

EnergyNL2050
een CO₂vrij energie systeem voor NL
samenvatting
excursie Zonnepark Altweerderheide

10 november 2021

Koen (C.M.) Huizer, E. Persoon, L. Boonstra,
S. Luitjens, P. van Moerkerken
KIVI Elektrotechniek

KIVI Elektrotechniek EnergyNL2050

- Een onderzoek van 2016 tot en met heden
- 2016-2017: EnergyNL2050.
 - KIVI bijeenkomsten over het energie systeem van NL in 2050
 - Een groot aantal experts geven hun visie
- 2018: Een kleine groep KIVI ingenieurs gebruikt deze informatie om een energie systeem te ontwerpen zonder CO2 emissie op basis van hoofdzakelijk zon en wind
- 2020: De studie wordt uitgebreid met gedetailleerde systeem simulaties en een financiële analyse waarmee aangetoond wordt dat het systeem "haalbaar en betaalbaar" is
- 2021: Diverse discussies binnen en buiten KIVI. Emissie reductie zeer urgent geworden. Brainstorm gehouden over vervolgonderzoek.



2018

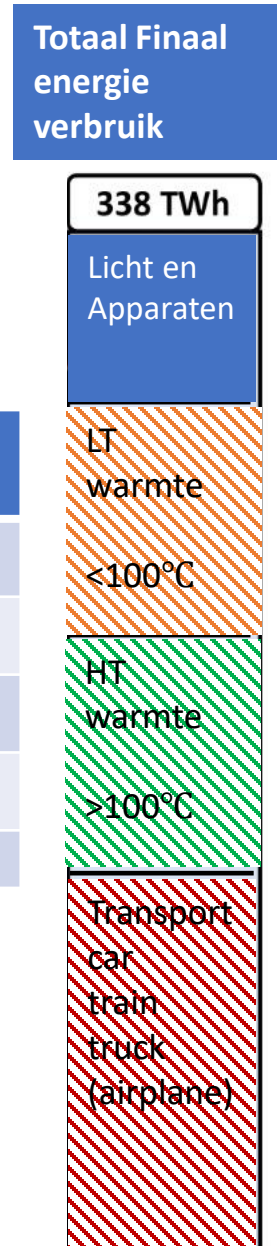


2020

Onze aannames en benadering (1) (finaal) energie verbruik

- **Elektrificatie waar mogelijk – waterstof waar nodig**
 - **weg transport batterij of waterstof elektrisch**
 - luchtverkeer met synthetische kerosine op basis van waterstof
 - **ruimteverwarming met warmtepomp of warmtenet met restwarmte**
 - waterstof via elektrolyse voor ammonia (kunstmest)
 - staal met DRI en EAF
 - waar mogelijk hergebruik grondstoffen (plastics, staal)
- **Gevolg: sterke reductie energieverliezen en daardoor besparing op primaire energie**
- Wij volgen de indeling CE-Delft: Licht & Apparaten, LT warmte, HT warmte en transport
- wij rekenen H2 als industriële grondstof (voor kunstmest, staal) mee in HT warmte
- Prognose voor 2050 van het finaal energieverbruik gebaseerd op CBS/PBL gegevens is 338 TWh per jaar, waarvan 206 TWh elektrisch. Zie tabel.
- Bunkerbrandstoffen voor internationale sloop en luchtvaart zijn alleen meegenomen voor NL deel
- Onze aannames zijn in lijn met de methodiek volgens internationale afspraken (Parijs) en NL Klimaat akkoord.

Elektrisch Finaal energie verbruik	TWh
Licht & Apparaten/Kracht	127
LT warmte	26
HT warmte	25
Batterij Elektrisch Vervoer	28
Totaal	206



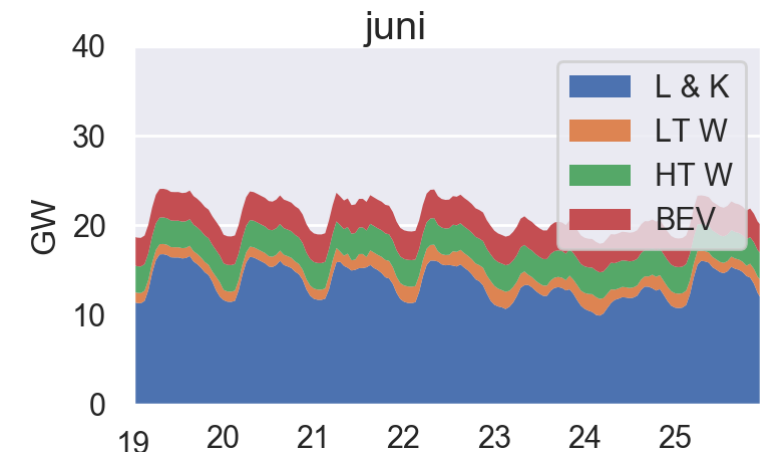
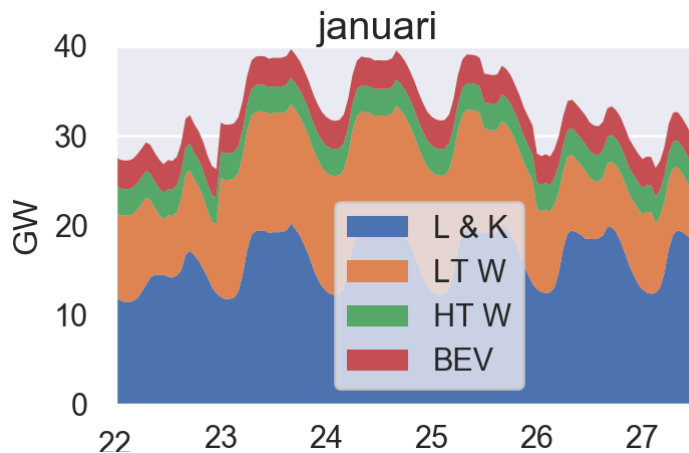
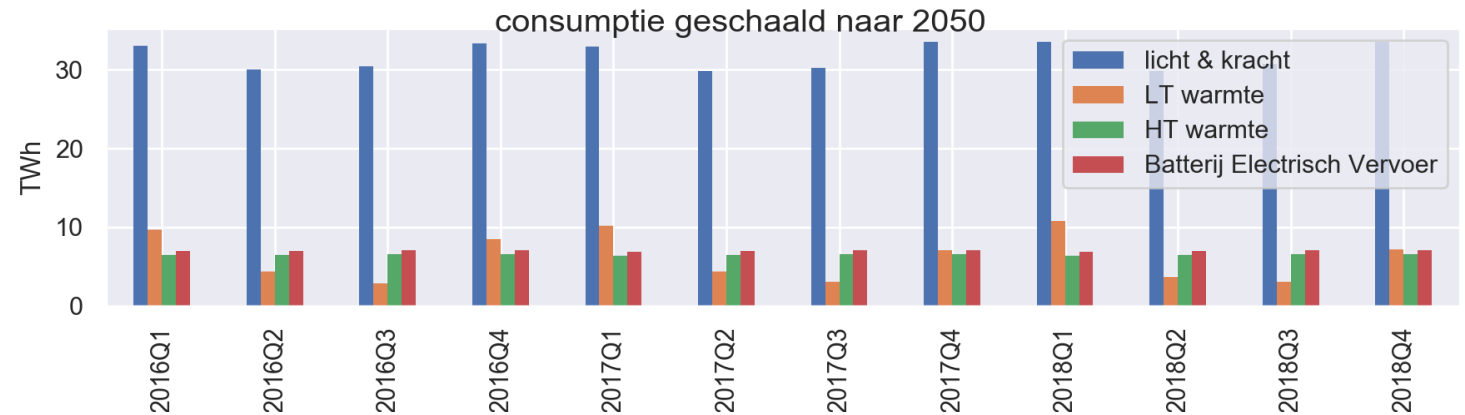
Elektrische energie consumptie 2050

Geschaalde historische uur gegevens TenneT & KNMI 2016-2018

Verwerking:

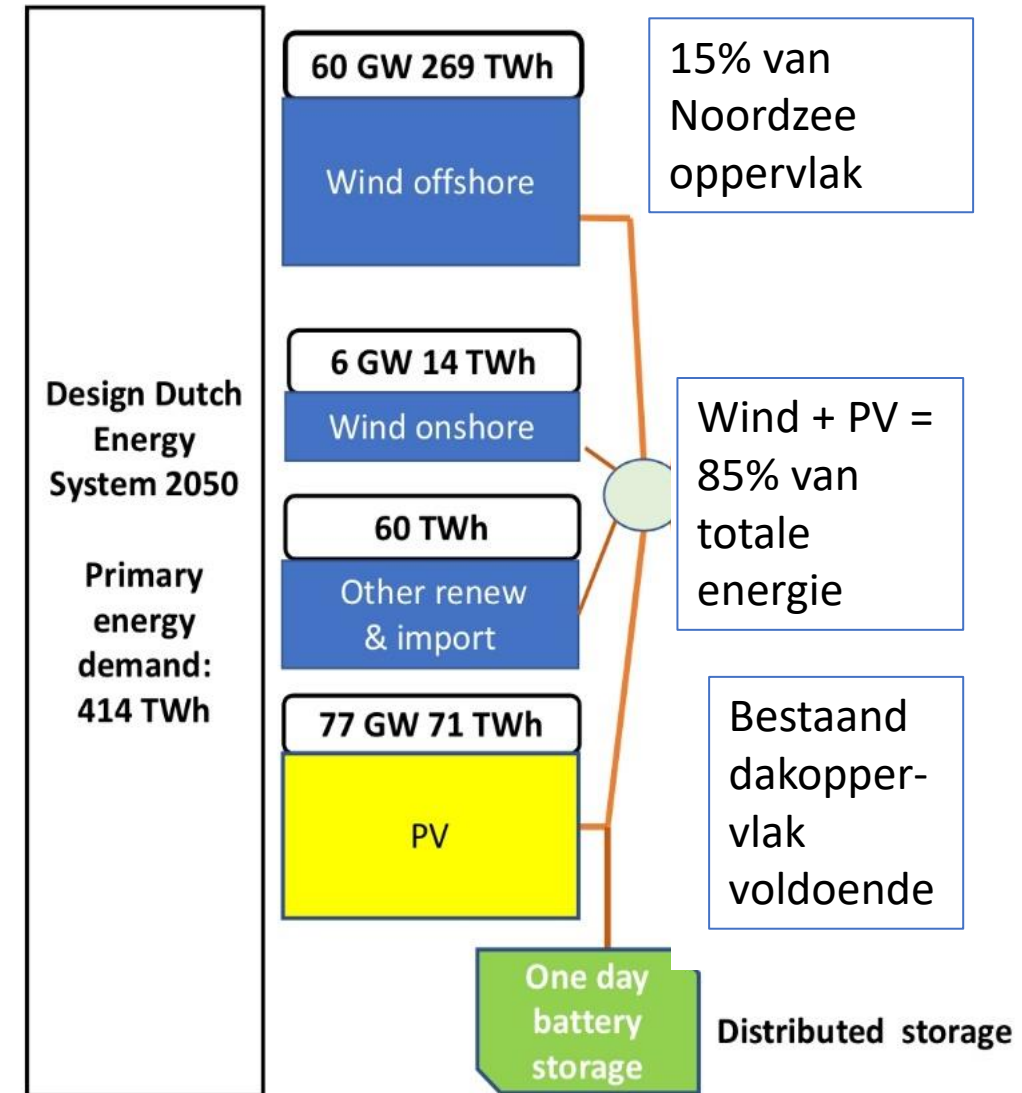
- lineaire schaling licht & kracht naar 127 TWh
- voeg elektrische energie consumptie toe voor:
 - LT warmte op basis van omgevings-temperatuur en warmtepomp model met "stress test": 3 winterdagen -10 °C
 - HT warmte (constant profiel)
 - opladen Batterij Elektrisch Vervoer

Piek consumptie verdubbelt van 20 tot 40 GW !



Onze aannames en benadering (2) energiebronnen

- Voor de energiebronnen gebruiken we zoveel mogelijk energie van eigen bodem en dit zijn voornamelijk wind en zon
- De overige energie komt van import of andere lokale bronnen maar we vermijden het gebruik van fossiele brandstoffen
- 80-20 verhouding wind en zon is gunstig ivm seizoenseffect
- Noordzee levert belangrijkste aandeel



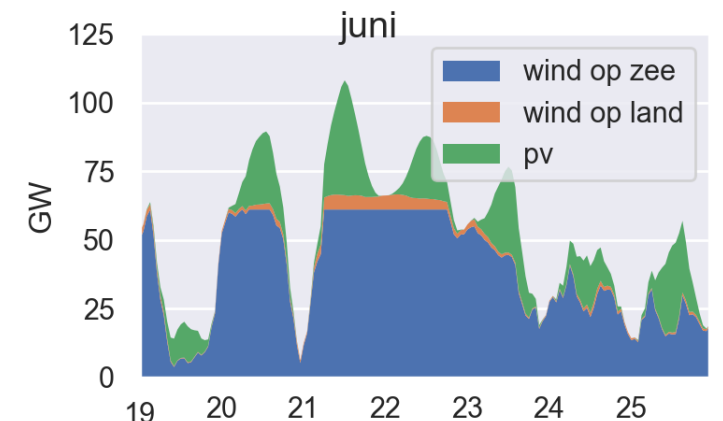
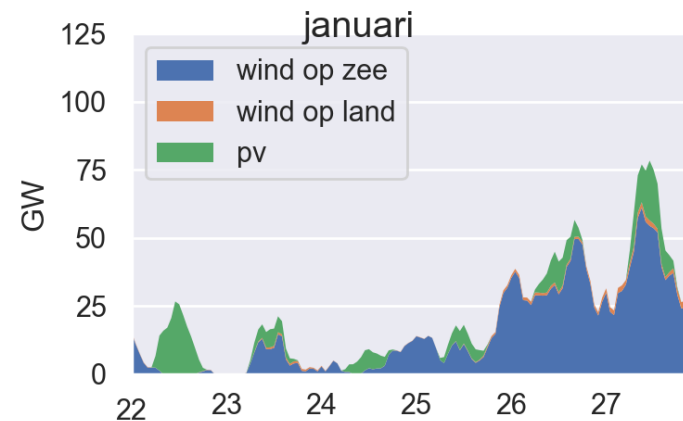
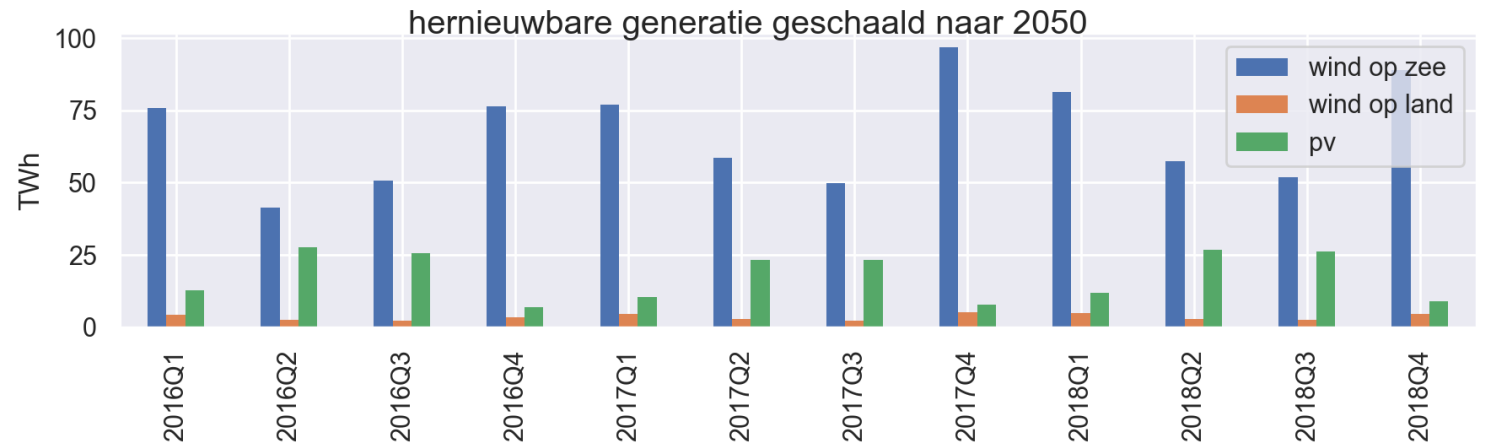
Energie generatie 2050

Geschaalde historische uur gegevens TenneT 2016-2018

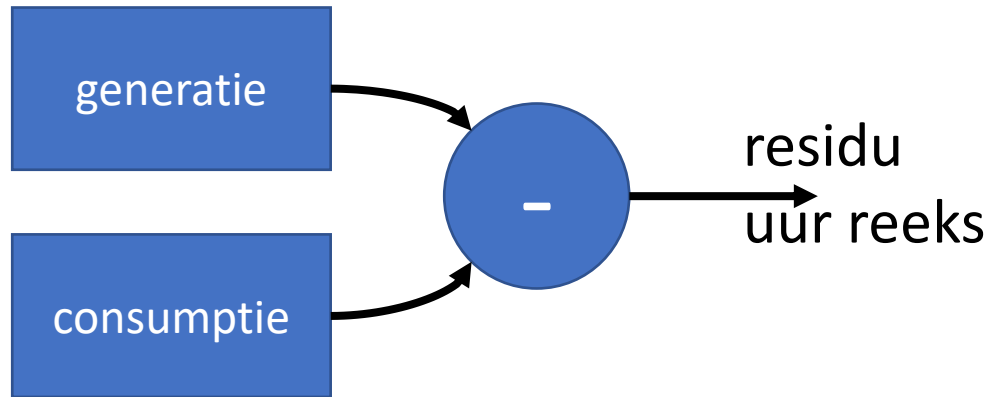
Verwerking:

- lineaire schaling van jaar generatie wind zee + wind land + pv naar 269+14+71 TWh
- compensatie groei geïnstalleerd vermogen gedurende 2016-2018
- compensatie voor de verwachte groei van het aantal vollasturen van wind op zee tot 50%
- compensatie voor verwachte groei van het aantal vollasturen van PV door oost-west ligging

Sterke variatie in totaal momentaan opgewekte energie van zeer laag tot >100 GW



Power Duration Curve residu elektriciteit generatie minus consumptie noodzaak energie opslag



Jaarlijks positief residu 193 TWh

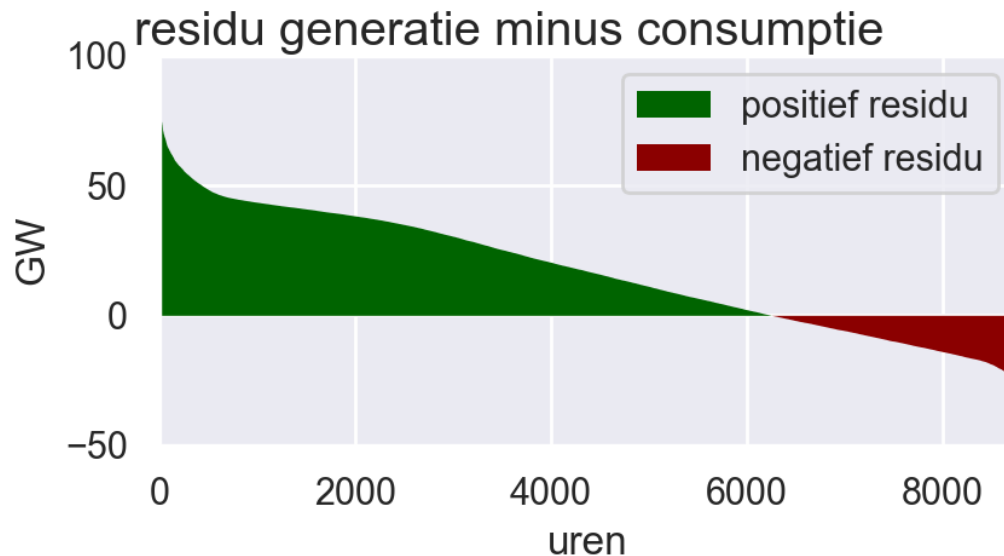
- 6100 uur
- piek residu vermogen **90 GW**
- wordt omgezet naar waterstof via elektrolyse

Jaarlijks negatief residu van 21 TWh

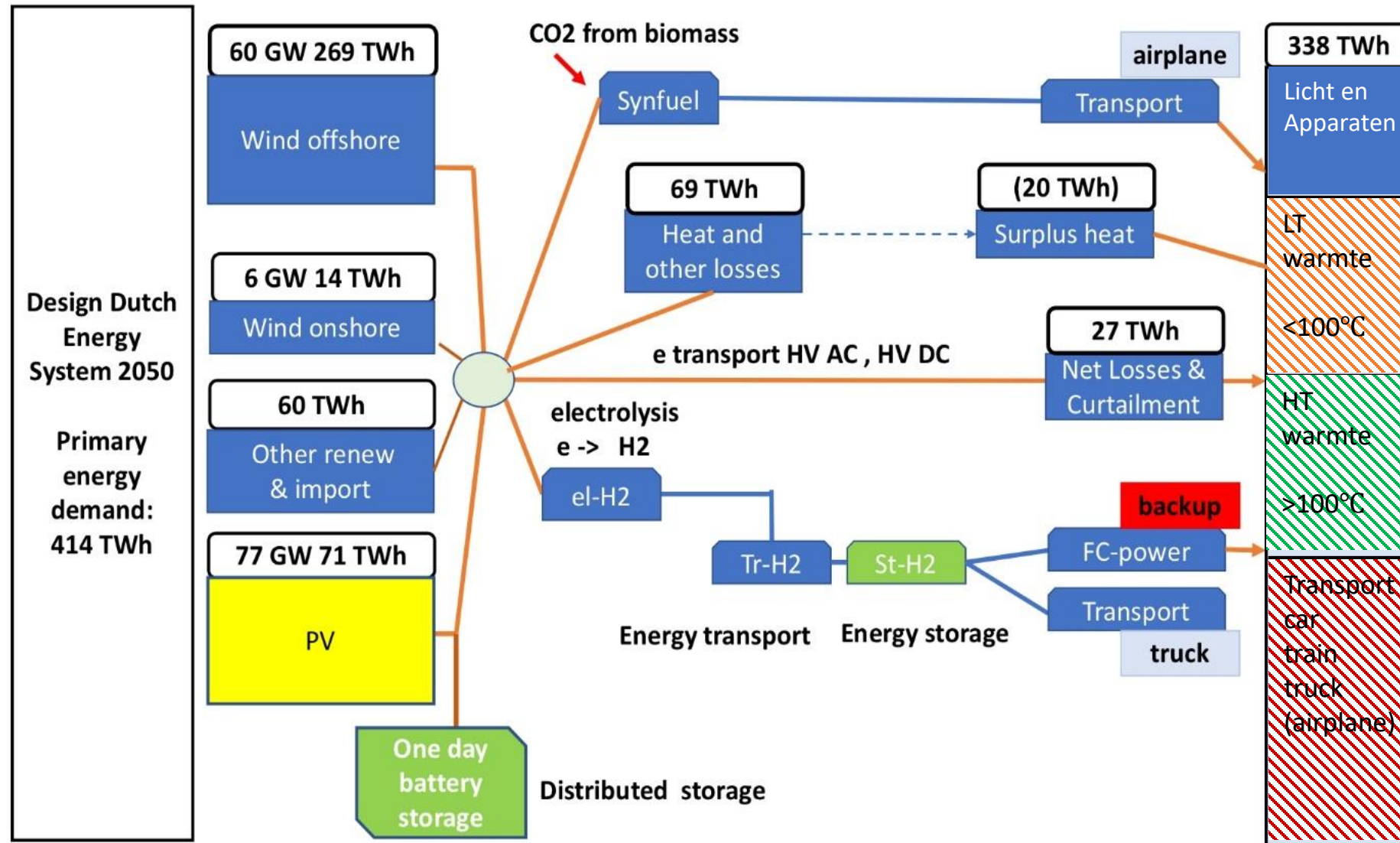
- 2600 uur
- piek residu belasting **33 GW**
- Negatief residu 21 TWh gedurende 2600 uur, piek vermogen 33 GW

Opvang van de onbalans:

- slim laden van BEV's en dergelijke verschuift consumptie
- batterij buffer verschuift generatie
- brandstofcellen genereren backup-electriciteit

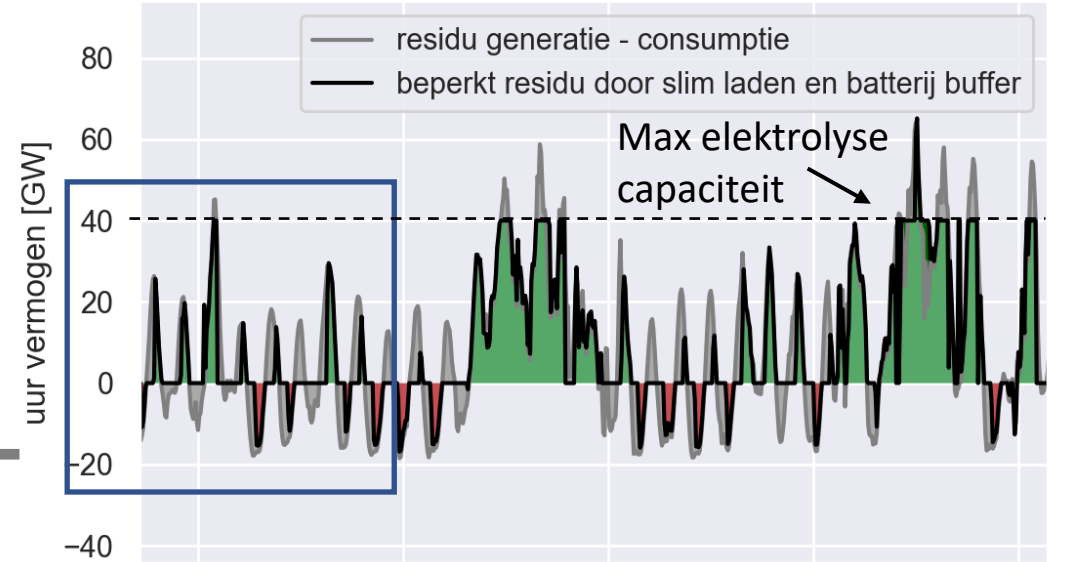
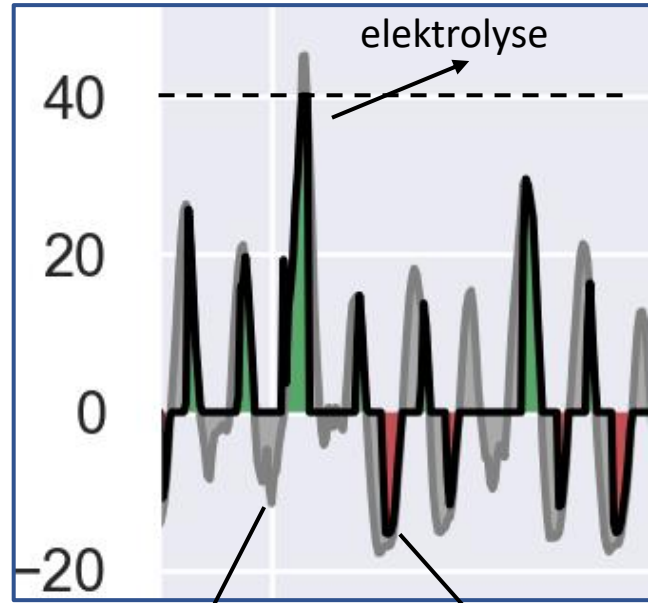


Onze aannames en benadering (3) systeemoverzicht



Buffer simulatie en optimalisatie

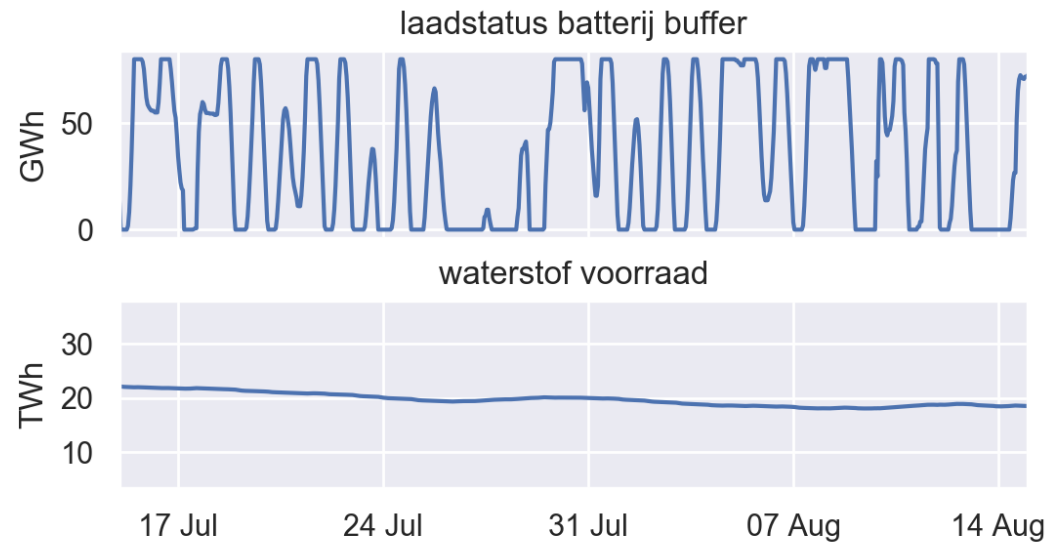
Buffer	"round-trip" rendement
Slim laden	100%
Batterij buffer	95%
Waterstof buffer (elektrolyse – brandstof cel)	37%



verschoven in de tijd brandstofcel

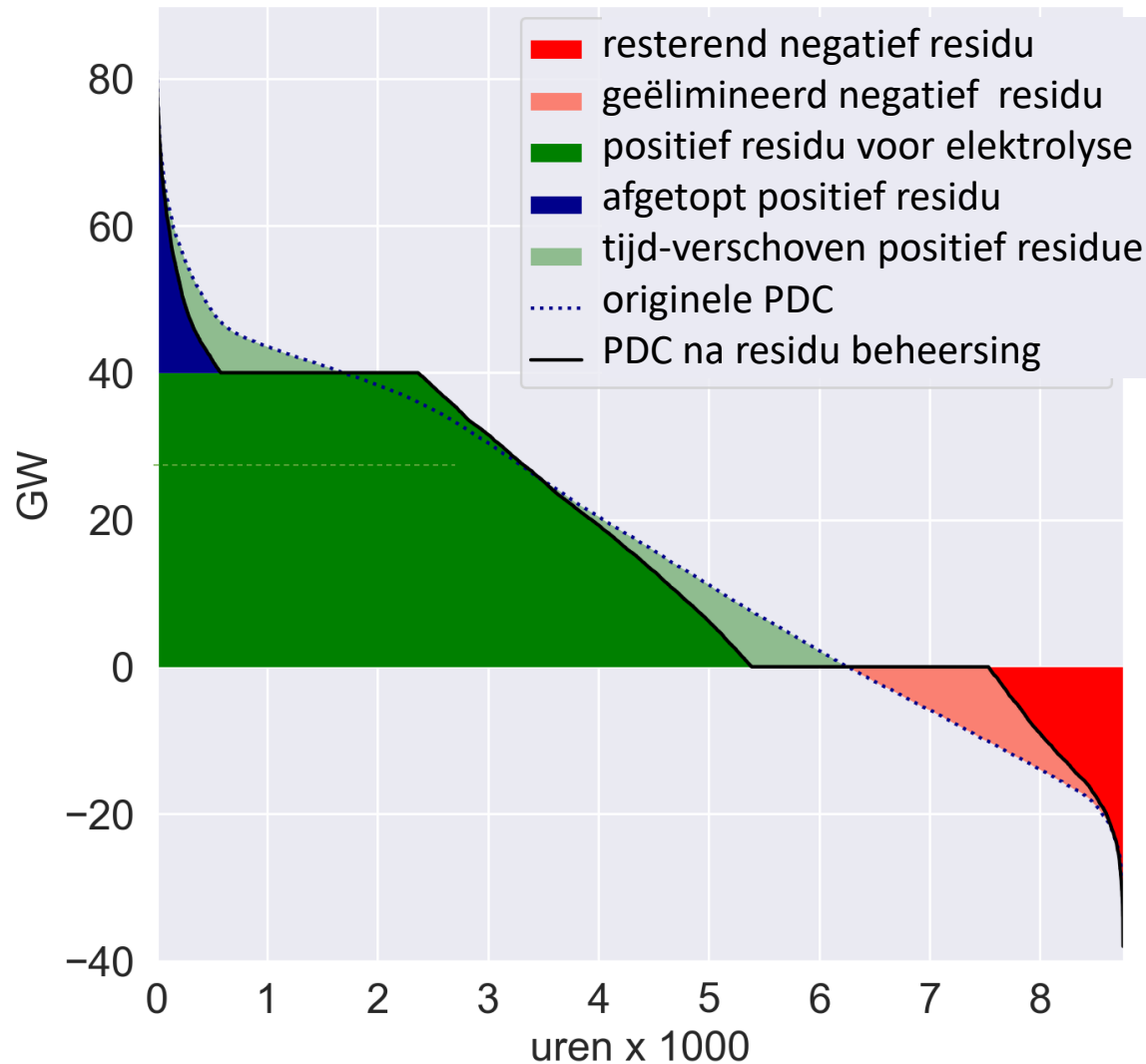


verloop waterstof voorraad in 3 jaar



Effectiviteit residu beheersing

PDC residu beheersing



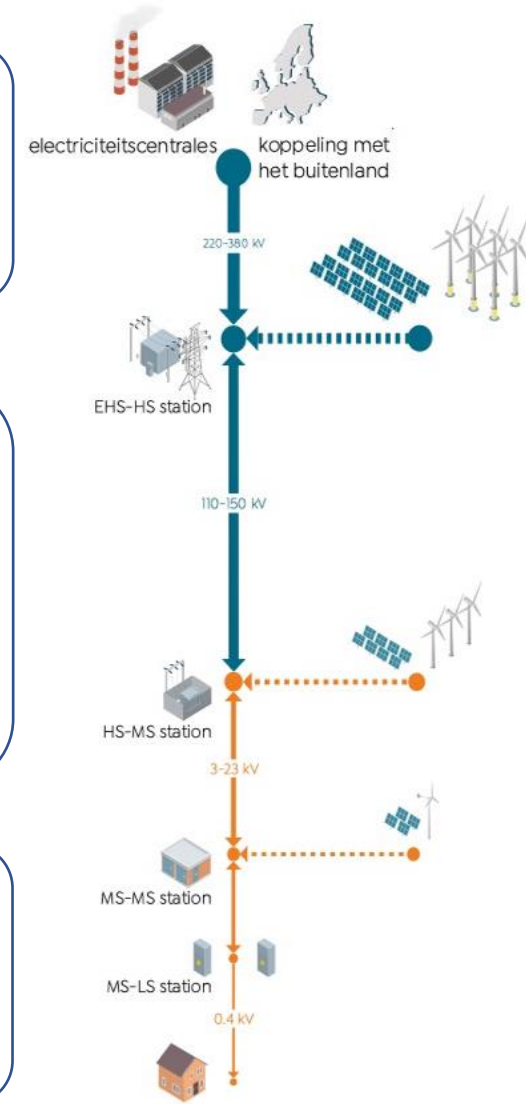
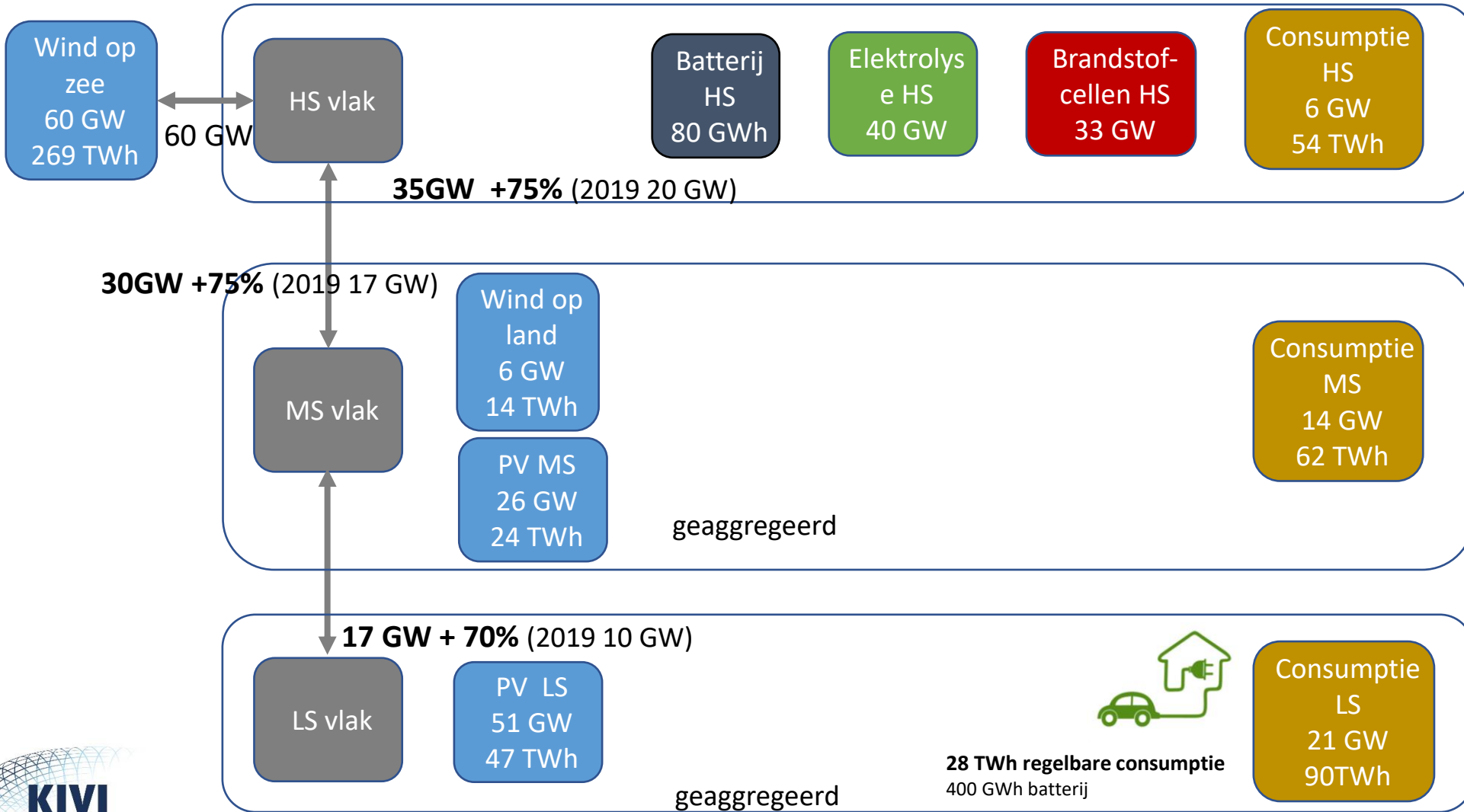
- Capaciteit: elektrolyse 40 GW, batterij opslag 80 GWh, brandstofcellen 40GW
 - Energie levering gegarandeerd tijdens alle condities
 - Resterend afgetopt residu 6,3 TWh, aanzienlijk gereduceerd
 - Negatieve residu significant
 - Lage gebruiksfactor voor de brandstof cellen (ca. 1000 uur):
 - gunstig voor algehele efficiency van het systeem
 - maakt gebruik van low-cost (auto-industrie) technologie bruikbaar.
- Opmerking: USA DoE doelstelling \$30/kW (stack)



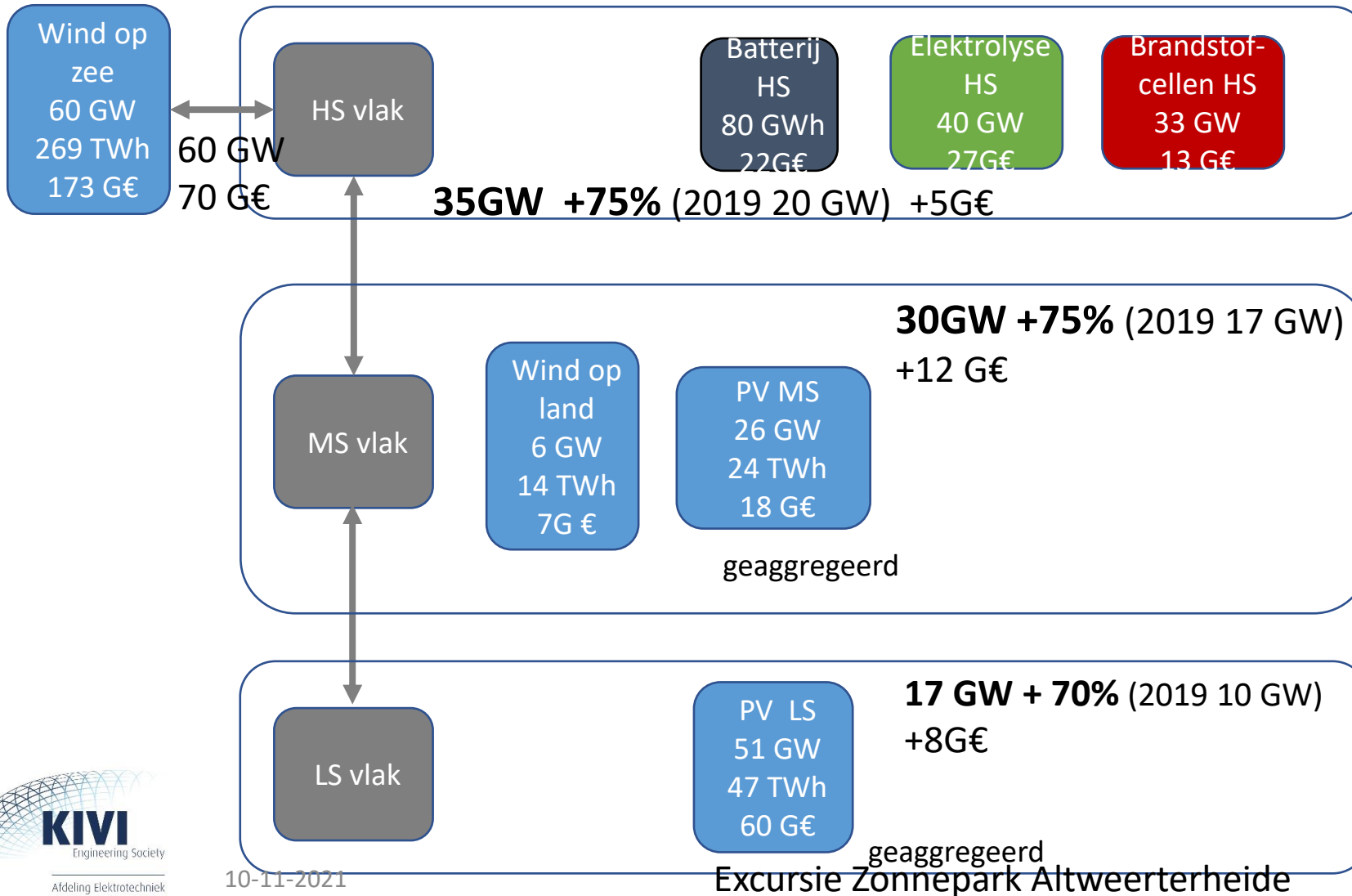
16 September 2020 - Hyundai Motor Company today began shipping its proprietary fuel cell system to Europe for use by non-automotive companies including a Swiss hydrogen solution firm, GRZ Technologies Ltd.

source Hyundai

Locatie elektrolyse, batterij opslag, brandstof cellen 2050 gecentraliseerd - 75% netwerkverzwaring t.o.v. 2019



Investerings miljard € prijspeil 2020



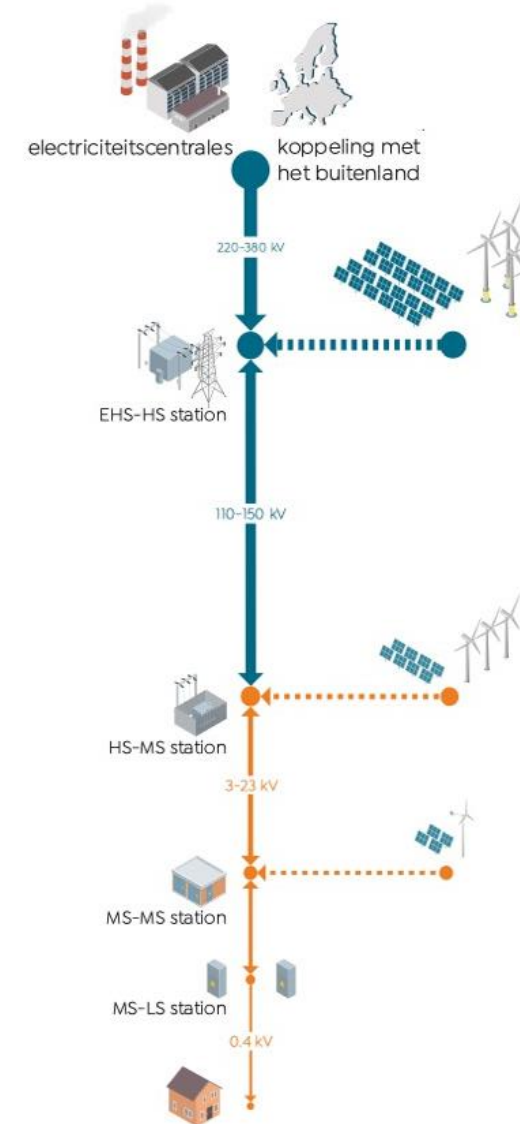
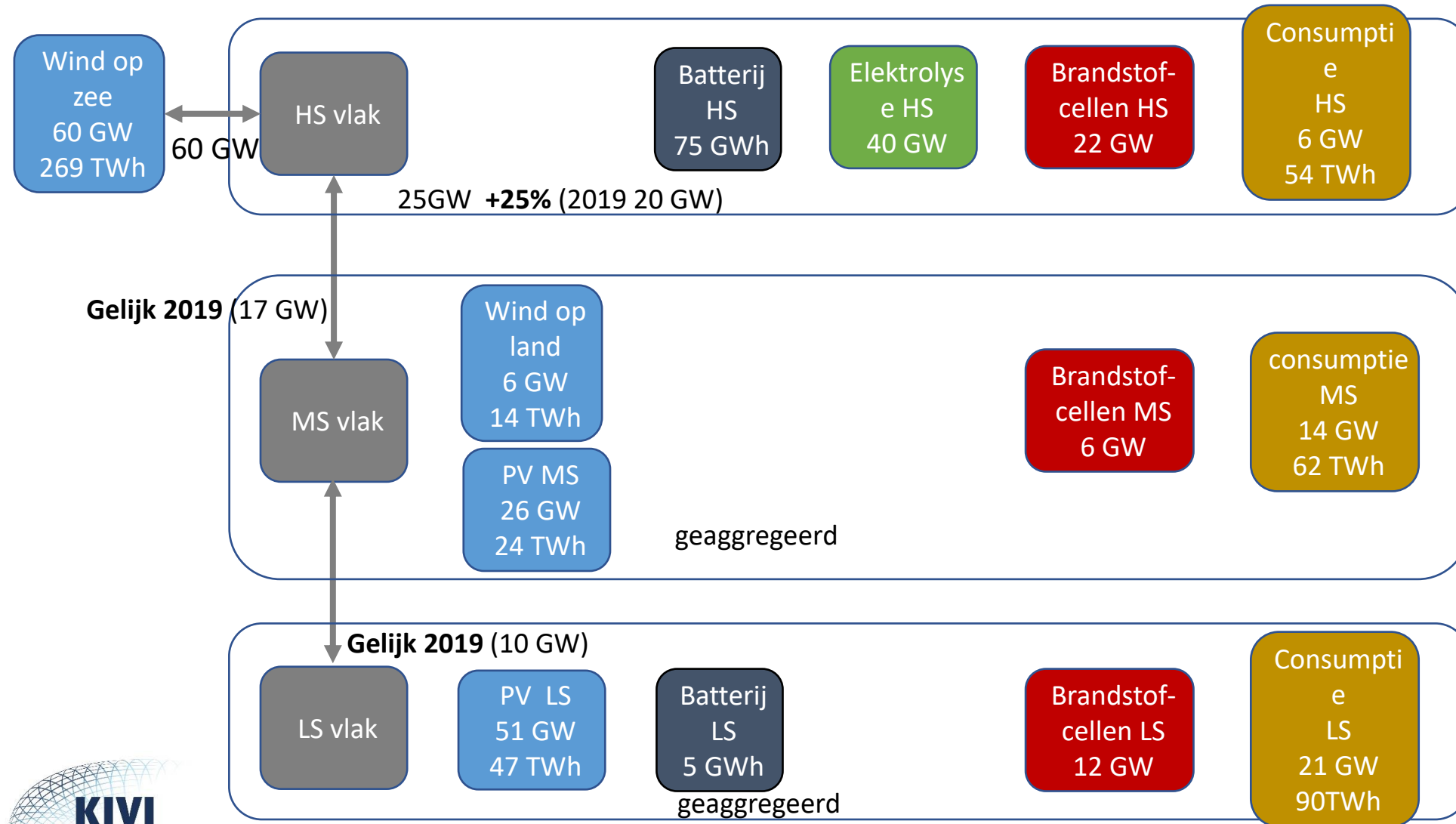
- Levensduur netwerk verzwaring 50-100 jaar
- onrendabele top woning verbetering: 160 miljard €
- waterstof opslag 10 miljard €

Investering	miljard €	opmerking
Generatie (Wind, PV)	258	sterke kosten reductie verwacht voor PV
Net op Zee	70	kosten stabiel
Net-verzwaring	25	kosten stabiel
Opslag en Conversie	62	sterke kosten reductie verwacht

bron: Bogdanov, *Low-cost renewable electricity as the key driver of the global energy transition towards sustainability*, Energy 227 (2021)

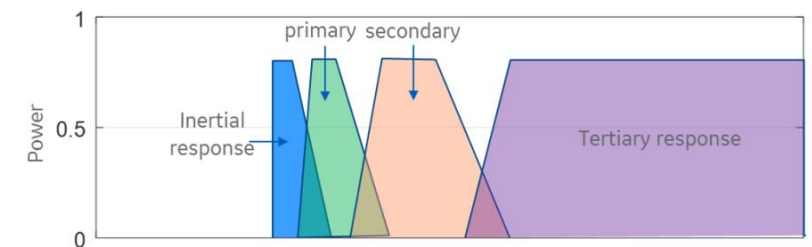
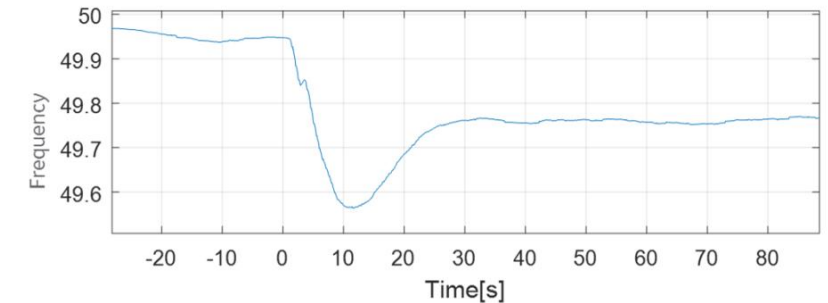
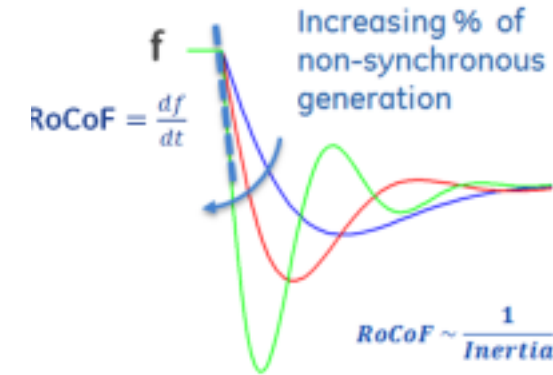
Locatie elektrolyse, batterij opslag, brandstof cellen

2050 alternatief – decentralisatie



knelpunten

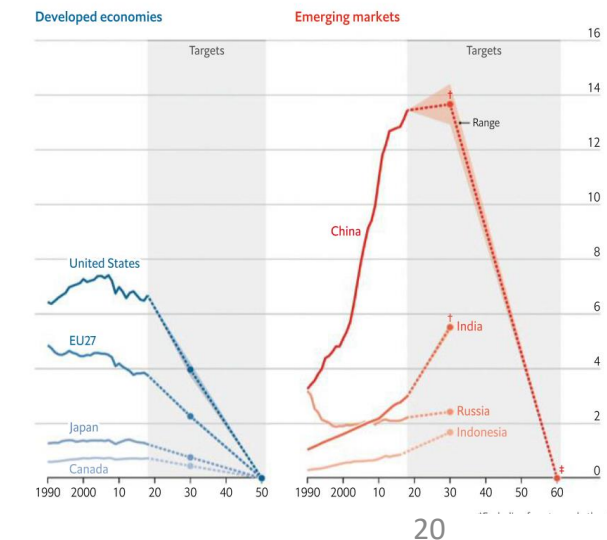
- draaiende reserve: massa traagheid (inertia) voor initiële frequentieverandering (ROCOF)
 - de massa traagheid van mechanische eenheden (synchronous generators) is essentieel om een betrouwbare energielevering te hebben bij plotselinge veranderingen in generatie en/of consumptie
 - DC gekoppelde eenheden (PV, batterijen, brandstofcellen, windturbines op zee via HVDC) hebben geen massa traagheid
 - alternatieven onderwerp van studie, regelgeving en productontwikkeling (bijv. Hitachi ABB Power Grids: Virtual Synchronous Machines)
- kosten warmte transitie
- snelheid en kosten netwerk verzwaring



bron: 

ontwikkelingen

- noodzaak tot versnelling onderzoek - periode tot 2040 cruciaal
- in NL toenemende aandacht voor circulaire economie: kunstmest reductie, modernisering staalproductie en plastics
- H2 backbone in Europa voor industrie
- warmtetransitie bestaande woningen valt duurder uit
- netwerkverzwaring belemmerd door personeelsgebrek
- CO2 is globaal probleem! wat is het beleid van de emerging markets?



Hoe verder?

Vervolgonderzoek

Brainstorm gehouden op 16 juli 2021. Uitkomst 7 onderwerpen:

1. KIVI cohesie, draagvlak & uitdragen visie naar politiek, universiteiten/onderwijs, regelgeving, publiciteit
2. EU-2050 verbreding, onderbouwing, haalbaarheid, betaalbaarheid
3. fasering in de tijd NL/EU
4. detaillering in de wijken met betrekking tot warmte en elektriciteit
5. kernenergie
6. recycling/circularity samen met afdeling Duurzame Technologie
7. chemische industrie verduurzamen, samen met afdeling NPT

wie doet er mee !