

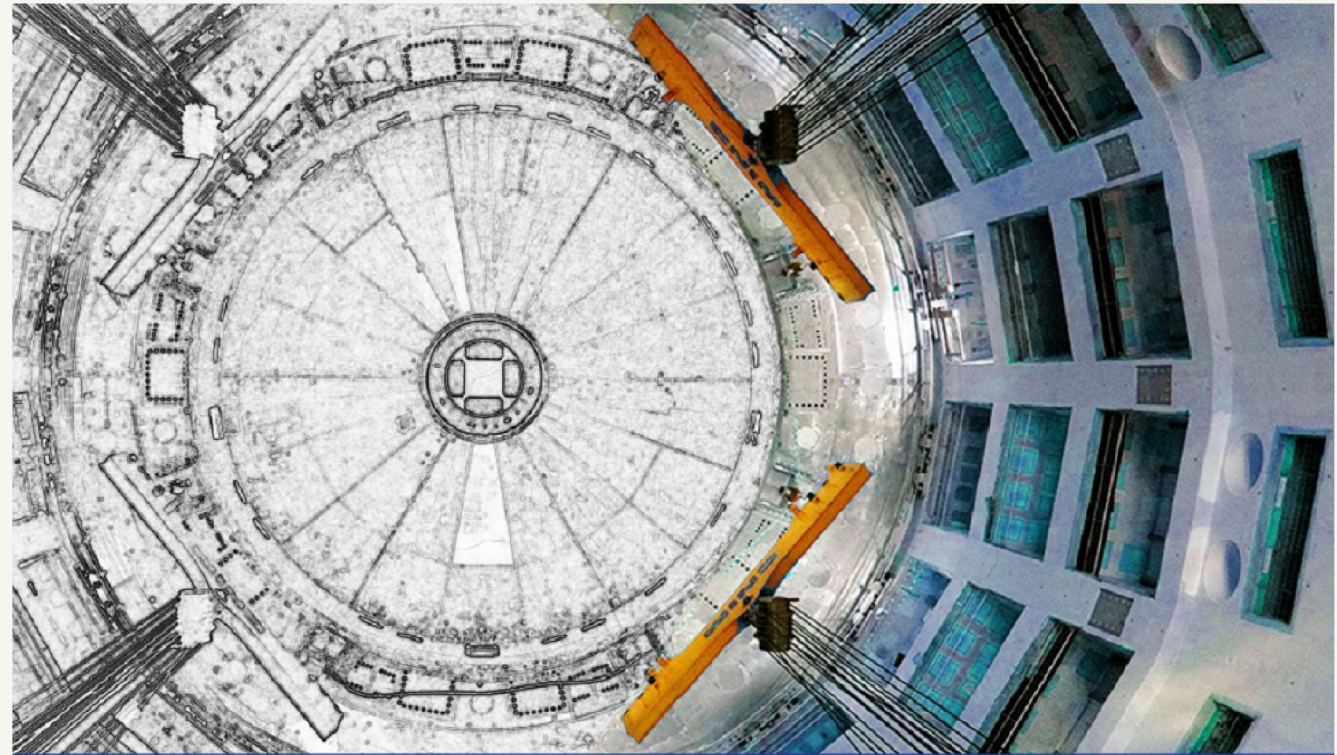
# MR-inpassing derland

s en regios

Compliance & Projects



- Verschil grote reactor – SMR
- SMR kenmerken
- Verkenning SMR inpassing Gelderland
  - De vraag van provincie
  - Resultaten
- Verder beschikbare informatie
- NRG PALLAS expertise



**Verkenning SMR-inpassing  
provincie Gelderland 2025**

**NRG**  
**PALLAS**  
Nuclear. For Life.

# Wat is een SMR

## Small Modular Reactor

### Small

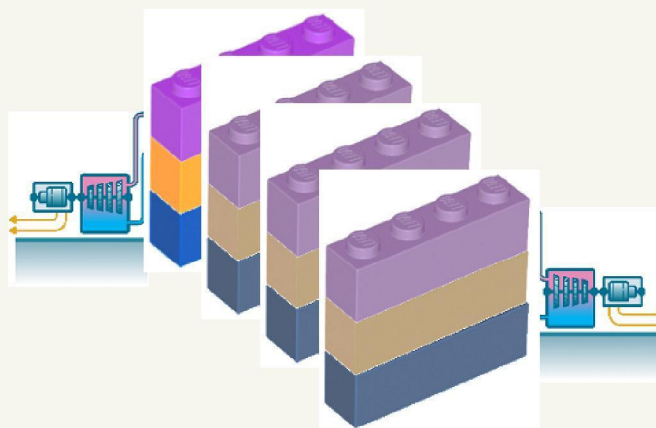
- Klein in fysieke grootte
- Klein in output (elektrisch vermogen)
- Tot 500 MWe, maar veelal  $\leq 300$  MWe

### Modular

- Onderdelen zijn bouwstenen / -elementen
- Die samen een reactoreenheid vormen (=modules)
- Meerdere reactoreenheden kunnen gecombineerd worden tot één enkele eenheid

### Reactor

- Kernreactor
- Gebaseerd op kernsplijting (vnl. uraniumkernen)



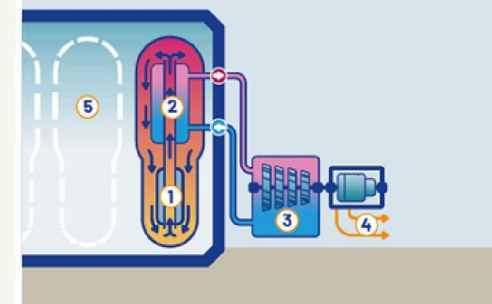
**Bereik:** ca. 20 – 500 MWe

**Werking:**

Splijstofelementen die circulerend water verwarmen.

**Techniek:**

Bestaand/bekend.  
Lichtwatertechnologie.





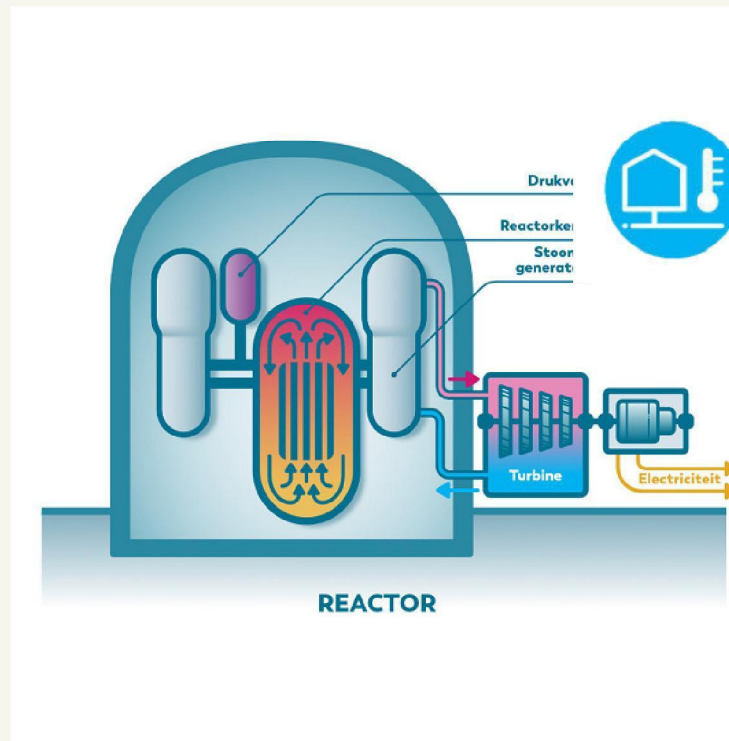
# Verskil grote reactor - SMR

## Grote reactor = GEN III kerncentrale

Grootschalige watergekoelde reactoren (tot 1600 MW<sub>e</sub>)

- bewezen technologie
- fabricage ter plekke
- groot is goedkoop
- veel koeling (zowel normaal als nakoeling)
- veiligheid via redundantie en waar mogelijk passieve systemen

Voor deze reactoren zijn technische haalbaarheidsstudies uitgevoerd die kijken naar de mogelijke inpassing op de locatie Borssele.



APR1400 (UAE)



EPR (Finland)



AP1000 (VS)



# Verschil grote reactor - SMR

SMR = Small Modular Reactor: reactor met een vermogen minder dan 500 MW<sub>e</sub>.

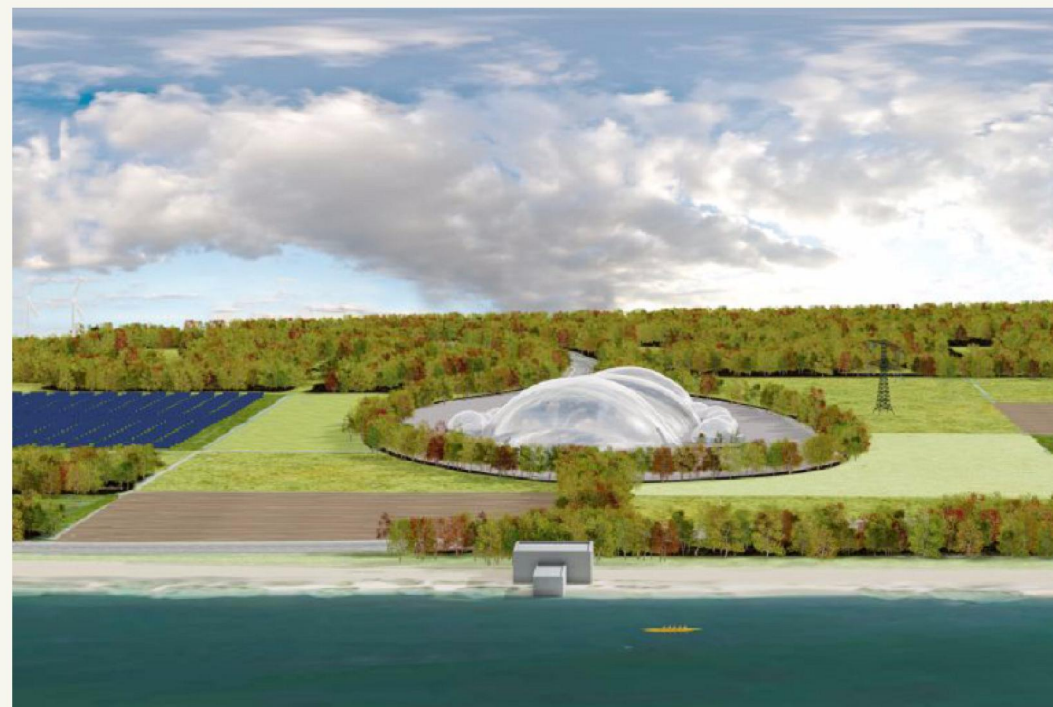
Er wordt een onderscheid gemaakt tussen:

- SMR (bestaande technologie): een watergekoelde reactor met technologie vergelijkbaar met een Gen III reactor.
- Advanced Modular Reactors (AMR): SMR's die niet met water gekoeld worden maar met:
  - *vloeibaar metaal,*
  - *gas,*
  - *gesmolten zout.*

AMR zijn gebaseerd op innovatieve technologieën met verbeterde veiligheidskarakteristieken.

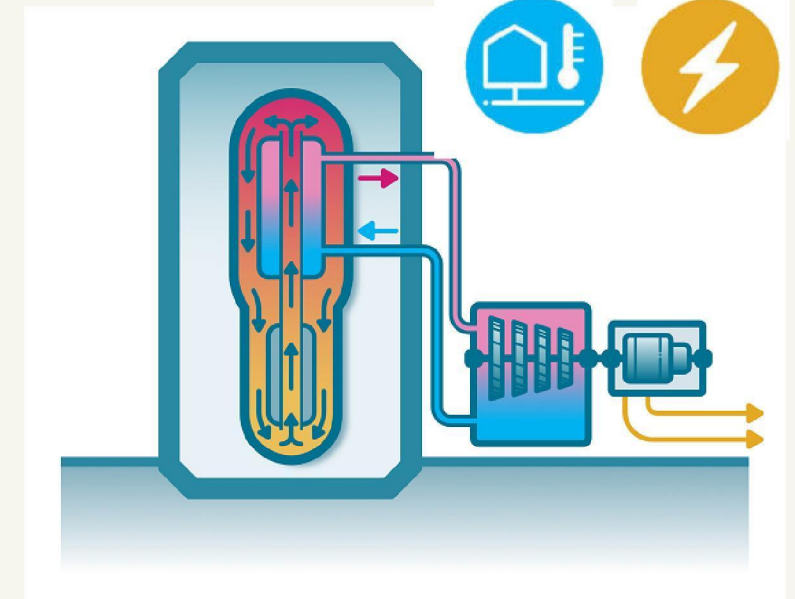
AMR's opereren bij hogere bedrijfstemperatuur met als resultaat:

- een hogere efficiëntie,
- betere mogelijkheden voor cogeneratie,
- verduurzaming van de splijtstofcyclus.

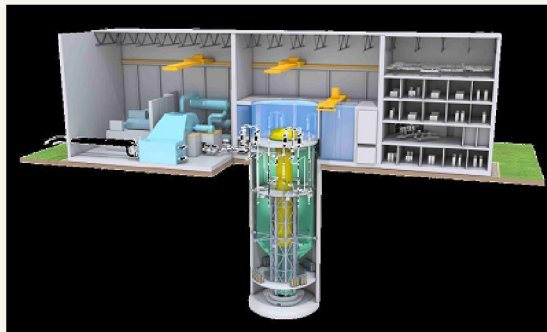


# SMR (bestaande technologie) – kenmerken (1)

- Grotendeels bewezen technologie (Lichtwater gekoeld - LWR)
- Modulaire opzet:
  - seriematige productie in fabriek (off-site)
  - stapsgewijs bijbouwen van nieuwe eenheden bij toenemende energievraag
- Eenvoudiger in te passen dan Gen III:
  - kleinere footprint
  - minder vermogen: minder koeling nodig,
- Inpassing in bestaand netwerk of buiten netwerk om, bijvoorbeeld bij industrieel cluster
- Levering van elektriciteit en/of warmte



**Last Energy (VS)**



**BWRX-300 (VS)**

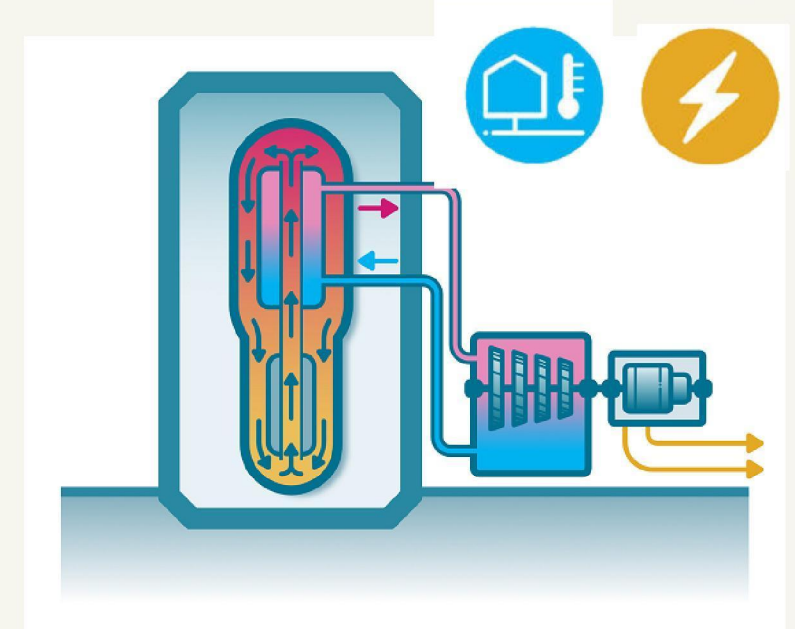


**ULC - Rolls-Royce (VK)**

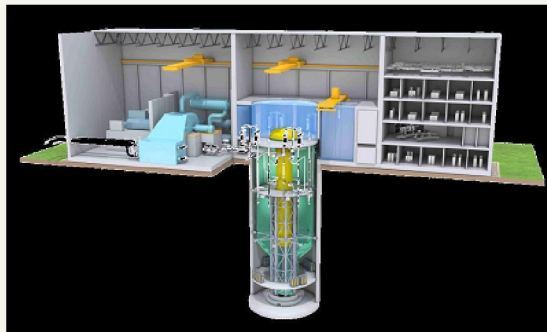


# SMR (bestaande technologie)– kenmerken (2)

- Reductie van investeringsrisico: kleinere investering, kortere bouwtijd
- Multi-module biedt operationele flexibiliteit
- Eenvoudiger ontwerp
- Gebruik van passieve veiligheidssystemen
- Verwachte tijdlijnen:
  - Eerste 'first-of-a-kind' reactoren op de markt rond 2030
  - N-of-a-kind: vergunningsaanvraag 3 jaar, constructie 3-4 jaar



**Last Energy (VS)**



**BWRX-300 (VS)**

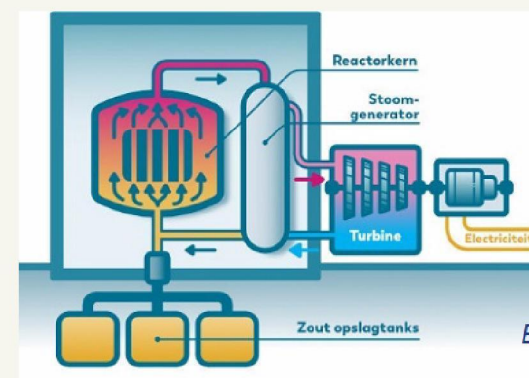
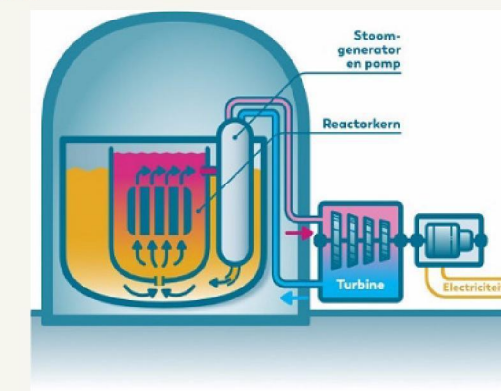
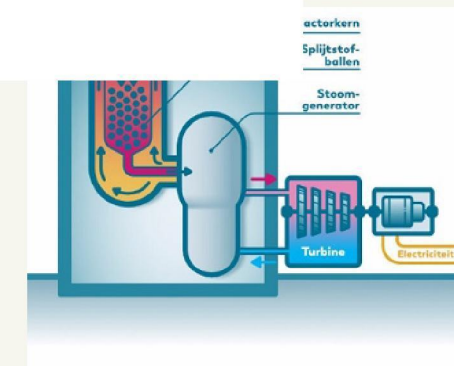
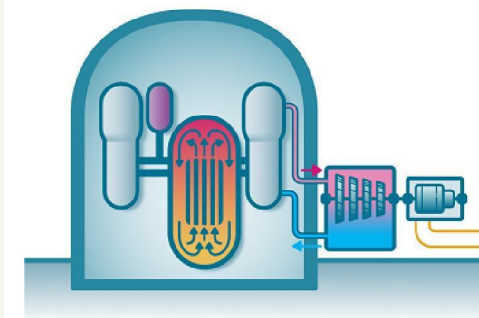


**ULC - Rolls-Royce (VK)**

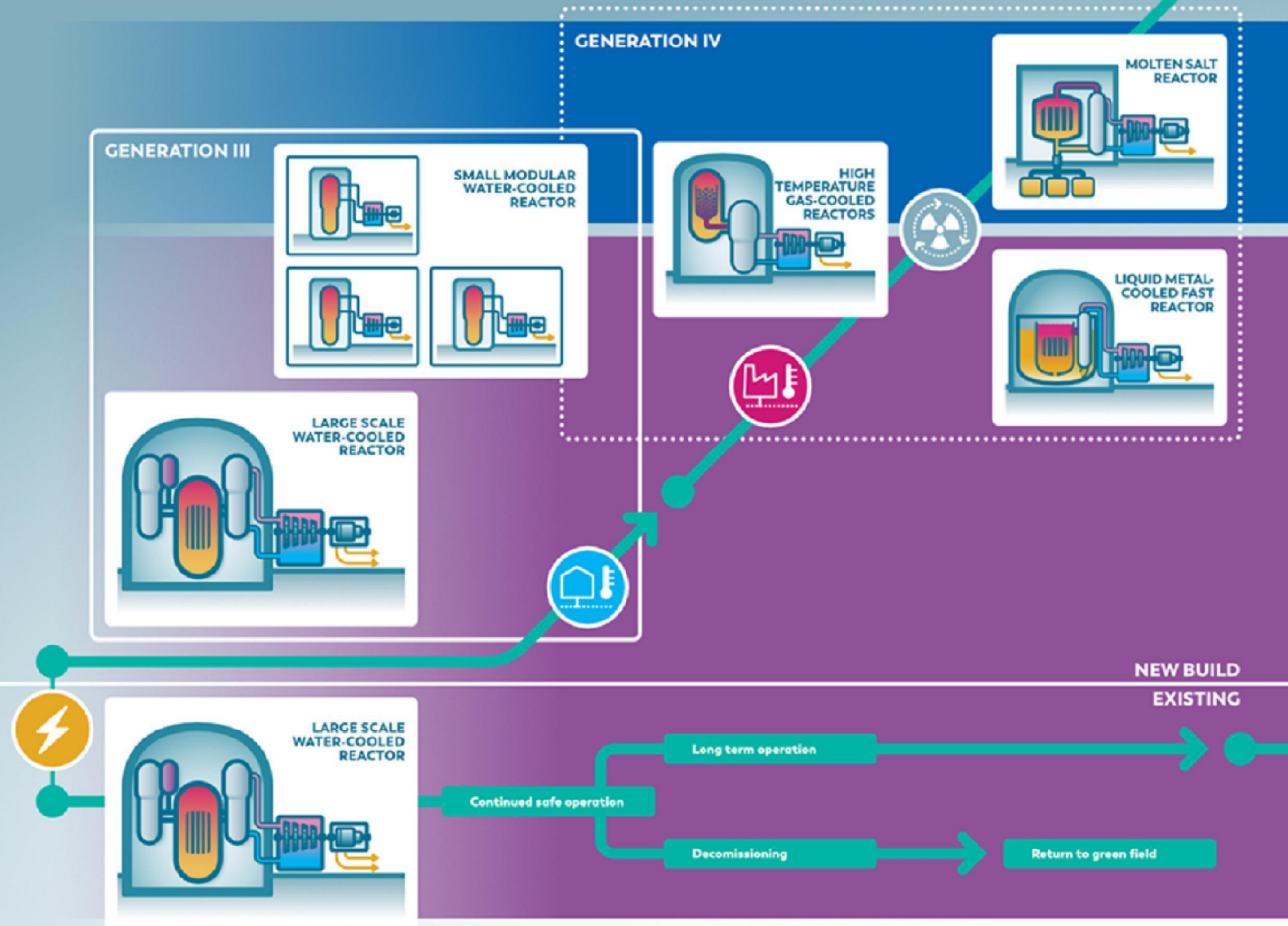


# SMR – LWR en AMR's

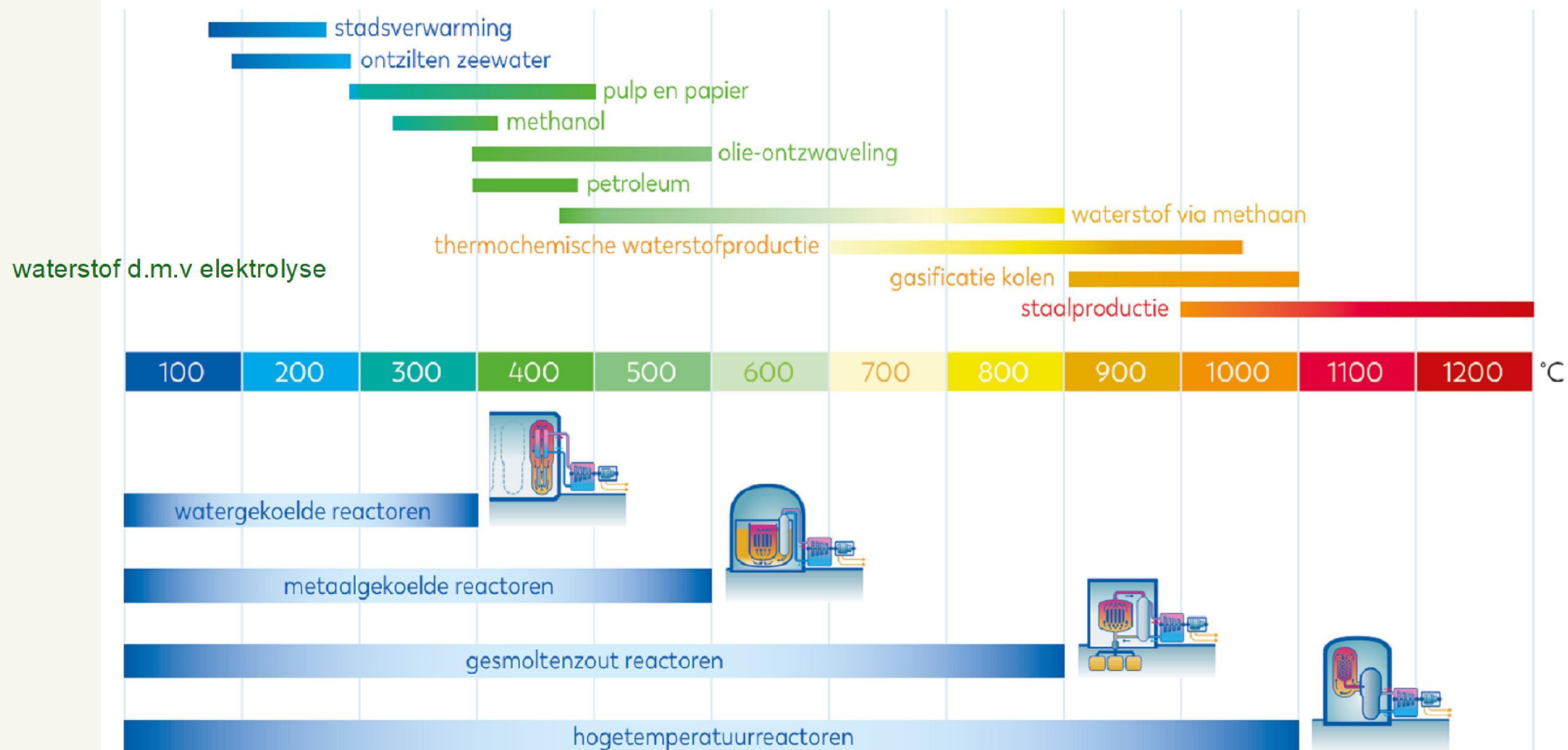
- **Lichtwater gekoeld (LWR)**
  - Meestvoorkomend type reactor (>400)
  - Operationele ervaring + vergunningsbasis ervaring
- **Gasgekoeld (hogetemperatuurreactor, HTR)**
  - Hoge thermische efficiëntie
  - Continue proces (bijvullen brandstof en afvoeren opgebrande brandstof)
- **Vloeibaar metaal gekoeld**
  - Loodgekoeld, of natriumgekoeld
  - Kunnen t.o.v. watergekoelde systemen veel meer energie halen uit dezelfde hoeveelheid splijtstof
  - Splijtstof kan hergebruikt en gerecycled worden, ..
  - .. en produceren minder afval
  - Werking op lage drukken
- **Gesmoltenzout (Molten Salt, MSR)**
  - Uranium- en thoriumzouten als vloeibaar splijtstof
  - Minder radioactieve restproducten
  - Werking op lage drukken



# Ontwikkelin g



# SMR – beoogde toepassing





# Verdere info: SMR 2023, Marktanalyse

- Naar aanleiding van Kamervragen over SMRs
  - In opdracht van ministerie EZK
  - Net voor statenverkiezingen
  - Door provincies gebruikt voor SMR ambities



## Lichtwater SMR's

- NuScale
- Rolls-Royce SMR
- BWRX-300
- NUWARD

## Micro-range SMR's

- Last Energy (lichtwaterreactor)
- eVinci (hogetemperatuurreactor)

## Gesmoltenzout SMR's

- Thorizon
- Kairos Power FHR (pebble-fuel-in-salt)
- IMSR

## Diverse geavanceerde SMR's

- HTR-PM (hogetemperatuurreactor)
- Westinghouse LFR (metaalgekoelde reactor)
- Natrium (metaalgekoelde reactor)
- Xe-100 (hogetemperatuurreactor)

# Verkenning inpassing SMR Gelderland: de vraag

- **Vraag van provincie:**
  - **Waar binnen Gelderland SMR toegevoegde waarde**
  - **Welk soort SMR**
- **Op basis van:**
  - SMR Marktanalyse
  - NRG PALLAS expertise
  - Gelderse concept energievisie
  - PCES (Cluster 6 bedrijven)

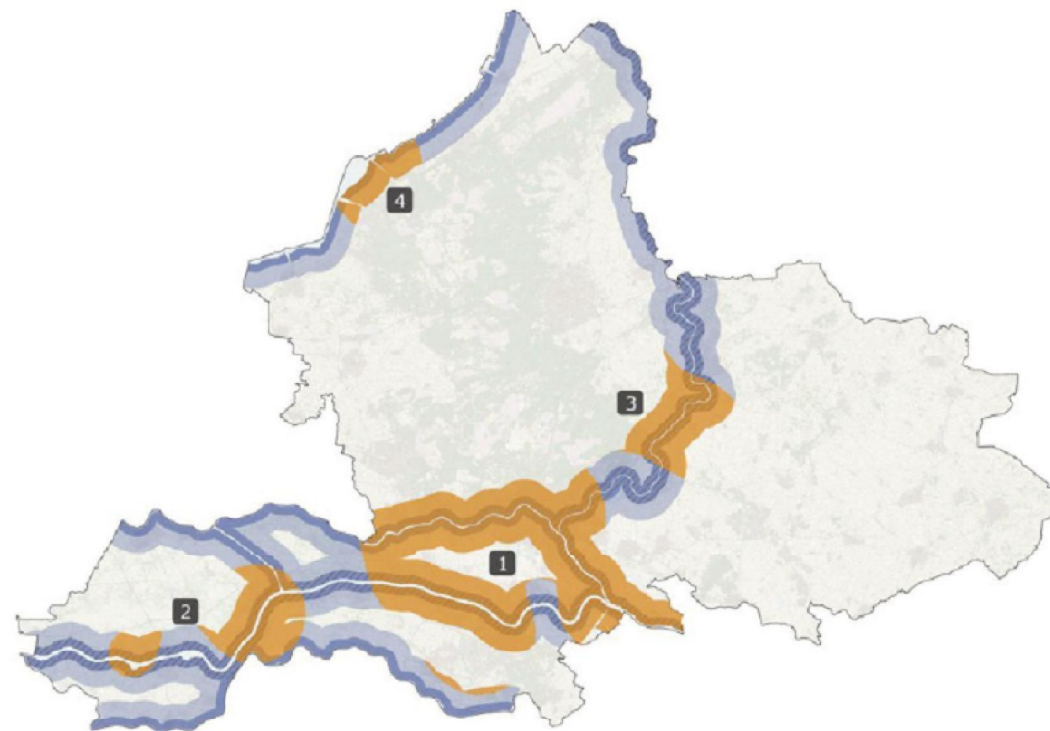


**Verkenning SMR-inpassing  
provincie Gelderland 2025**



# Verkenning inpassing SMR Gelderland: resultaten

- **Uitkomsten onderzoek:**
  - **Kleine SMR (tot 67 MWe) kan overal**
  - **Grote SMR (67-500 MWe)**  
**4 gebieden geïdentificeerd**
- **Voorwaarden:**
  - Vergunning
  - Locatie  
(veiligheid, realisatie en bedrijfsvoering)
    - Koeling essentieel
    - Doorstroom of koeleenheden
- Inpassingsdoorsnedes energievraag
  - Elektriciteit, warmte en waterstof



*Figuur M5: Potentiële SMR-inpassing in Energievraaggebieden van Gelderland.*



# Verdere info: Kennismodule Small Modular Reactors

- In opdracht van Ministerie KGG
- Input voor SMR simulaties project
- Beantwoording van vragen van stakeholders
  - Organisatorische aspecten
  - Ruimtebeslag
  - Benodigde koelvoorzieningen
  - Flexibiliteit van SMR toepassingen
  - Nucleaire veiligheid
  - Radioactief afval en eindberging
- Document zal worden bijgewerkt tijdens/na simulaties



# Expertise NRG PALLAS

- Locaties Arnhem en Petten
- Ontwerp & veiligheidsbeoordelingen
- Expertise en dienstverlening:
  - Locatiekeuze, ontwerpbeoordeling en vergunningsverlening
  - Technologie en veiligheid: ontwerp, bedrijf, afval en decommissioning
- NRG PALLAS:
  - PALLAS reactor "SMR" – Nederlandse nucleaire vergunning op basis van nieuwste regels ANVS
- Kennis transfer (NRG PALLAS Academy)
  - Cursussen, workshops, opleiding op gebied van nucleaire veiligheid, stralingsbescherming en (nucleaire)vergunningsverlening







# Bedankt voor uw aandacht

Link naar documenten:

- [Gelderland inpassing](#)
- [SMR module](#)
- [SMR Marktanalyse](#)

