

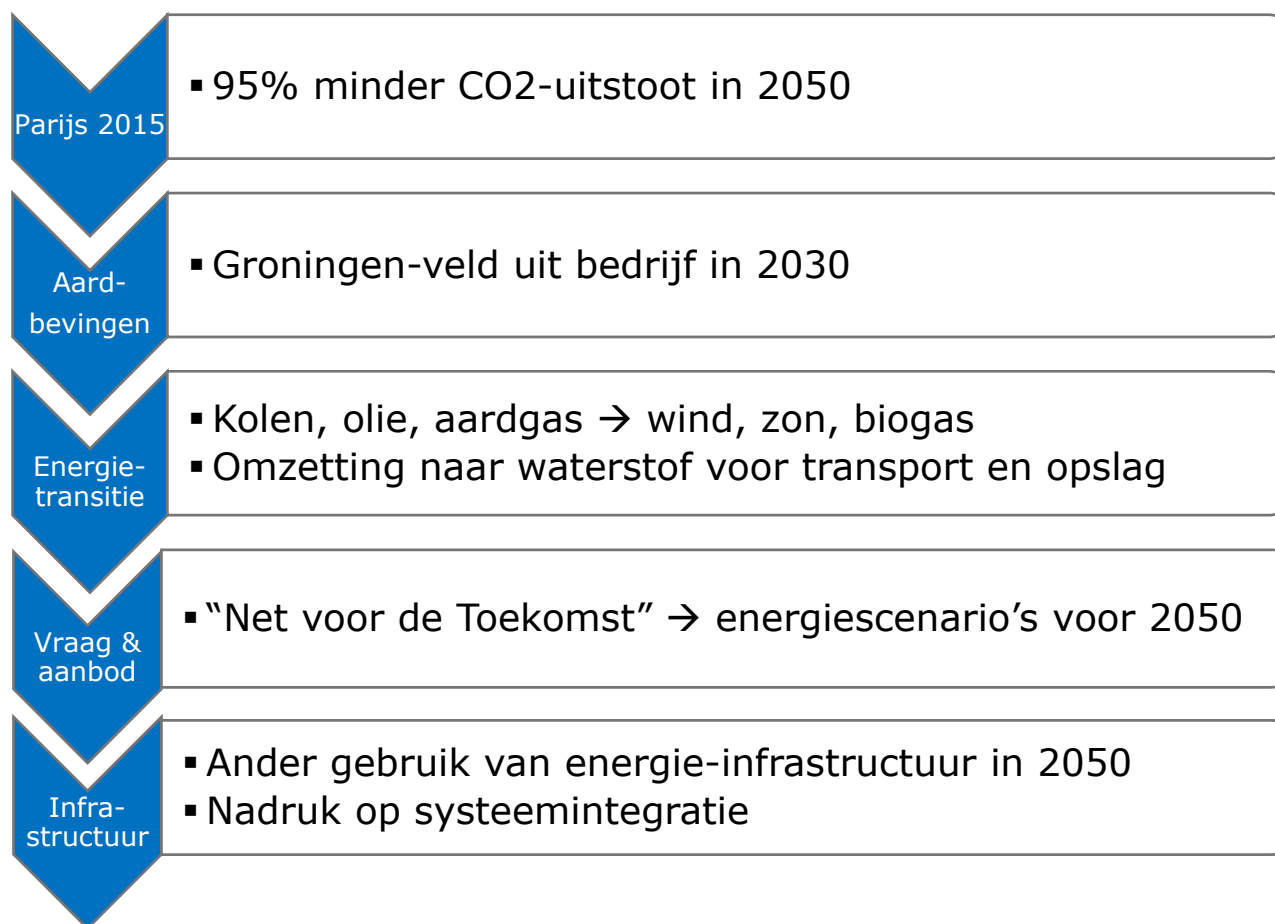
# Infrastructure Outlook 2050

Transport van elektriciteit, waterstof en groen gas  
in het toekomstige energiesysteem van Nederland

Jarig Steringa | LAN



## De energietransitie in Nederland



## Systeemintegratie op nationale schaal

TenneT  
hoogspanningsnet



Gasunie  
hogedruknet



Capaciteit: 20 GW



Capaciteit: 350 GW

# Route naar 2050

## 1. Huidige netwerken als startpunt

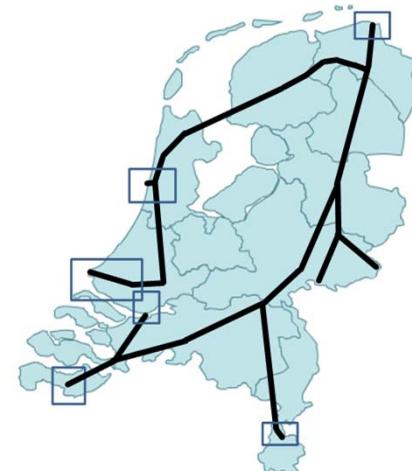
## 2. Investeringsplannen TenneT

- Versterking bestaande lijnen: 400 kV en 4000 A
- Nieuwe verbindingen voor wind van de Noordzee



## 3. Verwacht netgebruik Gasunie

- Invoeding van biogas met verzamelleidingen in RTL (en HTL?)
- Een waterstofnetwerk in 2030 dat industriële clusters en opslag verbindt



# Modelfilosofie

1. Het gaat om energietransport op nationale schaal in 2050

2. Het jaar 2050 is verre toekomst

- Transport van energie (elektriciteit, waterstof, groen gas)
- Geen geavanceerde transportfysica, maar lineaire vergelijkingen
- Alleen transport op nationale schaal; geen lokale distributie

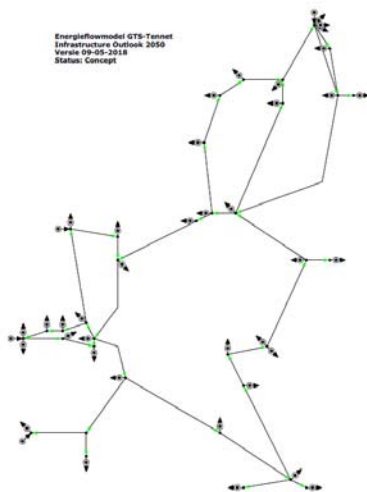
3. De klimaatdiscussie heeft nu behoefte aan antwoorden

- Eenvoudig model dat snel te bouwen is, of al bestaat
- Goed uitlegbaar aan geïnteresseerde partijen buiten Gasunie en TenneT

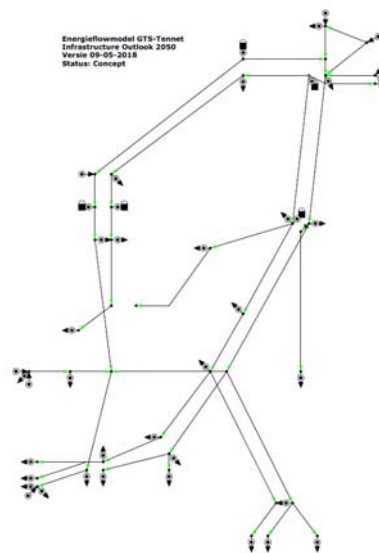
## Nationale schaal = uitzoomen

- Alleen transport over langere afstanden
- Distributie = exit uit of entry in het doorgaande systeem

Elektriciteit  
380 kV en 220 kV



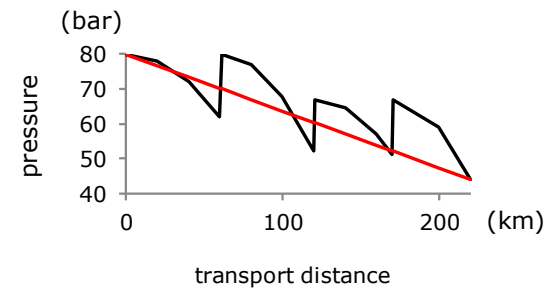
Waterstof & groen gas  
80 bar en 67 bar



# Lineair energietransport – motivering

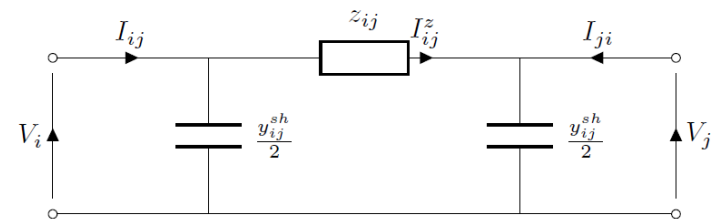
## 1. Lineaire drukval in gastransport

- $Q \cdot \Delta p$  is verlies van vermogen over afstand  $L$
- $\Delta p$  kan worden gelineariseerd



## 2. Lineair energieverlies bij stroomtransport

- Verlies van vermogen door verschillende vormen van impedantie
- Impedantie kan worden gelineariseerd



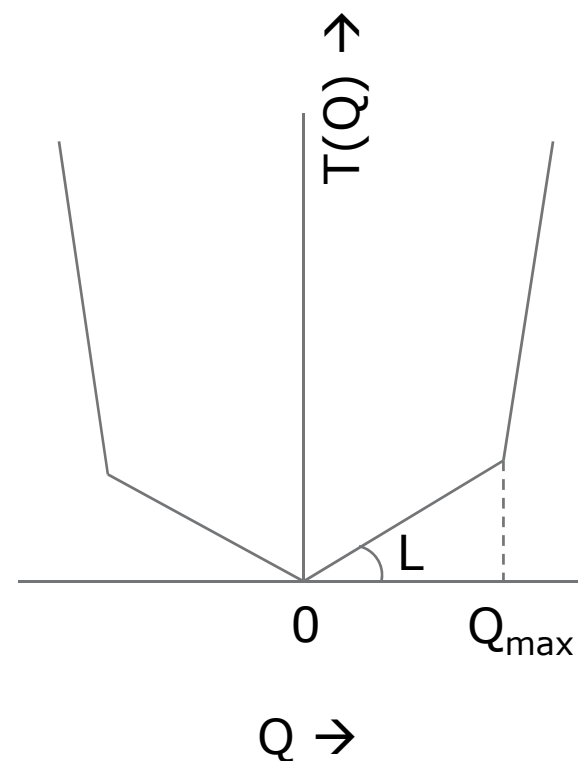
## Lineair energietransport – model

- Alleen knooppunten en lijnen
  - Knoop: vraag/aanbod; behoud van energie
  - Verbinding: lengte  $L$ , capaciteit  $Q_{\max}$
- Energietransport hangt af van
  - Getransporteerde hoeveelheid ( $Q$ )
  - Transportafstand ( $L$ )
- Transportbelasting van een lijn

$$T(Q) = Q \times L$$

- Stromingspatroon via optimalisatie

$$\min \sum_i T_i(Q)$$



Lineaire algebra →  
snel algoritme

# Het gecombineerde netwerk



## Vereenvoudigde netstructuur

- Stroomnet (220 & 380kV)
- Aardgas- & groengasnet (67 bar)
- Waterstofnet (80 bar)

## Knooppunten en leidingen/lijnen

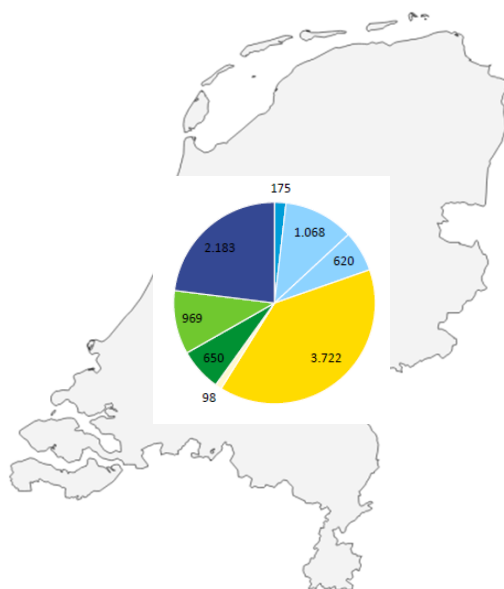
- E-XXX, G-XXX, H-XXX
- E-XXXXXX, G-XXXXXX, H-XXXXXX

## Netkoppeling via

1. Centrales (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>)
2. Electrolyzers (P<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)

(vaste locaties, vast rendement)

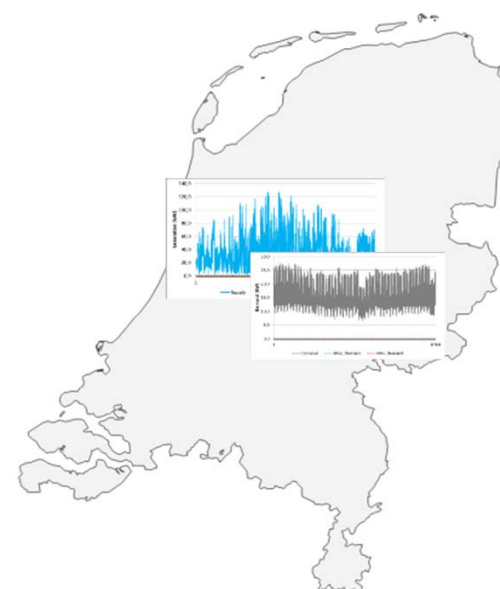
## Stap 1: Van scenario naar tijdreeksen



Scenario's **CE Delft**  
"Net voor de Toekomst"



Regionaal  
Nationaal  
Internationaal

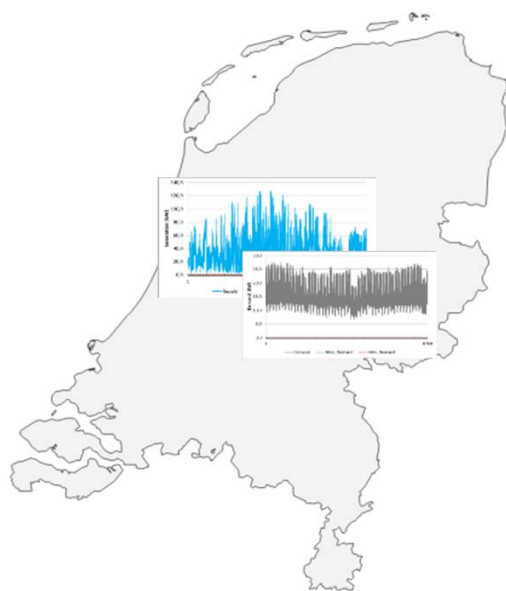


Maak tijdreeksen  
m.b.v. **ETM** van **Quintel**



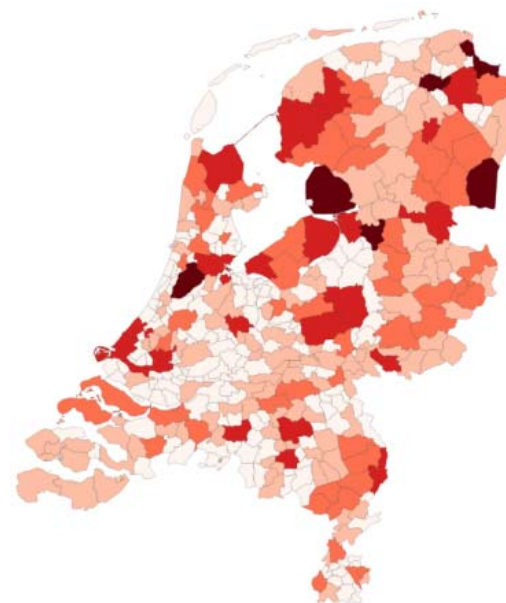
8760 uur, jaar 2015

## Stap 2: Van tijdreeks naar regionale data



Maak tijdreeks  
per marktsegment

8760 uur  
Temperatuur- en windjaar 2015



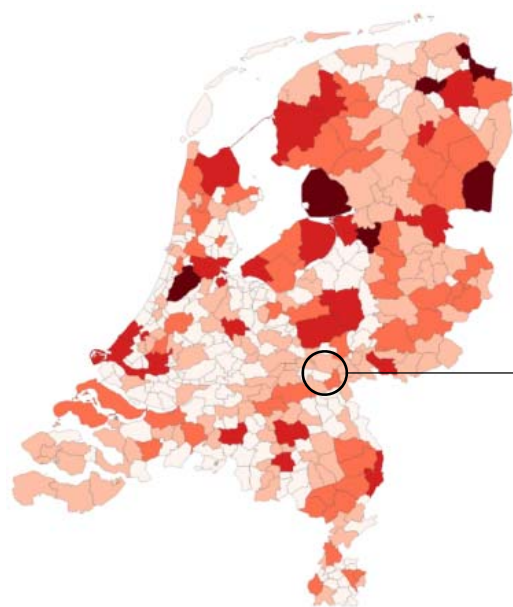
Verdeel landelijke data  
over regio's (per markt)

Zon-PV, wind op land, wind op zee, groen gas

Industrie, huishoudens, mobiliteit

Etc.

## Stap 3: Regionale data naar netwerkmodel



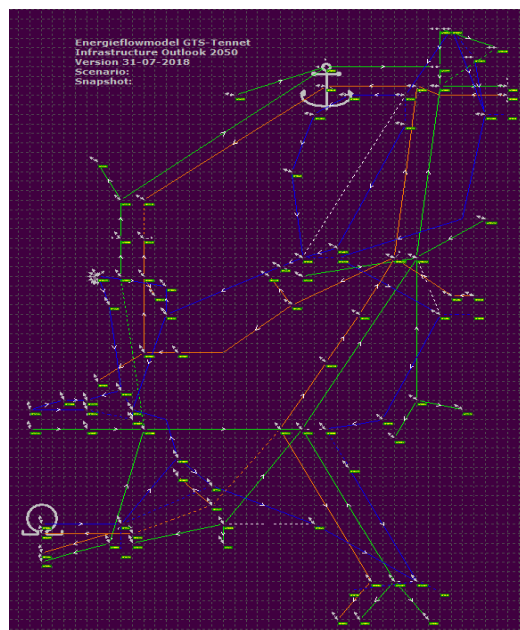
Koppel regionale data  
aan knooppunten



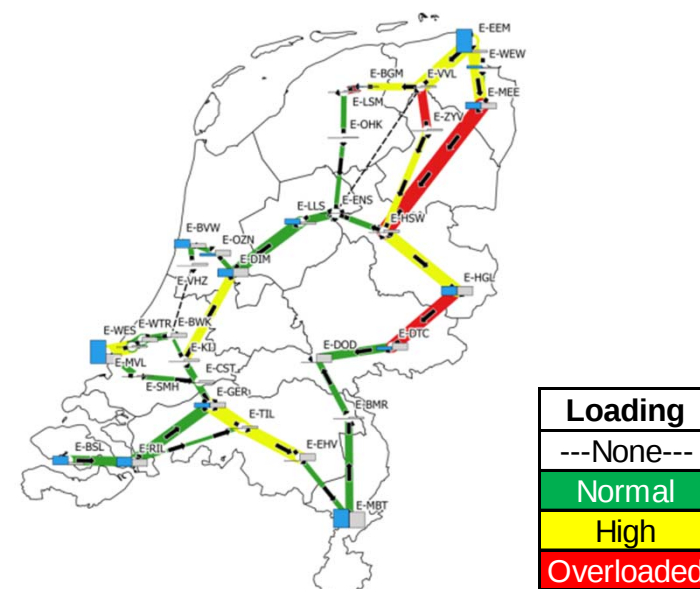
Voorzie geïntegreerd model  
van data

Uurdata aanbod & afzet  
+ netwerkgegevens

## Stap 4: Transportberekening en analyse



Bereken energietransport  
met rekentool MCA

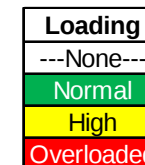


Visualiseer  
stromingspatronen  
en knelpunten

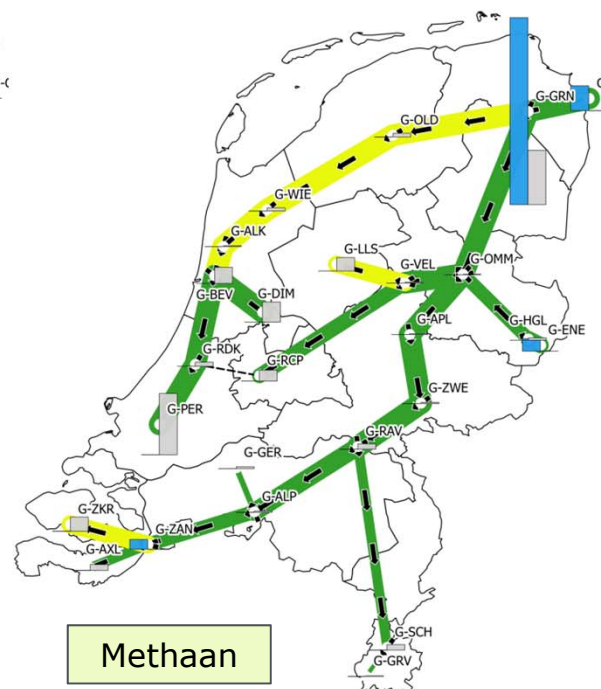
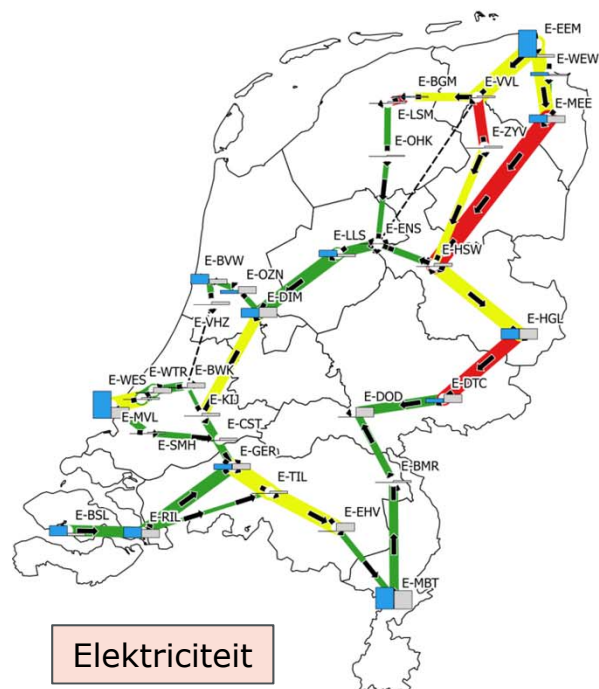
## Voorbeeld 1: zonnige zomerdag, veel wind, lage vraag



**Regionaal scenario:** zonnepanelen + wind op land  
Juni 2050, 12:00 's middags  
Elektrolyse bij stroomproductie



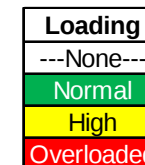
## Voorbeeld 2: winteravond, weinig wind, hoge vraag



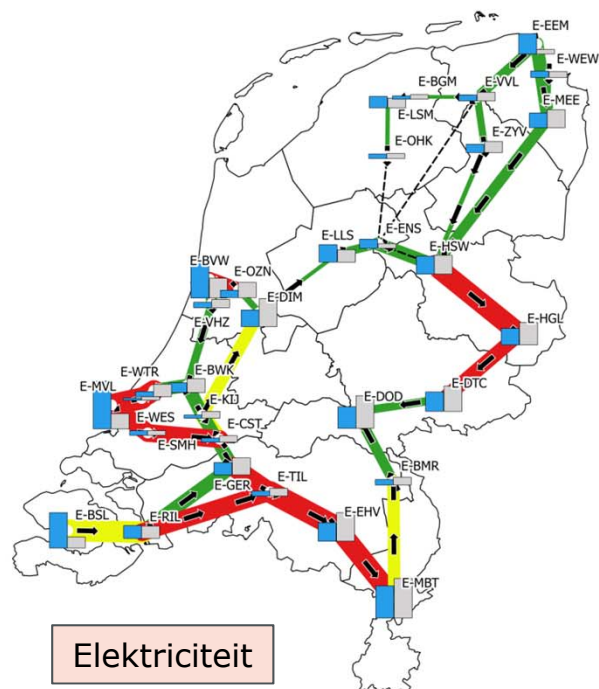
**Regionaal scenario:** zonnepanelen + wind op land

Februari 2050, 18:00 's avonds

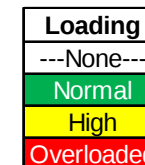
Elektrolyse bij stroomproductie



## Voorbeeld 3: zomerdag, lage vraag, P2H2 bij de markt

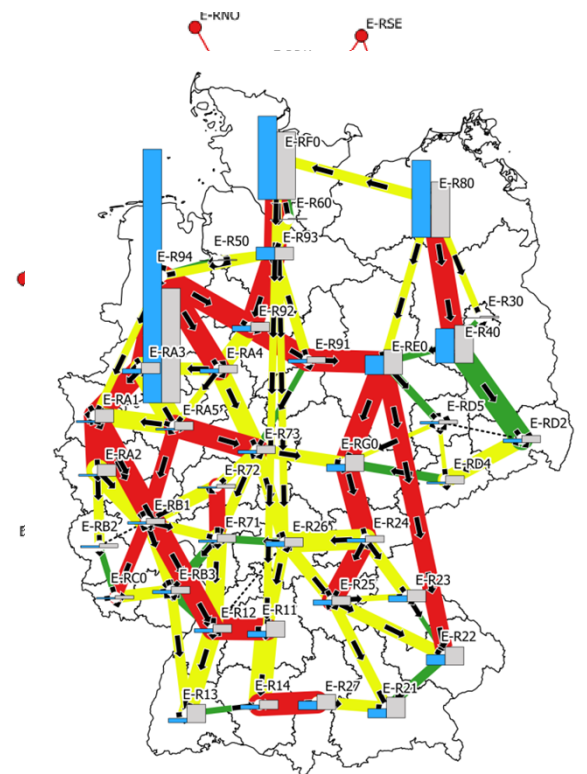


**Regionaal scenario:** zonnepanelen + wind op land  
Juni 2050, 12:00 's middags  
Elektrolyse bij de markt



## Parallele studie in Duitsland

- Uitgevoerd door TenneT-D en GUD
- Complexer dan in Nederland
  - 16 gas-TSO's, 4 stroom-TSO's
  - Duitsland verdeeld in 38 regio's
- Rekenwerk eind 2018 afgerond
- Resultaten in gezamenlijk NL-DE rapport (februari 2019)



## Conclusies (Nederland)

1. Koppeling en integratie van de landelijke gas- en stroomnetwerken is onontkoombaar
2. Het bestaande landelijke gasnetwerk is nodig, en is groot genoeg voor alle voorziene transport van waterstof en (groen) gas in 2050
  - Koppeling met cavernes is nodig voor seizoensopslag van waterstof
3. Het landelijke stroomnetwerk moet op weg naar 2050 worden versterkt
  - Locatie van elektrolyse en centrales is cruciaal