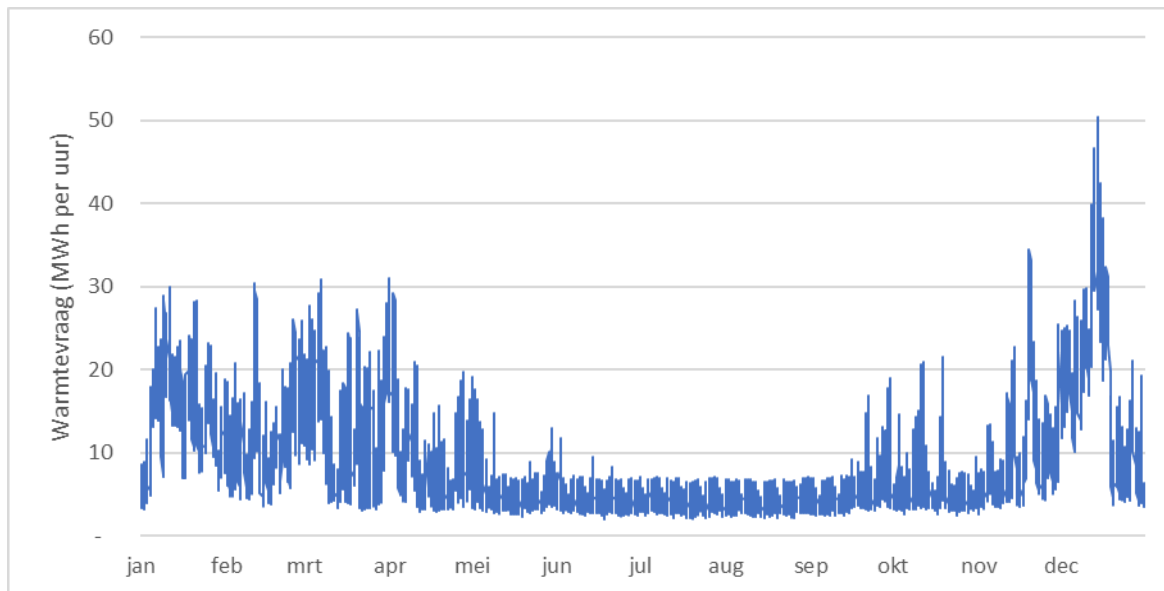
Warmtevraag Isselt

Aangehouden warmteprofiel:

Totale jaarwarmtevraag: 75 GWh

Gemiddelde uurwaarde: 9 MWh/uur

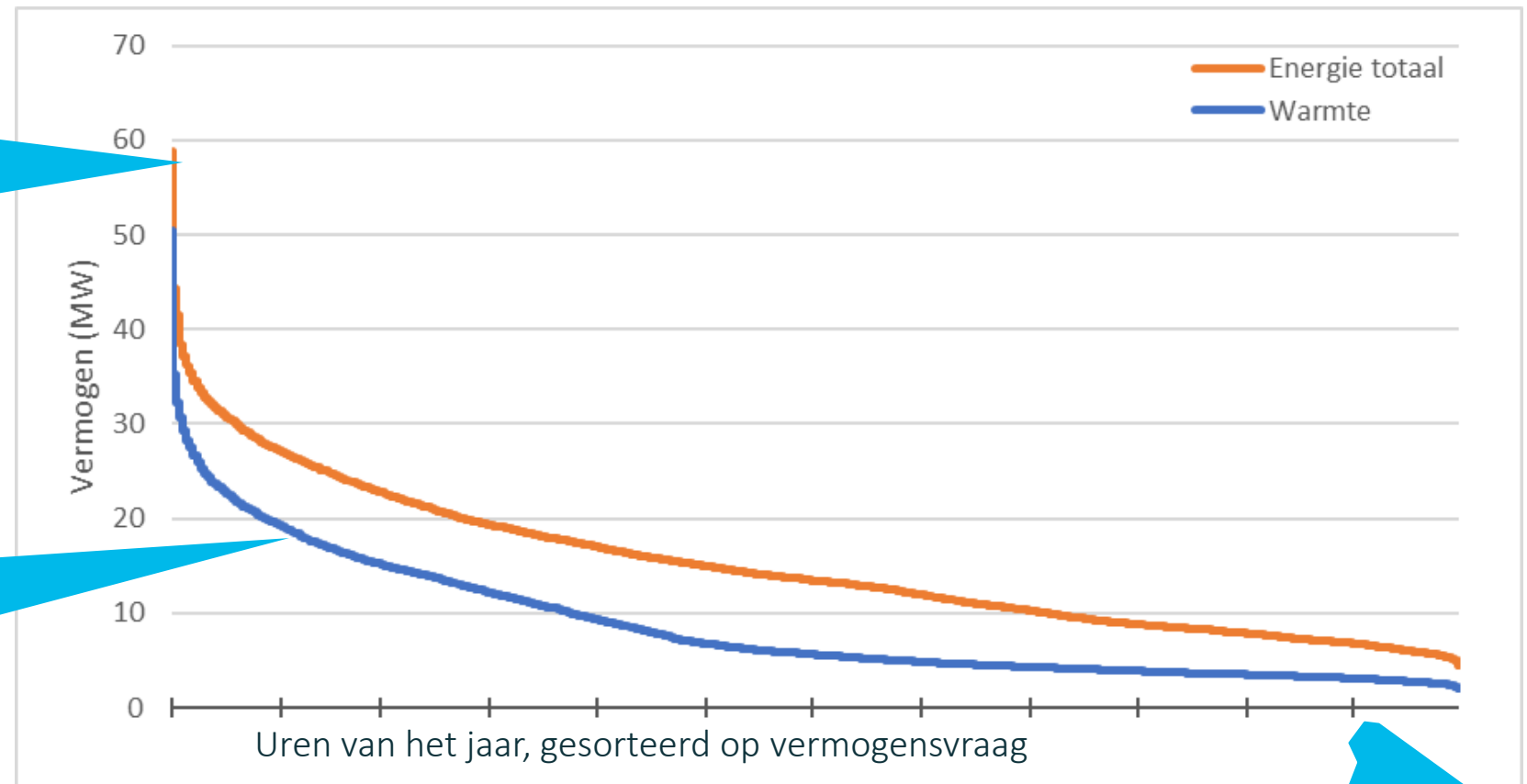
Piek uurwaarde: 50 MWh/uur



Piek warmtevraag is bepalend voor piek totale energievraag

Piek van de totale energievraag
in het gebied: 60 MW
Waarvan warmtevraag: 50 MW

Overige energievraag
(transport, elektriciteitsvraag)
betreft een relatief vlak
vraagprofiel van circa 10 MW



Schets energiesysteem Isselt: drie scenario's

1. Klassieke fossiele energiesysteem

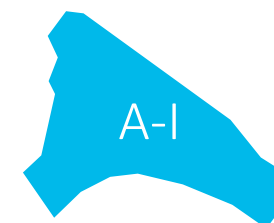
- Warmtelevering met gas, transport met diesel

2. Geëlektrificeerd energiesysteem: toekomstscenario zonder gebruik van fossiele brandstoffen

- Biogas; zon, wind en batterij (gezamenlijke aansluiting, curtailment, *géén energiehub*)
- Warmtelevering bedrijventerrein en 3.000 woningequivalenten buiten de Isselt
 - Warmte assets: WKK, biomassaketels, warmtepomp, seizoensopslag LTO
 - Warmte bronnen: warmte uit afvalwater (TEA), import van biomassa (piek)
- Levering energie voor transport volledig elektrisch, ook aan 25 bussen

3. Power-to-X energiesysteem: verkenning elektrificatie met kleinere netcapaciteit; als scenario 2, maar met:

- GDS voor een gedeelte van de assets
- Lokale productie groene waterstof
- Transport deels op waterstof, bussen volledig op waterstof



Energiehub bij de RWZI op de Isselt

Warmtewinning en duurzame opwekking van elektriciteit op de Isselt is voorzien bij of nabij de RWZI. Op basis van de opgehaalde informatie is het derhalve een logische keuze om de energiehub in te richten bij de RWZI op de Isselt. Het GDS is enkel opgenomen in het Power-to-X energiesysteem.

In het GDS is een electrolyser opgenomen voor de productie van groene waterstof. Electrolyse bij een RWZI heeft concrete voordelen, zoals:

- Energiebesparing door beluchting met pure O₂ (*)
- Afzet zuurstof t.b.v. ozon-productie voor zuiveringsprocessen
- Restwarmte electrolyser direct benutten
- Inzet van waterstof voor eigen projecten (bijv. GWW)

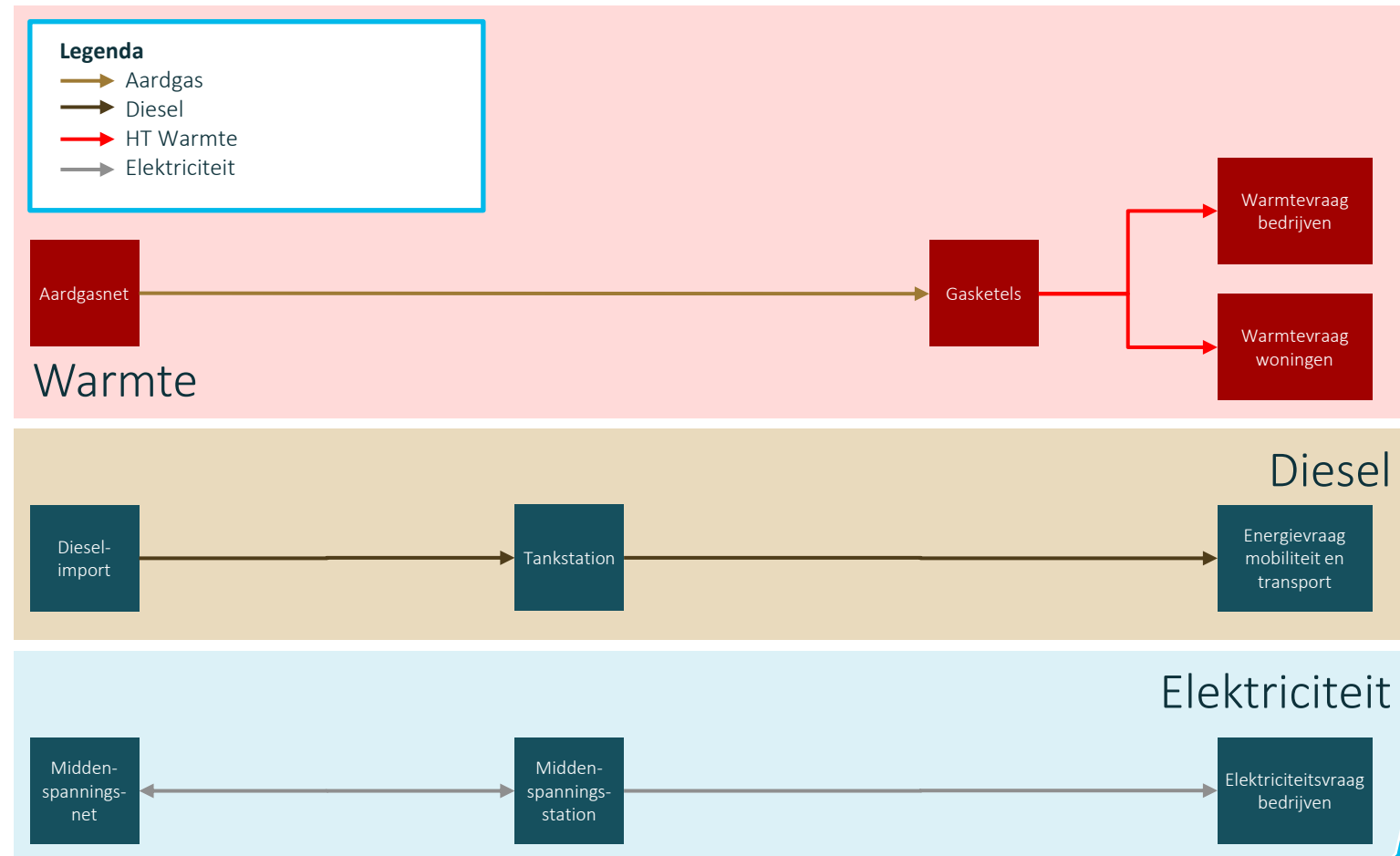


Bron: Warmtebedrijf Amersfoort; [link](#)

(*) Dit specifieke voordeel is in deze verkenning niet opgenomen. Voor meer informatie zie STOWA: Benutting zuivere zuurstof uit duurzame waterstofproductie in RWZI's met fijnebellenbeluchtingssystemen; [link](#)

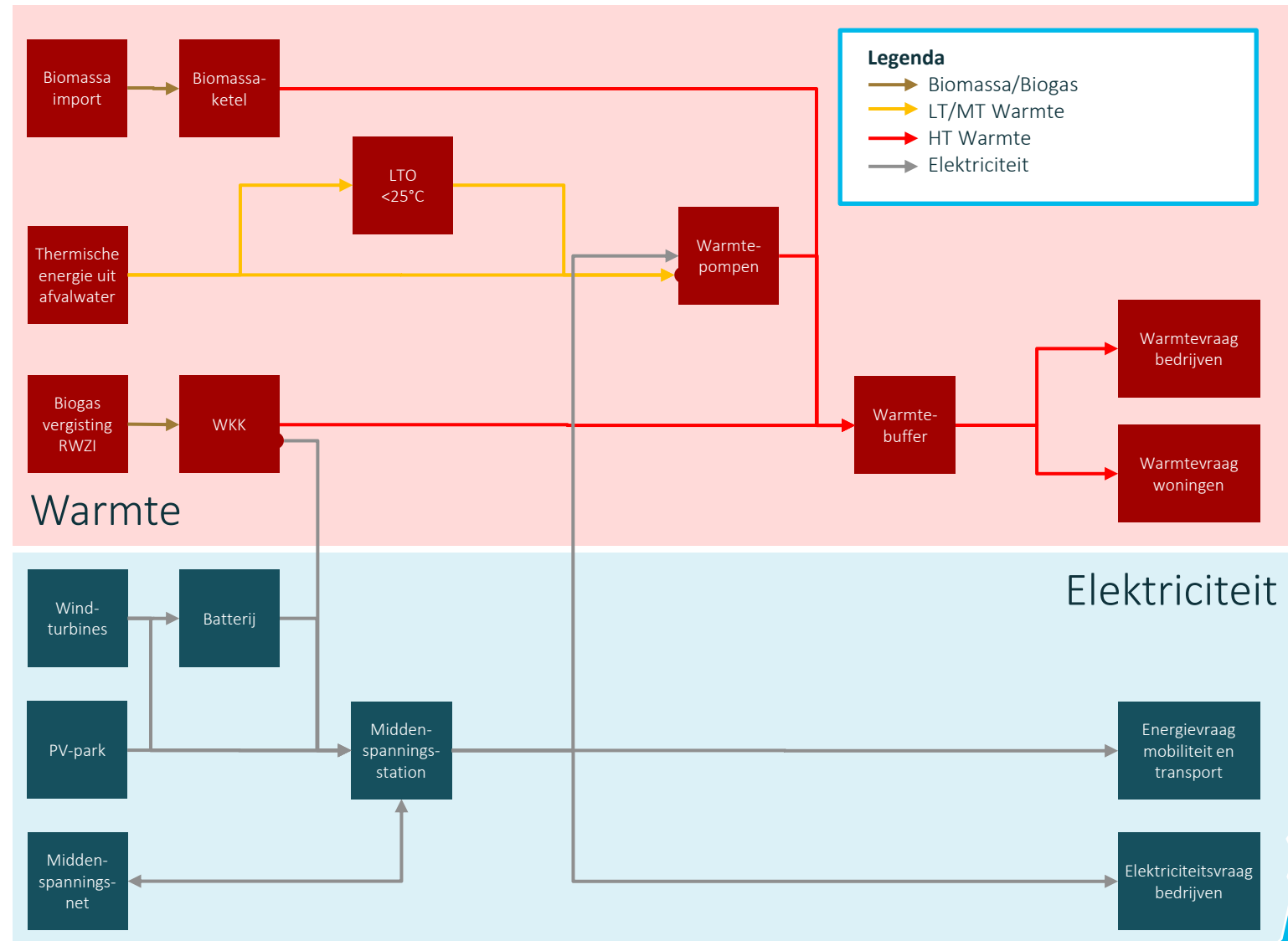
~ Schets klassieke, fossiele energiesysteem

- Klassiek referentiesysteem, verzuild en met gebruik van fossiele bronnen
- Beperkte noodzaak voor (collectieve) lokale omzettingen of opslag
- Capaciteit assets direct gerelateerd aan piekvraag warmte, transport en elektriciteit



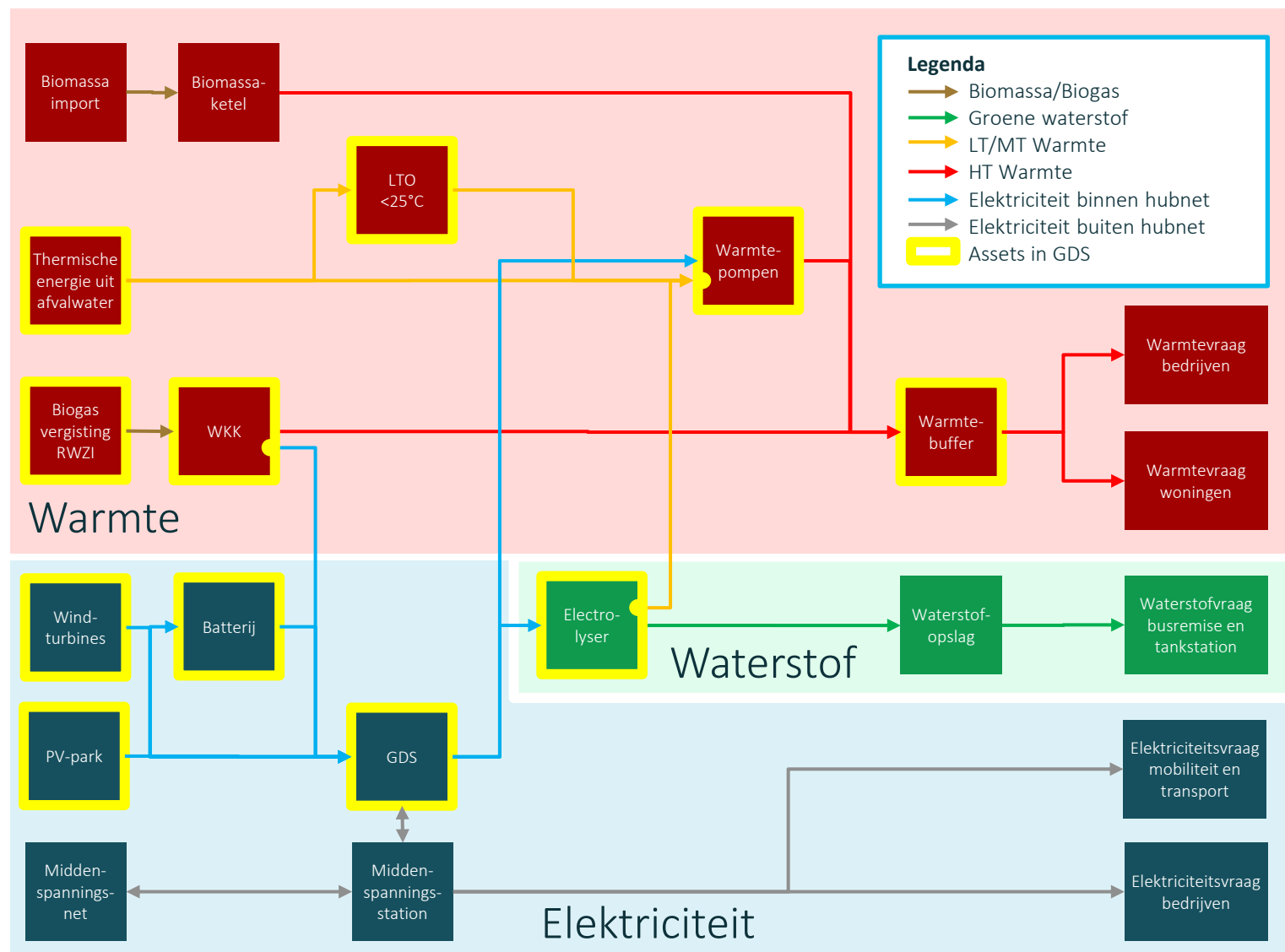
~ Schets geëlektrificeerde energiesysteem

- Referentiesysteem met elektrificatie met “onbeperkte” netcapaciteit
- Lokale opwek van wind en zon, in combinatie met een batterij, aangesloten op het net
- Import van elektriciteit en biomassa
- Warmtelevering door warmte uit afvalwater, LTO, warmtepompen en WKK, een biomassaketel voor piekcapaciteit van warmte
- Transport wordt elektrisch ingevuld



~ Schets Power-to-X energiesysteem

- Systeem met elektrificatie, verkenning mogelijkheden voor kleinere netcapaciteit
- Koppeling opwek en vraag zo veel mogelijk d.m.v. een GDS
- Warmtelevering zelfde opzet, gekoppeld aan GDS
- Productie groene waterstof; toepassing voor OV (busremise) en voor 1/3 deel van de energievraag voor transport en mobiliteit
- Slimme sturing voor elektrolyser om vraagpieken op te vangen



Energie eindgebruik de Isselt

Input voor de technisch-economische analyse voor de drie scenario's

	Klassiek [GWh/jaar]	Elektrificatie [GWh/jaar]	PtX [GWh/jaar]
Elektriciteitsverbruik	38	38	38
Panden & processen	38	38	38
Warmtegebruik	75	75	75
panden en processen	47	47	47
woningen via warmtenet (3.000 weq)	28	28	28
Energievraag transport en mobiliteit	(diesel) 28	(elektrisch) 17	(elekt. + waterstof) 19
Transport bedrijventerrein	22	14	9 6
Busremise	6	3	4
Totaal	141	130	132

Het energiegebruik verschilt tussen de scenario's, vanwege verschil in efficiëntie bij de gebruikte brandstof.

A-I

Overwegingen bij verduurzaming transport

Voor lange-afstand transport en OV is de aanname gemaakt dat elektrificatie mogelijk is.

Aandachtspunten:

- Beperkte batterijcapaciteit vrachtwagens en bussen leidt tot beperkt (transport)bereik [km]
- Zware batterijpakketten leiden tot verminderde transportcapaciteit [kg]
- Beperkte laadcapaciteit leidt tot lange laadtijden

→ Grootschalig elektrisch transport legt een beslag op netcapaciteit, ruimte en arbeid.

Voor (weg)transport, wat pleit voor...

Waterstof	Elektrisch
Actieradius	Lagere kosten euro/km (TCO)
Meer transport-kilometers per jaar en meer ton vracht	Lagere investering voertuig
Korte tanktijd (tot 100%!)	Keuzevrijheid in voertuigen
Beperkt netcongestie	Bestaande laadinfrastructuur

Vergelijking tank/laadvermogens wegtransport

Diesel – zware voertuigen	42 MW = 70 liter/min
Waterstof – <i>zware</i> voertuigen	10 MW = 4,2 kg/min
Waterstof – <i>lichte</i> voertuigen	3 MW = 1,3 kg/min
Elektriciteit – snellader	0,35 MW
Elektriciteit – eigen laadpaal	0,05 MW

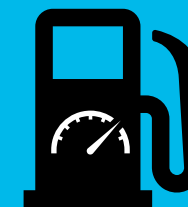
A-I

Assetoverzicht 'klassiek' energiesysteem

	Asset	Vermogen/capaciteit Scenario 'Klassiek'	Opmerking
Import	MV-net aansluiting	9 MW _p	Deze waarden geven de minimale capaciteit van de assets weer, voor levering van de energievraag in deze studie.
	Gasaansluiting	63 MW _p	
	Diesel levering	(13 MW _p) *	

In deze studie is bepaald, wat de minimale capaciteit van de assets moet zijn, om de energievraag door het jaar heen te kunnen leveren. In deze sheet is dat gedaan voor het 'klassieke' energiesysteem, in de volgende sheet voor de twee toekomstige scenario's. Het mag duidelijk zijn, dat dit niet de daadwerkelijke aansluitcapaciteiten van het bedrijventerrein zijn. De daadwerkelijke aansluitcapaciteiten zijn hoger, in verband met reservecapaciteit, groeipotentie, etc.

* Voor transport is de hier vermelde waarde voor het leverings-vermogen echt een rekenkundig getal. Ter illustratie: één conventionele dieselpomp voor zwaar transport levert 70 liter diesel per minuut. Dit komt overeen met een vermogen van 42 MW!



Assetoverzicht Isselt in scenario's "elektrificatie" en "PtX"

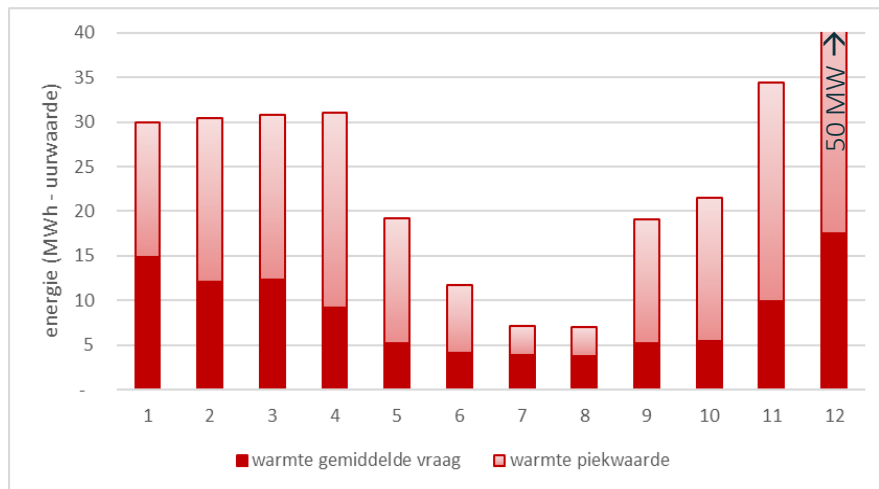
		Elektrificatie	PtX	Efficientie/COP
Opwekking	Windturbines	8 MW _p	8 MW _p	Nvt
	Zonnepanelen	39 MW _p	39 MW _p	Nvt
Omzetting	Biomassa ketel	25 MW _{th}	25 MW _{th}	75%
	Warmtepomp TEA*	5 MW _e	5 MW _e	3.21
	WKK	500 kW _e + 500 kW _{th}	500 kW _e + 500 kW _{th}	40% + 40%
	Warmtepomp electrolyser	0 Mw _e	0,3 MW _e	5.89
	Electrolyser	0 Mw _e	4 MW _{H₂} + 0.75 MW _{th}	80% + 15%
Opslag	Waterstofopslag	0 MWh	700 kg / 27.5 MWh	100% roundtrip
	Warmtebuffer	2000 m ³ / 46 MWh	2000 m ³ / 46 MWh	100% roundtrip
	LT-OBES**	150 m ³ /h / 1,7 MW _{th}	150 m ³ /h / 1,7 MW _{th}	Nvt
	Batterij	10 MWh	10 MWh	100% roundtrip
Im-/export	MV-net aansluiting	sluitpost	sluitpost	

* TEA: Thermische energie uit afvalwater

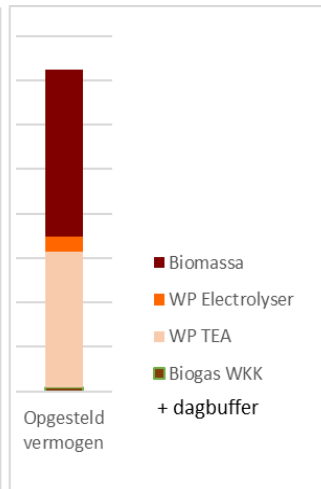
** LT-OBES: lage-temperatuur open bodemenergiesysteem

Vraag (gemiddelde en piek) versus vermogen van assets

Warmteverbruik, gemiddelde uurwaarde en maximale piekverbruik

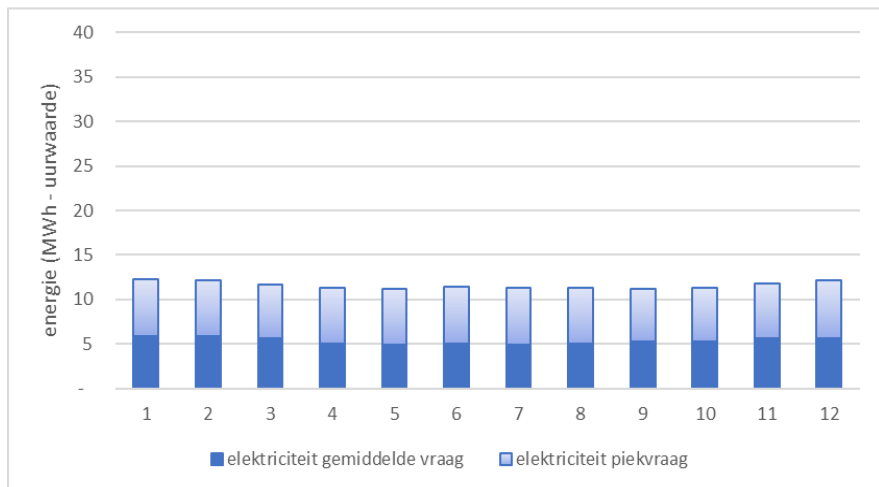


Opgesteld vermogen PtX

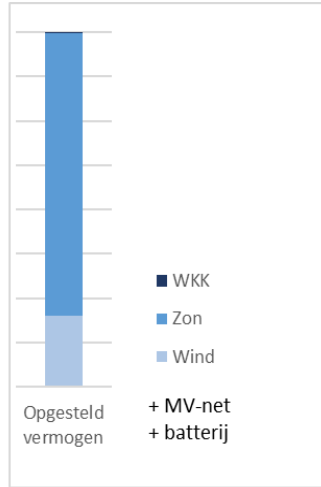


Warmtevraag vertoont grote piekvermogens in vraagprofiel, waarvoor we liefst zo min mogelijk vermogen opstellen.
 → Omzetting en opslag om pieken op te vangen

Electriciteitsverbruik, gemiddelde uurwaarde en maximale piekverbruik



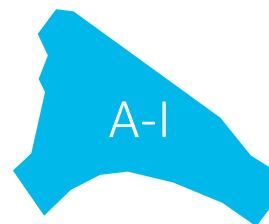
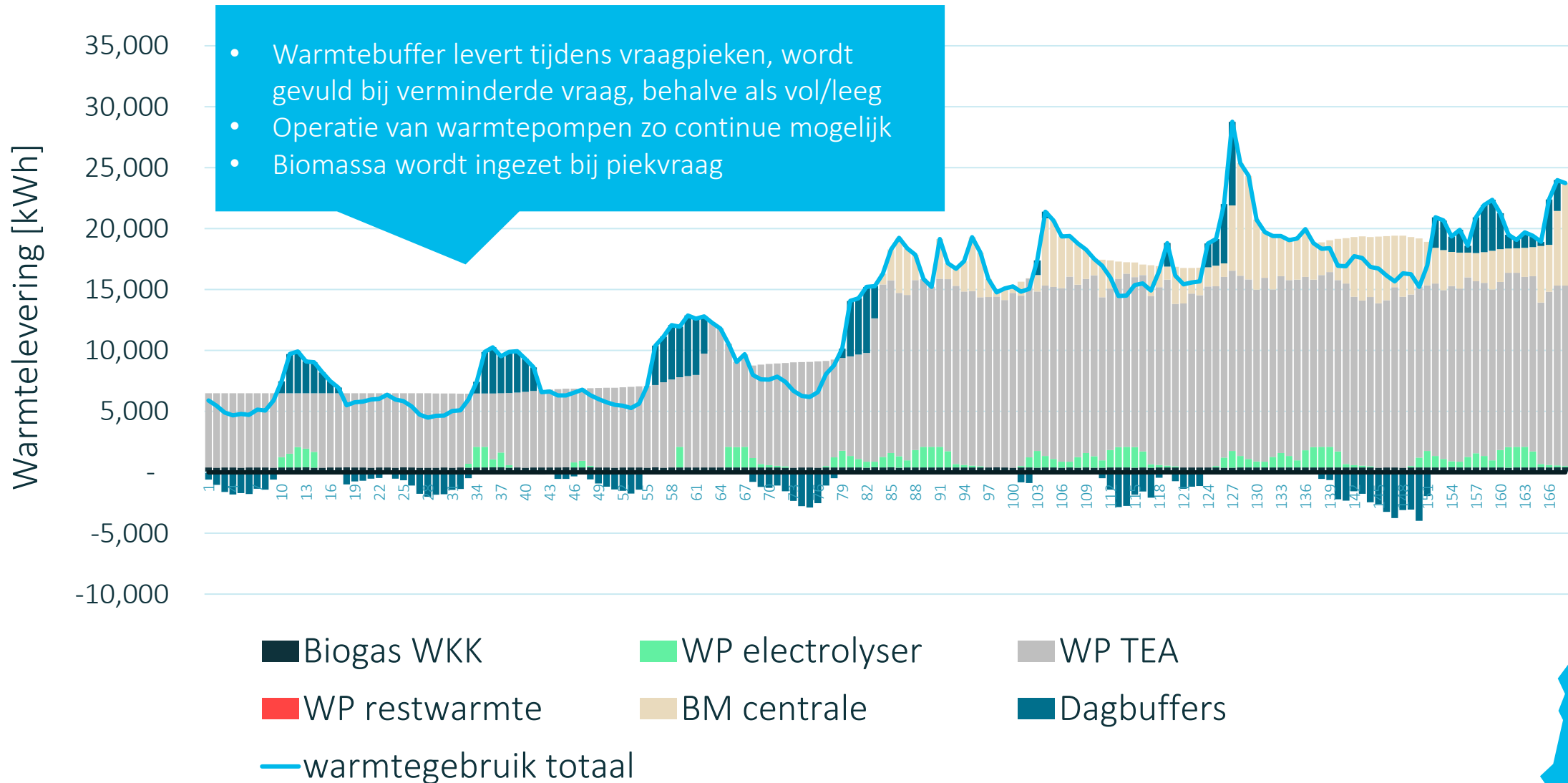
Opgesteld vermogen PtX



Duurzame opwekking van elektriciteit leidt tot grote piekvermogens in aanbodprofiel, met een relatief vlak vraagprofiel. De opwek wordt deels benut voor warmte en transport.
 → Omzetting en opslag om pieken op te vangen

A-I

Voorbeeld resultaten rekenmodel: uurwaarden warmtebalans 1^{ste} week januari (PtX-variant) **KWR**



Toelichting op technisch-economische analyse: van berekende uurwaarden naar systeem inzicht

Resultaten rekenmodel: balansen voor warmte, waterstof en elektriciteit voor elk uur van het jaar

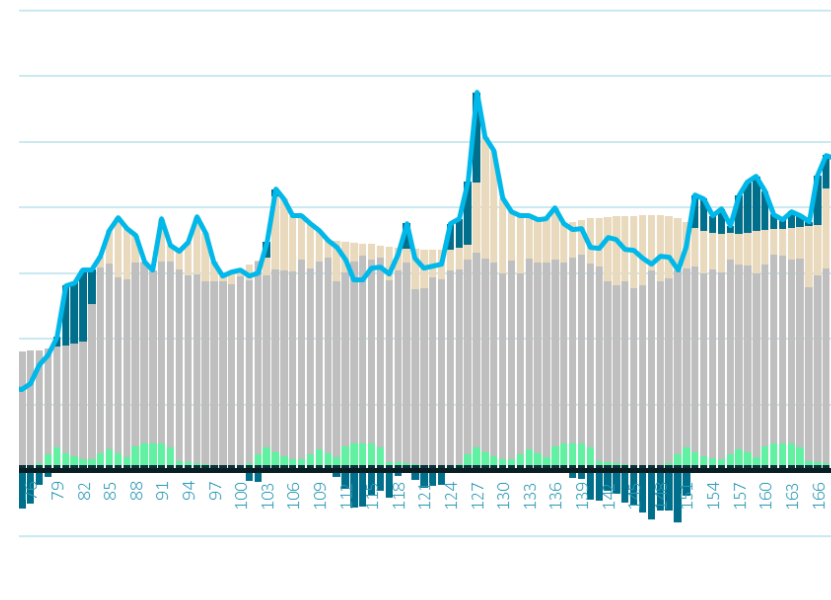
Som van de uurwaarden in een bepaalde periode (vaak per jaar) is de totale vraag/productie, bijvoorbeeld per apparaat, per energiedrager etc.

- Hiermee worden *Sankey diagrammen* opgesteld, voor inzicht in energiestromen
- Totale vraag/productie wordt omgerekend naar emissies, inkoopkosten en verkoopopbrengsten van energiedragers, voor inzicht in emissies en kosten

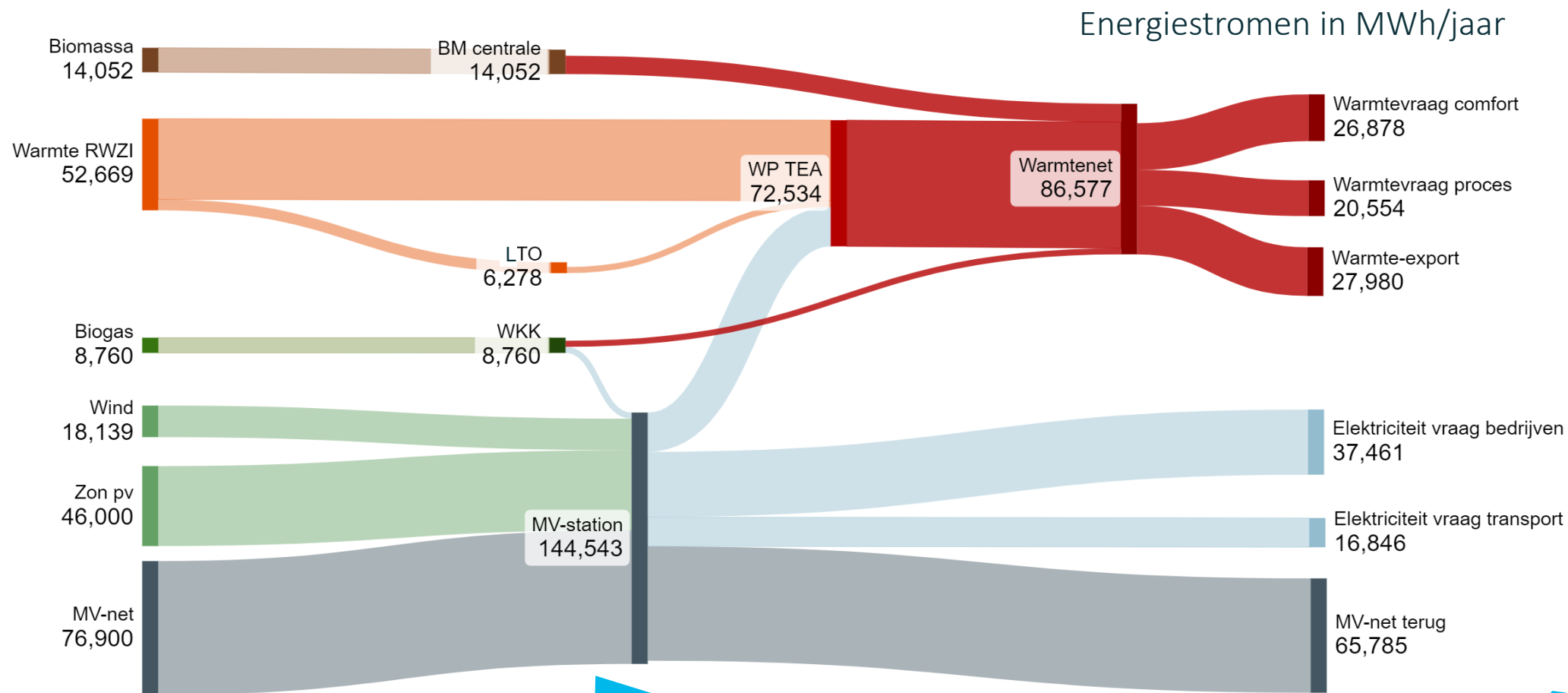
Piek in een reeks uurwaarden bepaalt benodigde vermogen en/of aansluitcapaciteit

- Vermogens en capaciteiten worden omgerekend naar aanschafkosten van assets en aansluitkosten respectievelijk, voor inzicht in aansluitcapaciteiten en investeringen

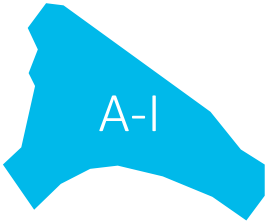
→ Technisch-economische analyse (energie, emissies, financieel, netcapaciteit) door onderlinge vergelijking tussen scenario's



Sankey referentie energiesysteem “elektrificatie”

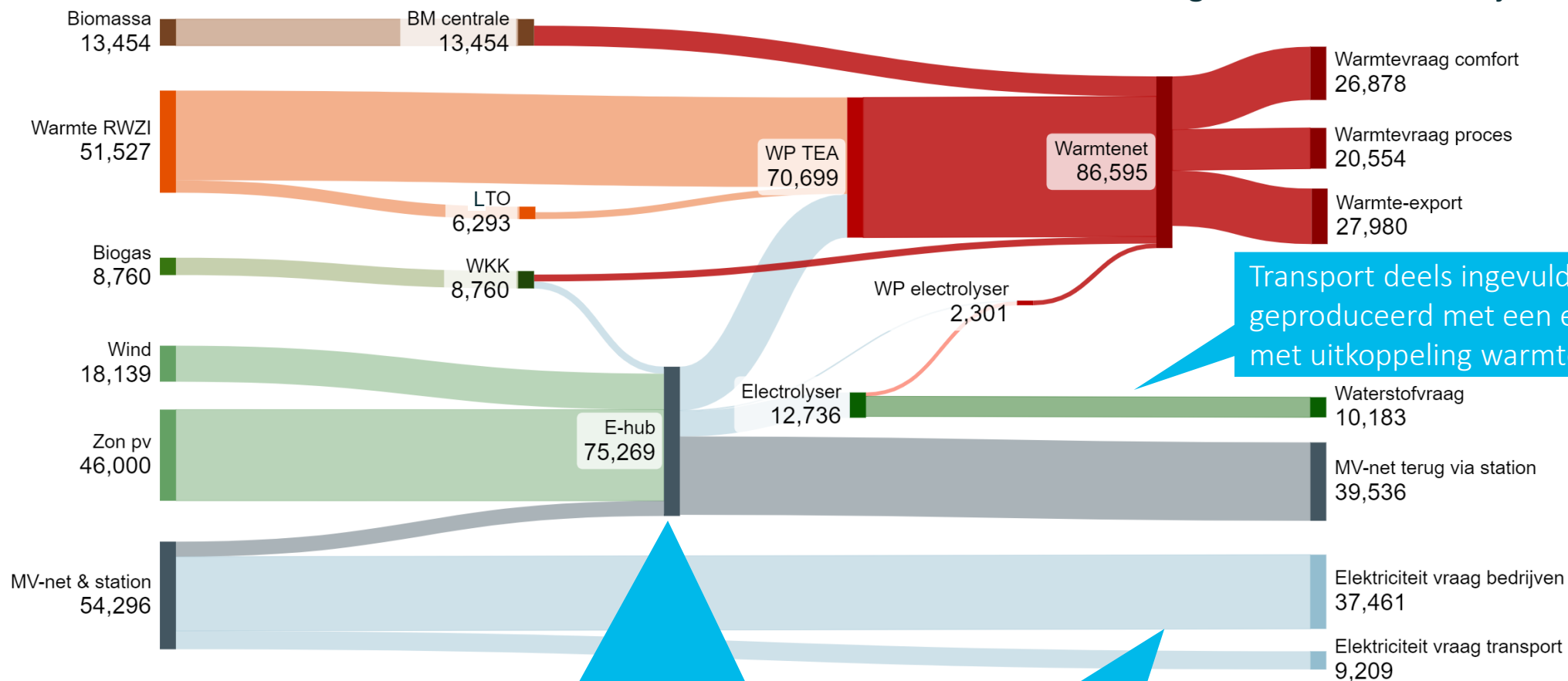


In dit scenario wordt alle elektriciteit uitgewisseld met het MV-net. Een batterij zorgt voor afvlakking van opwek wind en zon.



Sankey integraal energiesysteem "PtX"

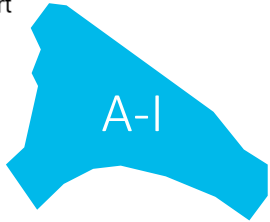
Energiestromen in MWh/jaar



Transport deels ingevuld met waterstof geproduceerd met een electrolyser, met uitkoppeling warmte

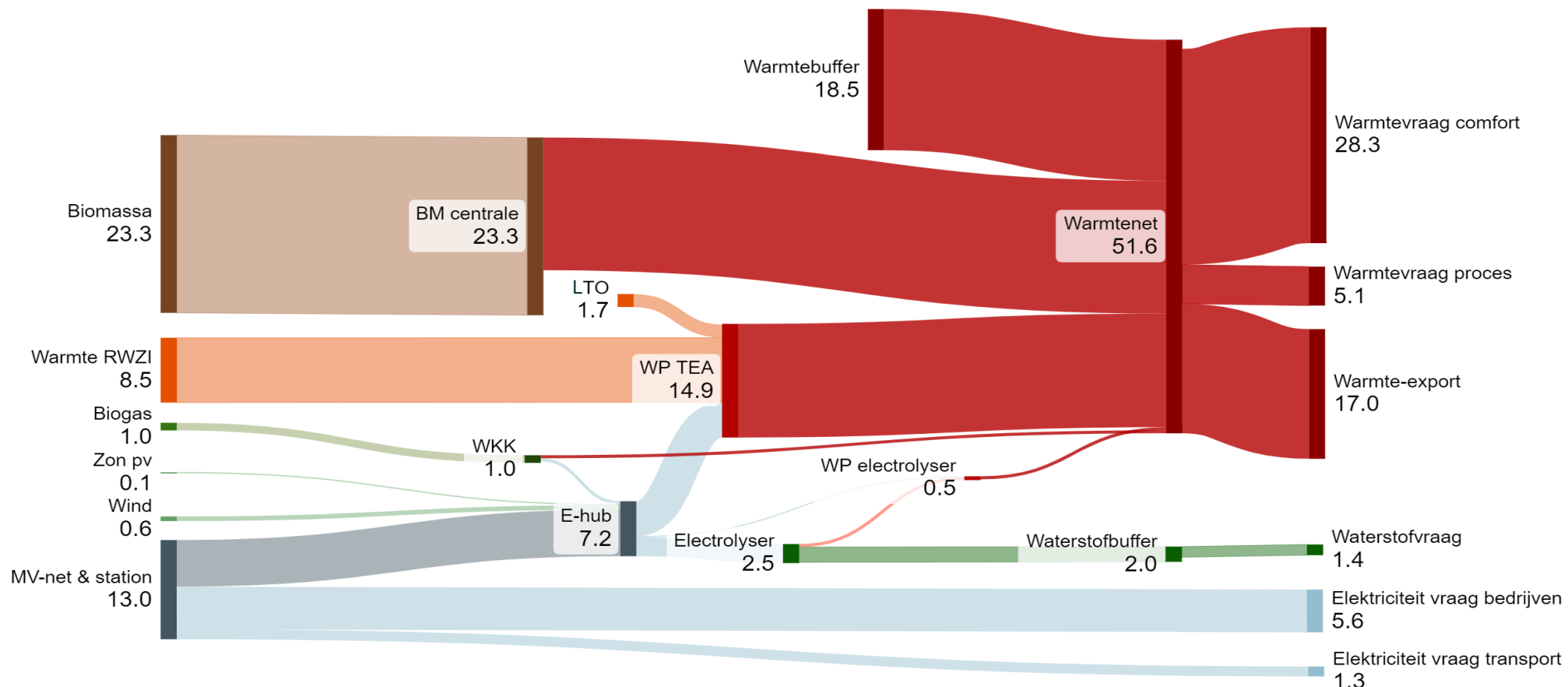
In dit scenario wordt elektriciteit binnen het GDS eerst uitgewisseld in de E-hub, het restant met het MV-net.

Afname bedrijven buiten het GDS direct van het MV-net.

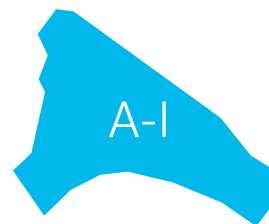


Sankey integraal energiesysteem "PtX" - koudste uur

Energiestromen in MWh/uur

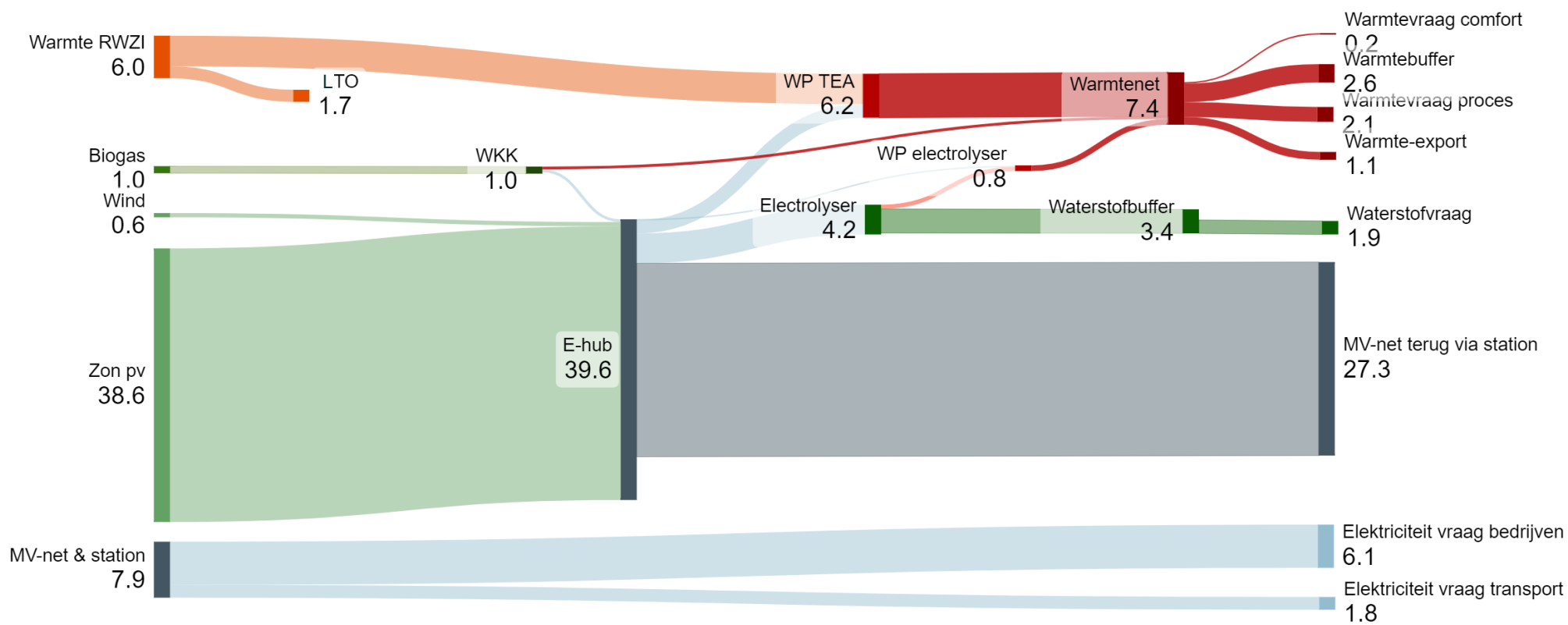


Grote warmtevraag, ingevuld d.m.v. buffer, biomassa en warmte-pompen. Elektriciteit voor warmteopwekking komt van het elektriciteitsnet.

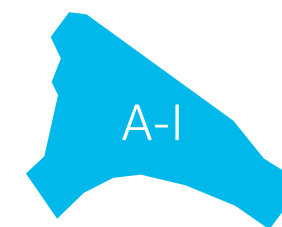


Sankey integraal energiesysteem "PtX" - zonnigste uur

Energiestromen in MWh/uur

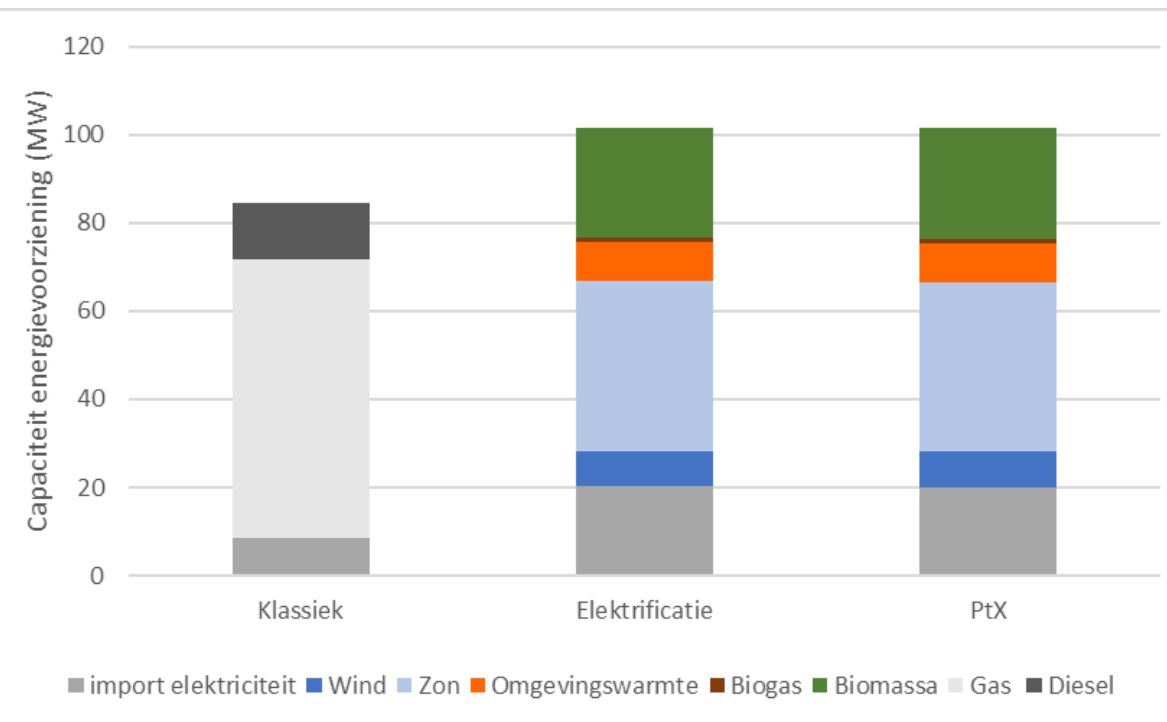


Enorm aanbod van zonnestroom. De batterij en electrolyser nemen zoveel mogelijk op binnen GDS. Een deel wordt teruggeleverd aan het net. De rest gaat verloren n.a.v. curtailment.



A-I

Vergelijking vermogen energiebronnen in de scenario's: vervanging van gas en diesel bij verduurzaming



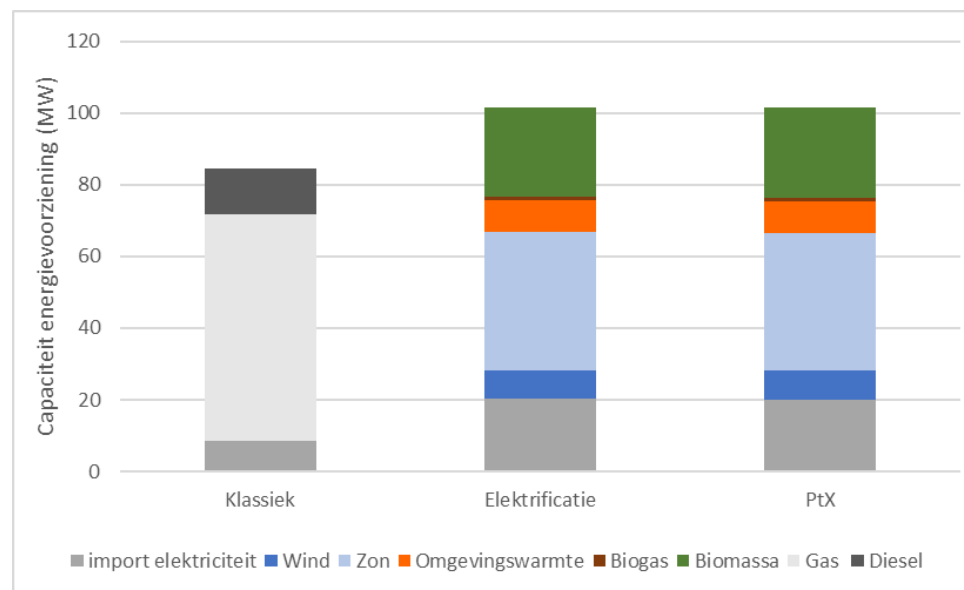
In het scenario 'klassiek' zijn de energiedragers elektriciteit, aardgas en diesel. Alle energie wordt door het bedrijventerrein geïmporteerd, via het elektriciteitsnet, gasnet en dieseltrailers. De gasaansluiting heeft het grootste vermogen: gas en diesel vormen samen 90% van de capaciteit van de energievoorziening, elektriciteit 10%.

De scenario's 'Elektrificatie' en 'PtX' bevatten import van elektriciteit via het elektriciteitsnet, import van biomassa, en eigen lokale duurzame opwekking: wind, zon, biogas en omgevingswarmte. Er wordt geen gebruik meer gemaakt van energiebronnen gas en diesel.

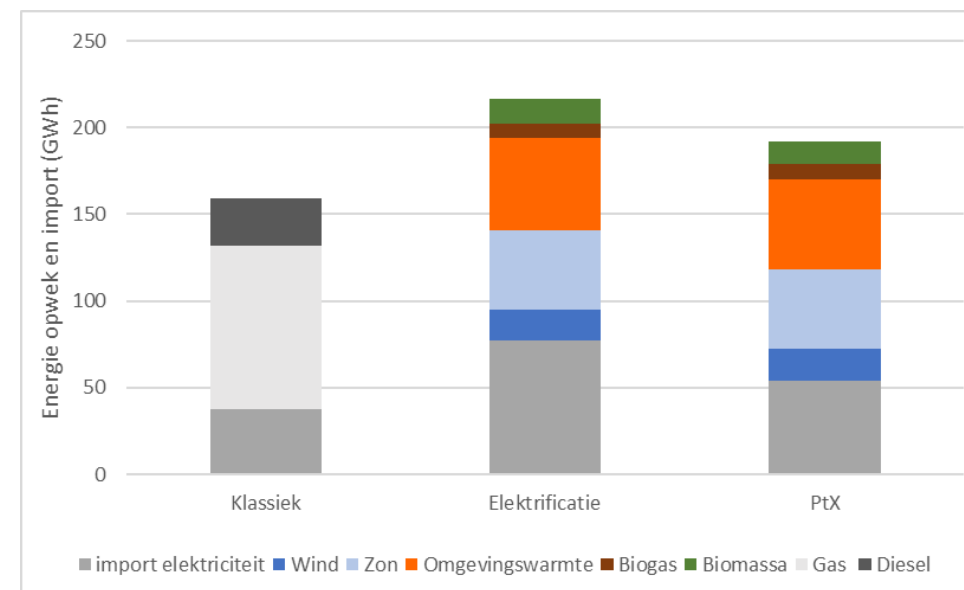
NB: de capaciteit van elektriciteit import bij 'Electrificatie' en 'PtX' in deze grafiek is niet gelijk aan de totaal benodigde aansluitcapaciteit. Voor bepaling van de aansluitcapaciteit moet ook rekening worden gehouden met de capaciteit van assets voor eigen productie, omzetting en opslag van elektriciteit.

Diversificatie van energiebronnen: in de toekomst onderscheid in assets voor basislast en pieklast

Capaciteit



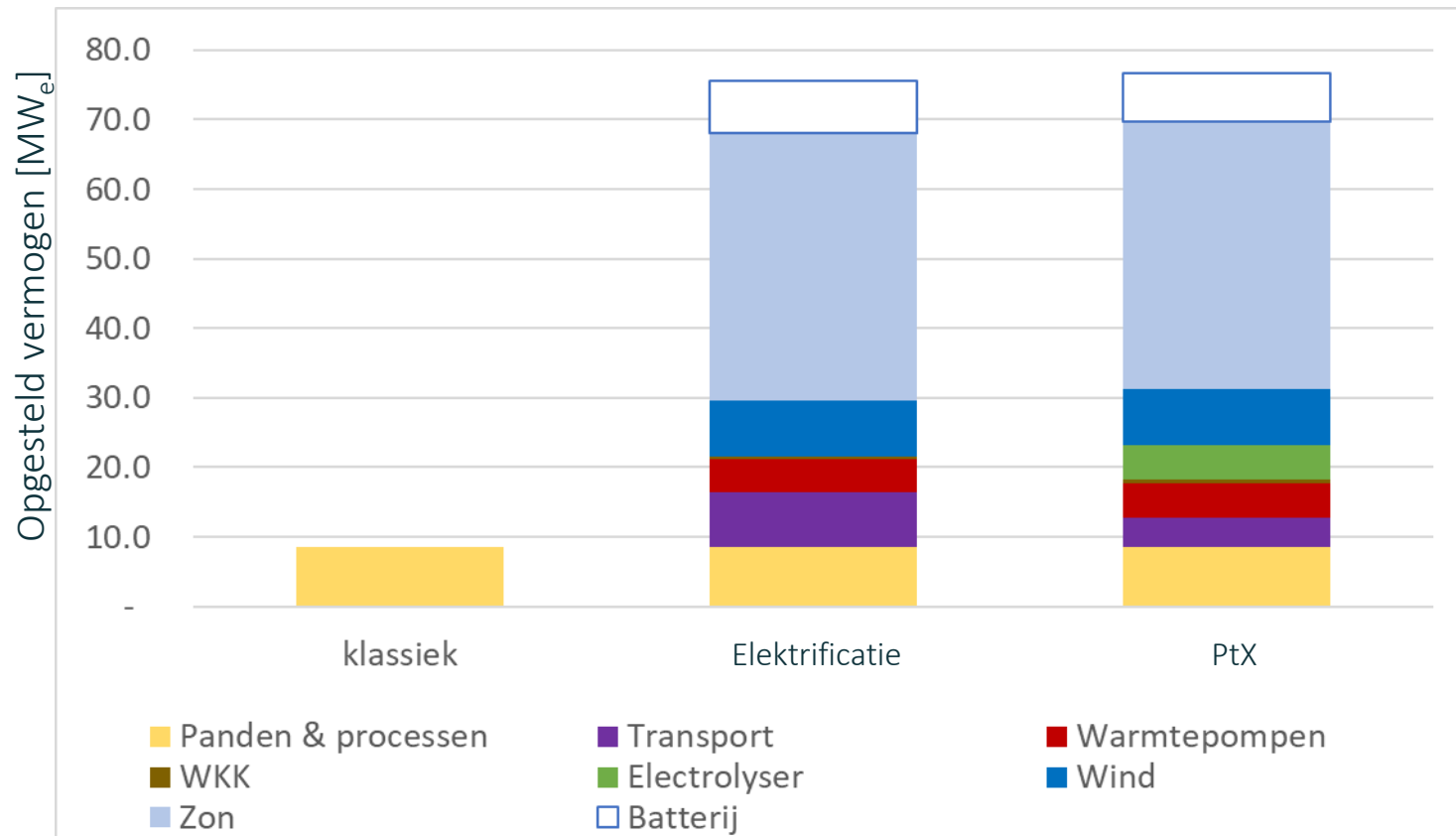
Energie



Deze twee figuren geven inzicht in het verschil tussen capaciteit en energielevering van energiebronnen. Dit illustreert het verschil tussen inzet van assets voor basislast en pieklast.

In de scenario's 'Elektrificatie' en 'PtX' worden warmtepompen en biomassa ingezet: de warmtepompen leveren basislast (lage capaciteit, relatief grote levering), de biomassa ketel levert pieklast (grote capaciteit, met een relatief lage levering). In het 'Klassiek' scenario levert de gasaansluiting de basislast én de pieklast.

Elektrificatie: wat wordt het opgesteld elektrisch vermogen in de toekomst?



In het scenario 'Klasiek' heeft elk bedrijf een aansluiting en wordt er geen elektriciteit teruggeleverd of uitgewisseld. De aansluitcapaciteit volgt direct uit het opgestelde vermogen voor elektriciteitsverbruik van panden & processen: de netcapaciteit van het klassieke scenario is 9 MW_e.

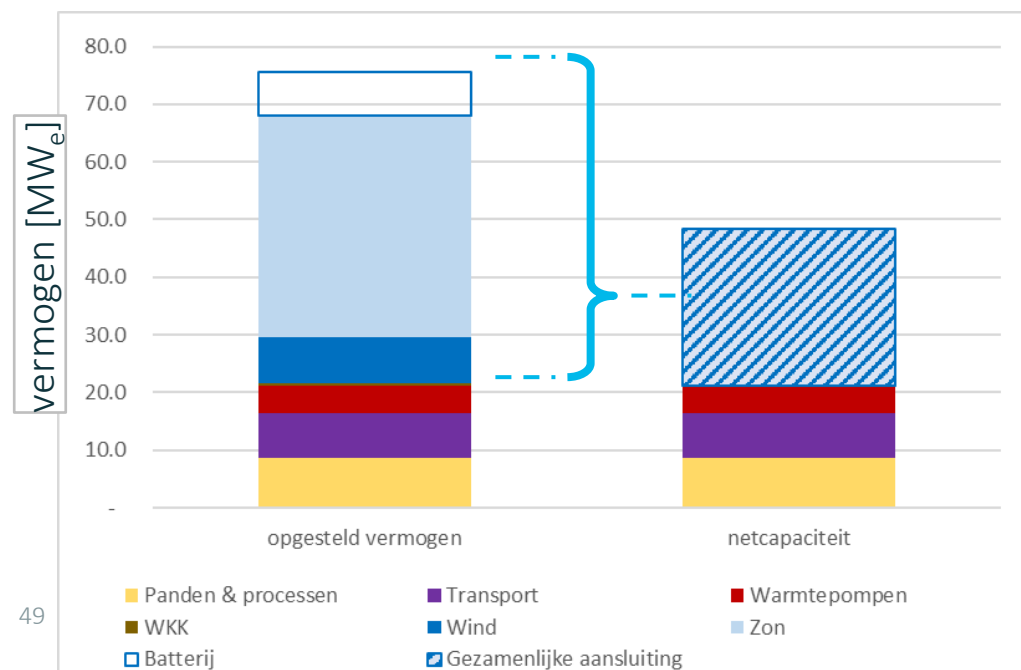
In de scenario's 'Elektrificatie' en 'PtX' wordt lokaal elektriciteit opgewekt, omgezet, opgeslagen en uitgewisseld. In totaal tellen de vermogens van de elektrische assets op tot > 70 MW_e. De benodigde netcapaciteit is afhankelijk van de aansluiting en de aansturing van de elektrische assets (bijvoorbeeld gezamenlijk aansluiten, slim aansturen). In de technisch-economische analyse is de benodigde netcapaciteit bepaald (zie volgende sheet)

Benodigde aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet

Geëlektrificeerd energiesysteem

- Zon, wind en batterij gezamenlijk aangesloten op het net
- Elektriciteitsgebruik voor panden & processen, transport en warmtepompen elk een eigen aansluiting
- Slimme aansturing batterij
- Curtailment van opwekking o.b.v. aansluitcapaciteit, zodat:

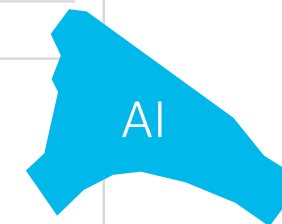
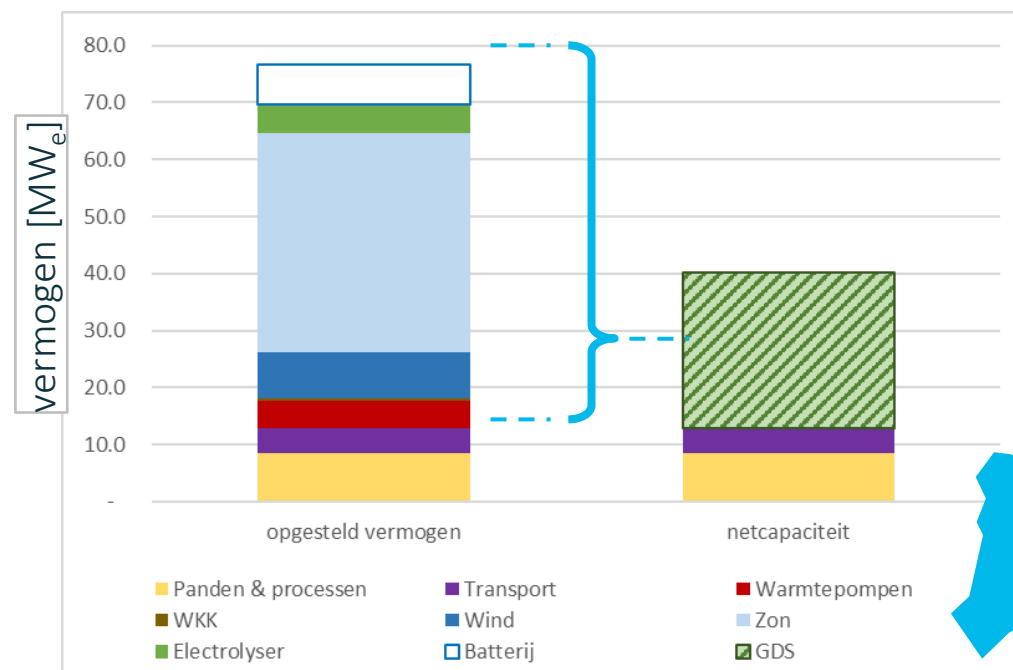
$$P_{\text{levering}} = P_{\text{piek,wind}} + 0.5 * P_{\text{piek,zon}}$$



Power-to-X energiesysteem

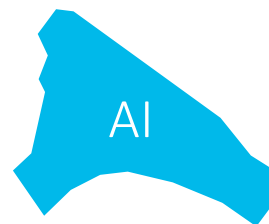
- Zon, wind, batterij, WKK, warmtepompen en electrolyser verbonden in GDS en gezamenlijk aangesloten op het net
- Elektriciteitsgebruik voor panden & processen en transport elk een eigen aansluiting
- Slimme aansturing electrolyser en batterij
- Curtailment GDS teruggeleverd vermogen, zodat:

$$P_{\text{teruglevering}} = P_{\text{piek,wind}} + 0.5 * P_{\text{piek,zon}}$$

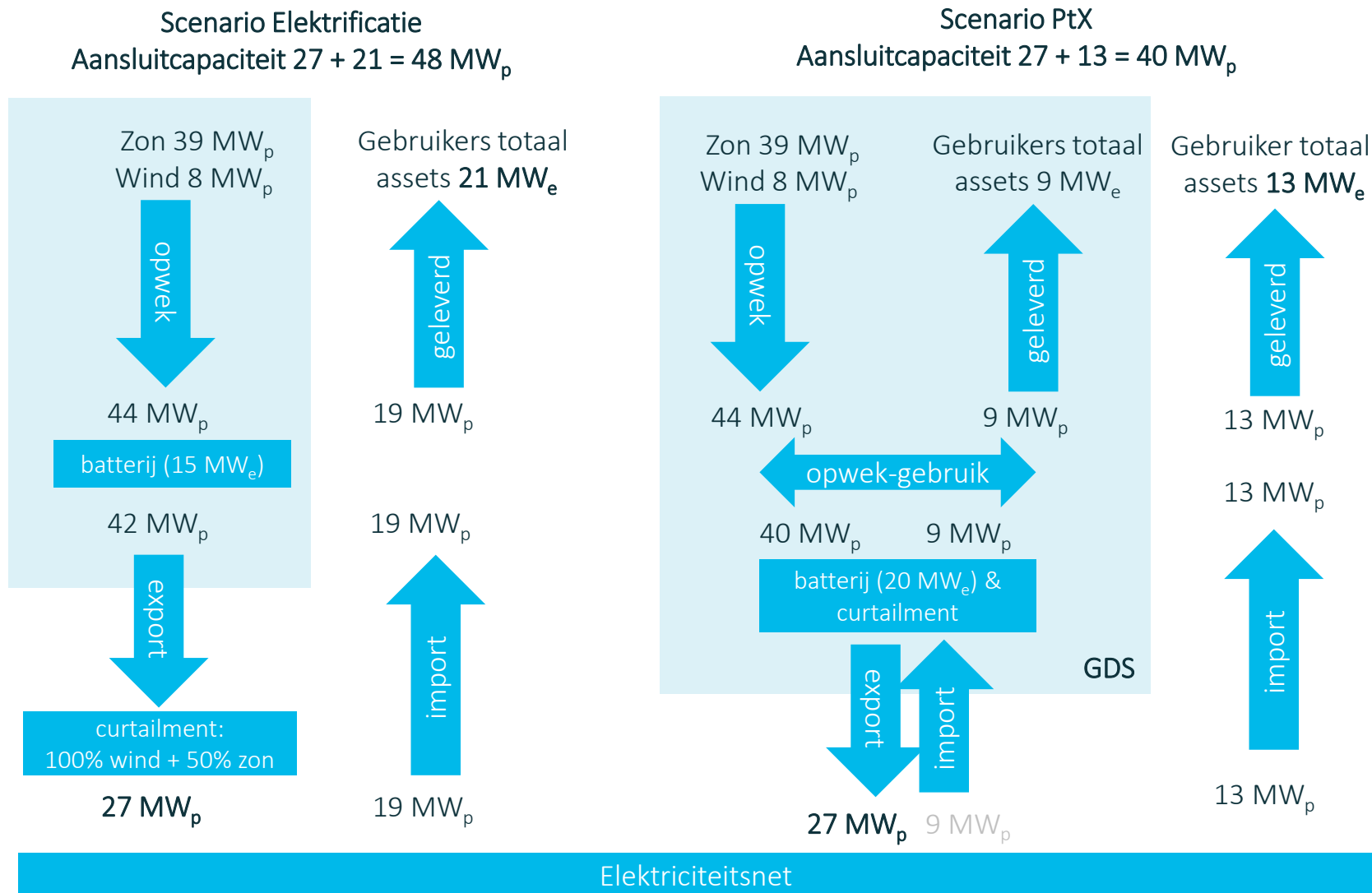


Benodigde aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet: vergelijking tussen scenario's

	Klassiek	Elektrificatie	PtX
Totaal vermogen elektrische assets [MW_e]	9	76	77
Doorrekening in technisch-economische analyse, bepaling netto benodigde netcapaciteit:			
Benodigde netcapaciteit [MW_e]	9	48	40



Wat is bepalend voor de aansluitcapaciteit ?



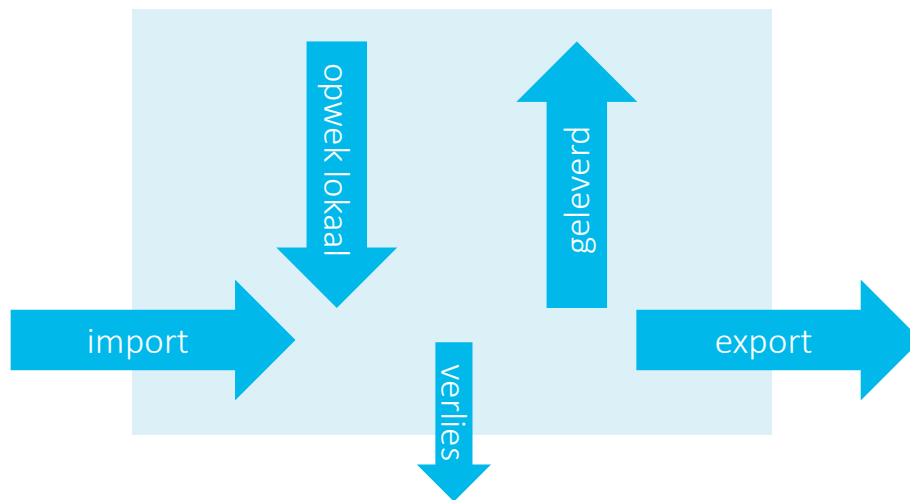
In deze figuur is voor de scenario's Elektrificatie en PtX de maximale vermogens voor elektriciteit weergegeven. Binnen het lichtblauwe vlak wordt elektriciteit uitgewisseld.

De aansluitcapaciteit met het elektriciteitsnet is bepaald door de netto teruglevercapaciteit van opwek, plus de opgestelde vermogens van assets die rechtstreeks op het net zijn aangesloten.

In beide scenario's is curtailment tot 50% van het opgestelde vermogen van zon toegepast voor teruglevering.

Voor het PtX-scenario is een lagere aansluitcapaciteit nodig dan bij het scenario 'Elektrificatie'.

Hoeveel energie wordt zelf opgewekt en direct benut? En hoeveel energie import is nodig?



f_{import} = import energiefactor in geleverde energie

Berekening: hoeveelheid geïmporteerde energie gedeeld door de hoeveelheid geleverde energie. Hoe lager f_{import} , hoe minder energie wordt geïmporteerd.

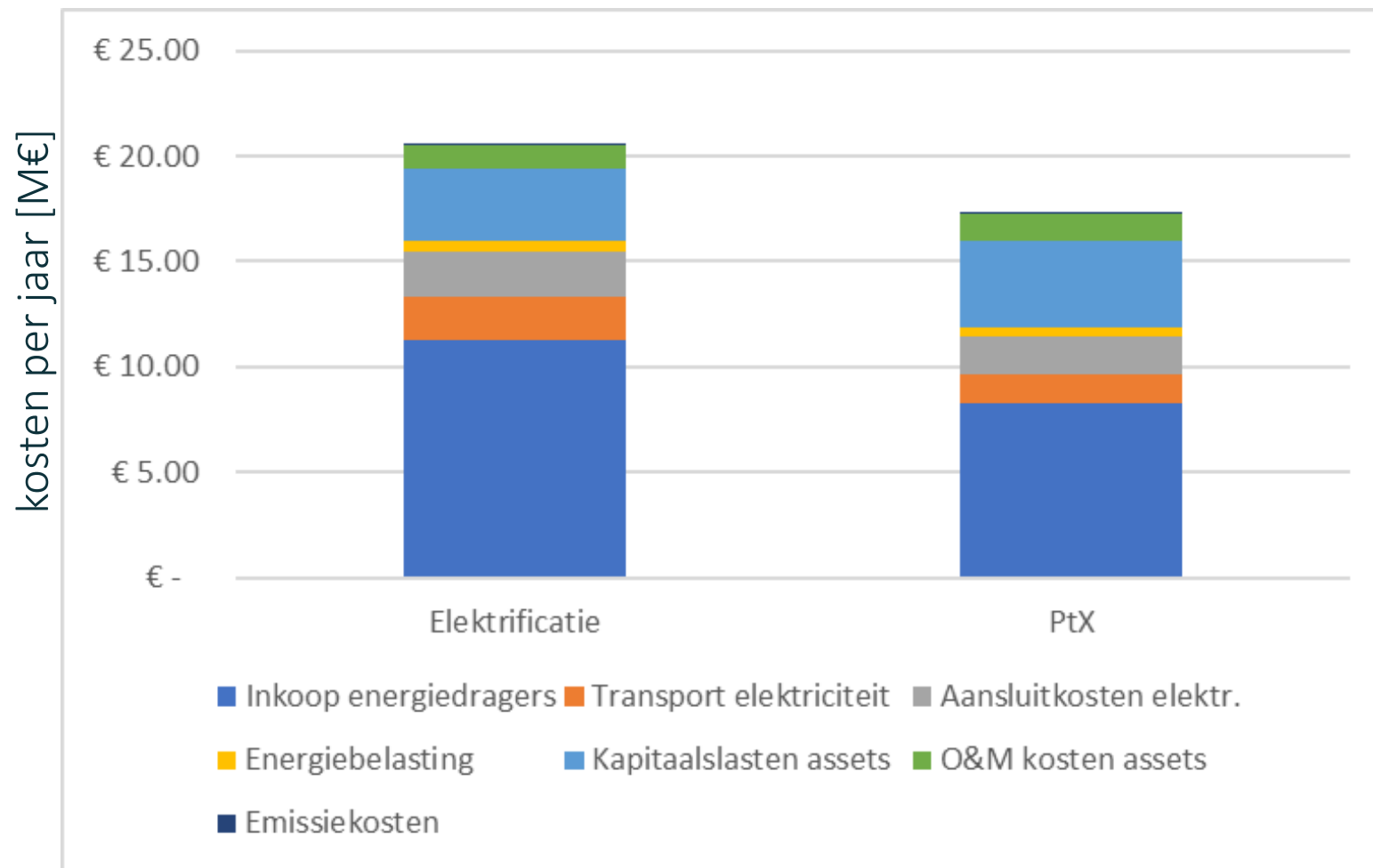
- Scenario 'Elektrificatie': $f_{\text{import}} = 0.70$
- Scenario 'PtX': $f_{\text{import}} = 0.51$

f_{lokaal} : aandeel directe inzet lokale energieopwek

Berekening: hoeveelheid lokaal opgewekte energie minus export, gedeeld door de totale hoeveelheid verbruikte energie (import plus opwek lokaal). Hoe hoger de f_{lokaal} , hoe meer de lokaal opgewekte energie direct wordt ingezet.

- Scenario 'Elektrificatie': $f_{\text{lokaal}} = 0.28$
- Scenario 'PtX': $f_{\text{lokaal}} = 0.44$

Kosten in de twee toekomstscenario's



Voor het scenario 'Klassiek' is geen kostenopbouw opgesteld.

Inkoop, transport en aansluitkosten liggen hoger bij 'Elektrificatie'.

Investeringskosten en daarmee de kapitaalslasten en O&M kosten zijn bij 'PtX' hoger.

Baten van teruglevering elektriciteit apart berekend, hier niet opgenomen.

A-I

CO₂ emissie in de twee toekomstscenario's

	CO ₂ emissiefactor (ton/MWh)	Scenario Elektrificatie		Scenario PtX	
		Energie (GWh)	CO ₂ emissie (kton)	Energie (GWh)	CO ₂ emissie (kton)
Netstroom	0,12	77	9	54	6
Biomassa	0,0011	14	0,02	13	0,02
Biogas	-	9	-	9	-
Totaal CO₂ emissie			9		6

Stroom teruglevering	-	66		40	
----------------------	---	----	--	----	--

Overzicht uitkomsten technisch-economische analyse

	Elektrificatie	PtX
Totale aanschafkosten assets (CAPEX)	41.2 M€	47.5 M€
Totale jaarlijkse kosten (TCO)	20.6 M€/jaar	17.4 M€/jaar
Levelized cost of energy (LCOE)	159 €/MWh	131 €/MWh
Totaal jaarlijkse baten teruglevering	6.9 M€/jaar	4.2 M€/jaar
Aansluitcapaciteit elektriciteitsnet	48 MW _e	40 MWe
Toename t.o.v. klassiek scenario (factor)	5.7 x	4,9 x
CO ₂ emissie gebruikte energie	9 kton/jaar	6 kton/jaar
Afname t.o.v. klassiek scenario (factor)	3,1 x	4,4 x
import energiefactor	0.70	0.51
aandeel directe inzet lokale energieopwekking	0.28	0.44

Conclusies Isselt: vergelijking huidig met twee toekomstige scenario's

- Het huidige, 'klassieke' energiesysteem heeft 100% import van energie. De capaciteit van de elektriciteitsaansluiting voorziet in 10% van de benodigde capaciteit, import van gas en levering van diesel samen 90% van de capaciteit. De basislast én piekcapaciteit van warmte worden in het klassieke systeem beide ingevuld door de gasaansluiting.
- Twee toekomstige scenario's zijn opgesteld voor Isselt, 'elektrificatie' en 'PtX'. Beide energiesystemen hebben géén import van gas en diesel. In beide scenario's krijgt elektriciteit een veel grotere rol. Eigen opwek van zon, wind, biogas en warmte uit afvalwater op het terrein wordt gecombineerd met import van elektriciteit en biomassa. Warmtepompen en WKK zorgen voor basislast, een biomassaketel voor piekcapaciteit van warmte. Transport wordt elektrisch of met lokaal geproduceerde waterstof ingevuld.
- In de toekomstscenario's blijft import van 50 tot 70% van de gebruikte energie nodig voor Isselt.
- De benodigde aansluitcapaciteit met het elektriciteitsnet moet circa 5 à 6 keer groter worden, in vergelijking met het 'klassieke' energiesysteem.
- Zon, wind, biogas en warmte uit afvalwater zijn lokale energiebronnen, waarvan ongeveer 30 tot 45% direct benut kan worden op het bedrijfsterrein.

Conclusies Isselt: vergelijking tussen scenario's 'elektrificatie' en 'PtX'

Netcongestie

- In het scenario 'elektrificatie' zijn opwek door wind en zon, in combinatie met een batterij, aangesloten op het MV-net, en de gebruikers van elektriciteit zijn apart aangesloten op het MV-net. Een LTO-seizoensopslag zorgt voor opslag van (zomer)warmte bij het TEA-systeem.
- In het scenario 'PtX' worden opwek en (een deel van) gebruik van elektriciteit uitgewisseld binnen een gesloten distributie systeem. Het GDS is aangesloten op het MV-net. Ook hier zorgt een batterij voor afvlakking, en er is LTO-seizoensopslag. Een electrolyser voor waterstof productie is toegevoegd.
- In het 'klassieke' energiesysteem is de elektrische aansluitcapaciteit 9 MW_e. In het toekomstig energiesysteem van scenario 'elektrificatie' de benodigde aansluitcapaciteit circa 6x groter (48 MW_e), bij het PtX scenario is de benodigde elektrische aansluiting circa 5x groter (40 MW_e).

Benutting van lokale opwekking

- De opwek door zon, wind en biogas kan in het 'elektrificatie' scenario voor 28% direct worden benut, in het PtX scenario is de directe benutting toegenomen tot 44%.

Conclusies Isselt: vergelijking tussen scenario's 'elektrificatie' en 'PtX'

Kosten en emissies

- In het PtX scenario zijn de berekende energiekosten 131 €/MWh (LCOE), in het elektrificatie scenario 159 €/MWh. Inkoop, transport en aansluitkosten zijn hoger bij 'Elektrificatie'. De investeringskosten zijn bij 'PtX' hoger.
- De CO₂ emissie van gebruikte energie ligt bij 'PtX' 29% lager dan bij 'Elektrificatie'

Toekomstbestendig

- In het PtX-scenario maakt de GDS diversificatie mogelijk, waarbij groene waterstofproductie kosteneffectief kan worden ingepast. Dit heeft voordelen voor regionaal openbaar vervoer, lange afstand transport en de bouwsector, en specifiek bij de Isselt bij benutting van pure zuurstof (bijproduct bij groene waterstofproductie) in de RWZI.
- De koppelingen in de GDS maken het mogelijk om verdere benutting van lokale opwek te realiseren door middel van aanbod-gestuurde inzet van assets.



Utrecht

Lage Weide

KWR

Bridging Science to Practice



Link naar
inhoudsopgave

U-LW

Inhoudsopgave case-studie

- Huidige energievraag op het bedrijventerrein
- Energiesysteem in drie scenario's
 - Schets van drie scenario's
 - Energievraag door het jaar heen
 - Vermogens van de assets
- Aanpak technisch-economische analyse: doorrekening met model
- Berekeningsresultaten en analyses
 - Energiestromen (Sankey-diagrammen)
 - Benutting van energiebronnen
 - Aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet
 - Benodigde import en benutting eigen opwek
 - Kosten en emissies
- Conclusies



Bedrijventerrein Lage Weide

Huidige situatie met fossiele bronnen

Aansluitingen totaal: 440

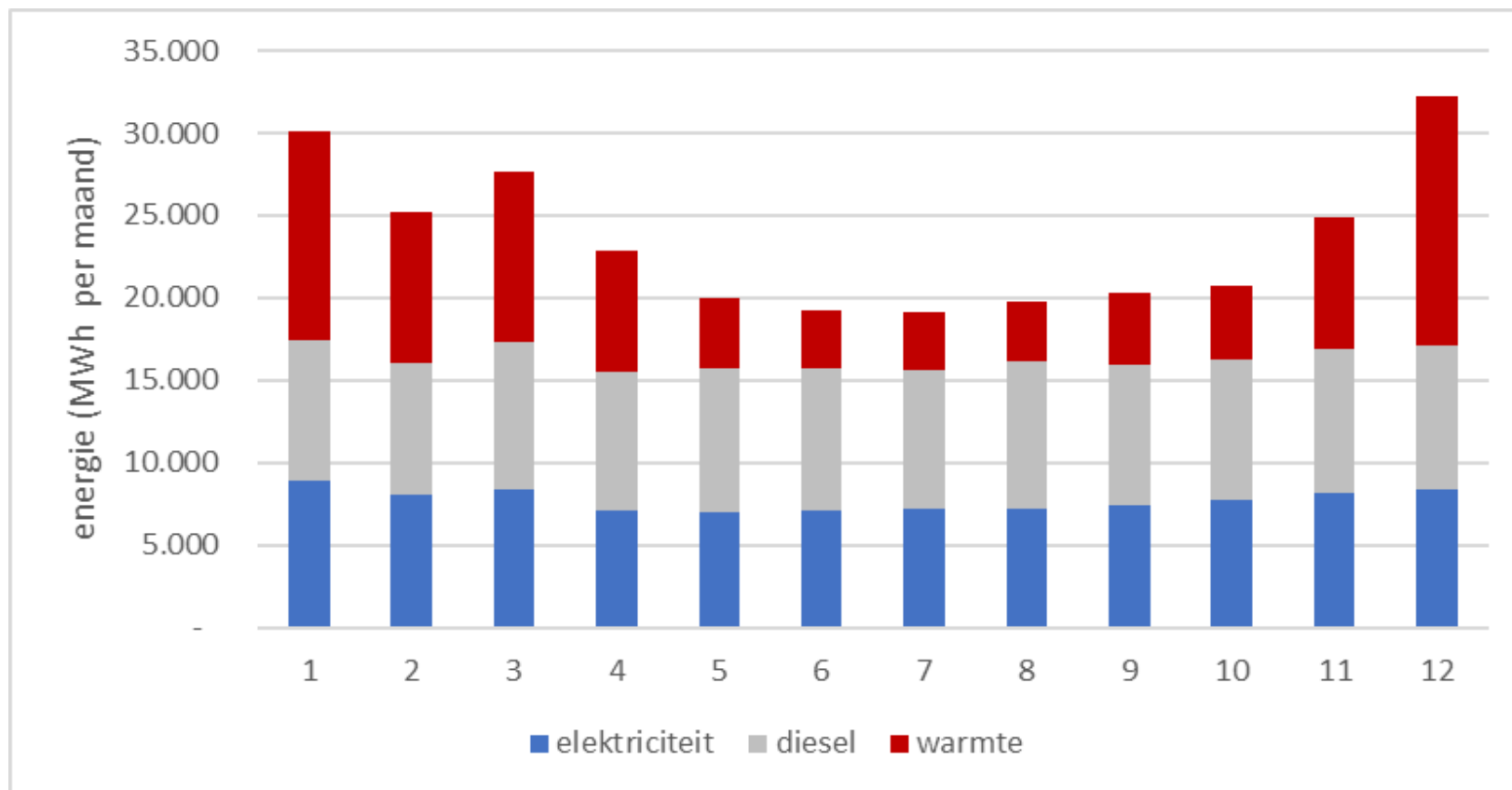
	E [GWh/jr]
Elektriciteitsverbruik	93
Warmtevraag (gas)	86
Energievraag transport en mobiliteit (diesel)	103
Totaal	282

Voor bepaling van het energiegebruik op het bedrijventerrein zijn publiek beschikbare bronnen gebruikt

Huidige energievraag in het gebied: globaal gelijke aandelen elektriciteit, warmte en transport



Profiel eindverbruik Lage Weide (maandwaarden)



Warmtevraag vertoont badkuip-profiel
Overige energievraag is relatief constant.





Warmtevraag Lage Weide

KWR

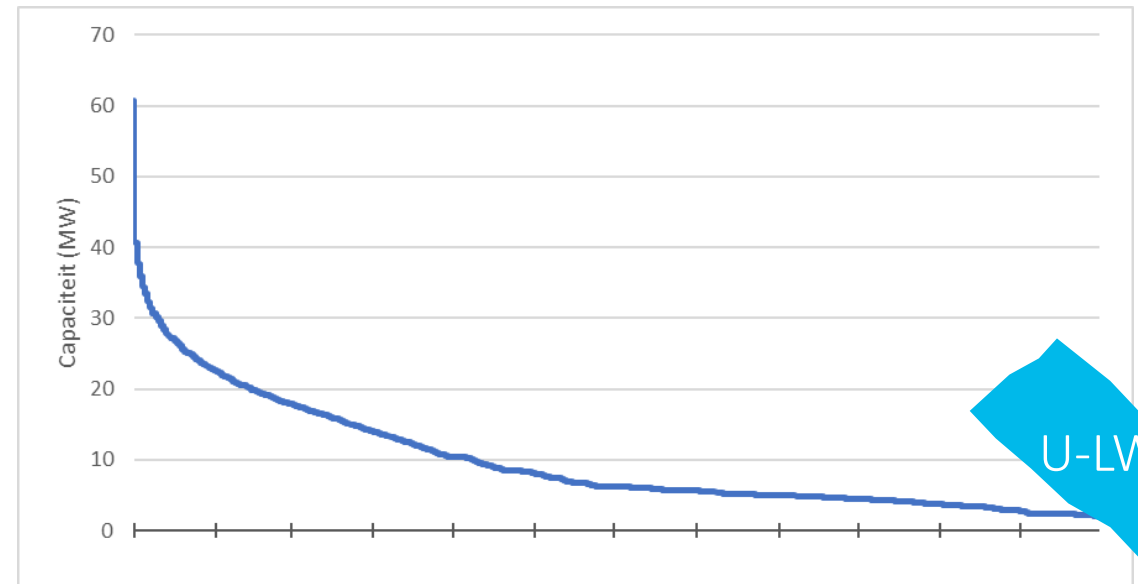
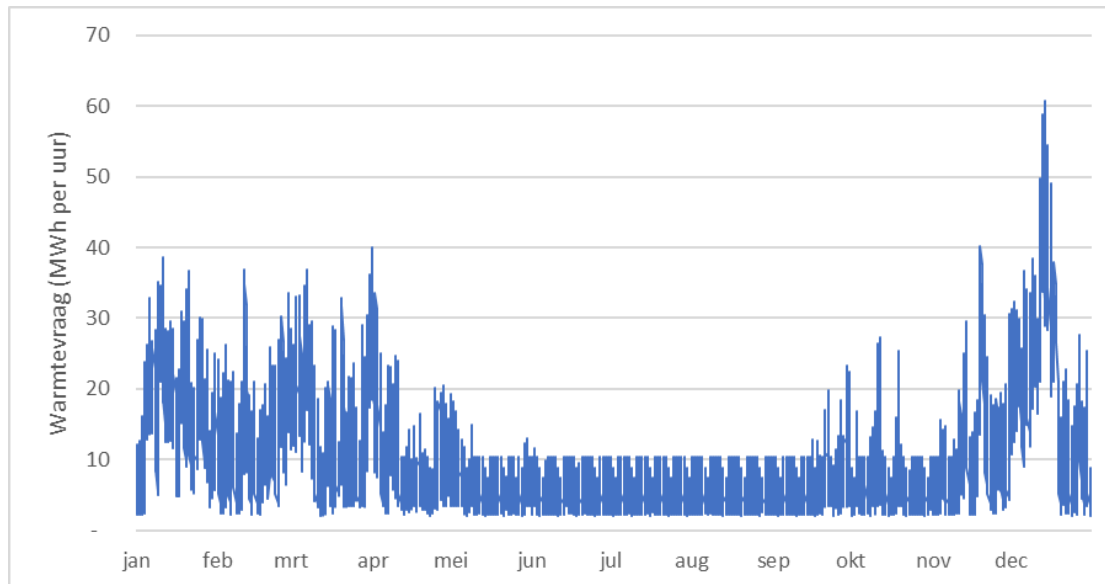
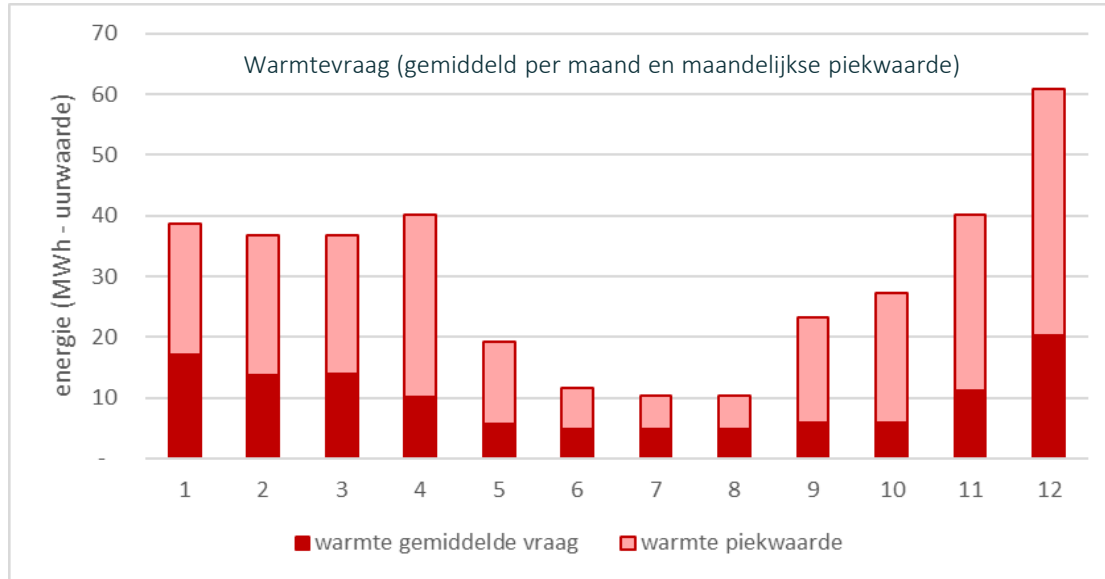
Input voor de technisch-economische analyse

Aangehouden warmteprofiel:

Totale jaarwarmtevraag: 86 GWh

Gemiddelde uurwaarde: 10 MWh/uur

Piek uurwaarde: 61 MWh/uur



Schets energiesysteem Lage Weide: drie scenario's

1. Klassieke, fossiele energiesysteem

- Warmtelevering met gas, transport met diesel

2. Geëlektrificeerd energiesysteem: toekomstscenario zonder gebruik van fossiele brandstoffen

- Zon, wind en batterij (gezamenlijke aansluiting, curtailment, *géén energiehub*)
- Warmtelevering voor processen met E-stoomketels
- Comfortverwarming levering op HT-niveau d.m.v. warmtepomp, warmte uit oppervlaktewater (TEO) als warmtebron, seizoensopslag LTO (<25°C), piekvoorziening door E-boilers
- Transport volledig elektrisch, inclusief binnenvaart

3. Power-to-X energiesysteem: verkenning elektrificatie met kleinere netcapaciteit; als scenario 2, maar met:

- Administratieve Energiehub voor alle elektriciteitsaansluitingen op het bedrijventerrein
- Lokale productie van groene waterstof
- Wegtransport deels elektrisch, deels op waterstof, binnenvaart volledig op waterstof
- Warmtepomp toegepast aan de aanbodzijde met inzet in de zomer ten tijde van overschotten van elektriciteit
- Seizoensopslag op hogere temperatuur (MTO, 25-40°C)



Energiehub op Lage Weide

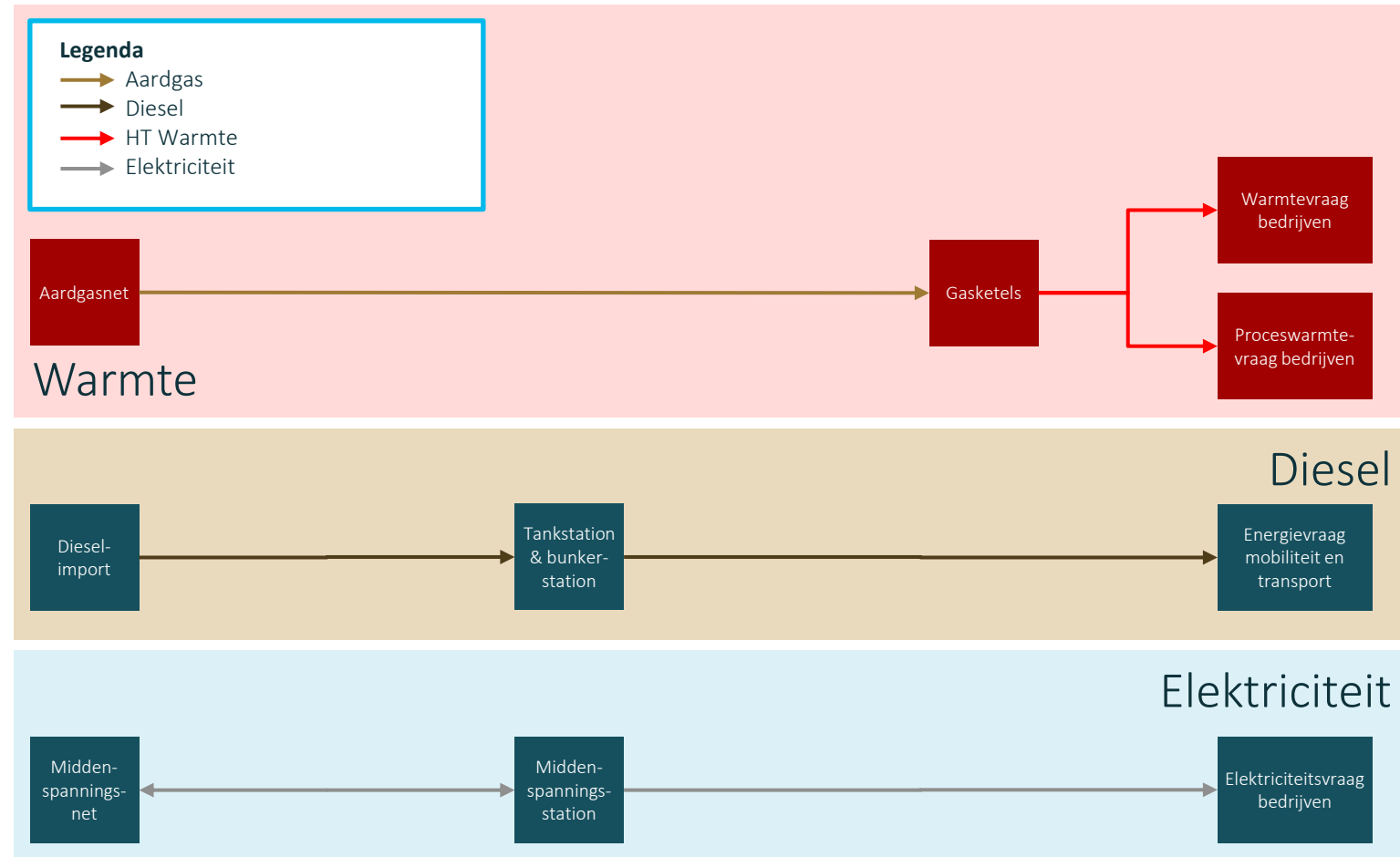
- In het Power-to-X energiesysteem is het uitgangspunt een administratieve energiehub. Een aantal ondernemers werken op moment van schrijven op Lage Weide aan een administratieve energiehub waarin zij hun netcapaciteit gezamenlijk zouden kunnen benutten. Zo kan er meer vermogen opgesteld worden binnen dezelfde netcapaciteit.
- In deze verkenning is lokale opwekking van warmte d.m.v. een TEO-systeem opgenomen. Daarvoor lijkt een locatie nabij het Amsterdam Rijnkanaal voor de hand liggend.
- In deze verkenning is lokale opwekking van elektriciteit d.m.v. windturbines opgenomen. Rondom de mogelijkheden voor exploitatie van windturbines op Lage Weide is maatschappelijke discussie.
- In deze verkenning is lokale productie van groene waterstof opgenomen. Import van waterstof (over de weg of via het gasnet (revisie noodzakelijk)) is een alternatieve wijze om de benodigde capaciteit van de elektriciteitsnetaansluiting te verkleinen.



U-LW

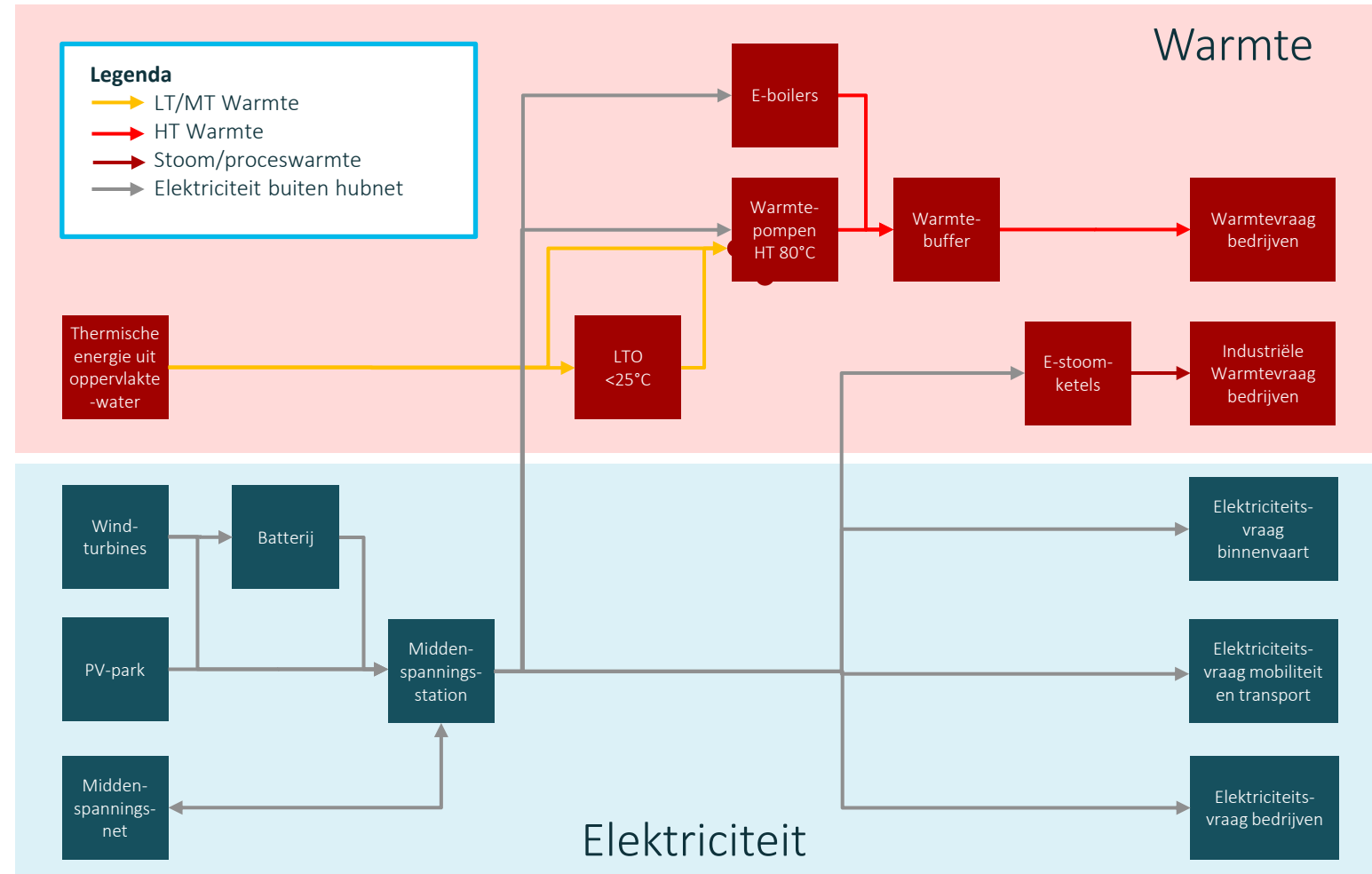
~ Schets klassieke, fossiele energiesysteem

- Klassiek referentiesysteem, verzuild en met gebruik van fossiele bronnen
- Weinig noodzaak voor collectieve, lokale omzettingen of opslag



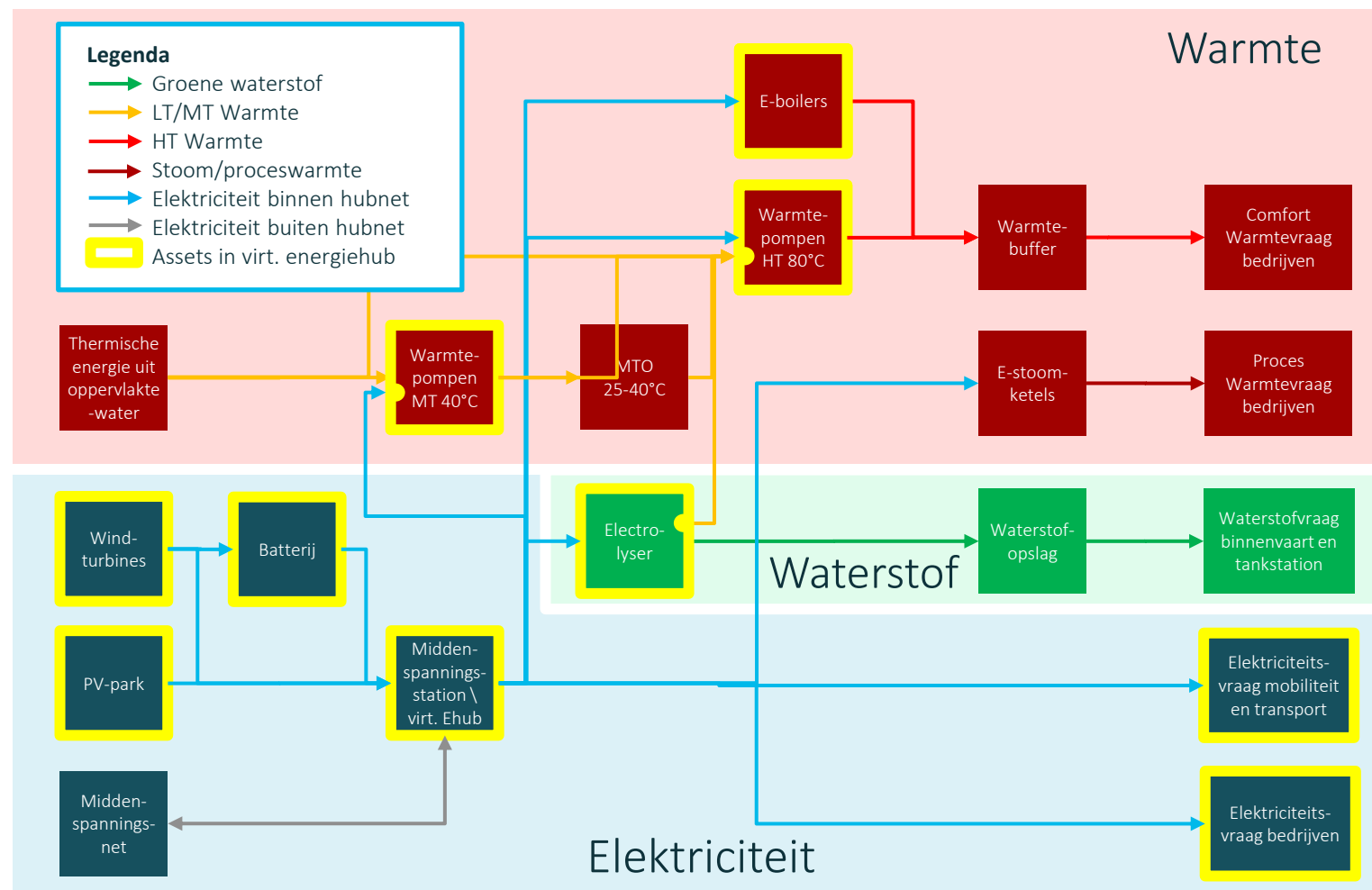
~ Schets geëlektrificeerde energiesysteem

- Referentiesysteem met elektrificatie, met “onbeperkte” netcapaciteit
- Lokale opwek van wind en zon, in combinatie met een batterij, aangesloten op het net
- Import van elektriciteit van het net
- Warmtelevering door warmte uit oppervlaktewater, LTO, warmtepompen, en een E-boiler voor piekcapaciteit. Industriële warmtevraag geleverd door E-stoomketels
- Transport en binnenvaart wordt elektrisch ingevuld (met kanttekening, zie pagina 64)



~ Schets Power-to-X energiesysteem

- Systeem met elektrificatie, verkenning mogelijkheden voor kleinere netcapaciteit
- Koppeling opwek en vraag zo veel mogelijk d.m.v. een administratieve energiehub
- Benutting warmtepompen in de zomer bij overschot opwek voor laden MTO, koppeling aan hub
- Productie waterstof, toepassing voor binnenvaart en deels voor transport
- Slimme sturing voor elektrolyser om vraagpieken op te vangen



Energie eindgebruik Lage Weide

Input voor de technisch-economische analyse voor de drie scenario's

	Klassiek [GWh/jaar]	Elektrificatie [GWh/jaar]	PtX [GWh/jaar]
Elektriciteitsverbruik	93	93	93
Direct verbruik door bedrijven	93	93	93
Warmtegebruik	86	86	86
Bedrijfsprocessen	37	37	37
Ruimteverwarming	49	49	49
Energievraag transport en mobiliteit	(diesel) 103	(elektrisch) 52	(elektr+waterstof) 59
Transport bedrijventerrein	89	45	20 + 30
Binnenvaart	14	6,7	9,0
Totaal	282	231	238

Het energiegebruik verschilt tussen de scenario's, vanwege verschil in efficiëntie bij de gebruikte brandstof.

U-LW

Overwegingen bij verduurzaming transport

Voor lange-afstand transport en binnenvaart is de aanname gemaakt dat elektrificatie mogelijk is.

Aandachtspunten:

- Beperkte batterijcapaciteit vrachtwagens en schepen leidt tot beperkt transportbereik [km]
- Zware batterijpakketten leiden tot verminderde transportcapaciteit [kg]
- Beperkte laadcapaciteit leidt tot lange laadtijden

→ Grootschalig elektrisch transport legt een beslag op netcapaciteit, ruimte en arbeid

Voor (weg)transport, wat pleit voor...

Waterstof	Elektrisch
Actieradius	Lagere kosten euro/km (TCO)
Meer transport-kilometers per jaar en meer ton vracht	Lagere investering voertuig
Korte tanktijd (tot 100%!)	Keuzevrijheid in voertuigen
Beperkt netcongestie	Bestaande laadinfrastructuur

Vergelijking tank/laadvermogens wegtransport

Diesel – zware voertuigen	42 MW = 70 liter/min
Waterstof – <i>zware</i> voertuigen	10 MW = 4,2 kg/min
Waterstof – <i>lichte</i> voertuigen	3 MW = 1,3 kg/min
Elektriciteit – snellader	0,35 MW
Elektriciteit – eigen laadpaal	0,05 MW

U-LW

Assetoverzicht 'klassiek' energiesysteem

	Asset	Vermogen/capaciteit Scenario 'Klassiek'	Opmerking
Import	MV-net aansluiting	21 MW _p	Deze waarden geven de minimale capaciteit van de assets weer, voor levering van de energievraag in deze studie.
	Gasaansluiting	76 MW _p	
	Diesel levering	(77 MW _p) *	

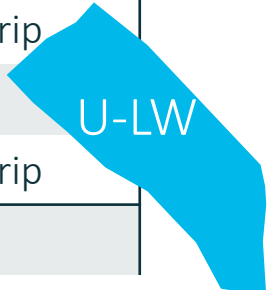
In deze studie is bepaald, wat de minimale capaciteit van de assets moet zijn, om de energievraag door het jaar heen te kunnen leveren. In deze sheet is dat gedaan voor het 'klassieke' energiesysteem, in de volgende sheet voor de twee toekomstige scenario's. Het mag duidelijk zijn, dat dit niet de daadwerkelijke aansluitcapaciteiten van het bedrijventerrein zijn. De daadwerkelijke aansluitcapaciteiten zijn hoger, in verband met reservecapaciteit, groeipotentie, etc.

* Voor transport is de hier vermelde waarde voor het leverings-vermogen echt een rekenkundig getal. Ter illustratie: één conventionele dieselpomp voor zwaar transport levert 70 liter diesel per minuut. Dit komt overeen met een vermogen van 42 MW!



Assetoverzicht schetsontwerp “elektrificatie” en “PtX”

	Asset	Vermogen/capaciteit Scenario elektrificatie	Vermogen/capaciteit Scenario PtX	Opmerking
Bron	Windturbines	20 MW _p	20 MW _p	100% aansluitcap.
	Zonnepanelen	90 MW _p	90 MW _p	50% aansluitcap.
	Omgevingswarmte (oppervlaktewater)	11 MW _{th,p}	11 MW _{th,p}	Nvt
Omzetting	E-boiler (piekketel warmte, sluitpost)	49 MW _e	45 Mw _e	95%
	E-stoomketel	9 Mw _e	9 MW _{th}	99%
	Warmtepomp TEO naar MT	-	1,8 Mw _e	5,2-10,4
	Warmtepomp TEO naar HT / MT naar HT	5,3 Mw _e	3,8 Mw _e	2,5-3,2, PtX 4,4
	Warmtepomp restwarmte electrolyser	-	0,3 Mw _e	5.9
	Electrolyser	-	6 MW _e	80% + 15%
Opslag	Waterstofopslag		3400 kg / 134 MWh	100% roundtrip
	Warmtebuffer	2000 m ³ / 46 MWh	2000 m ³ / 46 MWh	100% roundtrip
	Seizoens opslag (LTO of MTO)	450 m ³ /h / 10 MW _{th}	450 m ³ /h / 10 MW _{th}	
	Batterij	30 MWh	30 MWh	100% roundtrip
Im-/export	MV-net aansluiting	sluitpost	sluitpost	



Toelichting op technisch-economische analyse: doorrekening uurwaarden, vertaling naar systeem inzicht

De technisch-economische analyse bij Lage Weide heeft dezelfde aanpak als bij Isselt:
Doorrekening van de scenario's van het energiesysteem met een rekenmodel, met als resultaat de balansen voor warmte, waterstof en elektriciteit voor elk uur van het jaar.

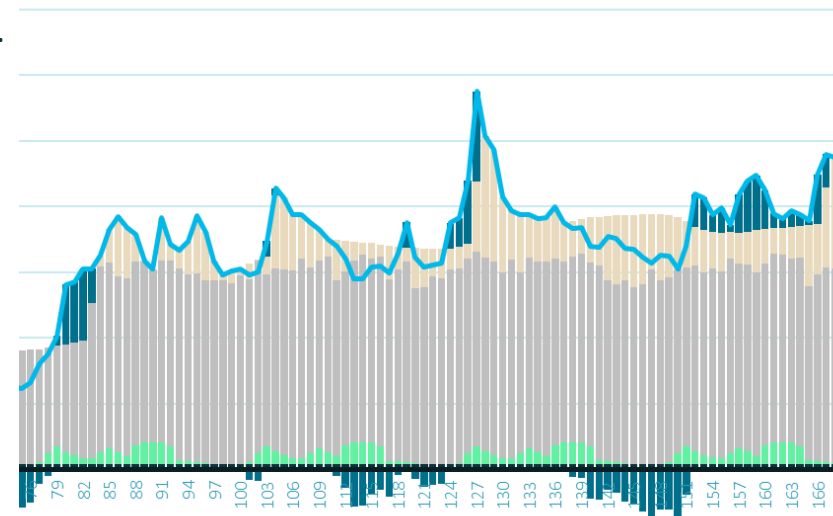
Som van de uurwaarden per jaar vormt de totale vraag/productie, bijvoorbeeld per apparaat, per energiedrager etc.

- Hiermee worden *Sankey diagrammen* opgesteld, voor inzicht in energiestromen
- Totale vraag/productie wordt omgerekend naar emissies, inkoopkosten en verkoopopbrengsten van energiedragers, voor inzicht in emissies en kosten

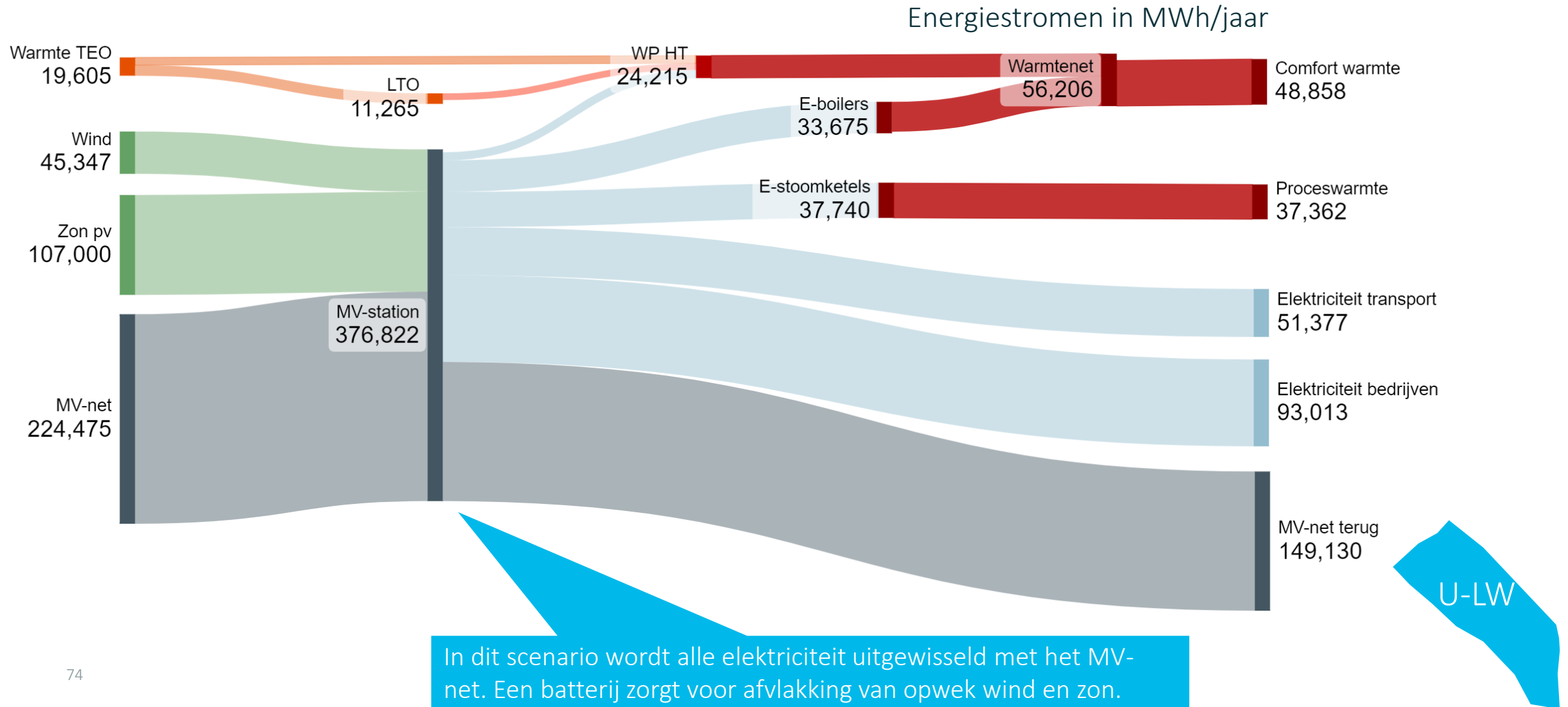
Piek in een reeks uurwaarden bepaalt benodigde vermogen en/of aansluitcapaciteit.

- Vermogens en capaciteiten worden omgerekend naar aanschafkosten van assets en aansluitkosten respectievelijk, voor inzicht in aansluitcapaciteiten en investeringen

→ Technisch-economische analyse (energie, emissies, financieel, netcapaciteit) door onderlinge vergelijking tussen scenario's



Sankey Lage Weide scenario elektrificatie

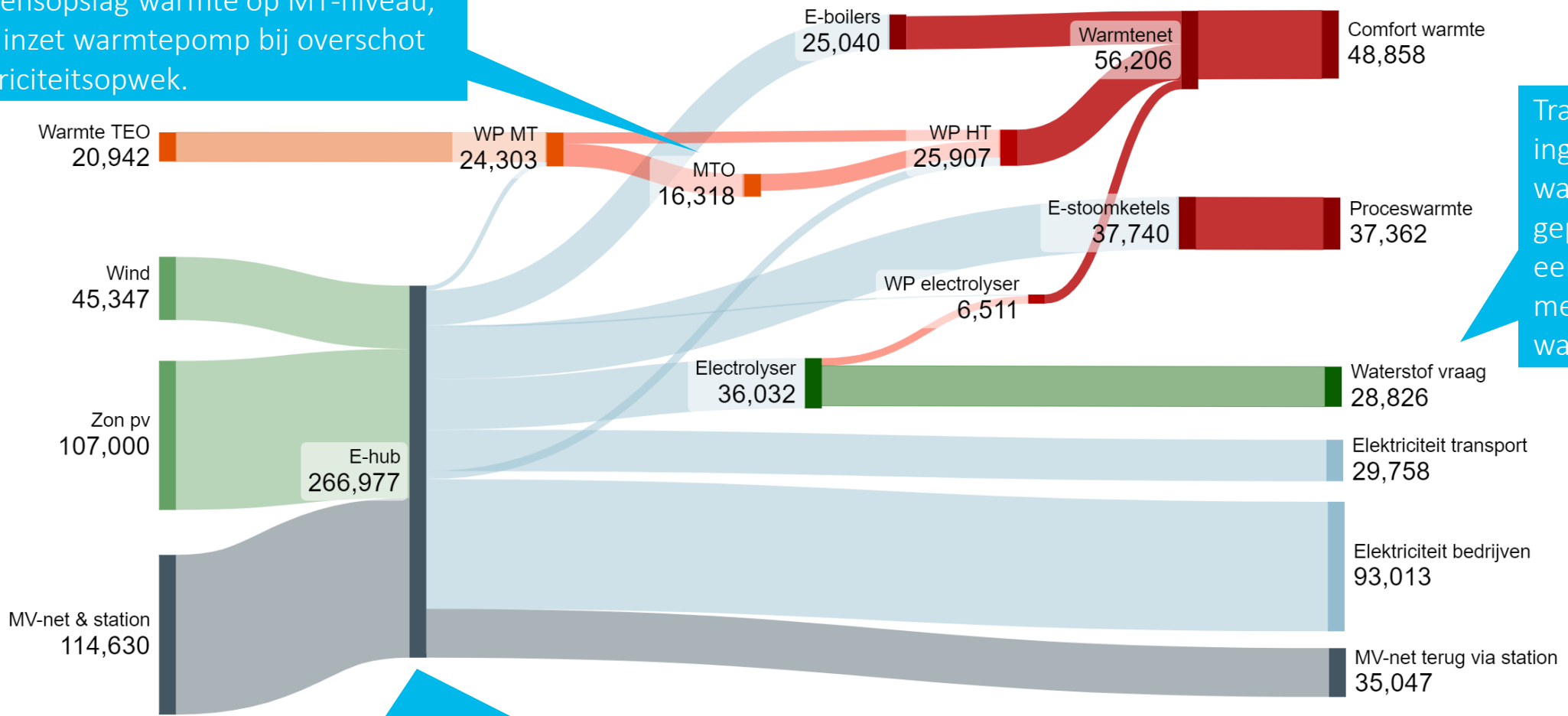


Sankey Lage Weide scenario PtX

Energiestromen in MWh/jaar

Seizoensopslag warmte op MT-niveau, door inzet warmtepomp bij overschot elektriciteitsopwek.

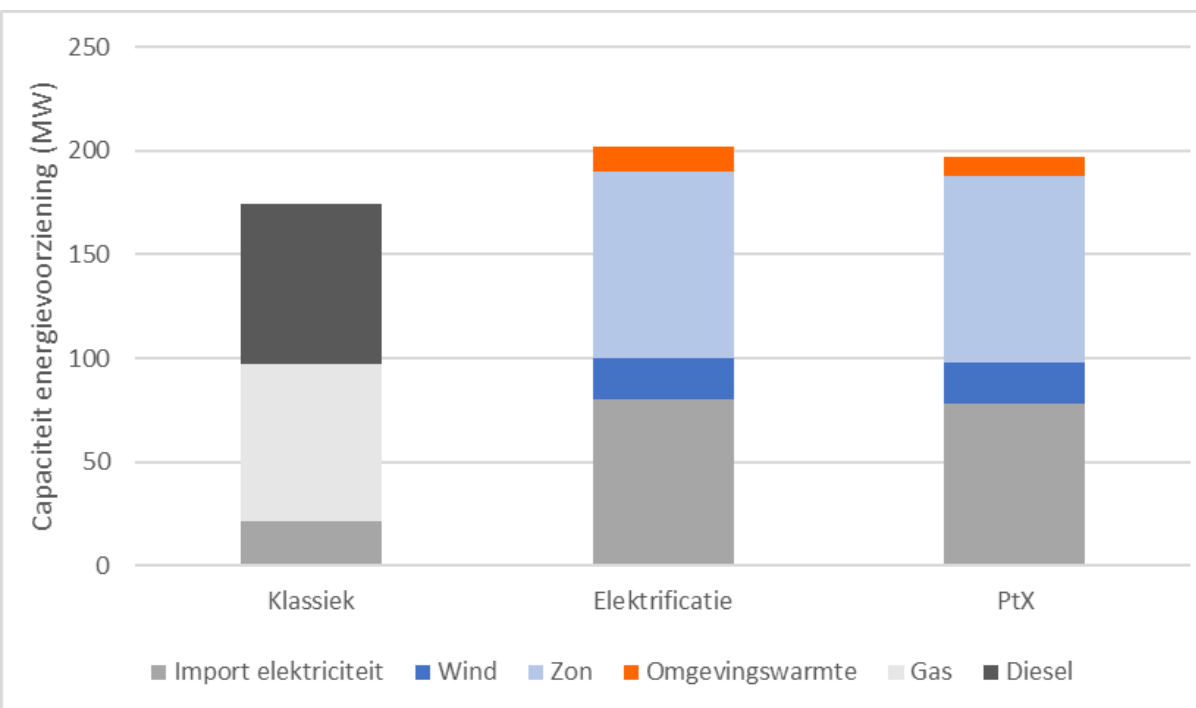
Transport deels ingevuld met waterstof geproduceerd met een electrolyser, met uitkoppeling warmte



In dit scenario wordt elektriciteit uitgewisseld in een administratieve E-hub, restant naar MV-net.



Vergelijking capaciteit energiebronnen in de scenario's: vervanging van gas en diesel bij verduurzaming

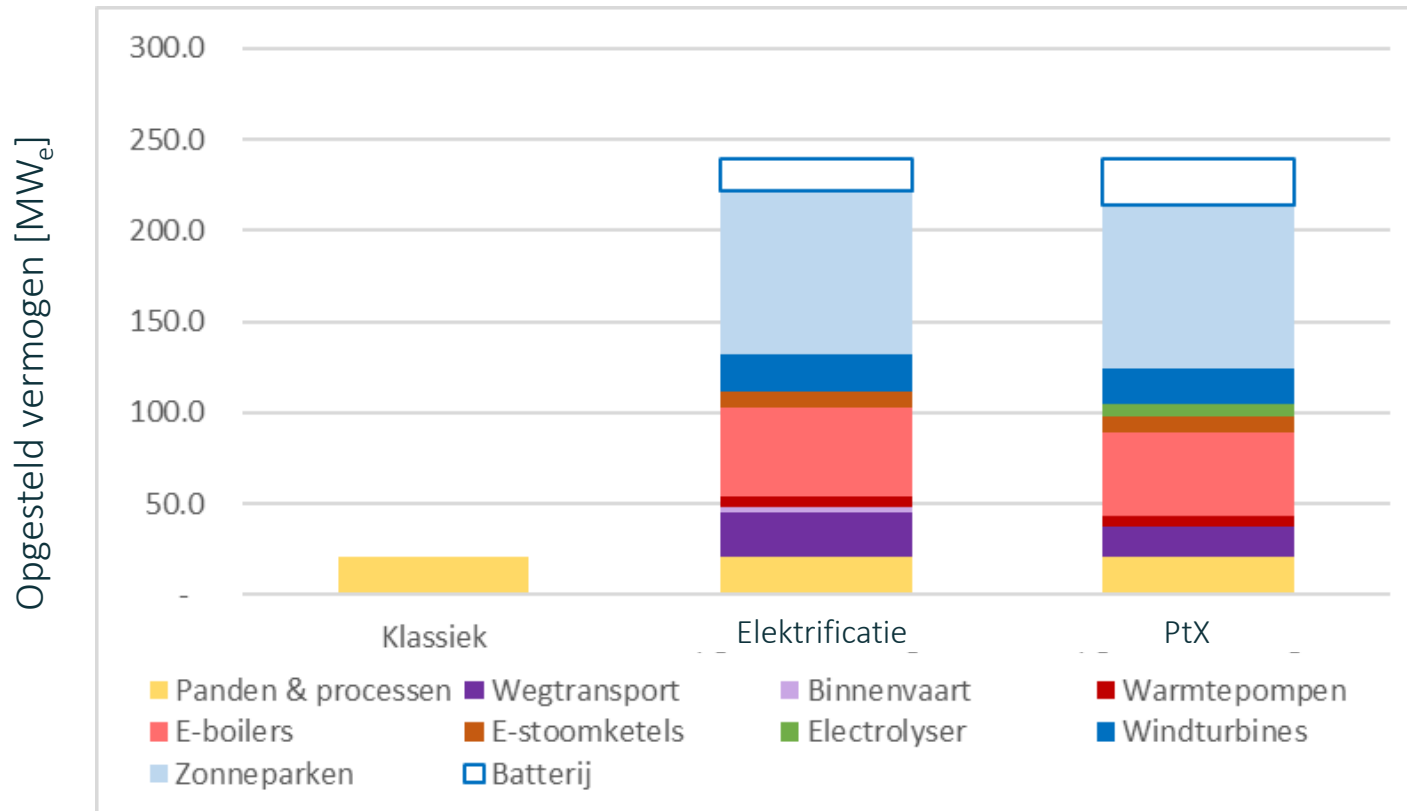


In het scenario 'klassiek' zijn de energiebronnen elektriciteit, gas en diesel. Alle bronnen zijn import naar het bedrijventerrein. De gasaansluiting en de capaciteit van de diesel levering hebben het grootste vermogen: gas en diesel vormen samen 88% van de capaciteit van de energievoorziening, elektriciteit 12%.

De scenario's 'Elektrificatie' en 'PtX' hebben import van elektriciteit en eigen opwek op het terrein: wind, zon en omgevingswarmte. Er wordt geen gebruik meer gemaakt van energiebronnen gas en diesel.

NB: in deze grafiek is de berekende piekcapaciteit van elektriciteit import bij 'Elektrificatie' en 'PtX' niet gelijk aan de totaal benodigde aansluitcapaciteit. Voor bepaling van de aansluitcapaciteit moet ook rekening worden gehouden met de capaciteit van assets voor eigen productie, omzetting en opslag van elektriciteit.

Elektrificatie: wat wordt het opgesteld elektrisch vermogen in de toekomst?



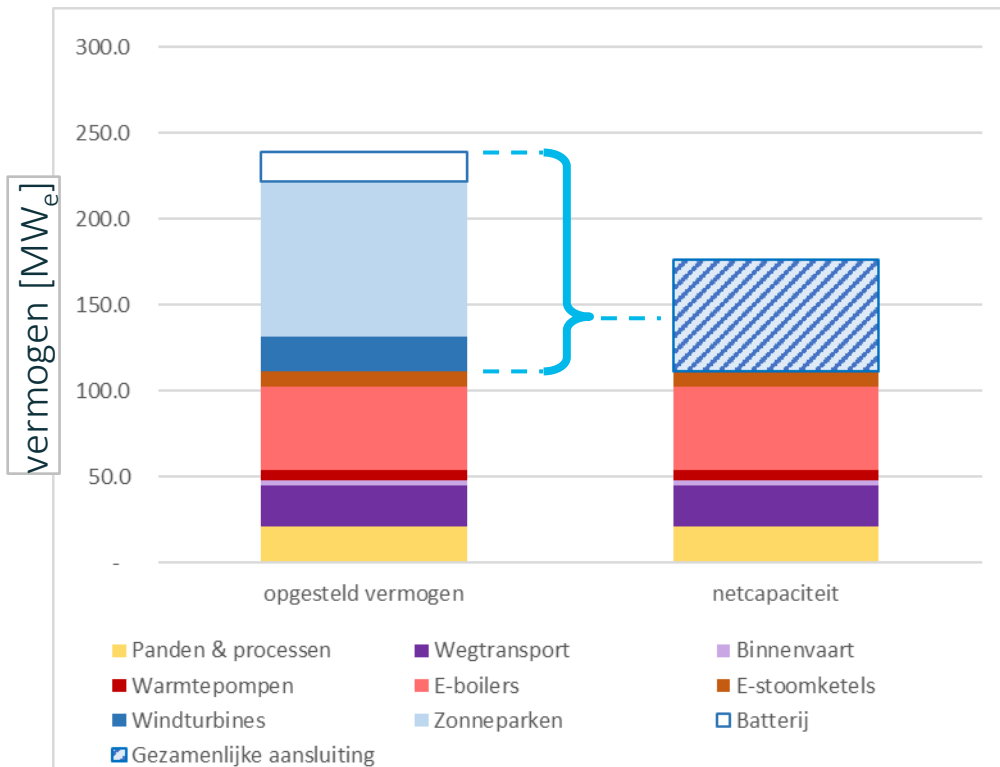
In het scenario 'Klassiek' heeft elk bedrijf een aansluiting en wordt er geen elektriciteit teruggeleverd of uitgewisseld. De aansluitcapaciteit volgt direct uit het opgestelde vermogen voor elektriciteitsverbruik van panden & processen: de netcapaciteit van het klassieke scenario is 21 MW_e.

In de scenario's 'Elektrificatie' en 'PtX' wordt lokaal elektriciteit opgewekt, omgezet, opgeslagen en uitgewisseld. In totaal tellen de vermogens van de elektrische assets op tot circa 240 MW_e. De benodigde netcapaciteit is afhankelijk van de aansluiting en de aansturing van de elektrische assets (bijvoorbeeld gezamenlijk aansluiten, slim aansturen). In de technisch-economische analyse is de benodigde netcapaciteit bepaald (zie volgende sheet)

Benodigde aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet

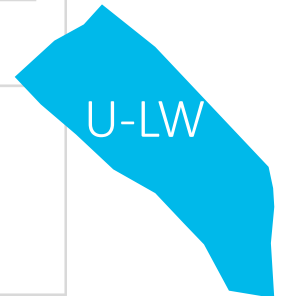
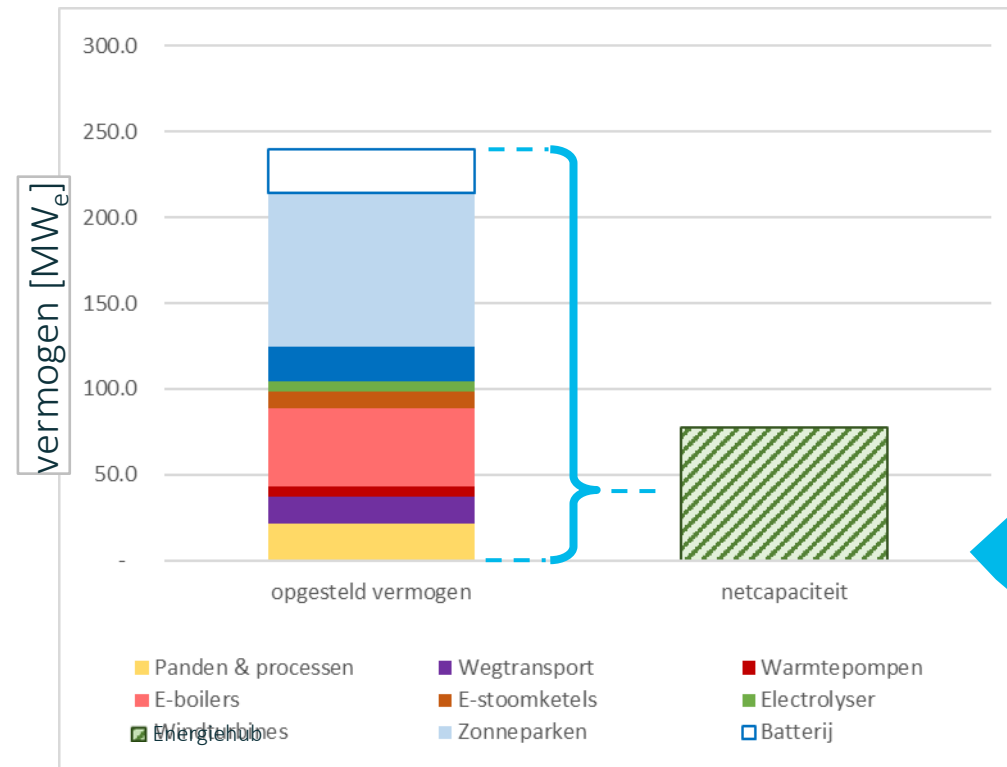
Scenario 'Elektrificatie'

- Zon, wind en batterij zijn gezamenlijk aangesloten op het net
- Elektriciteit gebruikers elk een eigen aansluiting.
- Slimme aansturing batterij bij opwekking
- Curtailment zodat $P_{\text{levering}} \leq P_{\text{piek,wind}} + 0.5 * P_{\text{piek,zon}}$



Scenario 'PtX'

- Alle assets zijn onderling verbonden via een administratieve energiehub.
- De gebruikers blijken maatgevend voor piek netcapaciteit
- Slimme aansturing electrolyser, MT-warmtepomp en batterij

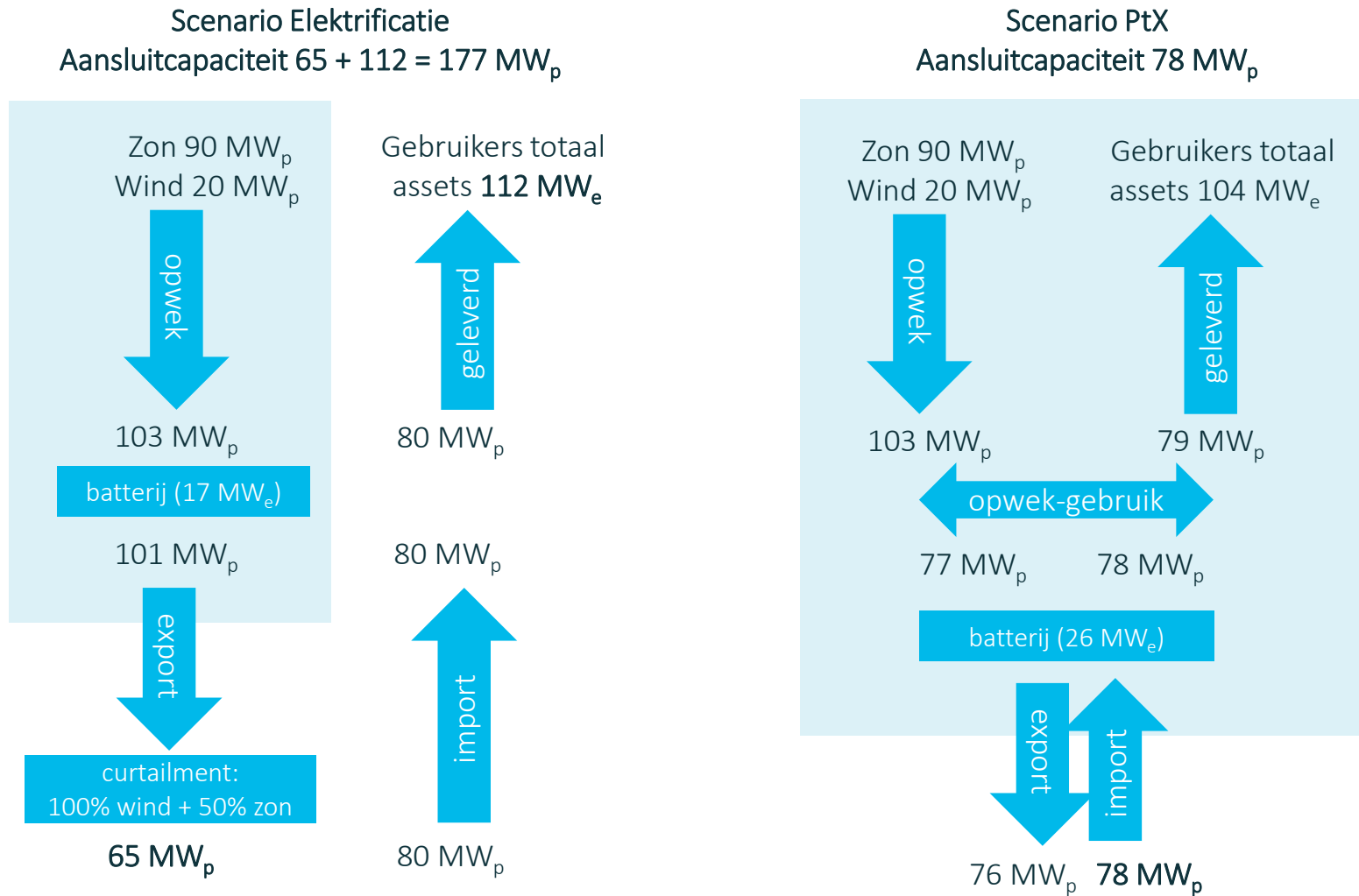


Benodigde aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet: vergelijking tussen scenario's

	Klassiek	Elektrificatie	PtX
Totaal vermogen elektrische assets [MW _e]	21	239	240
Doorrekening in technisch-economische analyse, bepaling netto benodigde netcapaciteit:			
Benodigde netcapaciteit [MW _e]	21	177	78



Wat is bepalend voor de aansluitcapaciteit?



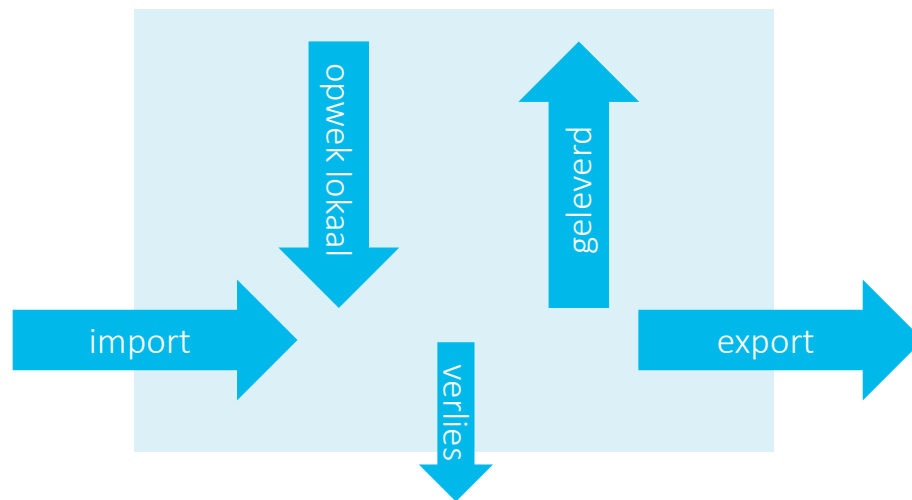
In deze figuur is voor de scenario's Elektrificatie en PtX de maximale vermogens voor elektriciteit weergegeven. Binnen het lichtblauwe vlak wordt elektriciteit uitgewisseld.

De aansluitcapaciteit met het elektriciteitsnet is bepaald door de netto teruglevercapaciteit van opwek plus de opgestelde vermogens van assets die rechtstreeks op het net zijn aangesloten. In het PtX-scenario de resulterende aansluitcapaciteit van de administratieve energiehub.

In scenario 'Elektrificatie' is curtailment tot 50% van het opgestelde vermogen van zon toegepast voor teruglevering. In het PtX-scenario bleek curtailment niet nodig.

Voor het PtX-scenario is een lagere aansluitcapaciteit nodig dan bij het scenario 'Elektrificatie'.

Hoeveel energie wordt zelf opgeweekt en direct benut? En hoeveel energie import is nodig?



f_{import} = import energiefactor in geleverde energie

Berekening: hoeveelheid geïmporteerde energie gedeeld door de hoeveelheid geleverde energie. Hoe lager de f_{import} , hoe minder energie wordt geïmporteerd.

- Scenario 'Elektrificatie' $f_{\text{import}} = 0.97$
- Scenario 'PtX': $f_{\text{import}} = 0.48$

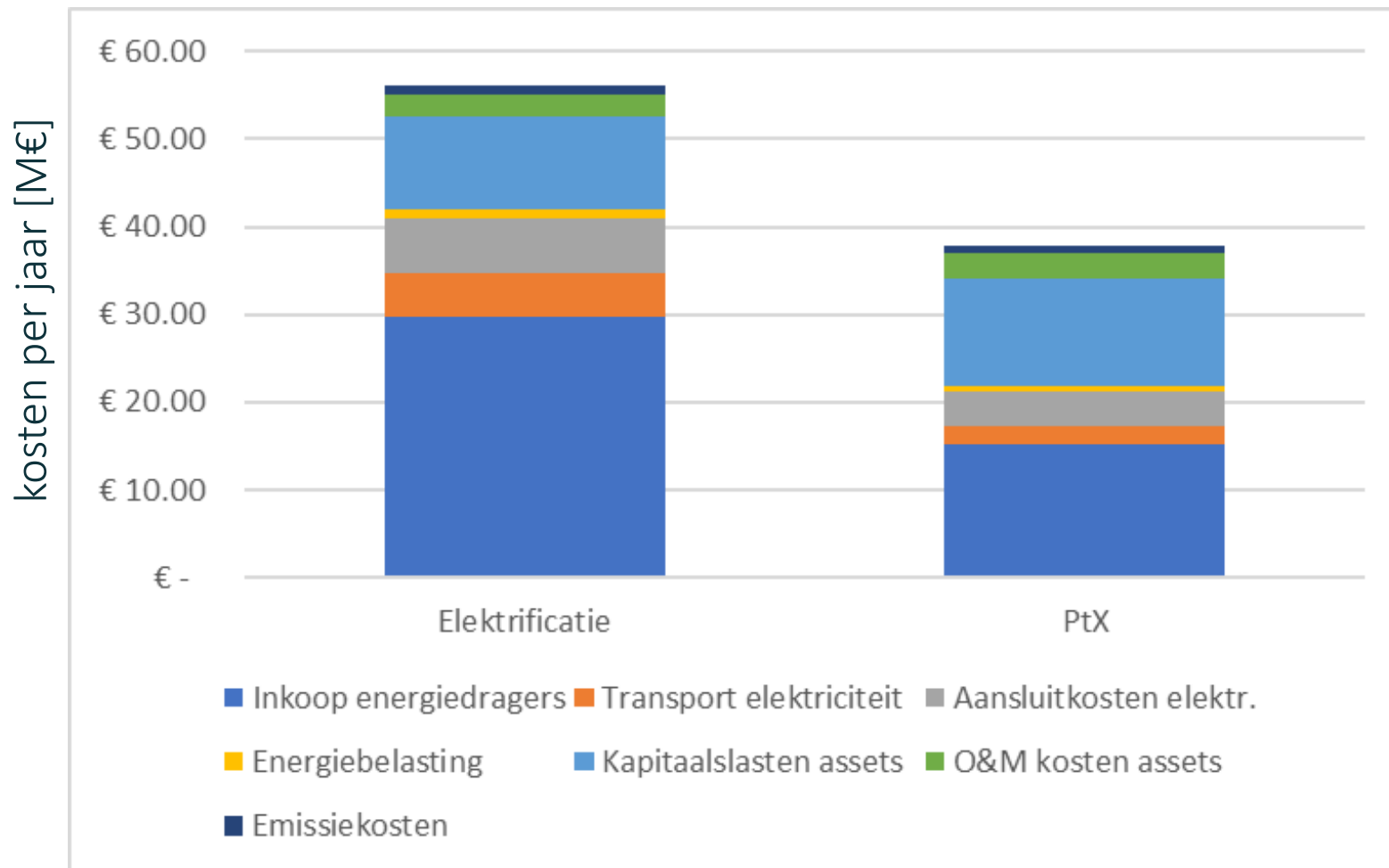
f_{lokaal} : aandeel directe inzet lokale energieopwek

Berekening: hoeveelheid lokaal opgewekte energie minus export, gedeeld door de totale hoeveelheid verbruikte energie (import plus opwek lokaal). Hoe hoger de f_{lokaal} , hoe meer de lokaal opgewekte energie direct wordt ingezet.

- Scenario 'Elektrificatie': $f_{\text{lokaal}} = 0.06$
- Scenario 'PtX': $f_{\text{lokaal}} = 0.48$



Vergelijking kosten scenario's Elektrificatie en PtX



Voor het scenario 'Klassiek' is geen kostenopbouw opgesteld.

Overall kostenniveau scenario 'Elektrificatie' is hoger dan scenario 'PtX'

Inkoop, transport en aansluitkosten liggen hoger bij 'Elektrificatie'.

Investeringskosten zijn bij 'PtX' hoger.

Baten van teruglevering elektriciteit apart berekend, hier niet meegenomen.

Vergelijking CO₂ emissie scenario's Elektrificatie en PtX

	CO ₂ emissiefactor (ton/MWh)	Scenario Elektrificatie		Scenario PtX	
		Energie (GWh)	CO ₂ emissie (kton)	Energie (GWh)	CO ₂ emissie (kton)
Netstroom	0,12	224	26	115	13
Totaal CO₂ emissie			26		13

Stroomteruglevering	-	121		35	
---------------------	---	-----	--	----	--



Overzicht uitkomsten technisch-economische analyse

	Elektrificatie	PtX
Totale aanschafkosten assets (CAPEX)	124 M€	142 M€
Totale jaarlijkse kosten (TCO)	56 M€/jaar	38 M€/jaar
Levelized cost of energy (LCOE)	244 €/MWh	159 €/MWh
Totaal jaarlijkse baten teruglevering	12,8 M€/jaar	3,7 M€/jaar
Aansluitcapaciteit elektriciteitsnet	177 MW _e	78 MW _e
Toename t.o.v. klassiek scenario (factor)	8,4 x	3,7 x
CO ₂ emissie gebruikte energie	65 kton/jaar	33 kton/jaar
Afname t.o.v. klassiek scenario (factor)	2,1 x	4,0 x
import energiefactor	0.97	0.48
aandeel directe inzet lokale energieopwekking	0.06	0.48



Conclusies Lage Weide: vergelijking huidig met twee toekomstige scenario's

- Het huidige, 'klassieke' energiesysteem heeft 100% import van energie. De basislast én piekcapaciteit van warmte worden in het klassieke systeem beide ingevuld door de gasaansluiting.
- Twee toekomstige scenario's zijn opgesteld voor Lage Weide, 'elektrificatie' en 'PtX'. Beide energiesystemen hebben géén import van gas en diesel, elektriciteit krijgt een veel grotere rol. Eigen opwek van zon, wind en warmte uit oppervlaktewater op het terrein wordt gecombineerd met import van elektriciteit. Warmtepompen zorgen voor basislast, een E-boiler voor piekcapaciteit van warmte, een E-stoomketel voor proceswarmte. Transport wordt elektrisch of met lokaal geproduceerde waterstof ingevuld.
- In de toekomstscenario's blijft import van circa 50 tot zelfs 97% van de gebruikte energie nodig.
- De benodigde aansluitcapaciteit met het elektriciteitsnet moet circa 4 tot 8 keer groter worden, in vergelijking met het 'klassieke' energiesysteem.
- Zon, wind en warmte uit oppervlaktewater zijn lokale energiebronnen, die in de scenario's voor ongeveer 5 tot 50% direct benut kunnen worden op het bedrijfsterrein.

Conclusies Lage Weide: vergelijking tussen scenario's 'elektrificatie' en 'PtX'

Netcongestie

- In het scenario 'elektrificatie' zijn opwek door wind en zon, in combinatie met een batterij, aangesloten op het MV-net. De gebruikers van elektriciteit zijn apart aangesloten op het MV-net. Een LTO-seizoensopslag zorgt voor opslag van (zomer)warmte bij het TEO-systeem.
- In het scenario 'PtX' worden opwek en gebruik van elektriciteit zo veel mogelijk uitgewisseld binnen een administratieve energiehubs. Ook hier zorgt een batterij voor afvlakking. Een electrolyser voor waterstof productie is toegevoegd, en een slim gestuurde MTO-seizoensopslag.
- In het 'klassieke' energiesysteem is de aansluitcapaciteit 21 MW_e. In het toekomstig energiesysteem van scenario 'elektrificatie' de benodigde aansluitcapaciteit circa 8x groter (177 MW_e), bij het PtX scenario is de benodigde elektrische aansluiting circa 4x groter (78 MW_e).

Benutting lokale opwekking

- De opwek door zon, wind en warmte uit oppervlaktewater kan in het 'elektrificatie' scenario voor slechts 6% direct worden benut, in het PtX scenario is de directe benutting toegenomen tot 48%.



Conclusies Lage Weide: vergelijking tussen scenario's 'elektrificatie' en 'PtX'

Kosten en emissies

- Het overall kostenniveau van het scenario 'Elektrificatie' ligt hoger dan bij 'PtX': in het PtX scenario zijn de berekende energiekosten 159 €/MWh (LCOE), in het elektrificatie scenario 244 €/MWh. Inkoop, transport en aansluitkosten liggen hoger bij 'Elektrificatie'. De investeringskosten zijn bij 'PtX' hoger.
- De CO₂ emissie van gebruikte energie is bij 'PtX' twee keer zo laag dan bij 'Elektrificatie'

Toekomstbestendig

- In het PtX-scenario maakt de Energiehub diversificatie mogelijk, waarbij groene waterstofproductie kosteneffectief kan worden ingepast. Dit heeft voordelen voor regionaal openbaar vervoer, lange afstand transport en de bouwsector.
- De koppelingen in de Energiehub maken het mogelijk om verdere benutting van lokale opwek te realiseren door middel van aanbod-gestuurde inzet van assets.





Veenendaal Ambacht & Nijverkamp



Inhoudsopgave case-studie

- Huidige energievraag op het bedrijventerrein
- Energiesysteem in drie scenario's
 - Schets van drie scenario's
 - Energievraag door het jaar heen
 - Vermogens van de assets
- Aanpak technisch-economische analyse: doorrekening met model
- Berekeningsresultaten en analyses
 - Energiestromen (Sankey-diagrammen)
 - Benutting van energiebronnen
 - Aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet
 - Benodigde import en benutting eigen opwek
 - Kosten en emissies
- Conclusies

Bedrijventerrein Ambacht en Nijverkamp

Huidige situatie met fossiele bronnen

Aansluitingen totaal: 515

	E [GWh/jr]
Elektriciteitsverbruik	60
Warmtevraag (aardgas)	40
Transport energievraag (diesel)	51
TOTAAL	151

Voor bepaling van het energiegebruik op het bedrijventerrein zijn publiek beschikbare bronnen gebruikt

Huidige energievraag in het gebied: elektriciteit grootste aandeel

Schets energiesysteem Ambacht en Nijverkamp: drie scenario's

1. Klassieke, fossiele energiesysteem

- Warmtelevering met gas, transport met diesel

2. Geëlektrificeerd energiesysteem: toekomstscenario zonder gebruik van fossiele brandstoffen

- Zon en batterij (op dezelfde aansluiting, met curtailment, *géén energiehub*)
- LT warmtenet met warmte uit asfalt en vrieshuizen, seizoensopslag in LTO (<25°C)
 - Levert ook aan 1,500 woningen herbestemd op Ambacht → daarmee tevens 20% minder industrie!
 - Comfortverwarming wordt geleverd door warmtepompen (basislast) en E-boilers (piekvoorziening)
- Warmtelevering voor processen met E-stoomketels
- Transport volledig elektrisch

3. Power-to-X energiesysteem: verkenning elektrificatie met kleinere netcapaciteit; als scenario 2, maar met:

- Administratieve energiehub voor alle elektriciteitsaansluitingen op de bedrijventerreinen
- Inzet MT-warmtepomp aan aanbodzijde in zomerperiode (overschot zonnestroom), seizoensopslag in MTO (25-40°C)

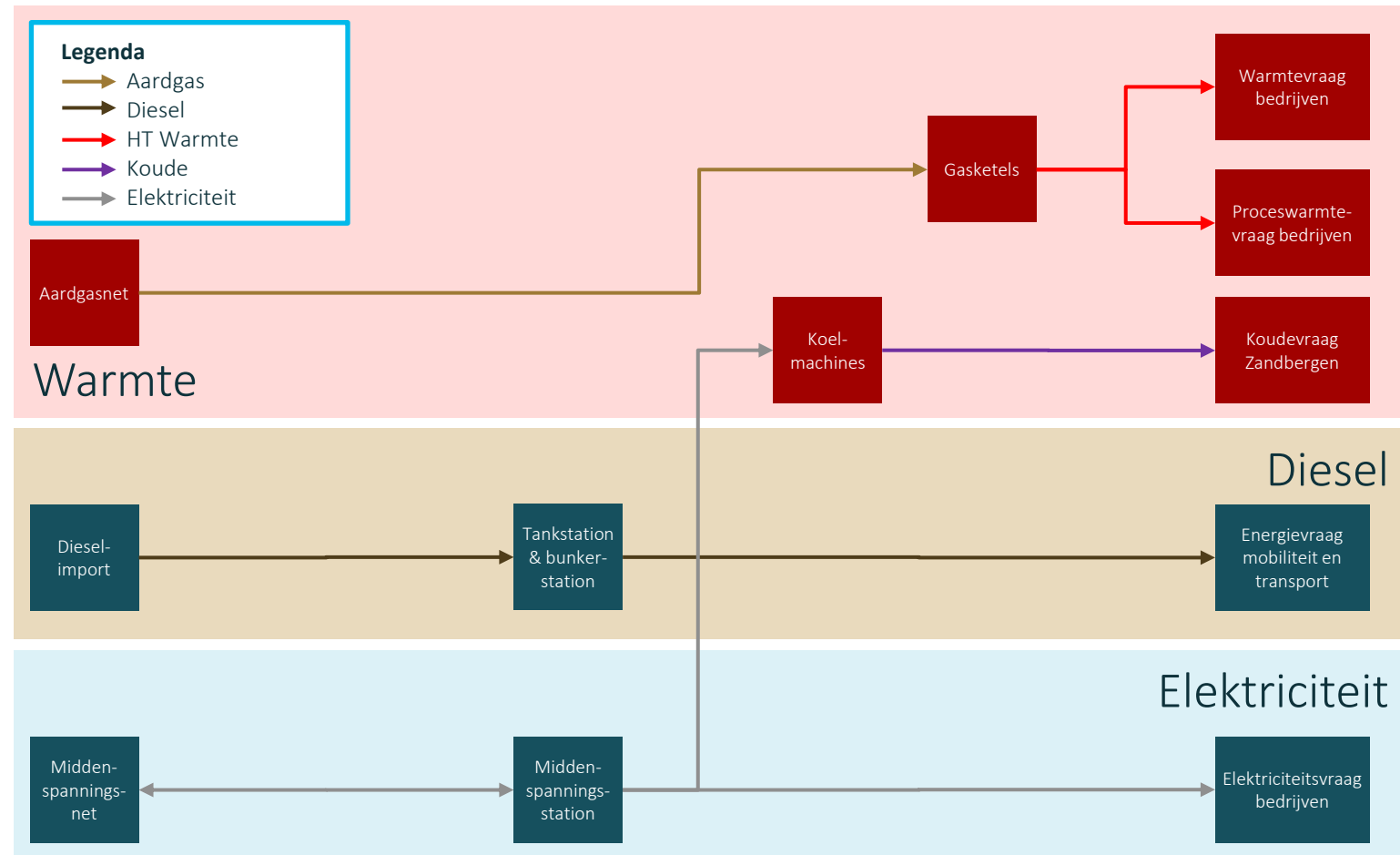
Energiehub op Ambacht en Nijverkamp

- Op moment van schrijven wordt samenwerking tussen ondernemers op het gebied van energie door oprichting van een energiehub op Ambacht en Nijverkamp onderzocht. Het blijkt immers dat er verschillende initiatieven zijn die door netcongestie in de knel komen (zo zijn er beperkingen voor de exploitatie van zon op dak). Oprichting van een energiehub zou hierin mogelijk soelaas kunnen bieden.
- In het Power-to-X energiesysteem op Ambacht en Nijverkamp wordt (i.t.t. de Isselt en Lage Weide) geen lokale groene waterstofproductie aangenomen. Hiermee introduceren we variatie tussen de casussen.
- Er is veel maatschappelijke discussie rondom de exploitatie van windturbines in de omgeving van het Ambacht en Nijverkamp, daarom zijn er geen windturbines opgenomen in deze verkenning.



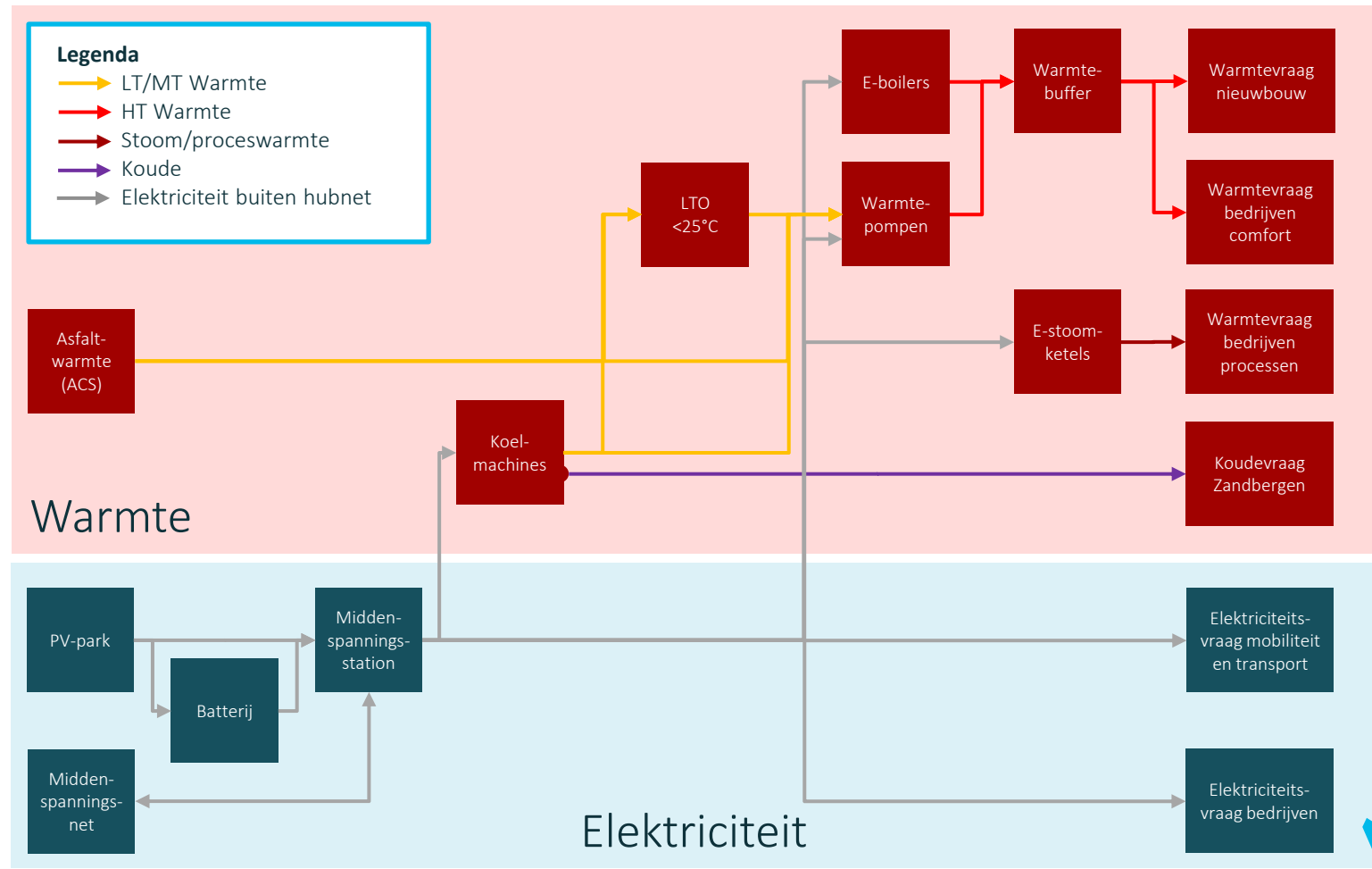
~ Schets klassieke, fossiele energiesysteem

- Klassiek referentiesysteem, verzuild en met gebruik van fossiele bronnen
- Weinig noodzaak voor collectieve, lokale omzettingen of opslag



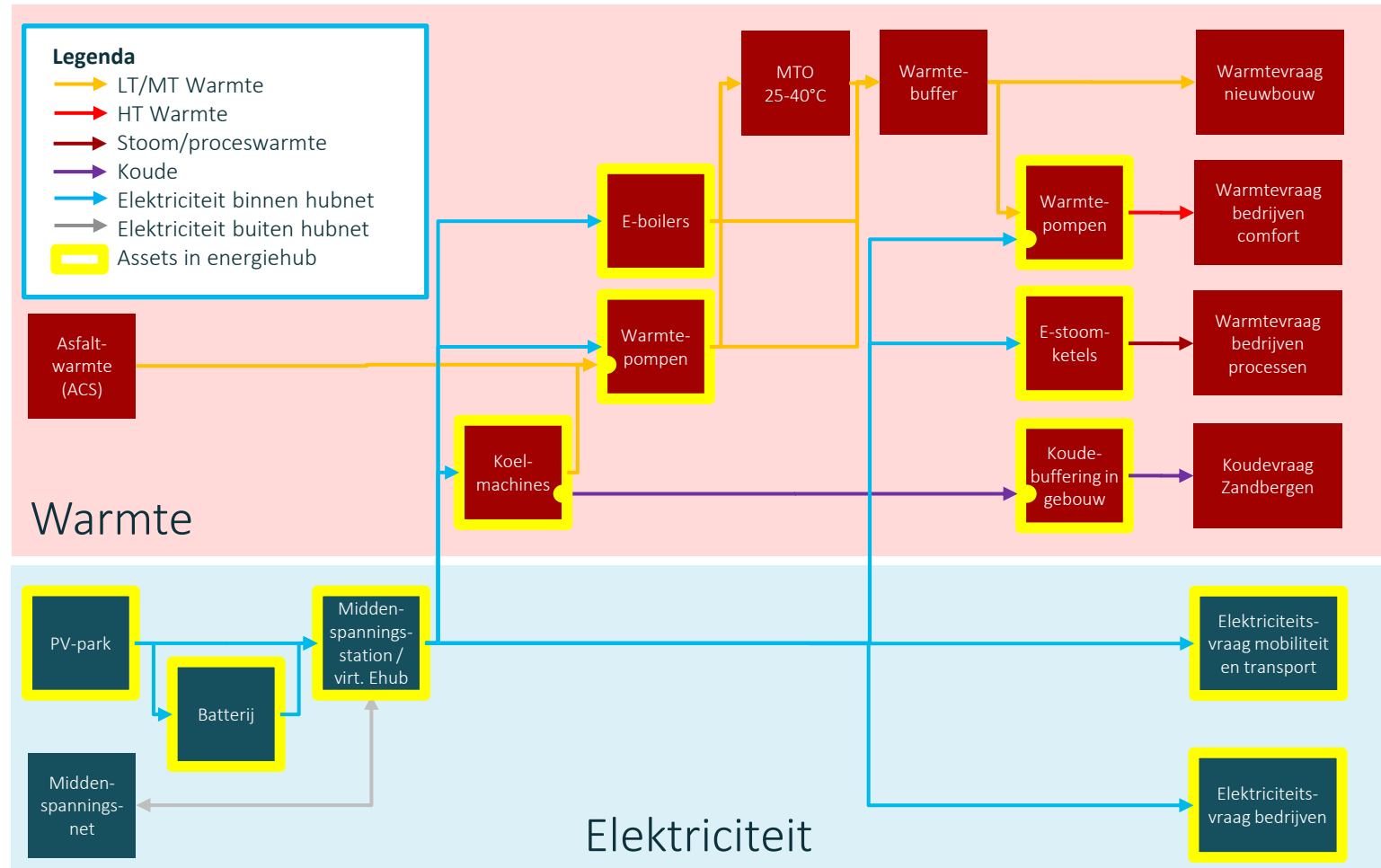
~ Schets geëlektrificeerde energiesysteem

- Referentiesysteem met elektrificatie, met “onbeperkte” netcapaciteit
- Lokale opwek van zon, in combinatie met een batterij, aangesloten op het net
- Import van elektriciteit van het net
- Warmtelevering door warmte uit asfaltcollector en koelmachines, LTO, warmtepompen, een E-boiler voor piekcapaciteit
- Industriële warmtevraag geleverd door E-stoomketels
- Transport wordt elektrisch ingevuld (met kanttekening, zie later)



~ Schets Power-to-X energiesysteem

- Systeem met elektrificatie, verkenning mogelijkheden voor kleinere netcapaciteit
- Koppeling opwek en vraag zo veel mogelijk d.m.v. een administratieve energiehub
- Benutting warmtepompen in de zomer bij overschot opwek voor laden MTO, koppeling aan hub
- Transport wordt elektrisch ingevuld (met kanttekening, zie later)



Energie eindgebruik Ambacht en Nijverkamp

Input voor de technisch-economische analyse voor de scenario's

	Klassiek [GWh/jaar]	Elektrificatie en PtX [GWh/jaar]
Elektriciteitsverbruik	60	50
Direct verbruik door bedrijven	60	50
Warmtegebruik	40	41
Bedrijfsprocessen	17	14
Ruimteverwarming bedrijven	23	18
Verwarming woningen	-	9
Brandstofgebruik	(diesel) 51	(elektrisch) 26
Transport bedrijventerrein	51	26
Totaal	151	117

Het energiegebruik verschilt tussen de scenario's, vanwege de toekomstige vervanging van industrie door woningen

Het brandstofgebruik verschilt tussen de scenario's, vanwege verschil in efficiëntie bij de gebruikte brandstof.



V-AN

Overwegingen bij verduurzaming transport

Voor lange-afstand transport is de aanname gemaakt dat elektrificatie mogelijk is. Aandachtspunten:

- Beperkte batterijcapaciteit vrachtwagens leidt tot beperkt transportbereik [km]
- Zware batterijpakketten leiden tot verminderde transportcapaciteit [kg]
- Beperkte laadcapaciteit leidt tot lange laadtijden

→ Grootschalig elektrisch transport legt een beslag op netcapaciteit, ruimte en arbeid

Voor (weg)transport, wat pleit voor...

Waterstof	Elektrisch
Actieradius	Lagere kosten euro/km (TCO)
Meer transport-kilometers per jaar en meer ton vracht	Lagere investering voertuig
Korte tanktijd (tot 100%!)	Keuzevrijheid in voertuigen
Beperkt netcongestie	Bestaande laadinfrastructuur

Vergelijking tank/laadvermogens wegtransport

Diesel – zware voertuigen	42 MW = 70 liter/min
Waterstof – <i>zware</i> voertuigen	10 MW = 4,2 kg/min
Waterstof – <i>lichte</i> voertuigen	3 MW = 1,3 kg/min
Elektriciteit – snellader	0,35 MW
Elektriciteit – eigen laadpaal	0,05 MW



V-AN

Toelichting op technisch-economische analyse: doorrekening uurwaarden, vertaling naar systeem inzicht

De technisch-economische analyse bij Ambacht en Nijverkamp heeft dezelfde aanpak als bij Isselt:
Doorrekening van de scenario's van het energiesysteem met een rekenmodel, met als resultaat de balansen voor warmte, waterstof en elektriciteit voor elk uur van het jaar.

Som van de uurwaarden per jaar vormt de totale vraag/productie, bijvoorbeeld per apparaat, per energiedrager etc.

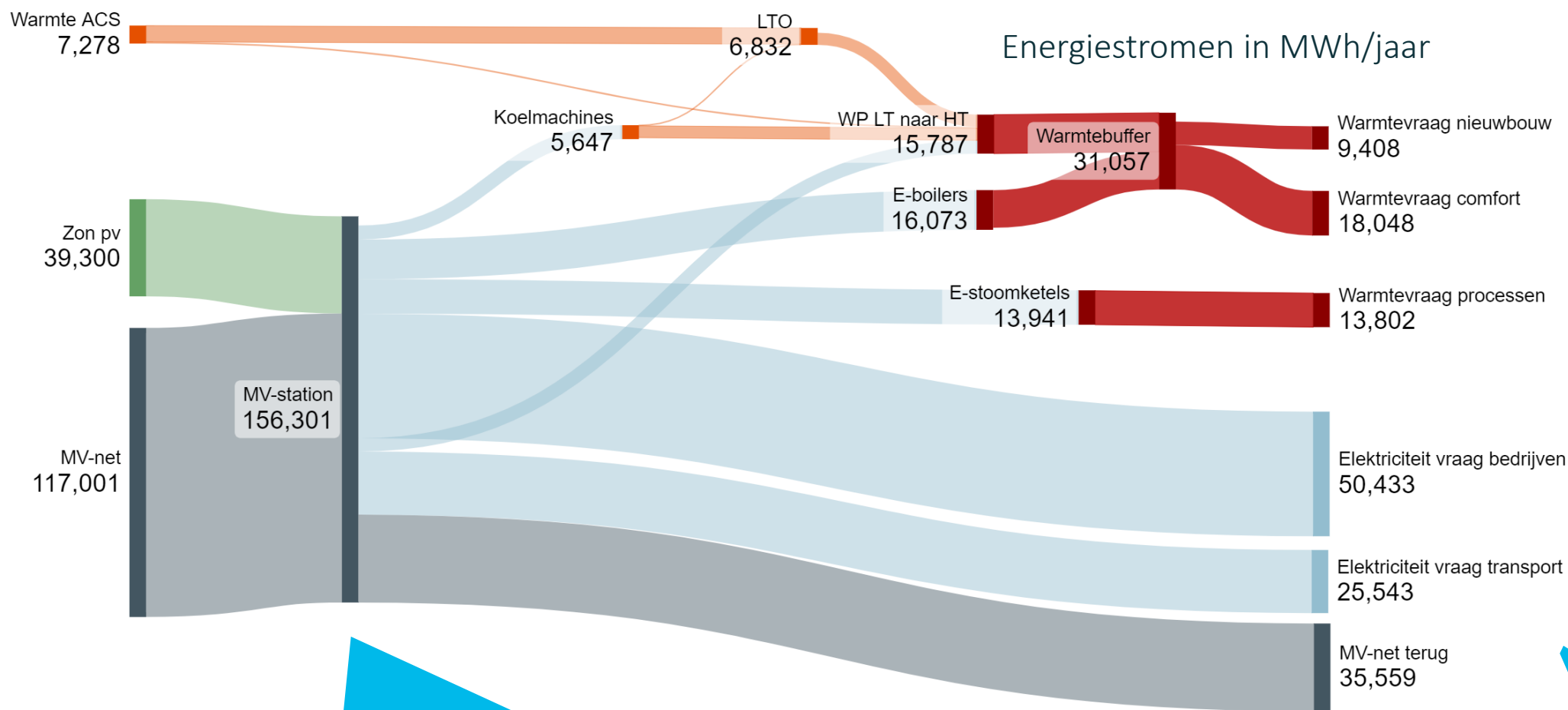
- Hiermee worden *Sankey diagrammen* opgesteld, voor inzicht in energiestromen
- Totale vraag/productie wordt omgerekend naar emissies, inkoopkosten en verkoopopbrengsten van energiedragers, voor inzicht in emissies en kosten

Piek in een reeks uurwaarden bepaalt benodigde vermogen en/of aansluitcapaciteit.

- Vermogens en capaciteiten worden omgerekend naar aanschafkosten van assets en aansluitkosten respectievelijk, voor inzicht in aansluitcapaciteiten en investeringen

→ Technisch-economische analyse (energie, emissies, financieel, netcapaciteit) door onderlinge vergelijking tussen scenario's

Sankeydiagram Ambacht en Nijverkamp “elektrificatie”



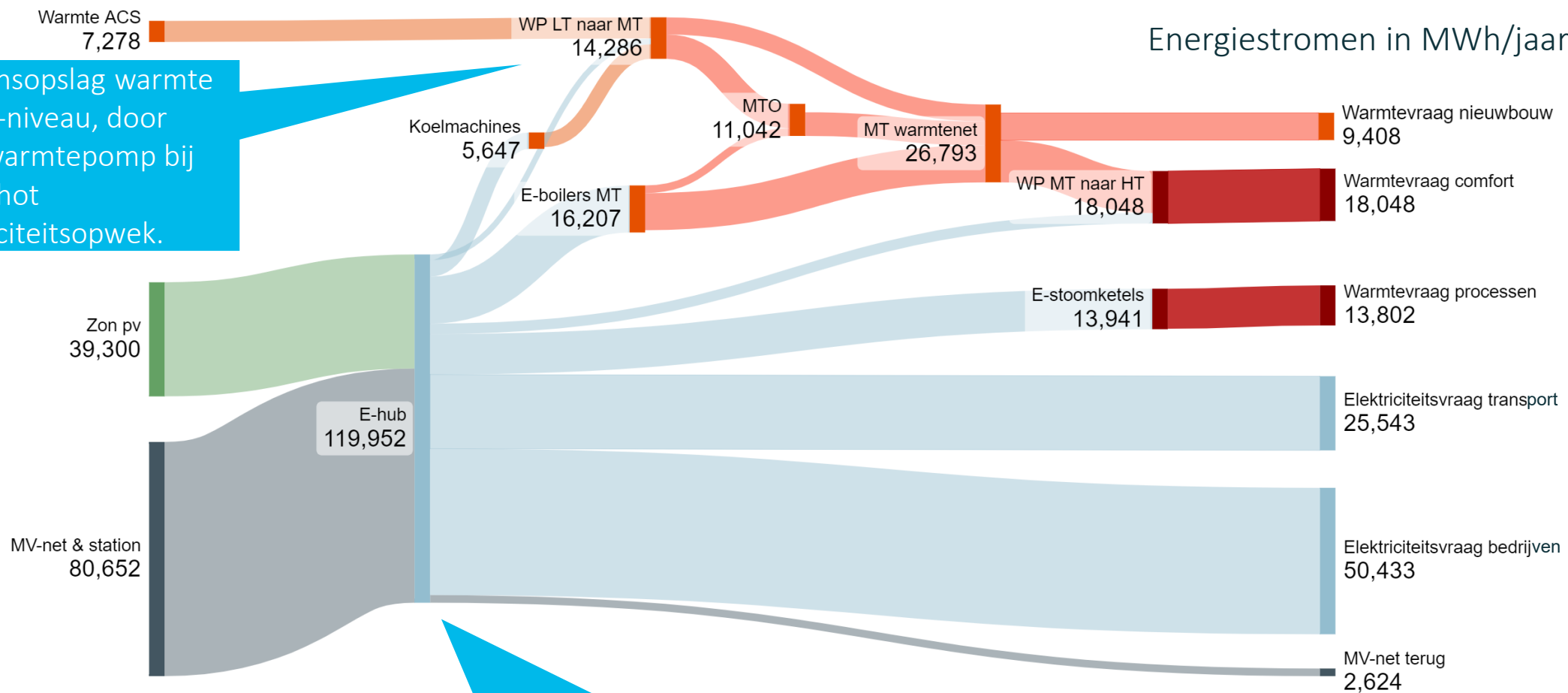
In dit scenario wordt alle elektriciteit uitgewisseld met het MV-net. Een batterij zorgt voor afvlakking van opwek wind en zon.



Sankeydiagram Ambacht en Nijverkamp "PtX"

Energiestromen in MWh/jaar

Seizoensopslag warmte op MT-niveau, door inzet warmtepomp bij overschot elektriciteitsopwek.

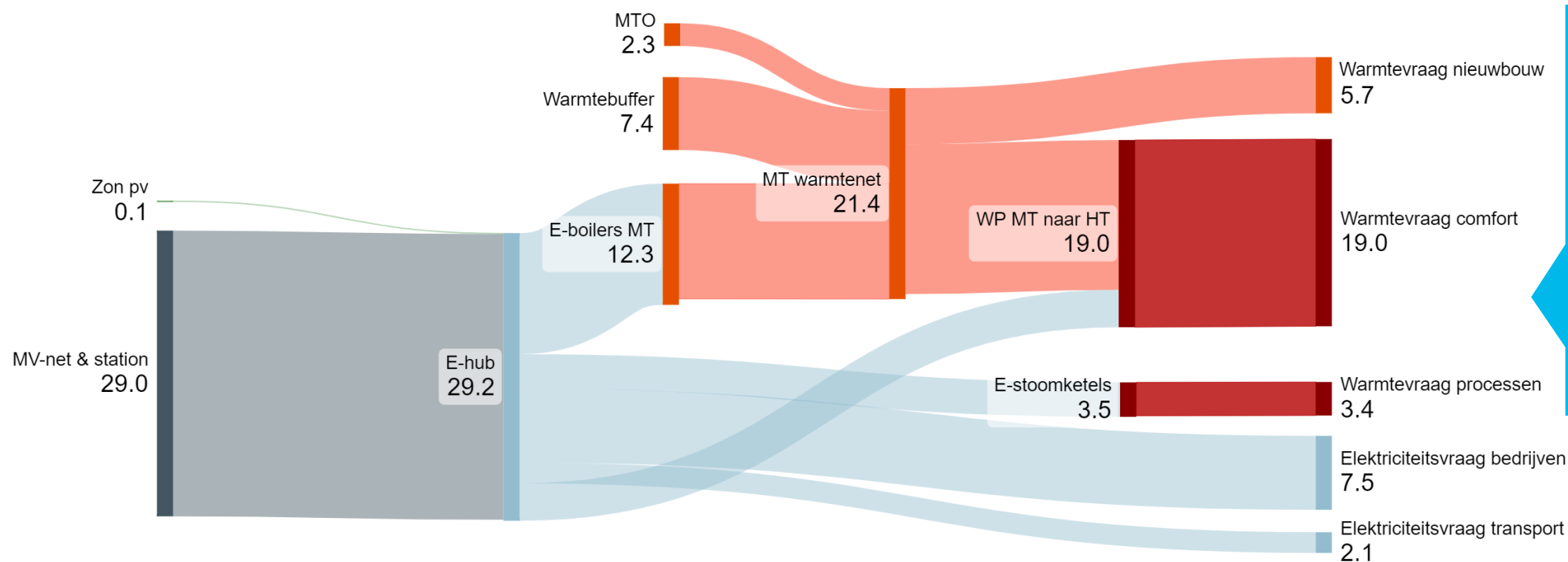


In dit scenario wordt elektriciteit uitgewisseld in een administratieve E-hub, restant naar MV-net.



Sankeydiagram Ambacht en Nijverkamp - koudste uur Scenario PtX

Energiestromen in MWh/h

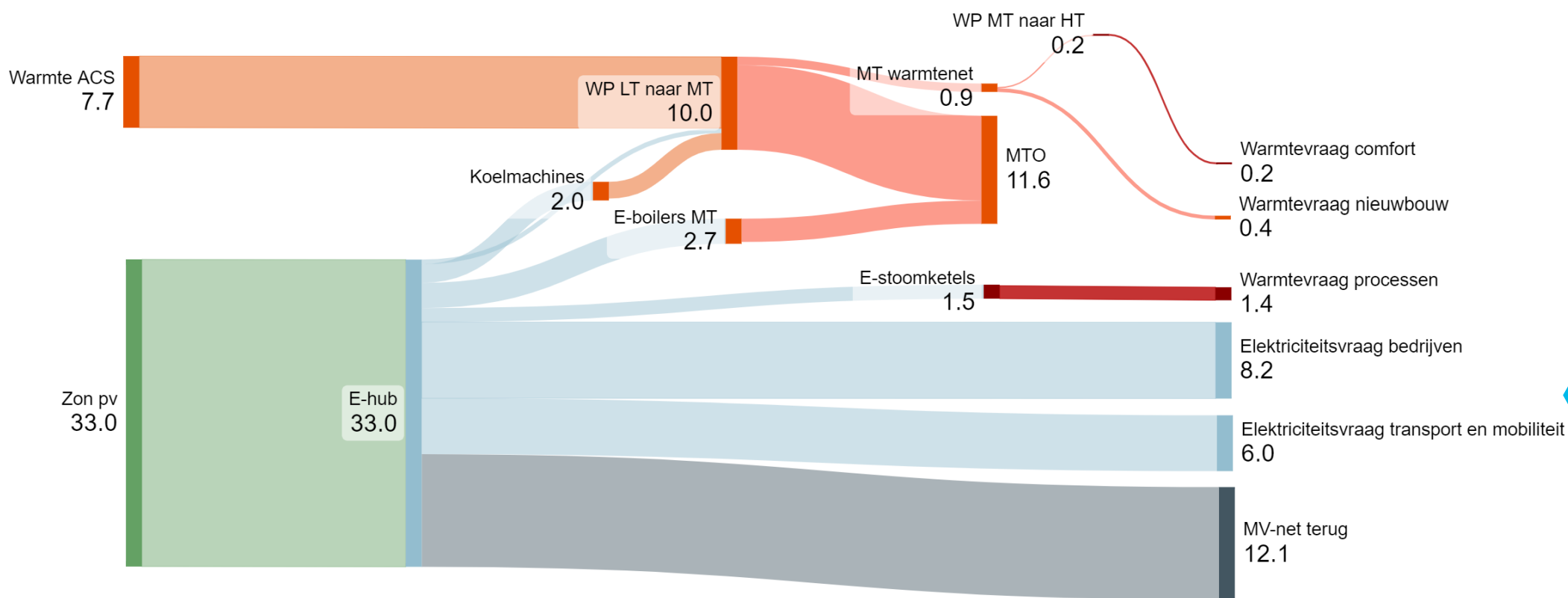


Grote warmtevraag, ingevuld d.m.v. buffer, MTO-opslag, warmtepompen en E-boilers. Elektriciteit voor warmteopwekking komt van het elektriciteitsnet.



Sankeydiagram Ambacht en Nijverkamp - zonnigste uur Scenario PtX

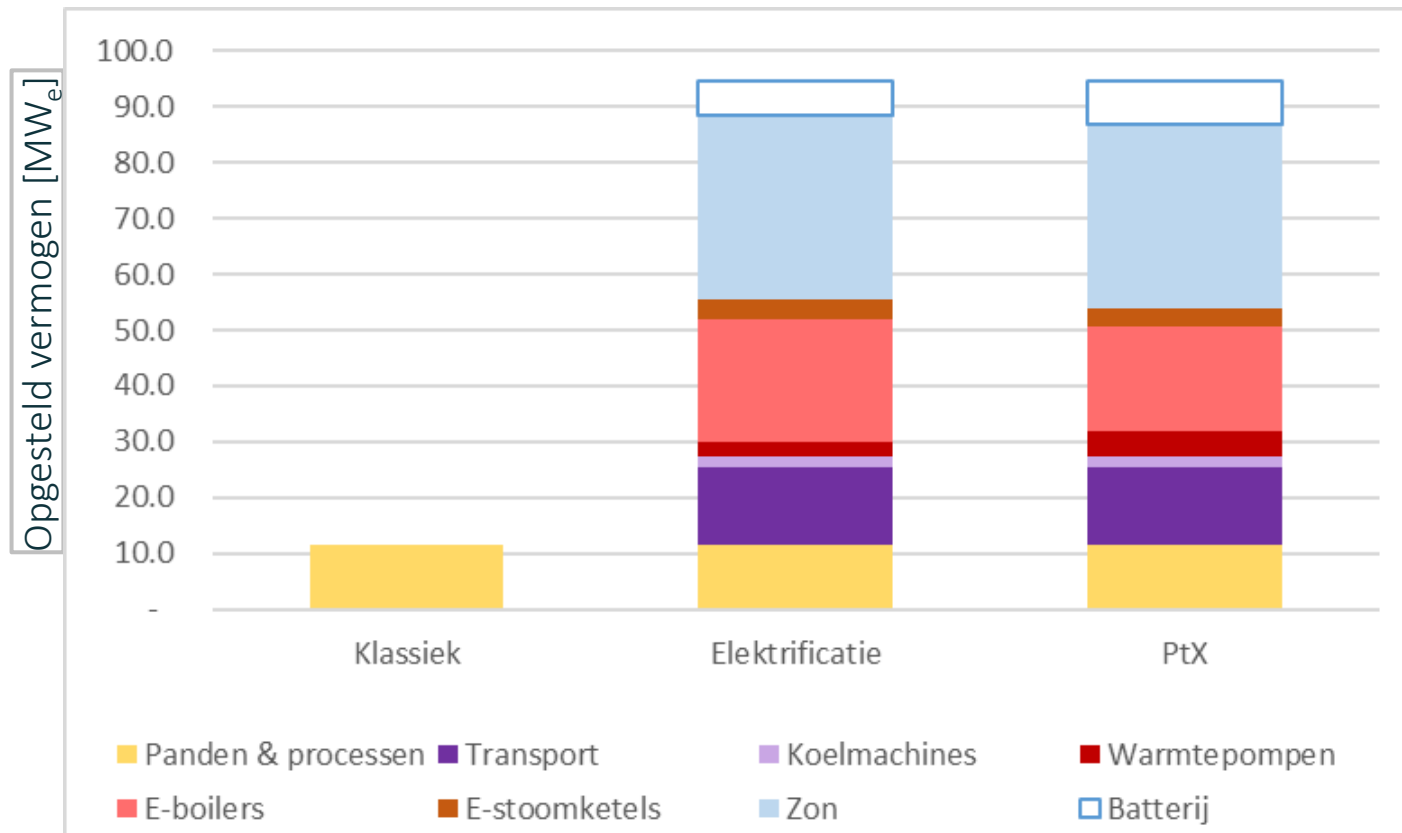
Energiestromen in MWh/uur



Enorm aanbod van zonnestroom. De gebruikers, de batterij en de MTO nemen zoveel mogelijk op binnen de administratieve energiehub. De rest wordt teruggeleverd aan het net.



Elektrificatie: wat wordt het opgesteld elektrisch vermogen in de toekomst?



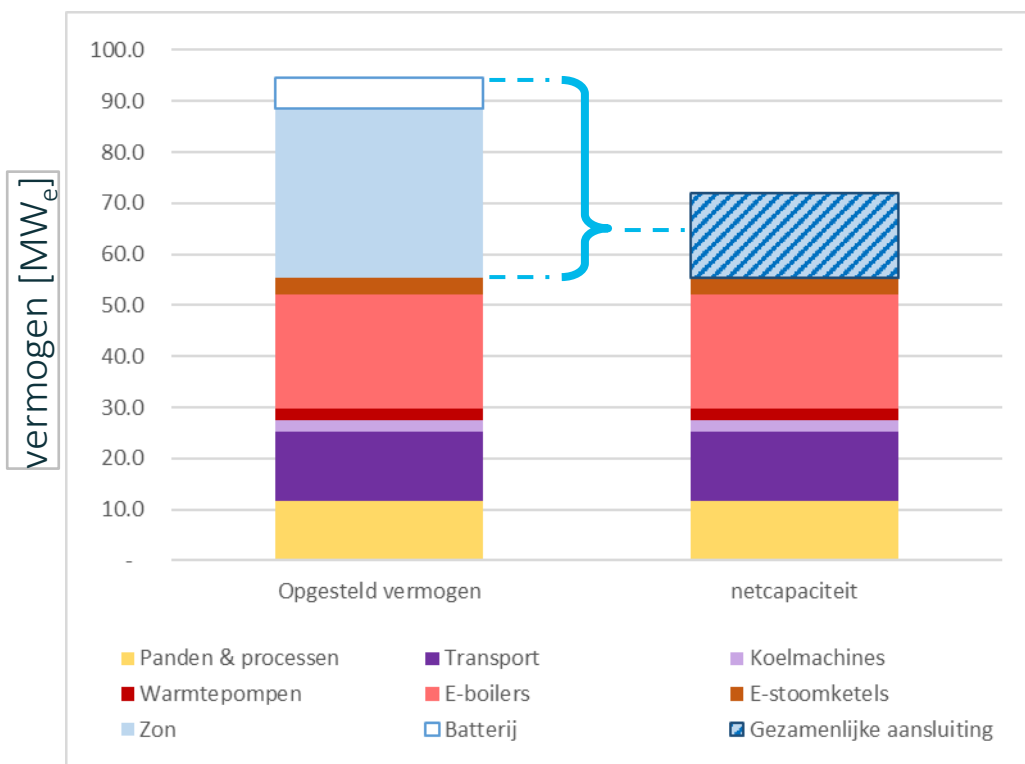
In het scenario 'Klassiek' heeft elk bedrijf een aansluiting en wordt er geen elektriciteit teruggeleverd of uitgewisseld. De aansluitcapaciteit volgt direct uit het opgestelde vermogen voor elektriciteitsverbruik van panden & processen: de netcapaciteit van het klassieke scenario is 12 MW_e.

In de scenario's 'Elektrificatie' en 'PtX' wordt lokaal elektriciteit opgewekt, omgezet, opgeslagen en uitgewisseld. In totaal tellen de vermogens van de elektrische assets op tot bijna 95 MW_e. De benodigde netcapaciteit is afhankelijk van de aansluiting en de aansturing van de elektrische assets (bijvoorbeeld gezamenlijk aansluiten, slim aansturen). In de technisch-economische analyse is de benodigde netcapaciteit bepaald (zie volgende sheet)

Benodigde aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet

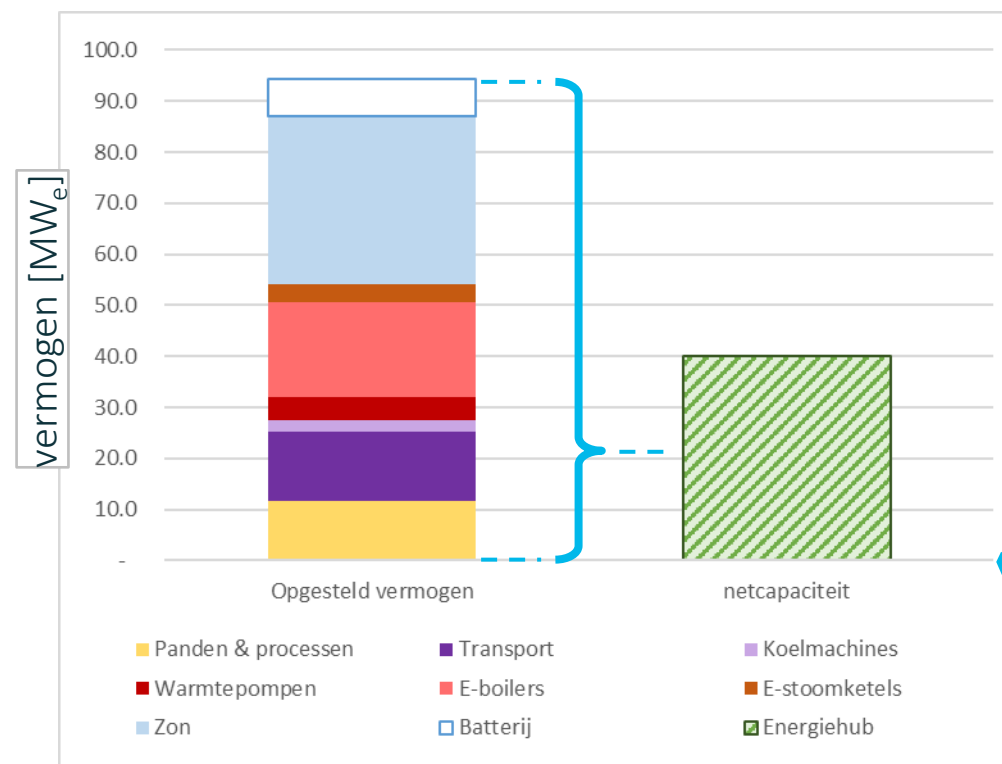
Scenario 'Elektrificatie'

- Zon en batterij zijn gezamenlijk aangesloten op het net
- Elektriciteit gebruikers elk een eigen aansluiting.
- Slimme aansturing batterij
- Curtailment zodat $P_{\text{levering}} = < P_{\text{piek,wind}} + 0.5 * P_{\text{piek,zon}}$



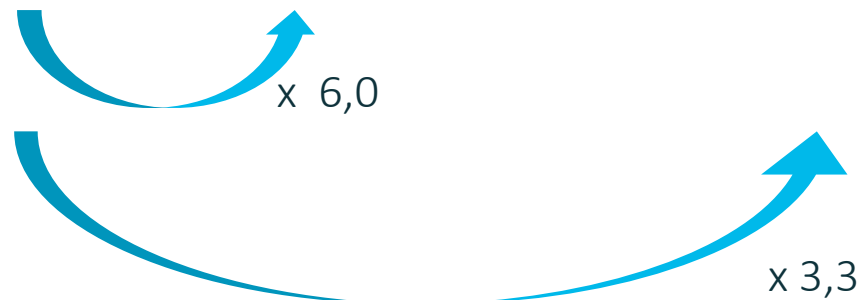
Scenario 'PtX'

- Alle assets zijn onderling verbonden via een administratieve energiehub.
- Slimme aansturing MT-warmtepomp, koelmachines en batterij

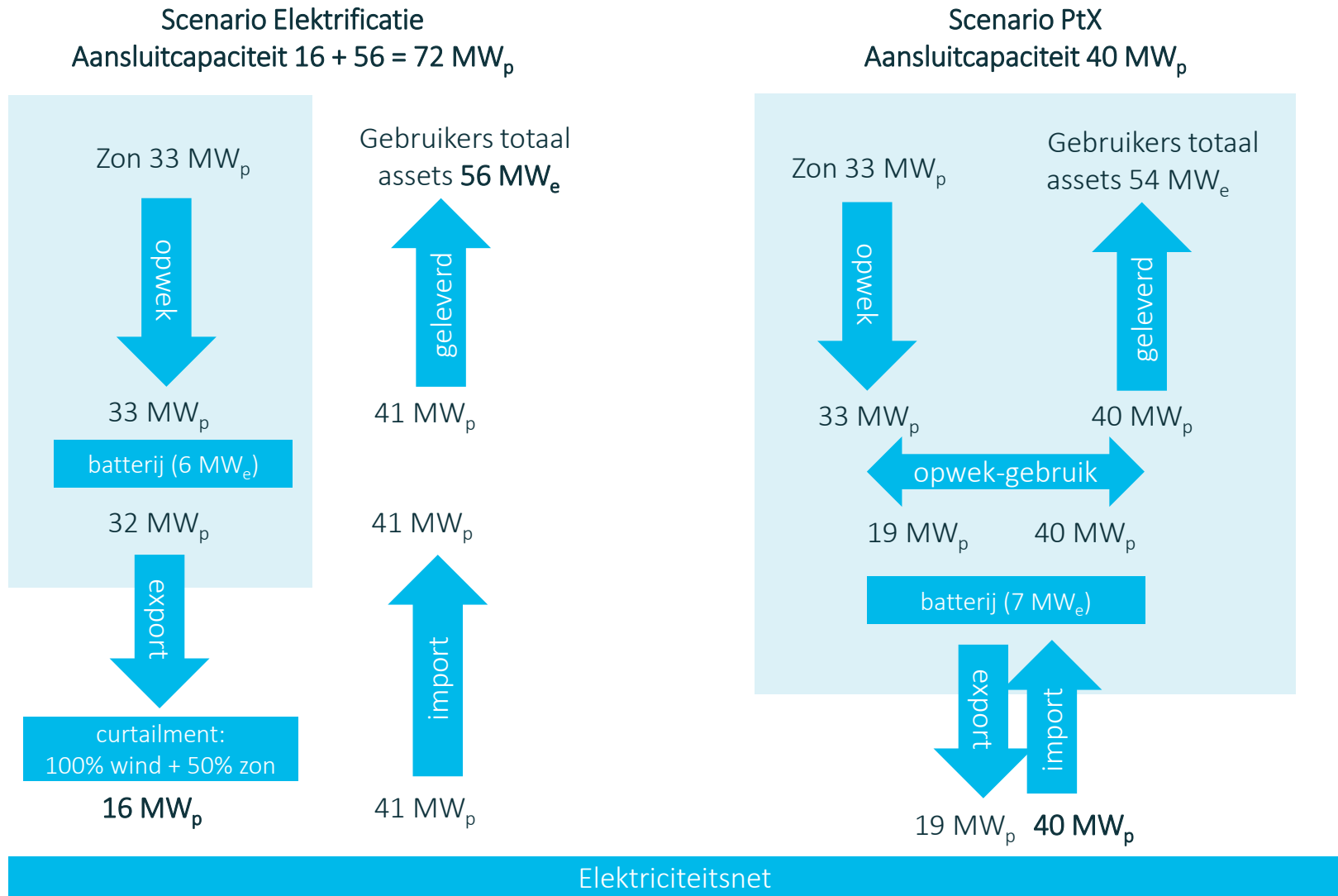


Benodigde aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet: vergelijking tussen scenario's

	Klassiek	Elektrificatie	PtX
Totaal vermogen elektrische assets [MW _e]	12	95	94
Doorrekening in technisch-economische analyse, bepaling netto benodigde netcapaciteit:			
Benodigde netcapaciteit [MW _e]	12	72	40



Wat is bepalend voor de aansluitcapaciteit?



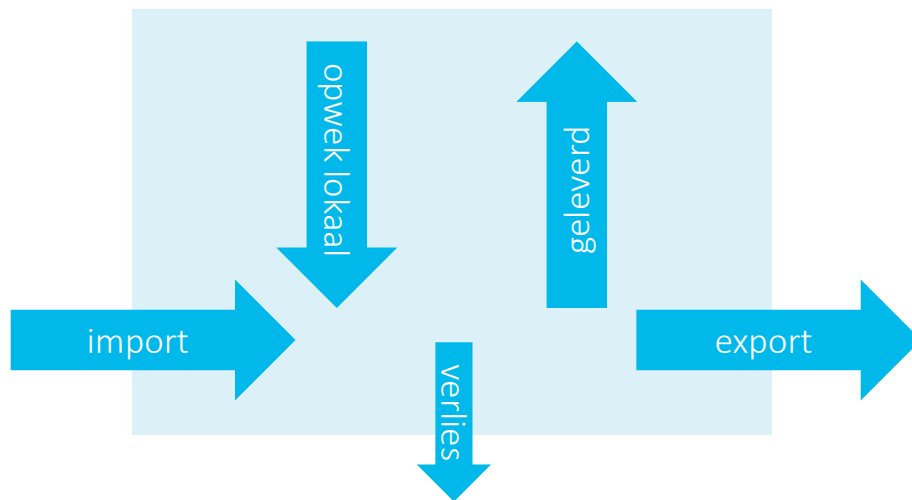
In deze figuur is voor de scenario's Elektrificatie en PtX de maximale vermogens voor elektriciteit weergegeven. Binnen het lichtblauwe vlak wordt elektriciteit uitgewisseld.

De aansluitcapaciteit met het elektriciteitsnet is bepaald door de netto teruglevercapaciteit van opwek plus de opgestelde vermogens van assets die rechtstreeks op het net zijn aangesloten. In het PtX-scenario is de resulterende aansluitcapaciteit van de administratieve energiehub.

In scenario 'Elektrificatie' is curtailment tot 50% van het opgestelde vermogen van zon toegepast voor teruglevering. In het PtX-scenario bleek curtailment niet nodig.

Voor het PtX-scenario is een lagere aansluitcapaciteit nodig dan bij het scenario 'Elektrificatie'.

Hoeveel energie wordt zelf opgewekt en direct benut? En hoeveel energie import is nodig?



f_{import} = import energiefactor in geleverde energie

Berekening: hoeveelheid geïmporteerde energie gedeeld door de hoeveelheid geleverde energie. Hoe lager de f_{import} , hoe minder energie wordt geïmporteerd.

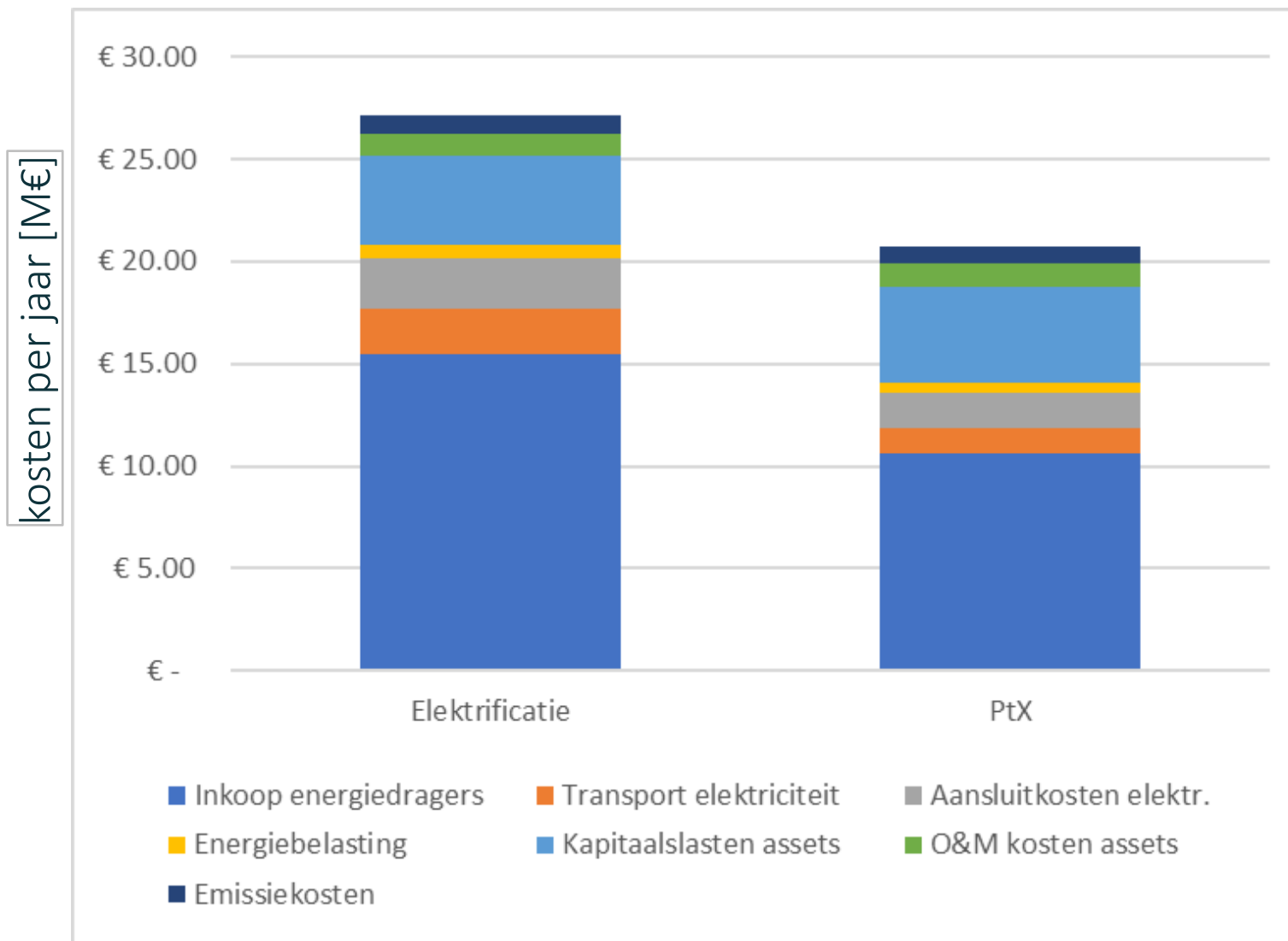
- Scenario 'Elektrificatie': $f_{\text{import}} = 0,99$
- Scenario 'PtX': $f_{\text{import}} = 0,69$

f_{lokaal} : aandeel directe inzet lokale energieopwek

Berekening: hoeveelheid lokaal opgewekte energie minus export, gedeeld door de totale hoeveelheid verbruikte energie (import plus opwek lokaal). Hoe hoger de f_{lokaal} , hoe meer de lokaal opgewekte energie direct wordt ingezet.

- Scenario 'Elektrificatie': $f_{\text{lokaal}} = 0,13$
- Scenario 'PtX': $f_{\text{lokaal}} = 0,35$

Vergelijking kosten PtX en elektrificatie



Voor het scenario 'Klassiek' is geen kostenopbouw opgesteld.

Overall kostenniveau scenario 'Elektrificatie' is hoger dan scenario 'PtX'

Inkoop, transport en aansluitkosten liggen hoger bij 'Elektrificatie'.

Investeringskosten zijn bij 'PtX' hoger.



Vergelijking CO₂ emissie scenario's Elektrificatie en PtX

	CO ₂ emissiefactor (ton/MWh)	Scenario Elektrificatie		Scenario PtX	
		Energie (GWh)	CO ₂ emissie (kton)	Energie (GWh)	CO ₂ emissie (kton)
Netstroom	0.12	117	14	81	9
Totaal CO₂ emissie			14		9

Stroom teruglevering		36		3	
----------------------	--	----	--	---	--

Overzicht uitkomsten technisch-economische analyse

	Elektrificatie	PtX
Totale aanschafkosten assets (CAPEX)	54 M€	57 M€
Totale jaarlijkse kosten (TCO)	27 M€	21 M€
Levelized cost of energy (LCOE)	232 €/MWh	177 €/MWh
Totaal jaarlijkse baten teruglevering	3.8 M€/jaar	0.3 M€/jaar
Aansluitcapaciteit elektriciteitsnet	72 MW _e	40 MWe
Toename t.o.v. klassiek scenario (factor)	6,0 x	3,3 x
CO ₂ emissie gebruikte energie	14 kton	9 kton
Afname t.o.v. klassiek scenario (factor)	2,0 x	3,0 x
import energiefactor	0,99	0,69
aandeel directe inzet lokale energieopwekking	0,13	0,35

Conclusies Ambacht en Nijverkamp: vergelijking huidig met twee toekomstige scenario's

- Het huidige, 'klassieke' energiesysteem heeft 100% import van energie. De basislast én piekcapaciteit van warmte worden in het klassieke systeem beide ingevuld door de gasaansluiting.
- Twee toekomstige scenario's zijn opgesteld, 'elektrificatie' en 'PtX'. Beide energiesystemen hebben géén import van gas en diesel, elektriciteit krijgt een veel grotere rol. Eigen opwek van zon en warmte uit asfalt op het terrein wordt gecombineerd met import van elektriciteit. Warmtepompen zorgen voor basislast, een E-boiler voor piekcapaciteit van warmte, een E-stoomketel voor proceswarmte. Transport wordt elektrisch ingevuld (met als kanttekening dat elektrificatie van lange afstand transport nadelen kent).
- In de toekomstscenario's blijft import van circa 70 tot zelfs 99% van de gebruikte energie nodig.
- De benodigde aansluitcapaciteit met het elektriciteitsnet moet circa 3 tot 6 keer groter worden, in vergelijking met het 'klassieke' energiesysteem.
- Zon en warmte uit asfalt zijn lokale energiebronnen, die in de scenario's voor ongeveer 13 tot 35% direct benut kan worden op het bedrijfsterrein.

Conclusies Ambacht en Nijverkamp: vergelijking tussen scenario's 'elektrificatie' en 'PtX'

Netcongestie

- In het scenario 'elektrificatie' zijn opwek door zon, in combinatie met een batterij, aangesloten op het MV-net. De gebruikers van elektriciteit zijn apart aangesloten op het MV-net. Een LTO-seizoensopslag zorgt voor opslag van (zomer)warmte bij het asfalt collector-systeem.
- In het scenario 'PtX' worden opwek en gebruik van elektriciteit zo veel mogelijk uitgewisseld binnen een administratieve energiehubs. Ook hier zorgt een batterij voor afvlakking. Een slim gestuurde MTO-seizoensopslag komt in plaats van de LTO-seizoensopslag.
- In het 'klassieke' energiesysteem is de aansluitcapaciteit 12 MW_e. In het toekomstig energiesysteem van scenario 'elektrificatie' is de benodigde aansluitcapaciteit circa 6x groter (72 MW_e), bij het PtX scenario is de benodigde elektrische aansluiting circa 3x groter (40 MW_e).

Benutting lokale opwekking

- De opwek door zon en warmte uit asfalt kan in het 'elektrificatie' scenario voor slechts 13% direct worden benut, in het PtX scenario is de eigen benutting toegenomen tot 35%.

Conclusies Ambacht en Nijverkamp: vergelijking tussen scenario's 'elektrificatie' en 'PtX'

Kosten

- Het overall kostenniveau van het scenario 'Elektrificatie' ligt hoger dan bij 'PtX': in het PtX scenario zijn de berekende energiekosten 177 €/MWh (LCOE), in het elektrificatie scenario 232 €/MWh. Inkoop, transport en aansluitkosten liggen hoger bij 'Elektrificatie'. De investeringskosten zijn bij 'PtX' hoger.
- De CO₂ emissie van gebruikte energie ligt bij 'PtX' een derde lager dan bij 'Elektrificatie'

Toekomstbestendig

- De koppelingen in de Energiehub maken het mogelijk om verdere benutting van lokale opwek te realiseren door middel van aanbod-gestuurde inzet van assets.
- MTO-seizoensopslag maakt directe warmtelevering aan nieuwbouw mogelijk, waardoor een gedeelte van de warmtevraag kan worden ingevuld door inzet van warmtepompen en opslag van warmte in de zomerperiode, op momenten met overschot in lokale elektriciteit opwek.



~
Overzicht uitwerking
voor drie locaties

AI

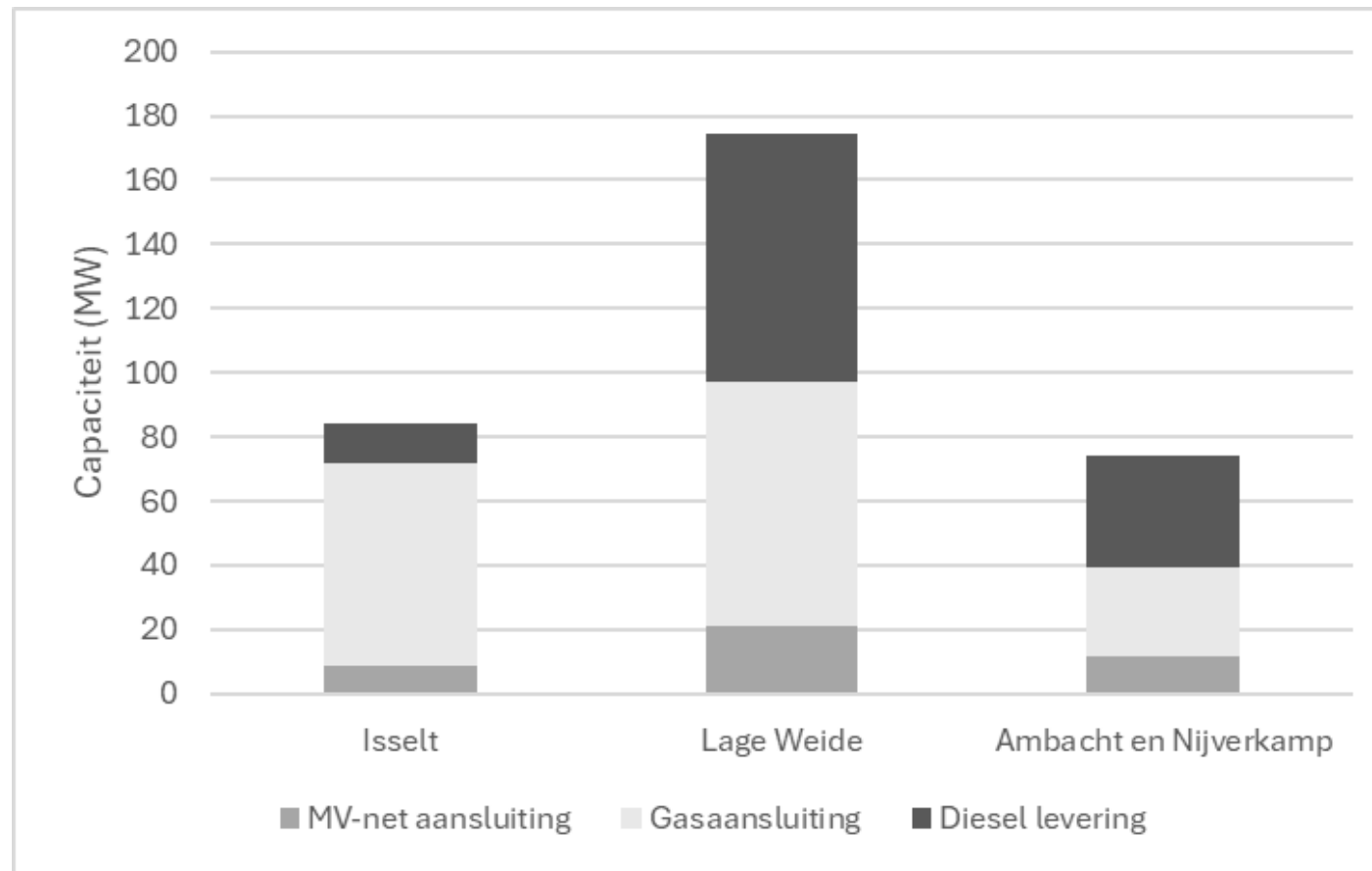
ULW

VAN

Energievraag per bedrijventerrein

	Isselt	Lage Weide	Ambacht en Nijverkamp
Aantal bedrijfsaansluitingen	580	440	515
Woningen (warmtenet vanaf bedrijfsterrein)	3.000		
Energievraag [GWh/jr]			
Elektriciteitsverbruik	38	93	60
Warmtevraag	75	86	40
Transport en mobiliteit (diesel)	28	103	51
Totaal	141	282	151

Aansluitcapaciteiten scenario 'klassiek fossiel systeem' met elektriciteit, gas en brandstof (100% import)



Scenario 'Geëlektrificeerd energiesysteem'

Toekomstscenario zonder gebruik fossiele brandstoffen

	Isselt	Lage Weide	Ambacht en Nijverkamp
Windturbines	8 MW _p	20 MW _p	-
Zonnepanelen	39 MW _p	90 MW _p	33 MW _p
Omgevingswarmte	11 MW _{th}	9 MW _{th}	8 MW _{th}
Warmtepompen	5 MW _e	5 MW _e	3 MW _e
E-stoomketels	-	9 MW _e	3 MW _e
E-boiler (piekvoorziening)	-	49 MW _e	22 MW _e
WKK biogas	0,5 MW _e + 0,5 MW _{th}	-	-
Biomassa ketel (piekvoorziening)	25 MW _{th}	-	-
Elektrisch transport	✓	✓	✓

Scenario 'Geëlektrificeerd energiesysteem'

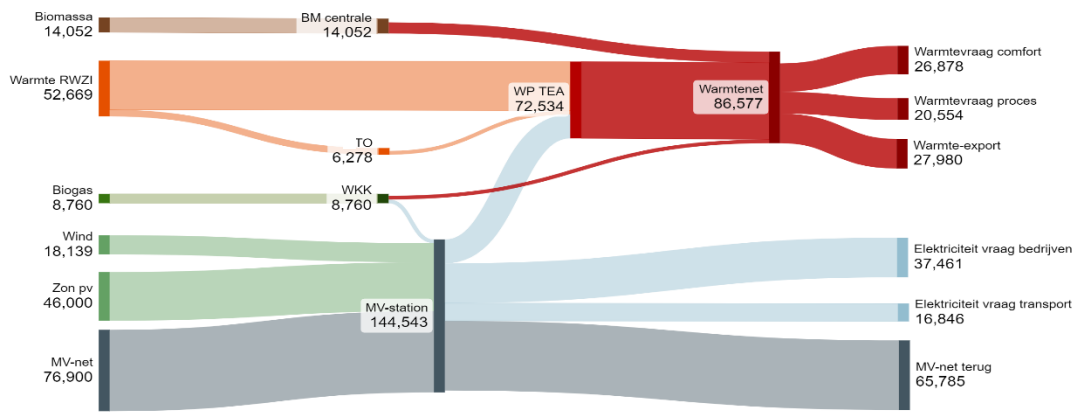
Invulling duurzame warmte

	Isselt	Lage Weide	Ambacht en Nijverkamp
Omgevingswarmte	uit afvalwater	uit oppervlaktewater	uit asfaltcollector en restwarmte koelmachine
Warmtepompen (HT 80°C)	COP 3,2	COP variabel 2,5-3,2	COP 2,9
Aanvullende warmtelevering	Biogas WKK	-	-
Piekvoorziening	Biomassa ketel	E-boiler	E-boiler
Industriële warmtevraag (stoom)	-	E-stoomketels	E-stoomketels
Warmtebuffer	✓	✓	✓
Seizoensopslag LTO (< 25°C)	✓	✓	✓

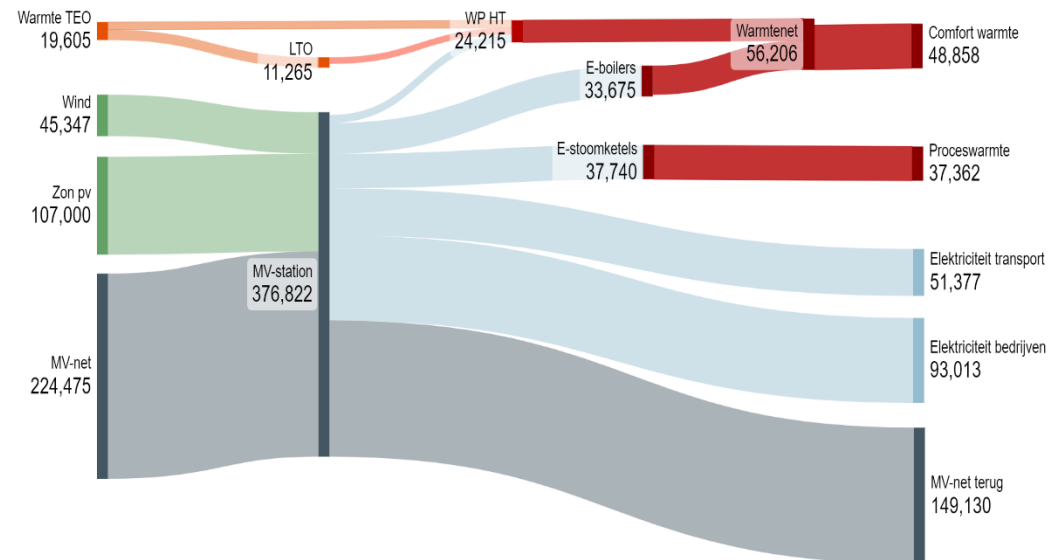
Scenario 'Geëlektrificeerd systeem' Berekende energiestromen

Energiestromen in MWh/jaar

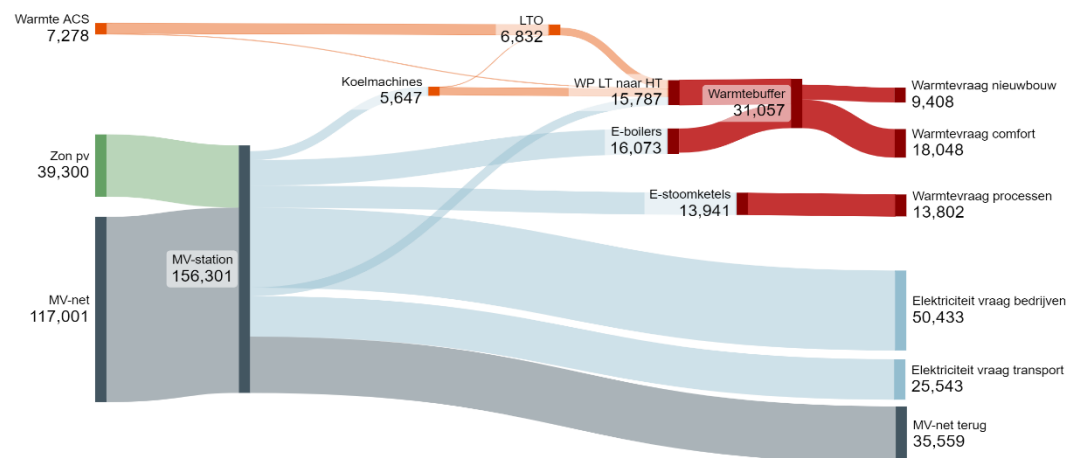
Isselt



Lage Weide



Ambacht en Nijverkamp



Scenario 'Power-to-X'

Aanvullende maatregelen

	Isselt	Lage Weide	Ambacht en Nijverkamp
E-hub elektriciteit	GDS	administratief	administratief
Warmtepomp laden MTO		✓	✓
Seizoensopslag MTO (25-40°C)		✓	✓
Warmtepomp MT-HT		✓	✓
Warmte van electrolyser	0.75 MW _{th}	0.75 MW _{th}	
Warmtepomp electrolyser	0,3 MW _e	0,3 MW _e	
Electrolyser (met slimme sturing)	6 MW _e	6 MW _e	
Waterstof transport	✓	✓	
Elektrisch transport	✓	✓	✓

Benodigde aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet

Elektrificatie

Isselt

Benodigde netcapaciteit [MW _e]	
Klassiek	Elektrificatie
9	48

x 5,7

Lage Weide

Benodigde netcapaciteit [MW _e]	
Klassiek	Elektrificatie
21	177

x 8,4

Ambacht-Nijverkamp

Benodigde netcapaciteit [MW _e]	
Klassiek	Elektrificatie
12	72

x 6,0

PtX

Benodigde netcapaciteit [MW _e]	
Klassiek	PtX
9	40

x 4,9

Benodigde netcapaciteit [MW _e]	
Klassiek	PtX
21	78

x 3,7

Benodigde netcapaciteit [MW _e]	
Klassiek	PtX
12	40

x 3,3



~
Conclusies en
discussie

AI

ULW

VAN

Verkenning: per locatie uitwerking van drie scenario's

Klassieke, fossiele energiesysteem

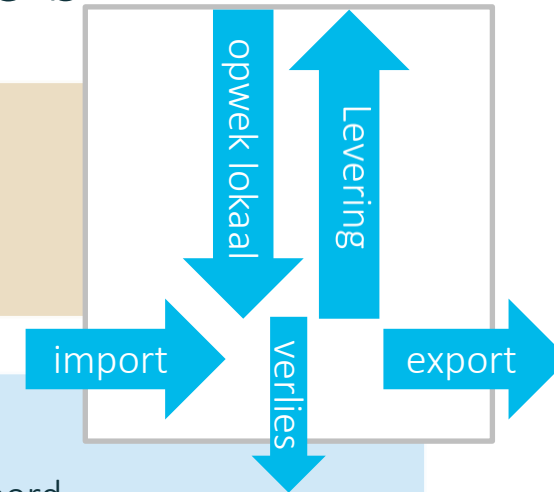
- Historisch scenario zonder lokale duurzame opwekking
- Warmtevraag ingevuld met import van aardgas
- Energievraag tbv transport ingevuld met import van diesel

Geëlektrificeerde energiesysteem

- Toekomstscenario zonder gebruik fossiele brandstoffen
- Elektriciteit gedeeltelijk lokaal duurzaam opgewekt, gedeeltelijk geïmporteerd
- **Lokale plannen** meegenomen, o.a. biomassa, TEO, TEA, elektrisch transport
- Overige warmtevoorziening, transport en mobiliteit **volledig elektrisch** ingevuld
- Gangbare ontwikkelingen: batterijen, cable-pooling en curtailment voor de opwekking van elektriciteit, warmtepompen en seizoensopslag van warmte

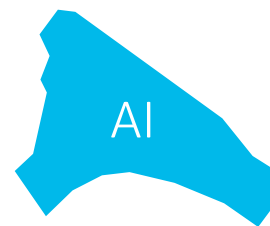
Power-to-X energiesysteem

- Bouwt voort op geëlektrificeerde energiesysteem
- verdergaande **slimme** combinatie duurzame warmtebronnen, opslag en conversie
- Grotere rol voor seizoensopslag van warmte; **diversificatie** van energiedragers met groene H₂
- Fysieke of administratieve **Energiehub**



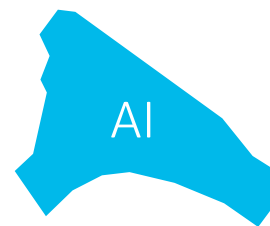
Over de methodiek

- Ontwikkeling van quick scan methodiek en selectie van drie cases gaven inzicht in voorwaarden voor Power-to-X aanpak.
- workshops gaven inzicht in ontwikkelingen bij betrokken partijen, en droegen bij aan verbinding tussen belanghebbenden in het gebied
- Met het ontwikkelde rekenmodel is het mogelijk geworden om energiesystemen met elektriciteit, warmte en transport in onderlinge samenhang door te rekenen op energiestromen, kosten en emissies.
- Vergelijking van drie energiesysteemsenario's voor elke locatie, met verschillende maten van diversificatie van energiedragers en verschillende samenwerkingsvormen.
- De schetsontwerpen en de technisch-economische analyses geven inzicht in oplossingsrichtingen voor het toekomstige energiesysteem, inclusief hun impact op kosten, emissies en de benodigde elektriciteitsnetcapaciteit
- Het onderzoek had het niveau van een verkenning: er zijn véél vervolgvragen!



Over de verkenning van het toekomstig energiesysteem met scenario's

- In deze verkenning is een integrale benadering van het energiesysteem toegepast, waarin de vraag naar elektriciteit, warmte en transport in samenhang is bekeken
- In het huidige, 'klassieke' energiesysteem wordt de energievraag ingevuld door elektriciteit, fossiel gas en transportbrandstof. De basislast én piekcapaciteit van warmte wordt in het klassieke systeem beide ingevuld door de gasaansluiting.
- In het toekomstig systeem wordt dit vervangen door lokaal opgewekte hernieuwbare energiebronnen in combinatie met elektriciteit van het net en import van andere energiebronnen. Door elektrificatie wordt de levering van elektriciteit, warmte en transport vervlochten tot één gecombineerd energiesysteem. De basislast en piekcapaciteit worden ingevuld door verschillende assets.
- Voor elk van de voorbeeldlocaties is de inzet op elektrificatie verwerkt in een toekomstscenario's 'elektrificatie'. In de 'PtX' scenario's is per locatie gezocht naar een toekomstig energiesysteem met een kleinere benodigde netcapaciteit.



Highlights van de techno-economische uitkomsten

Geëlektrificeerde energiesysteem
6 tot 9x grotere netcapaciteit dan
klassieke, fossiele energiesysteem



Power-to-X energiesysteem
3,5 tot 5x grotere netcapaciteit
dan klassieke, fossiele
energiesysteem

Slimme inzet van warmtepompen
en seizoensopslag zorgt voor meer
directe benutting van lokaal
opgewekte energie.

Energiehubs vergroten lokale
benutting verder d.m.v. aanbod-
gestuurde inzet van assets.

Scenario's 'Elektrificatie' leidt tot
51 tot 68% minder CO₂ emissies
dan het klassieke fossiele systeem.
'Power-to-X' leidt tot 66 tot 77%
minder CO₂ emissies dan het
klassieke fossiele energiesysteem.

PtX aanpak leidt tot 17 tot 34%
lagere energiekosten in vergelijking
met de scenario's 'Elektrificatie'.
De voorinvestering is daarentegen
6 tot 15% hoger.



Groene waterstofproductie kan
kosteneffectief worden ingepast
binnen de energiehubs

Elektrificatie leidt tot veel grotere benodigde netcapaciteit, toepassing van een energie-hub helpt

- De benodigde netcapaciteit is in het toekomstig energiesysteem aanzienlijk groter dan in het klassieke, fossiele energiesysteem. In de scenario's 'Elektrificatie', waarin huidige initiatieven en ideeën op de locaties zijn verwerkt, is een 6 à 9x grotere netcapaciteit nodig in vergelijking met het huidige, klassieke energiesysteem. Hierbij is al rekening gehouden met toepassing van een batterij.
- In de 'PtX'-scenario's zijn maatregelen toegepast om de benodigde netcapaciteit te beperken. In deze scenario's is een 3,5 à 5x grotere netcapaciteit nodig in vergelijking met het klassieke energiesysteem. Met name de toepassing van een administratieve energiehub, waarin opwek en vraag zoveel mogelijk worden uitgewisseld, zorgt voor een kleinere benodigde capaciteit. Aanvullend zijn toepassing van een batterij, de inpassing van een slim aangestuurde electrolyser en slimme inzet van warmtepompen en seizoensopslag.
- De berekende benodigde aansluiting op het elektriciteitsnet zijn (uiteeraard) afhankelijk van de aannames die in deze studie zijn gedaan, zoals de invulling van het toekomstig energiesysteem, de aanname dat geen energiebesparing of groei van de energievraag plaatsvindt, en de aanname dat *alle* elektriciteit onderling uitgewisseld kan worden in de energiehub.



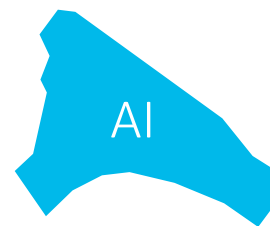
Over de verduurzaming van de warmtevraag

- De warmtevraag heeft een badkuipprofiel, met de grootste (piek)vraag in de winter.
- De warmtevraag wordt in de toekomstscenario's verduurzaamd door toepassing van warmtepompen, in combinatie met omgevingswarmte en seizoensopslag. De elektriciteit komt van eigen opwek of vanuit het net.
- In de toekomstscenario's zijn de pieklevering en de levering van industriële proceswarmte in de scenario's Lage Weide en Ambacht volledig elektrisch ingevuld. Dit vertaalt zich direct in een grotere benodigde elektrische aansluitcapaciteit. Op Isselt wordt gebruik gemaakt van biomassa als piekvoorziening, waardoor de elektrische aansluitcapaciteit voor het terrein beperkt kan blijven.
- Import van duurzame gassen, zoals groene waterstof, is in deze studie niet opgenomen. Deze optie kan echter – net als toepassing van biomassa op Isselt – een belangrijke bijdrage leveren aan beperking van de benodigde aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet.



~ Slimme inzet van warmtepompen en seizoensopslag voor een grotere benutting van lokale opwek

- Slimme inzet van warmtepompen en seizoensopslag resulteert in een grotere directe benutting van lokaal opgewekte energiebronnen.
- Het aanbod van omgevingswarmte is in de zomer het hoogst. In alle toekomstige energiesystemen is daarom seizoensopslag van warmte voorzien, zodat een overschot aan zomerwarmte kan worden opgeslagen voor benutting in de winter. Opmerking: LTO is proven technology, MTO is marktrijpe technologie, waarbij het juridisch kader nog geschetst moet worden.
- De opwekking van elektriciteit door zon-pv is in de zomer het hoogst. Met MTO-seizoensopslag kunnen warmtepompen slim worden ingezet: in de zomer, in perioden met overschot aan duurzame elektriciteit, wordt het temperatuurniveau van de warmte alvast verhoogd tot MT, zodat in de winter minder elektrisch vermogen nodig is. Dit is toegepast in de PtX-scenario's van Lage Weide en Ambacht-Nijverkamp.
- De koppelingen in de Energiehub maken het mogelijk om verdere benutting van lokale opwek te realiseren door middel van aanbod-gestuurde inzet van assets.



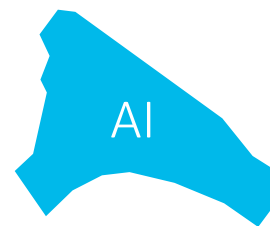
Over de verduurzaming van transport

- In de toekomstscenario's is elektrificatie van transport voorzien. Daarbij moet de kanttekening worden geplaatst, dat voor lange-afstand transport en voor de binnenvaart elektrificatie een aantal nadelen kent, zoals beperkt transportbereik, verminderde transportcapaciteit en lange laadtijden. Deze nadelen zijn niet verwerkt in de technisch-economische analyse.
- In de PtX-scenario's van Isselt en Lage Weide is een gedeelte van het transport ingevuld met lokaal geproduceerde waterstof. Uit de technisch-economische analyse blijkt dat groene waterstofproductie kosteneffectief kan worden ingepast binnen de energiehub.
- Als alternatieve aanpak is het mogelijk om groene waterstof te importeren over de weg of via het gasnet (revisie van het gasnet benodigd).
- Een gedetailleerde afweging tussen elektrificatie en toepassing van waterstof bij transport valt buiten de reikwijdte van deze studie.

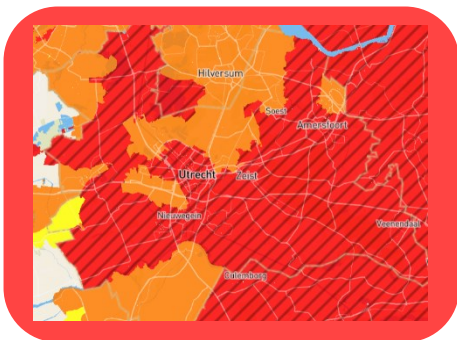


Wat is de meerwaarde van de integrale PtX aanpak?

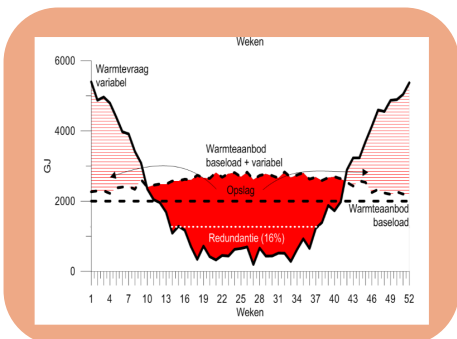
- Bij de PtX aanpak kunnen diversificatie en integrale benadering van opwek, opslag, conversie en gebruik leiden tot een kosteneffectieve, flexibele verduurzaming, waarbij de benodigde uitbreiding van netcapaciteit beperkt blijft. Groene waterstofproductie kan zo nodig kosteneffectief worden ingepast. De koppelingen in de energiehubs maken het mogelijk om verdere benutting van lokale opwek te realiseren door middel van aanbod-gestuurde inzet van assets.
- De PtX aanpak leidt tot hogere mate van benutting van lokaal opgewekte energie, in vergelijking met de referentie scenario's 'Elektrificatie'. Hierdoor is minder import en export van energie naar het bedrijventerrein nodig. Energie import blijft echter nodig.
- De PtX aanpak leidt tot 17 tot 34% lagere energiekosten in vergelijking met de scenario's 'Elektrificatie'. De voorinvestering is daarentegen 6 tot 15% hoger.
- De PtX aanpak leidt tot een kwart tot de helft lagere CO₂ emissie in vergelijking met de scenario's 'Elektrificatie'. De grootste bijdrage hieraan is het feit dat bij het geëlektrificeerde energiesysteem veel meer elektriciteit wordt geïmporteerd en geëxporteerd, waarbij wij aannemen dat import van elektriciteit leidt tot CO₂ emissies maar export van elektriciteit niet leidt tot reductie van de CO₂ emissies. De achterliggende reden is dat het erg onduidelijk is wat de export van elektriciteit oplevert op momenten van hoge duurzame opwekking in een toekomstig energiesysteem.



Drie knelpunten, met oplossingsrichtingen (overzicht)



- Zet 2X piekvermogen duurzame opwekking op dezelfde aansluiting als 1X piekvermogen afname
- Invulling piekvoorziening (m.n. warmte) d.m.v. andere energiedragers, zoals duurzame gassen



- Seizoensopslag warmte: benut overschot omgevingswarmte en elektriciteit in de zomer: Opslagtemperatuur verhogen d.m.v. warmtepompen

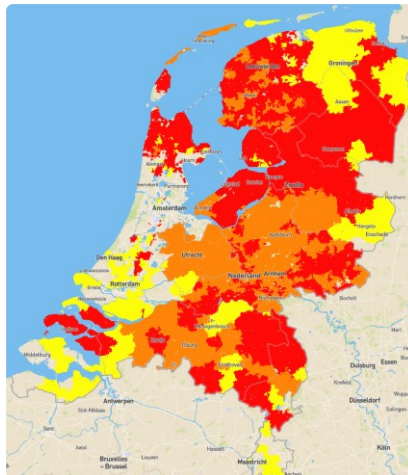


- Waterstof i.s.m. elektriciteit kan diesel vervangen voor transport en mobiliteit
- Koppelkansen lokale elektrolyse met warmte, netcongestie, waterzuiveringsprocessen
- Import van groene H₂ voor lokaal energiesysteem met beperkte elektriciteitsnetcapaciteit, daarmee ook piekvoorziening

Drie knelpunten, drie oplossingsrichtingen (1)

Capaciteitsproblemen

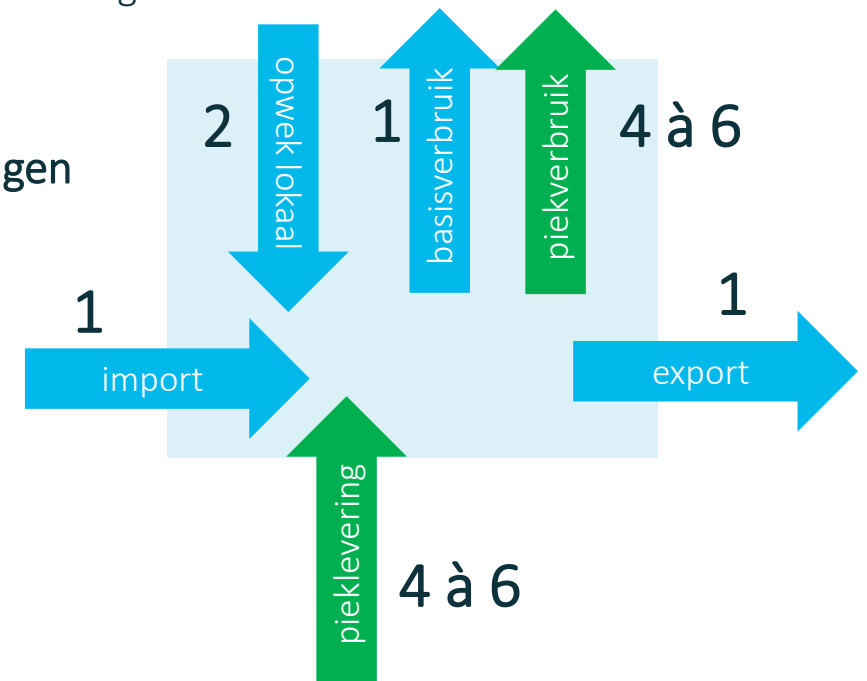
- Elektrificatie en decentrale opwek zorgen voor **netcongestie**
- Noodzaak voor **lokale opwek** en **lokaal verbruik**, minder transport van energie



Oplossingsrichtingen

- Verhouding capaciteiten: laat verbruikers de capaciteit van de netaansluiting bepalen. Plaats daarbij dan 2x zo veel piekcapaciteit aan duurzame opwekking.
- Door wisselende inzet is de teruglevercapaciteit daarmee ook gedekt zonder aanvullend netcapaciteit.
- Zoek voor invulling van de piekvraag (met name warmte) naar andere energiedragers, zoals duurzame gassen.

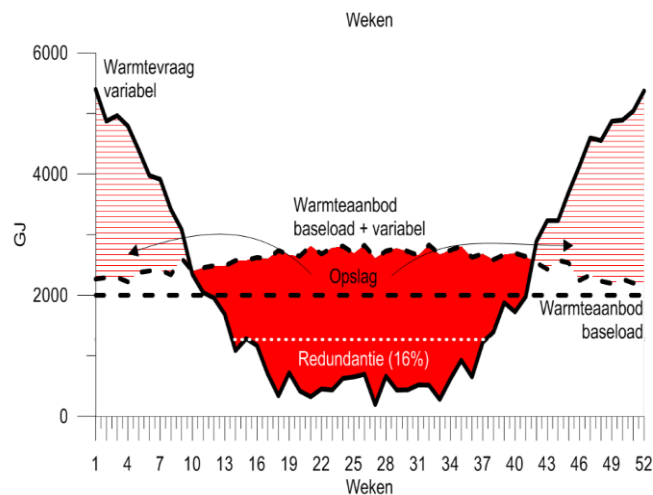
Verhoudingen capaciteit



Drie knelpunten, drie oplossingsrichtingen (2)

Balanceringsvraagstukken

- Opwek zon & wind **niet tegelijk** met vraag naar energie
- Noodzaak **opslag & conversie** van energie: seizoen- en dag/nachtoverbrugging



Oplossingsrichtingen

- Dag/nacht overbrugging voor levering van elektriciteit en warmte door middel van batterijen en dagbuffer
- Seizoensopslag van warmte: in de zomer benutten van overschot lokale omgevingswarmte én elektriciteit opwek. Opslagtemperatuur zo hoog mogelijk: warmtepompen inzetten in de zomer voor laden van warmte. Randvoorwaarden bodemenergie: bodemgeschiktheid, beperkt energieverlies in de bodem, wettelijk kader
- Voor invulling van de piekvoorziening: zoek naar andere energiedragers, en bekijk de hele keten van opwek, opslag, conversie en levering. Het gaat bij pieklevering om grote capaciteit en beperkte inzet: rendement en kosten moeten met die blik worden bekeken.

Drie knelpunten, drie oplossingsrichtingen (3)

Verduurzaming mobiliteit

- Elektrische motoren **niet altijd toepasbaar** op zwaar verkeer
- Waterstofvoertuigen nog in **pilotfase**
- Noodzaak **opschaling** (praktijk)onderzoek & testcases



Oplossingsrichtingen

- In een fossielvrij systeem vormt transport ongeveer een kwart tot een derde van het energie eindverbruik op een bedrijventerrein.
- Benutting van waterstof als energiedrager naast elektriciteit maakt het mogelijk om dieselgebruik uit te faseren voor alle transport en mobiliteitstoepassingen
- Koppelkansen met warmte (benutting restwarmte), met netcongestie (peak-shaving) en met processen in de waterzuiveringsketen (o.a. toepassing zuivere zuurstof) bij lokale waterstofproductie
- Import van groene waterstof als sluitsteen voor lokaal energiesysteem met beperkte elektriciteitsnetcapaciteit. Daarmee kan mogelijk ook de piek-warmtevraag worden ingevuld.



~
Kansen en
vervolgonderzoek



Huidige denkrichting, knelpunten en kansen

Veel van de huidige ideeën voor het uitfaseren van fossiele brandstoffen draaien om elektrificatie, gepaard met netverzwaring.

Nu de grenzen van ons elektriciteitsnet, ondanks de verzwaringen, in grote delen van NL in zicht zijn (of zelfs al zijn overschreden) is de eerste denkrichting om *slimmer* met de elektriciteit om te gaan.

- Dat helpt! Dus laten we initiatieven vooral doozetten!
- Tegelijkertijd: de benodigde capaciteit voor import van duurzame energie wordt zóveel groter, dat alleen slimmer omgaan met elektriciteit niet genoeg helpt!

Bij de inrichting van het toekomstige energiesysteem biedt een integrale afstemming tussen assets voor elektriciteit, warmte en transport kansen voor een lagere benodigde netcapaciteit, een grotere lokale benutting van eigen opwek, lagere energiekosten en minder CO₂ emissies.



Vervolgstappen voor de onderzochte casussen

Voor betrokken partijen bij de lokaties zoals provincie, gemeente, lokale bedrijven, energiebedrijven en andere organisaties, biedt deze studie inzicht in toekomstige ontwikkeling van het energiesysteem.

De uitgevoerde analyses zijn omvangrijk: verdere toelichting op de uitgevoerde stappen en de resultaten kan leiden tot beter begrip van de uitdagingen bij verduurzaming van bedrijventerreinen en benutting van inzichten:

- workshop resultaten en lessons learned
- verdere optimalisatie verduurzaming zonder belasting van het net
- workshop implementatiemogelijkheden en vervolgstappen
- nader onderzoek concrete haalbaarheid



Vervolgonderzoek: verdieping en verbreding huidige studie. Hoe ver kun je gaan met slim elektrificeren?

Evaluaties van groter palet van ontwerpkeuzes en slimme aansturing:

- Verdergaande vergelijking tussen de uitgewerkte locaties
- Gevoeligheidsanalyses t.b.v. minimaliseren van aansluitcapaciteit
- Toepassen alternatieve stuurprincipes zoals AI-gedreven modellen
- Optimalisatie van opgestelde capaciteiten

Geavanceerde prijsmodellen:

- korte termijn energiemarkten (bijv. APX)
- balancerende markten, GOPACS handelsplatform



Vervolgstappen voor andere locaties en witte vlekken

Voor betrokken partijen bij andere bedrijventerreinen, kan de uitgewerkte methode meerwaarde bieden:

- Verkenning van verduurzaming van het bedrijventerrein
- Consequenties elektrificatie van warmte en transport voor netcapaciteit
- Opzet en analyse van toekomstscenario's
- Optimalisatie van het toekomstig energiesysteem
- Vergelijking van meerdere bedrijventerreinen binnen een gemeente of provincie

Vervolgonderzoek voor invulling van witte vlekken zoals:

- Hoe sluit je een bedrijventerrein aan als er géén elektriciteitsaansluiting is?
- Hoe zien de transitie-eindbeelden eruit en via welke transitiepaden kunnen we die bereiken?





Verder kijken

Energietransitie-eindbeeld voor gebruik in NL is grofweg*:

- 50% elektriciteit
- 50% duurzame gassen (o.a. groene waterstof)

Decentrale productie van *voldoende* hernieuwbaar gas is in Nederland moeilijk of zelfs onmogelijk in te passen.

Voor bedrijventerreinen kan import van duurzaam gassen, zoals waterstof, het “gat” dichten!



KWR

De transportcapaciteit van het NL gasnet is meer dan 10x zo groot dan de transportcapaciteit van het NL elektriciteitsnet



Groninghaven 7
3433 PE Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl



@KWR_Water



KWR



KWR_Water


Link naar
inhoudsopgave




Daniël Bakker

Daniel.Bakker@kwrwater.nl
+31 30 606 9544




Marette Zwamborn

Marette.Zwamborn@kwrwater.nl
+31 30 606 9677




Diederik van Hasselt †