

CO2 neutrale energievoorziening in 2050; haalbaar en betaalbaar

Dynamische Karakteristieken PV en wind geen probleem

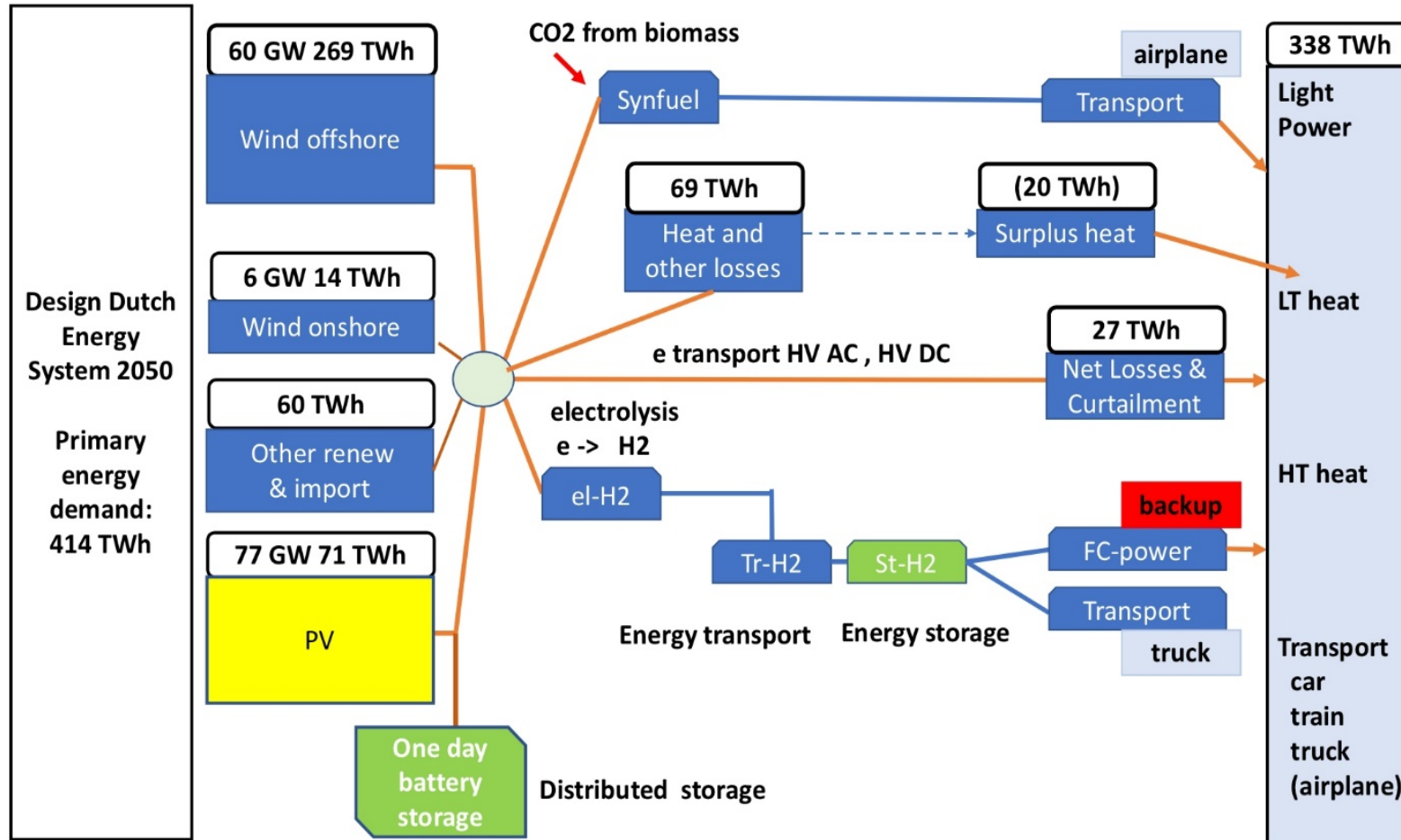
C.M. (Koen) Huizer, E. Persoon, L. Boonstra
S. Luitjens, P. van Moerkerken
KIVI energy study group
2020

Fluctuaties PV en wind zijn goed beheersbaar

- Conclusie vorige presentatie:
 - NL kan voldoende energie opwekken met wind en PV
- We gaan verder met:
 - Hoe vangen we de fluctuaties in PV en wind op ?
 - Wat gebeurt er als het erg koud is of donker en windstil ?
 - Hoeveel back-up is er nodig ?
 - Hoe veel netwerkverzwaring is er nodig ?
 - Wat zijn de kosten van dit energiesysteem ?

Dynamische analyse

Systeem simulatie op uurbasis

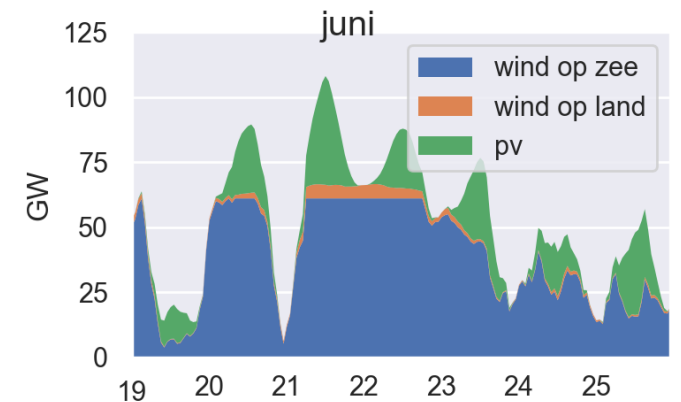
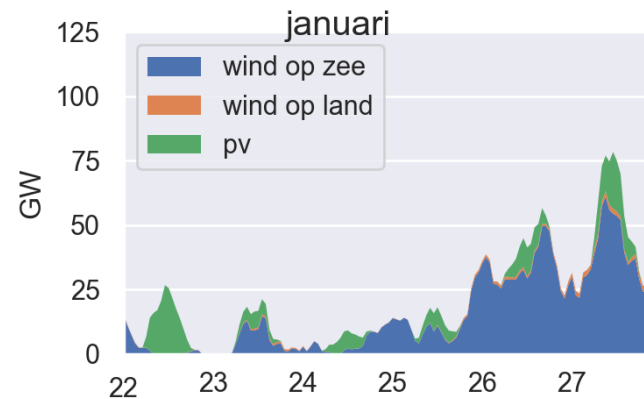
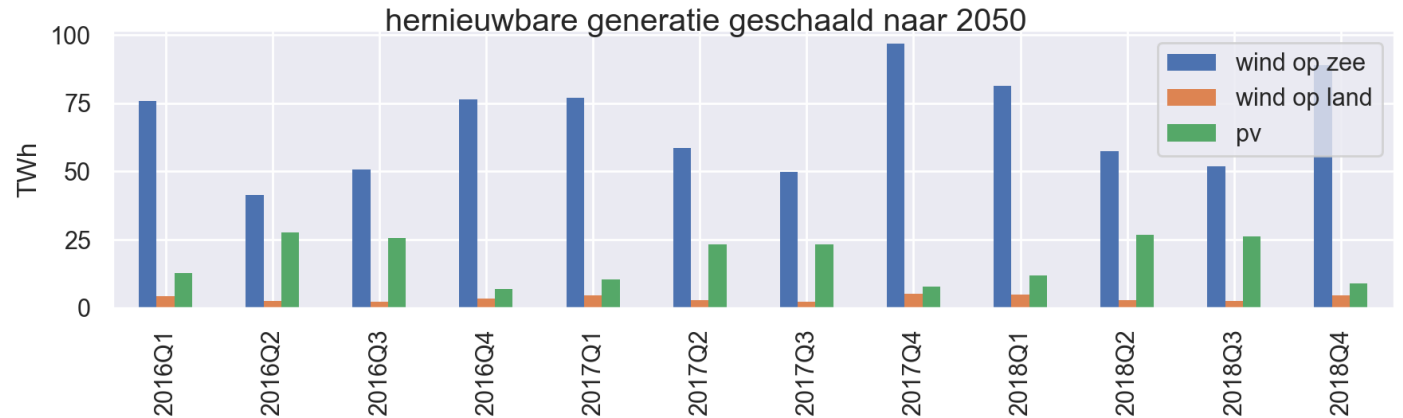


Modellering energie generatie 2050

Basis: uur gegevens TenneT 2016-2018

Schalen energie generatie:

- jaar generatie wind zee + wind land + pv naar 269+14+71 TWh
- compensatie groei geïnstalleerd vermogen
- 50% vollasturen wind
- oost-west ligging PV



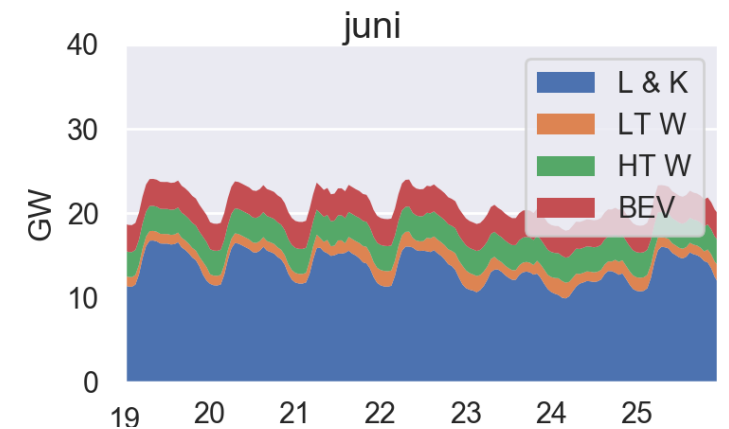
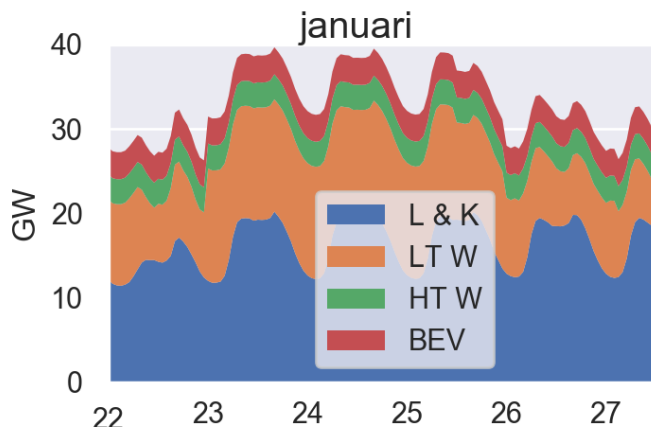
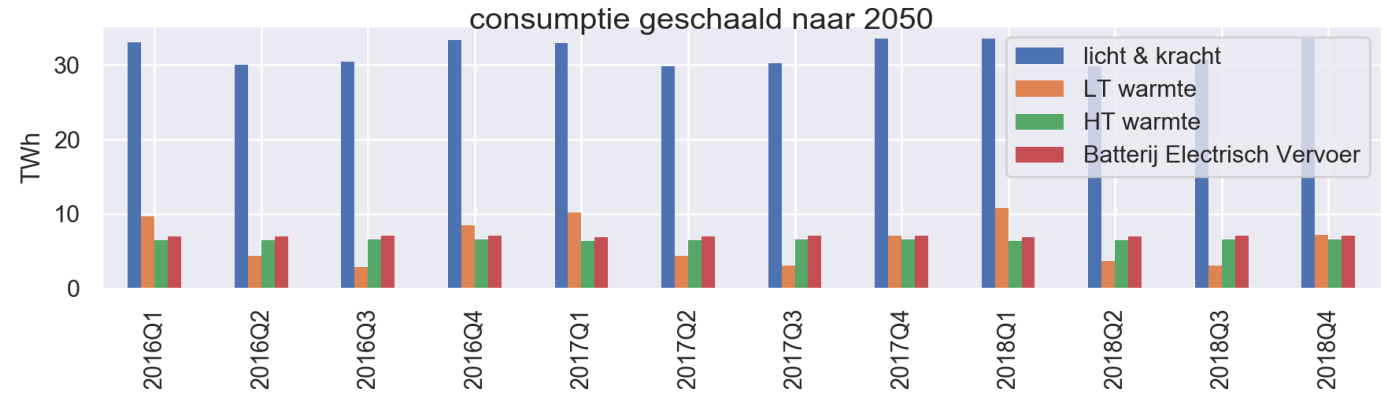
Modellering energie consumptie 2050

Basis: uur gegevens TenneT & KNMI 2016-2018

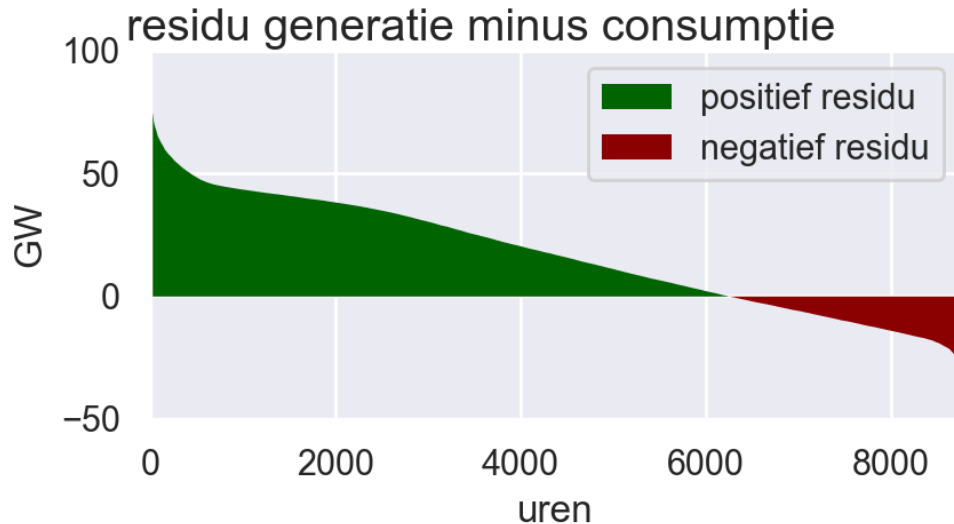
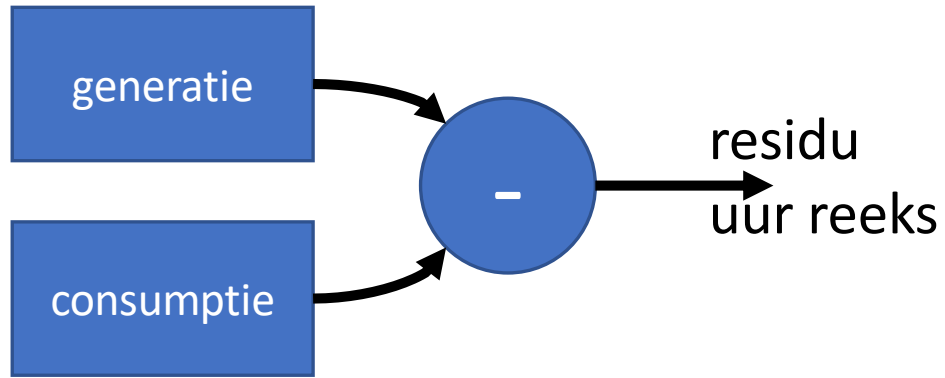
Schalen energie

consumptie:

- jaar consumptie licht & kracht / LT warmte / HT warmte / EV naar 127+26+25+28 TWh
- LT warmte: KNMI temperatuur en warmtepomp model
- 3 winterdagen -10C

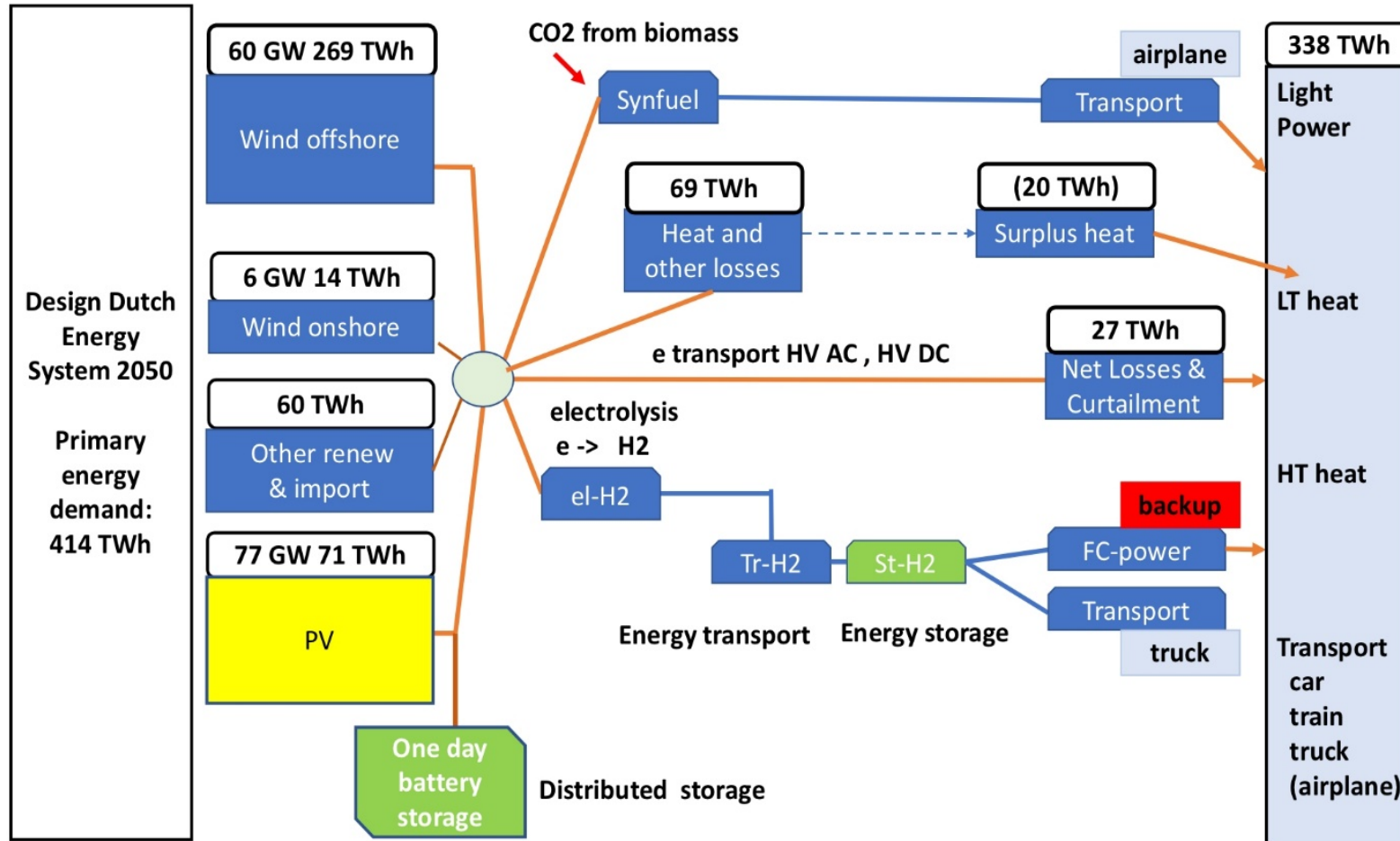


PDC residu elektriciteit generatie minus consumptie



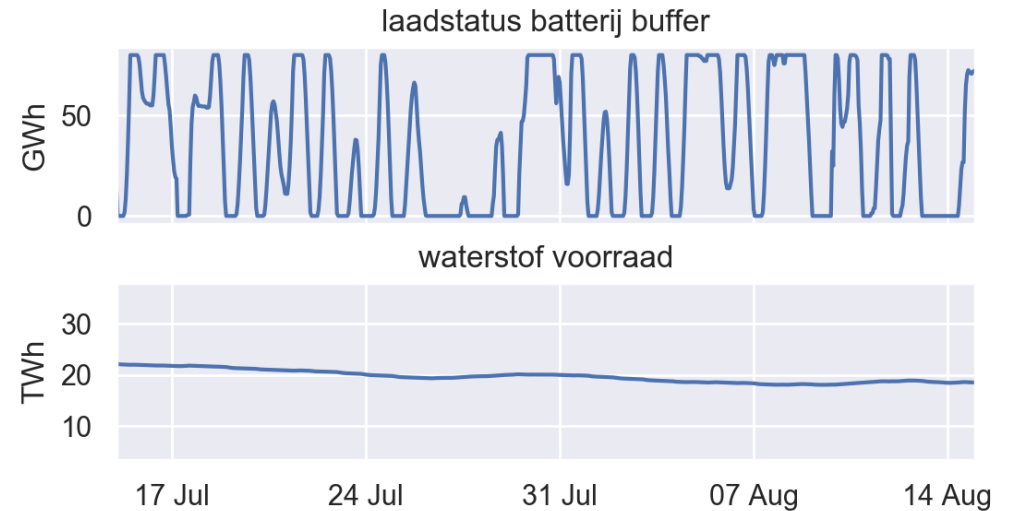
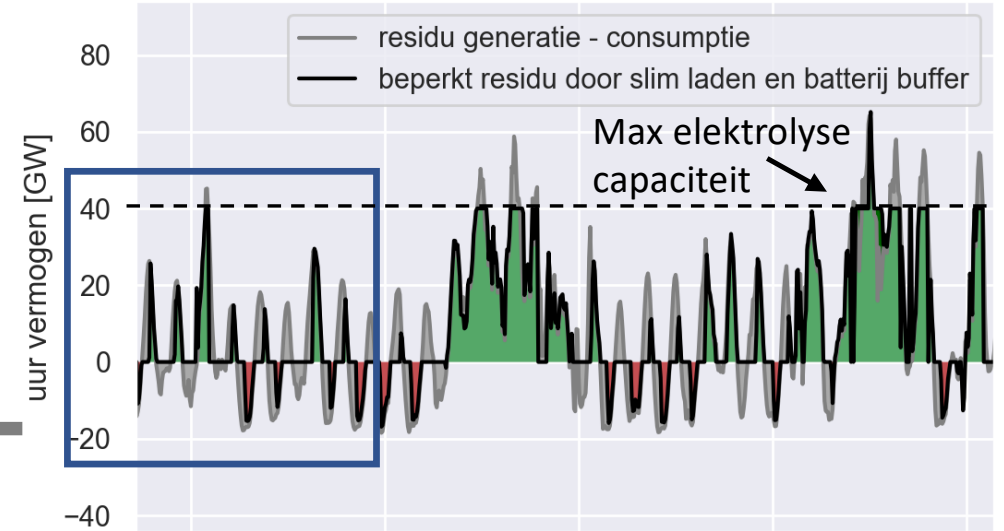
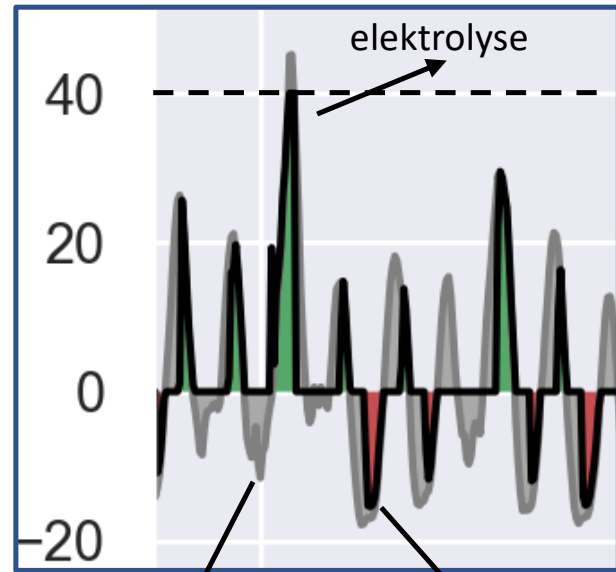
- Positief residu 193 TWh gedurende 6100 uur op jaarbasis, piek vermogen 90 GW
- Residu wordt gebruik voor elektrolyse
- Negatief residu 21 TWh gedurende 2600 uur, piek vermogen 33 GW
- Negatief residu opvangen:
 - Consumptie verschuiven in de tijd:
 - Slim opladen elektrische auto's
 - Batterij buffer
 - Opwekking met brandstofcellen
 - Gascentrales in 2050 niet meer nodig

Buffer simulatie en optimalisatie elementen in het blokschema



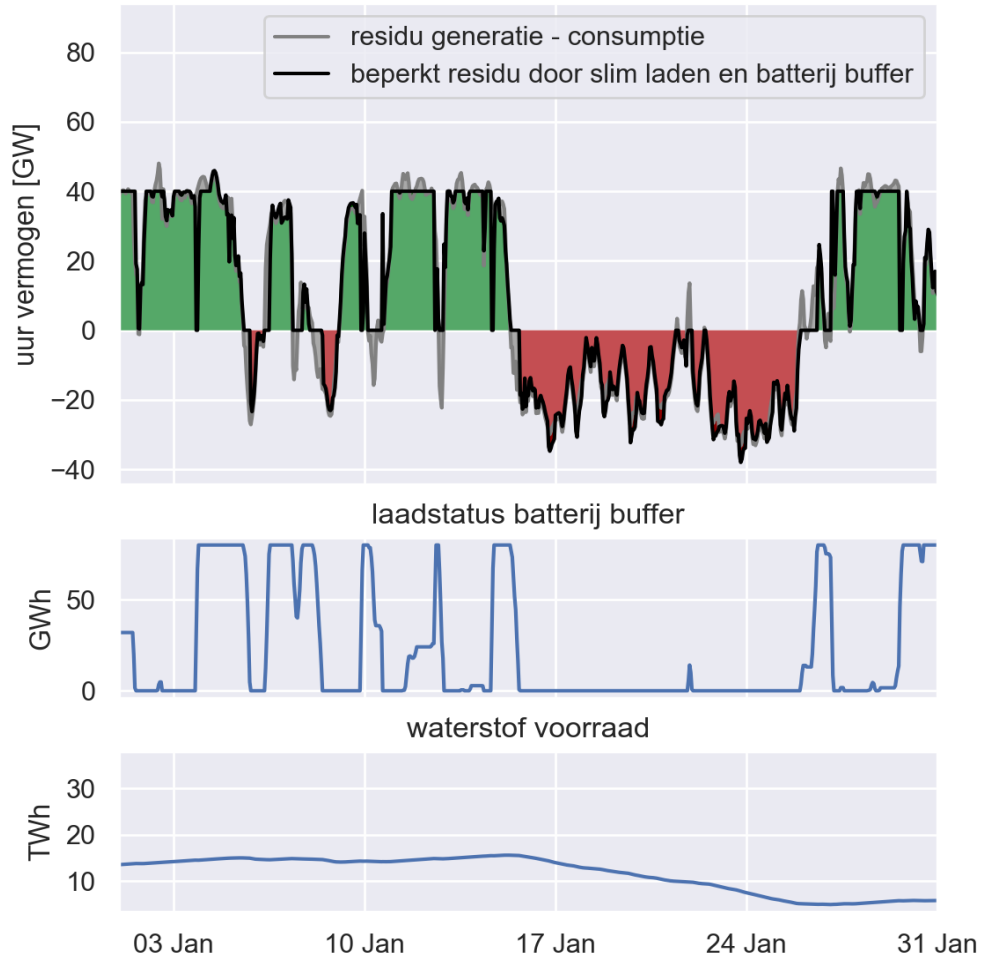
Buffer simulatie en optimalisatie

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

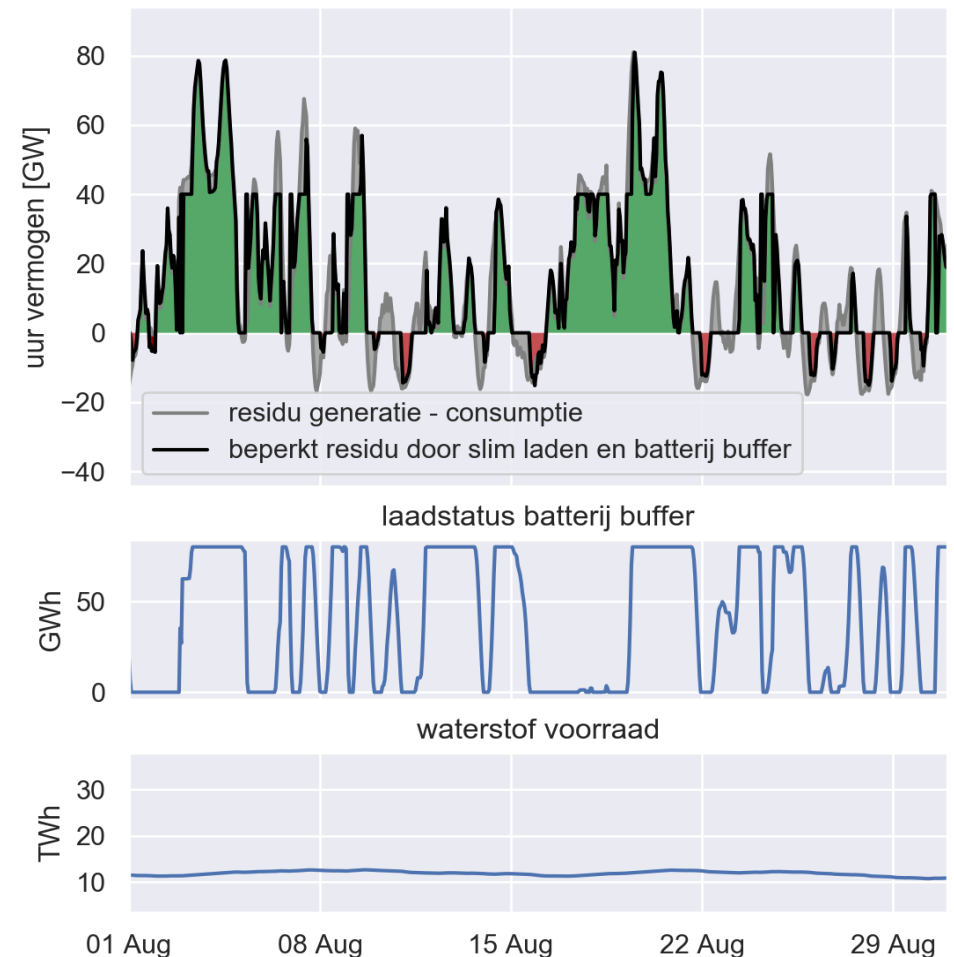


Buffer simulatie en optimalisatie extreme condities

koud, donker en windstil

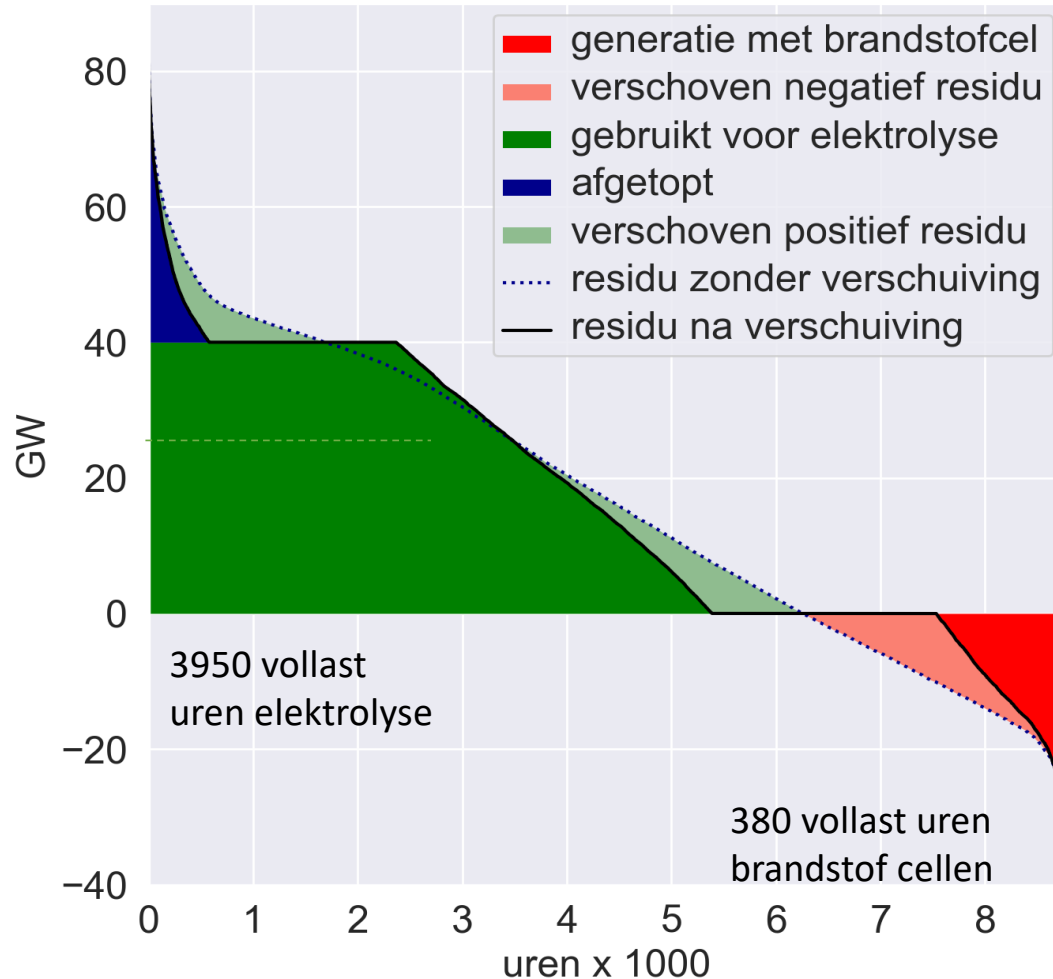


veel wind en zon



Effectiviteit residu beheersing

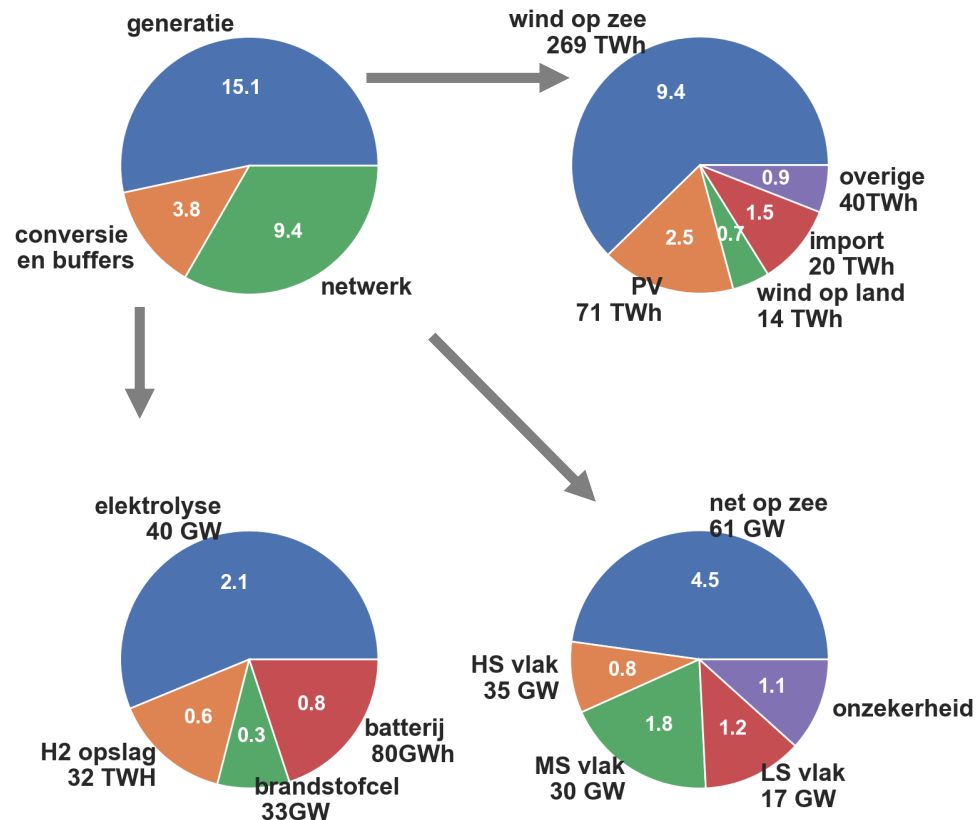
PDC residu beheersing



- Resultaat simulatie met 40 GW elektrolyse capaciteit en 80 GWh batterij opslag
- Energie levering gegarandeerd ook tijdens “Dunkelflaute”
- Positieve residu grotendeels nuttig gebruikt; slechts 6,3 TWh energie afgetopt van het positieve residu van 193 TWh
- Negatieve residu significant verminderd in tijd en volume door batterijopslag en slim laden strategie.
- Lage gebruiksfactor voor de brandstof cellen:
 - gunstig voor efficiency van het systeem
 - low-cost (auto-industrie) bruikbaar
- **Conclusie: Haalbaar!**
- **Maar: is het ook betaalbaar?**

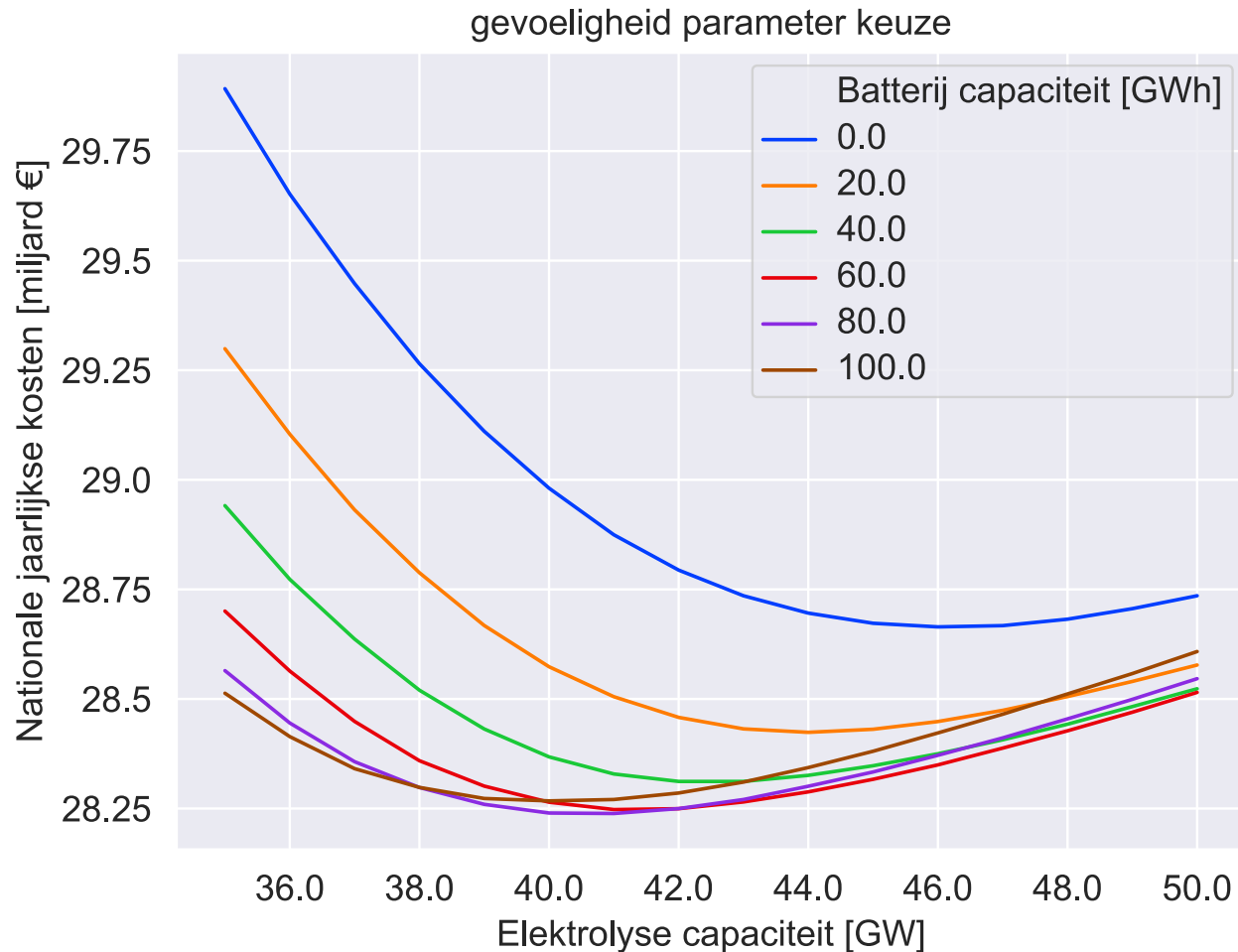
Integrale kosten analyse

Jaarlijkse kosten in miljard €



- Nationale jaarlijkse kosten
- Discontovoet 4,5 %
- Totale kosten 28,2 miljard € per jaar
- +36% meer dan huidig fossiel
- € 41 per uitgespaarde ton CO₂
- H₂ Import alternatief: 34,2 miljard € (€ 2,25 per kg H₂)
- Netwerk kosten hoog:
 - Centralisatie brandstofcellen noodzaakt netwerkverzwaring voor warmtepompen
 - Beter aanpak: volgende webinar

Integrale kosten analyse gevoeligheid parameter keuze



- Variatie elektrolyse en batterij capaciteit
- Invloed op aftopping en round-trip verliezen
- Generatie capaciteit aangepast om een sluitend systeem te krijgen
- Curves zijn relatief vlak rond het optimum

Conclusies

- Robuuste werking van CO₂ neutraal energiesysteem goed mogelijk, ook bij Dunkelflaute
 - aangetoond met uren simulaties
- Systeem duurder dan nu, maar haalbaar – 41 € per uitgespaarde ton CO₂
- Tijdelijk aftoppen (curtailment) nuttig om kosten te minimaliseren
- Brandstof cellen op H₂ aantrekkelijk als back-up. Maak gebruik van de kostenbesparingen van de auto-industrie
- Forse netwerk verzwaring
 - ... goede mogelijkheden voor reductie, aanzet in de volgende lezing