

TECHNISCHE (ON-)MOGELIJKHEDEN VOOR KERNENERGIE IN DE PROVINCIE LIMBURG

Samenvattende Presentatie aan
Provinciale Staten Provincie Limburg
16 September 2022

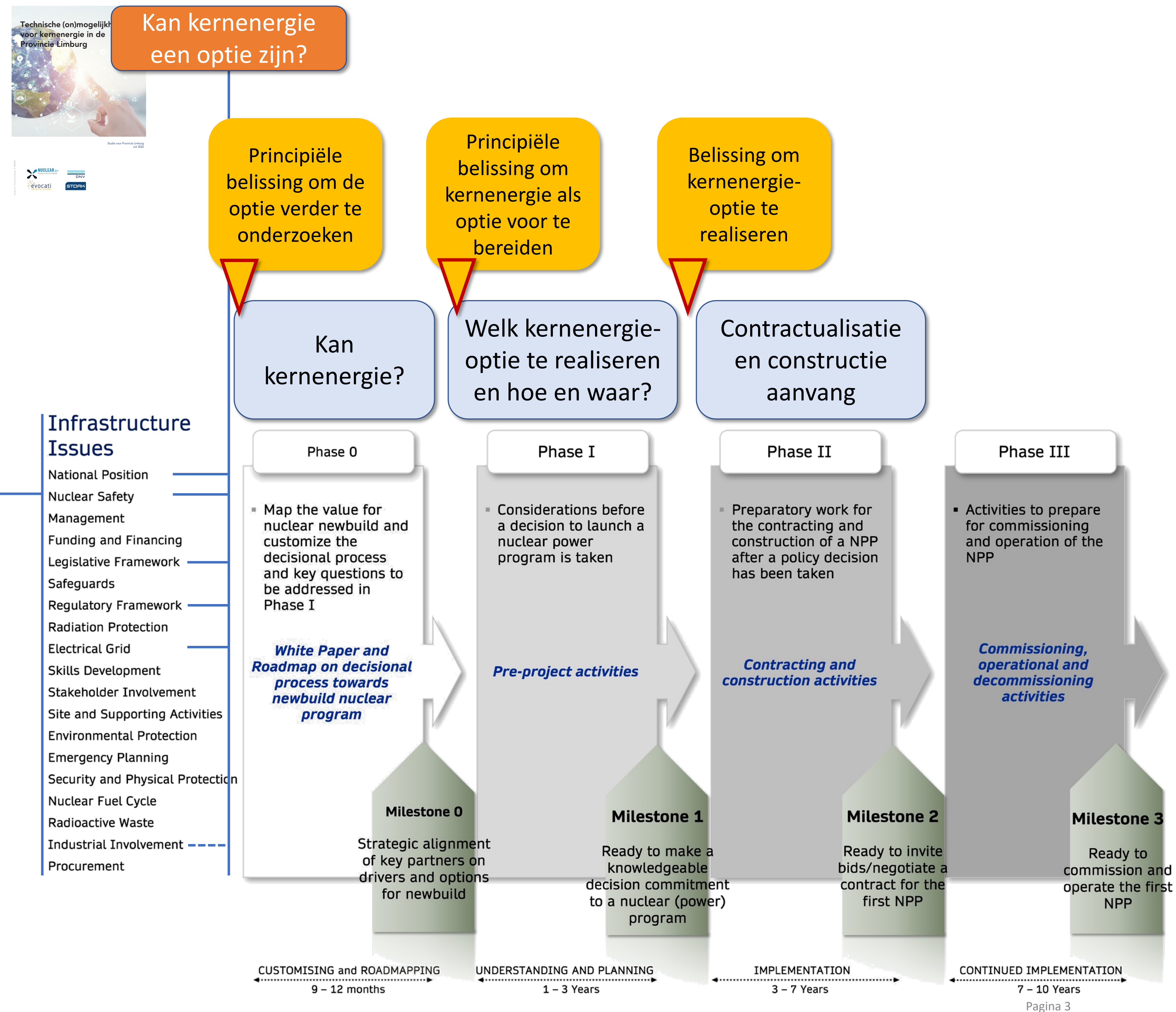
Context voor deze studie

- Start kader is de Provinciale Energie Strategie (PES)
 - *"De Limburgse energiemix bestaat richting 2030 en verder uit steeds meer verschillende bronnen en energiedragers. We kunnen ons nu niet veroorloven slechts op enkele paarden te wedden noch uitgaan van de huidige energiemix. Het zal een zoektocht zijn met verschillende ontwikkelings- en toepassingssnelheden. Wet- en regelgeving, de snelheid van innovaties en opschaling evenals de kracht van regionale en euregionale/nationale samenwerkingsverbanden en draagvlak in de regio zijn daarin belangrijke factoren".*
- Nederland en de Provincie Limburg hebben groeiende nood aan op afroep beschikbaar en regelbaar vermogen
 - Kernvraag of kernenergie een optie zou kunnen zijn?
 - Dit betreft een technisch studie omtrent de (on-)mogelijkheden voor kernenergie
 - De recente energie-markt ontwikkelingen sinds de start van de studie hebben bijkomende (technische) elementen aangebracht doch voornamelijk de context voor de toekomstige energiemix opties gewijzigd:
 - ✓ Internationale energie-markt en geo-politieke ontwikkelingen
 - ✓ Netcongestie in Nederland en meer bepaald Provincie Limburg
 - ✓ Strategische waarde voor
 - (Voldoende) Energie-onafhankelijkheid
 - Stabiele en competitieve energie-kosten
 - ✓ Groeiende nood aan (lokaal) op afroep beschikbaar en regelbaar vermogen



Positionering van deze studie

- Deze studie behandelt 'slechts' de technische vraag of kernenergie een optie zou kunnen zijn?
 - En zo ja, welke kernenergie-opties bieden zich aan?
- Deze studie is een input tot een methodologisch proces (cfr. IAEA) naar de uitbouw van kernenergie indien hiertoe wordt besloten
 - Niet alle domeinen van 'Infrastructure Issues' worden in deze studie behandeld
 - Noch werd een stakeholder interactie-proces uitgevoerd wat essentieel is in een eventuele vervolg "Phase 0"
 - ✓ d.w.z. een gehele haalbaarheidsstudie, nl.:
 - Technisch
 - Economisch
 - Regelgevend
 - Kennis-capaciteit
 - Rol voor regional industrie
 - ..., en
 - Socio-maatschappelijke aanvaarding



Studie-aanpak

- Studie uitgevoerd gedurende de periode 20 April – 20 Juli '22
- Focus op
 - zo compleet mogelijke informatie omtrent verschillende essentiële aspecten
 - diverse uitgangspunten van partners te convergeren naar een consensueel rapport met ééndrachtigheid qua uitkomst
 - tevens interactie met belangrijke partijen:
 - ✓ EZK – Energiemix scenario studie
 - ✓ ANVS – vergunnings-traject
 - ✓ Energie-intensieve industrie Provincie Limburg
- Een vrijwel continue interactie met Provincie Limburg gezien
 - de wijzigende energie-markt context gedurende de looptijd
 - de complexiteit van de materie en dus behoefte aan duidelijke (en tussentijdse) rapportering



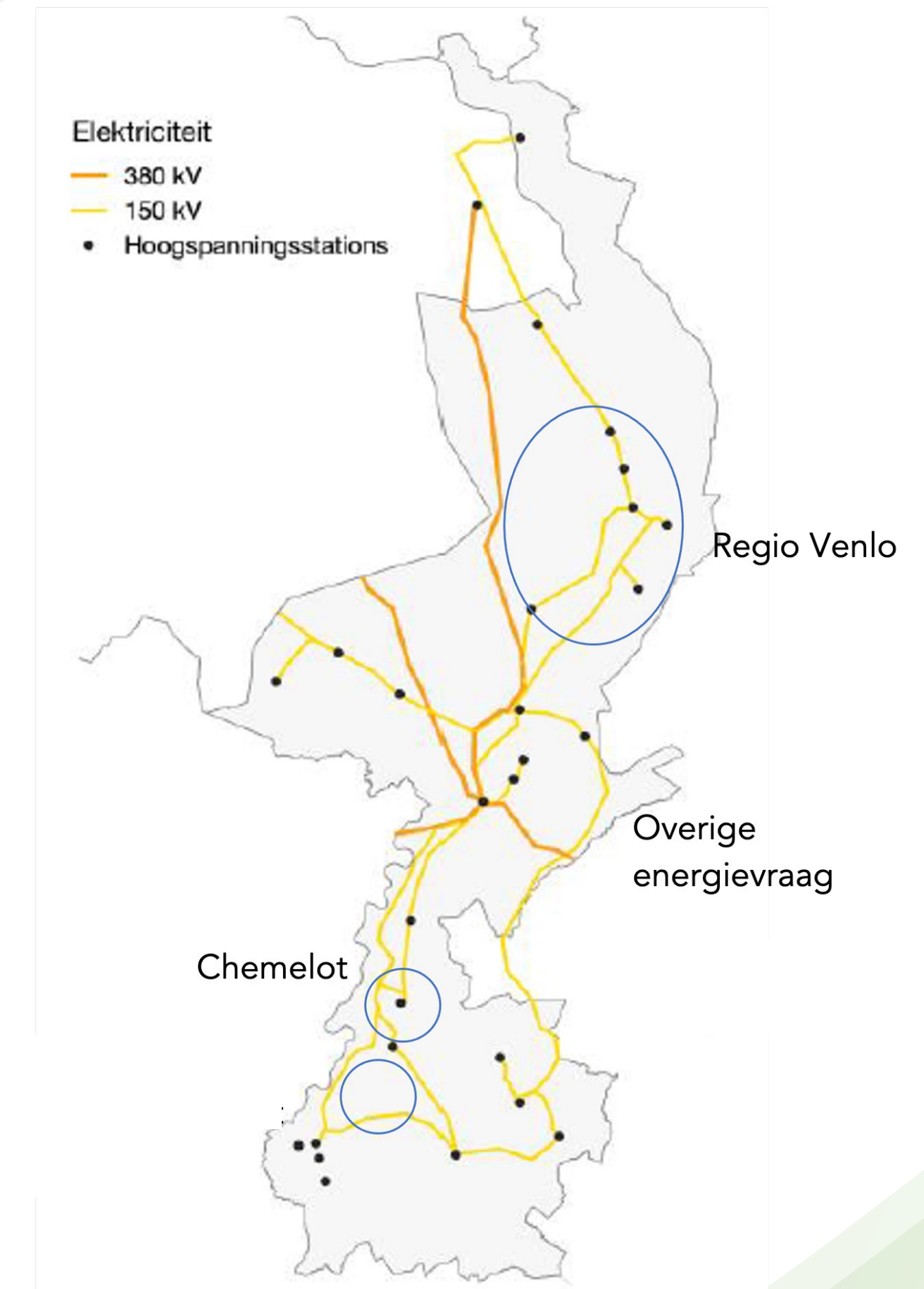
Finaal rapport gestructureerd in 5 delen beantwoordend aan hoofd en deelvragen



- I. Inleiding en studie-aanpak verduidelijking
- II. **Energie-markt in Provincie Limburg en verwachtingen naar energie-behoefte**
- III. **Mogelijke rol voor kernenergie en uitdagingen alsook de technologische opties voor Provincie Limburg**
- IV. **Technische (on)mogelijkheden voor (Mini-)SMR-opties in de Provincie Limburg en randvoorwaarden voor hun realisatie**
- V. **Planologische, geo-technische randvoorwaarden en regelgeving voor (Mini-)SMRs**
- VI. **(Mini-)SMR routeplan voor Provincie Limburg en Nederland**

Energie-behoeften voor/in de Provincie Limburg

- Energie-behoeften voor/in Provincie Limburg duiden op
 - Nood aan decarbonisatie
 - Groeiende elektrificatie
 - De haalbaarheid én noodzakelijkheid om 380kV HS-lijn connectie Graethede 2028/29 te realiseren
 - Waterstofnet ("hydrogen backbone") ontwikkeling
 - Geprojecteerde energie-behoeften gebaseerd op bestaande en recente (scenario) studies
 - ✓ Gebouwde omgeving
 - ✓ Industriële clusters
 - ✓ LEA bedrijven



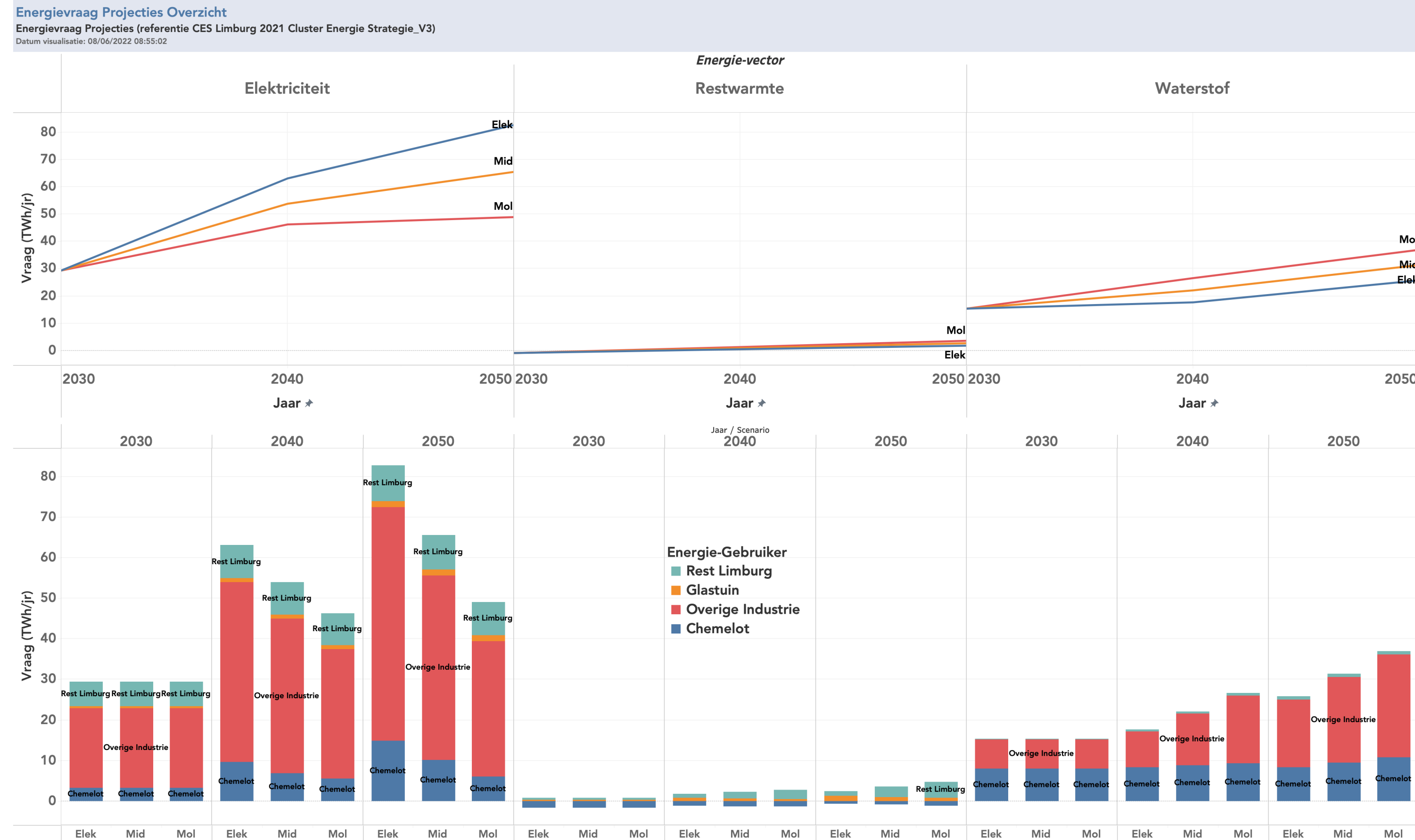
Energie-behoeften voor/in de Provincie Limburg

- Uitdagingen en knelpunten waarbij de belangrijkste en robuuste knelpunten zich voorstellen als :
 - Onvoldoende capaciteit van de huidige elektriciteitsnetten (hoog- én laagspanning) voor het voorziene aanbod van vooral zonneparken alsook voor de energievraag van gebouwde omgeving, elektrisch vervoer en industrie;
 - Onvoldoende elektriciteitsproductie en het onvoldoende beschikken over vrij regelbaar vermogen;
 - Vooralsnog geen transportcapaciteit van waterstof naar industrie en elektriciteitscentrales;
 - Afhankelijk van politieke en maatschappelijke ontwikkelingen is er behoefte aan meer warmtebronnen en warmtetransportnetten, waterstofdistributie en CO₂-infrastructuur;
 - Oplossingen vanuit Duitsland en België niet realistisch gezien hun eigen knelpunten.



Energie-behoeften projecties

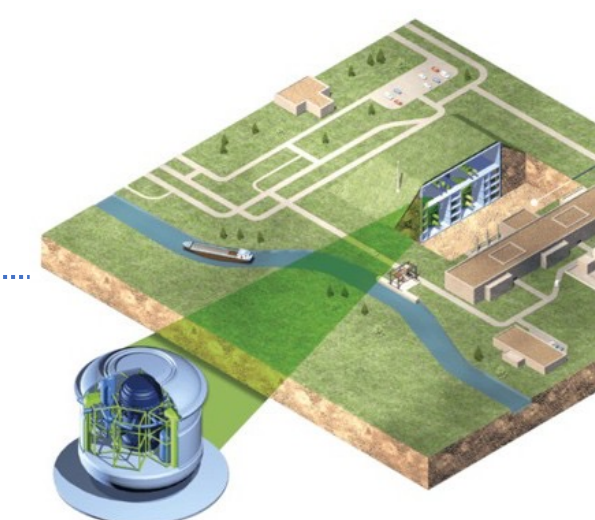
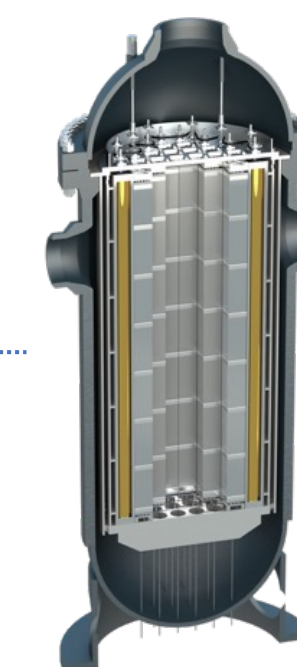
- **Resterende en blijvende behoefte voor op afroep beschikbaar en regelbaar productie-vermogen met het oog op**
 - Optimalisatie van het gehele elektriciteits-net
 - Elektriciteit/energie garantie
 - Robuustheid van energie-levering
 - ✓ Continue beleving compatibel met bedrijfsprocessen
 - ✓ Economisch competitief
 - ✓ Risico minimalisatie m.b.t. bedrijfscontinuïteit
 - Betere/verdere integratie van elektriciteit/warmte koppeling in geïntegreerde energie-systemen
 - Prijs-competitiviteit en prijs-stabiliteit
- **De geprojecteerde energie-behoeften in 2050 bedragen het equivalent van zo'n 8 – 12 GWe benodigde generatie-capaciteit**
 - waarvan zo'n 4 – 8 GWe enkel reeds voor de elektriciteitsbehoefte voor de (gecentraliseerde) Chemelot-site en (gedecentraliseerde) LEA-bedrijven



Vertalend in een capaciteits-behoefte voor productie-eenheden per gebruikers-cluster van 20 MWe - > 1000 Mwe

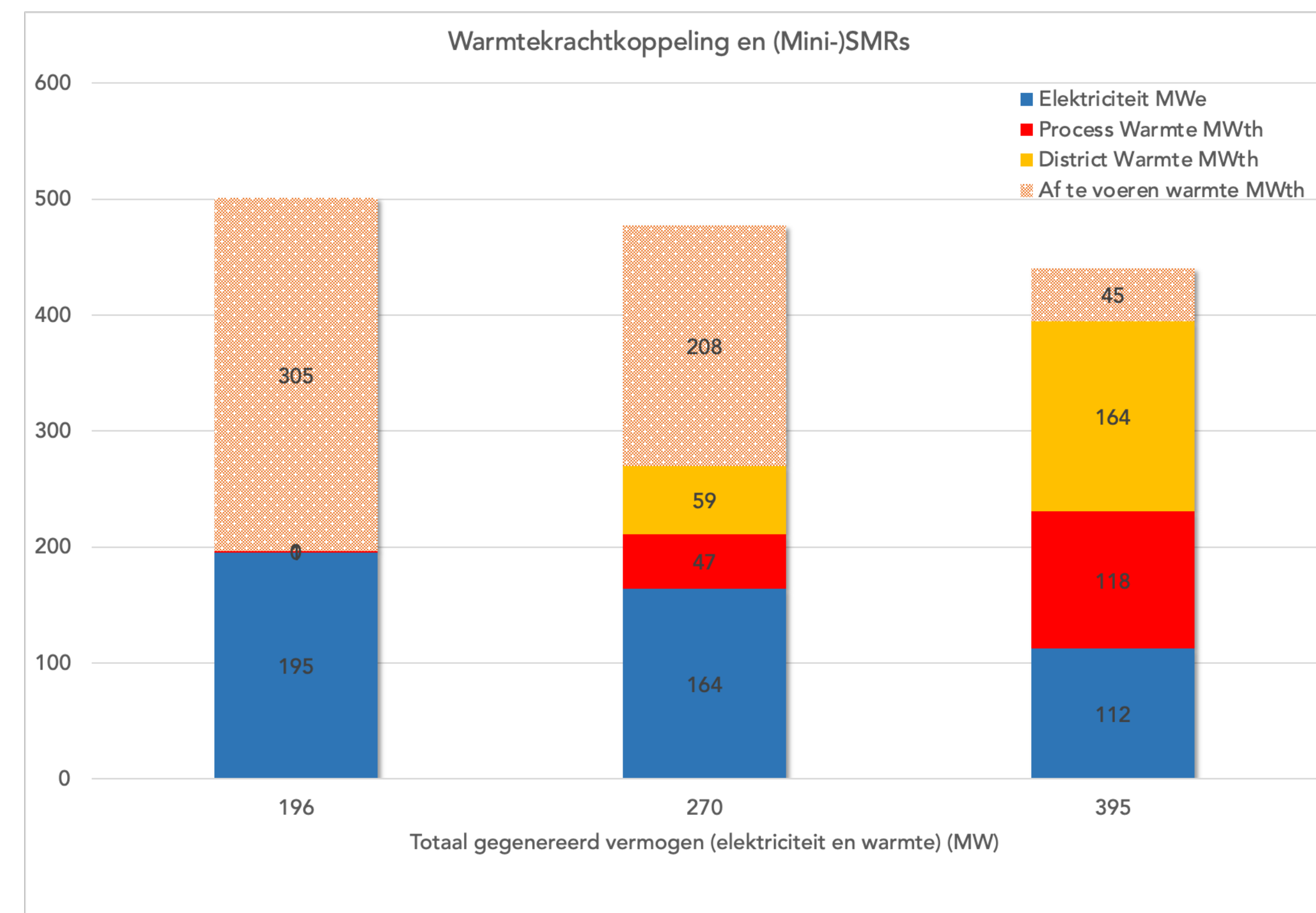
Er zijn geen harde praktische en/of fysieke beperking voor (Mini-)SMRs in de Provincie Limburg

- Er zijn drie kernenergie-opties op basis van LWR technologie welke zich aanbieden voor de Provincie Limburg:
 - Mini-SMRs (20 – 50 MWe) welke toepasbaar zijn vanaf 2030
 - SMRs (200 – 300 MWe) welke toepasbaar zijn vanaf 2035
 - Grote LWR-centrales (ca. 1000 MWe) welke toepasbaar zijn doch slechts indien in geïntegreerd energie-systeem na 2035
 - ✓ Grote LWR-centrales slechts te beschouwen indien netto restwarmte voor omgevingskoeling sterk beperkt wordt (en vergelijkbaar met STEG-centrale)
- Al deze opties genereren elektriciteit en warmte, die benut kan worden voor proceswarmte en warmtenetten
 - In analogie aan warmtekracht-centrales laten zijn een flexibele generatie toe met aanpassing van elektriciteit/warmte aan gebruikers
- Er zijn wel verschillen in de mogelijkheden en wensen qua plaatsing met betrekking tot de energie-behoefte en de aard van koelbehoefte
- Beïnvloedende factoren qua keuze omvatten ook beschikbaarheid van een 380 kV HS verbinding naar de Limburgse energie-intensieve industrie en finaal alle gebruikers



(Mini-)SMRs: zowel elektriciteit als warmte

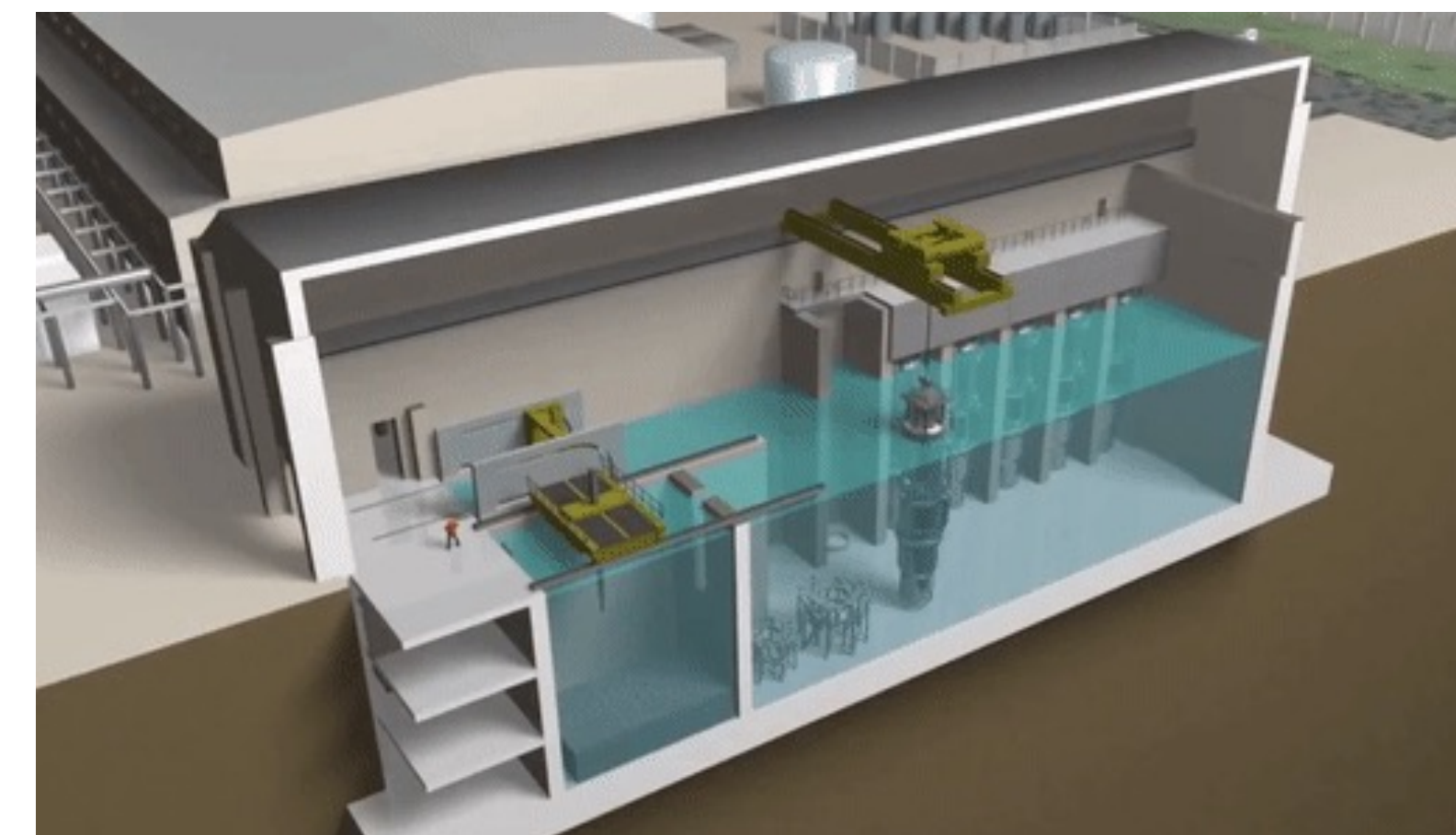
- Grote interesse om warmtekrachtkoppeling te voorzien met (Mini-)SMRs om:
 - De energie-behoeften van zowel elektriciteit als warmte te belevaren
 - Minimale hoeveelheid 'afval-warmte' te moeten koelen met beperktere nood aan koeltorens en dus meer locaties beschouwbaar
 - Op basis van eenheidsvermogens van ca. 20 MWe
 - Vanaf heden alsook blijvend voor verschillende LEA-bedrijven
 - Tevens gekoppeld met warmte (ca 40 MWth) voor proceswarmte/warmtenetten tot meerdere honderden MWe's benodigd
 - Voor industriële clusters welke decarboniseren via toenemende elektrificatie
 - Met eventuele voorkeur voor redundante generatie-capaciteit voor leverings-continuïteit/zekerheid
 - Na 2030/2035
 - Optimalisatie van uitbating (Mini-)SMRs in vollast met economische voordelen



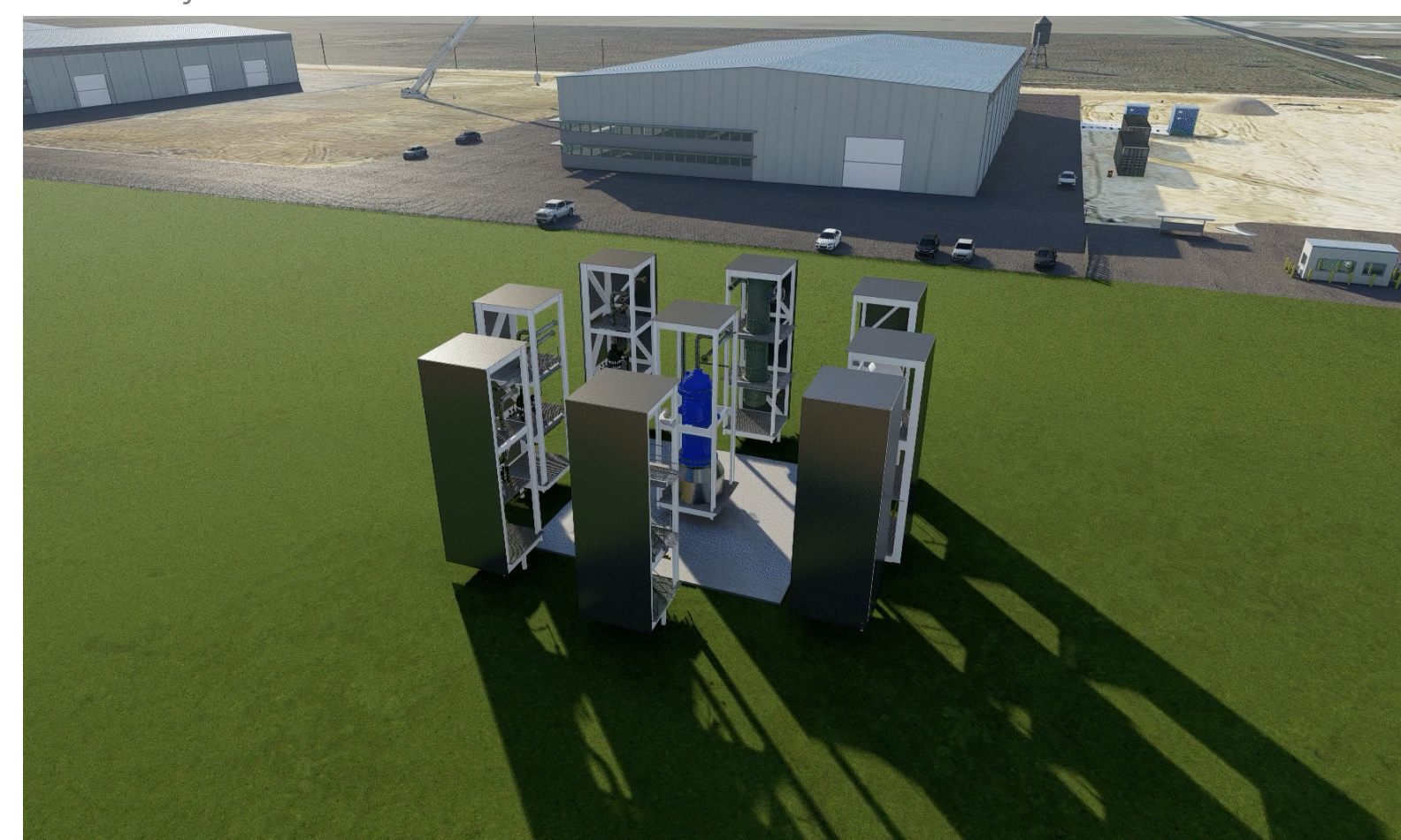
De schaalgrootte van (Mini-)SMRs laat een betere flexibiliteit toe naar gecombineerde elektriciteit en rest/district-warmte inzetbaarheid

(Mini-)SMRs brengen modulaire opties en oplossingen

- “Klein” bepaalt voornamelijk de toepasbaarheid in verschillende energie-markten en locaties
- Modulariteit komt hoofdzakelijk in twee voorname vormen:
 - Modulariteit in investering
 - ✓ Gefaseerde investering in productie-capaciteit
 - ✓ Kleinere investering per productie-eenheid doch (algemeen) verwachte hogere productie-kost
 - ✓ Van schaalgrootte-effect naar serie-productie door (kleinere) modules
 - ✓ Kleiner eenheids-vermogen laat eenvoudiger design toe alsook andere aanpak van veiligheids-garantie
 - ✓ Gestandaardiseerde modules met kleinere on-site bouw risico's
 - Modulariteit in uitbating
 - ✓ Bijkomende flexibiliteit voor deellast en vollast werking
 - ✓ Continuïteit en redundantie in verzekerde productie van elektriciteit en warmte
 - ✓ Modulariteit in onderhoud en vervanging met mogelijkheid tot verkorte onderhouds-periodes



Courtesy: NuScale



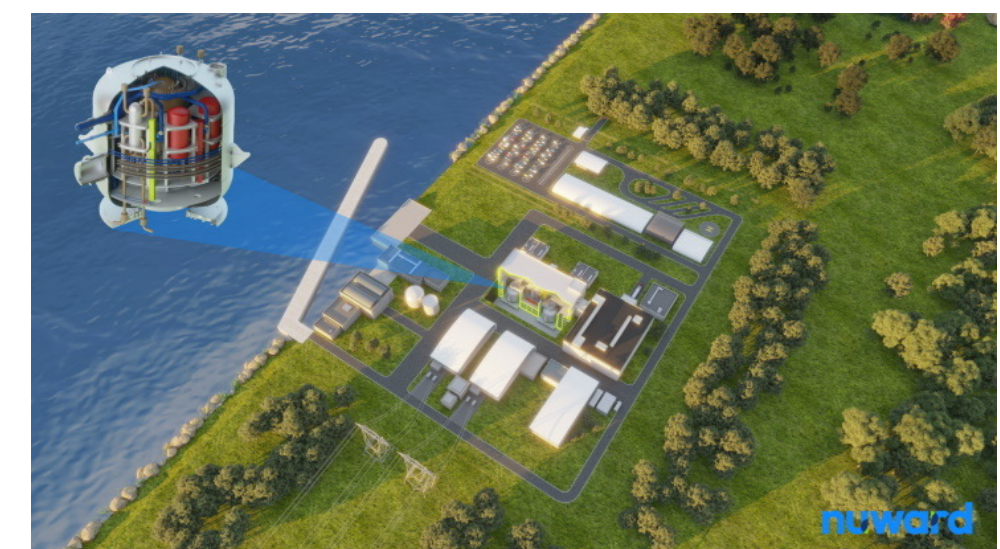
Courtesy: Last Energy

Beschouwde kernenergie-opties in enig perspectief

	Mini-SMR	SMR	AMR
Eenheidsvermogen (MWe)	20 - 50	200 - 300	100 - 500
Tijdslijn industriële realisatie in Nederland	2030	2035	>2040
Technology type	LWR	LWR	voornamelijk non-LWR
Investering (M€)	100 - 250	> 1000	> 1000
Siting voorwaarden	Actieve luchtkoeling mogelijk met dus ruimere locatie-keuze	- Actieve (water/)lucht- koeling (met koeltoren) - Meer mogelijkheid tot warmtenet-gebruik ter reductie restwarmte	Velen hanteren hogere werktemperaturen met lagere restwarmte en netto restwarmte koelbehoefte
H ₂ -productie	- Compatibel met brandstofcel oplossingen van enkele MW met tevens warmte gebruik - Laat toe Mini-SMR in base-load uit te baten	Compatibel met grotere H₂-productie units, alsook met warmte-toevoer door SMRs	Eventueel hogere temperatuur (electrolyse) H₂- productie processen
Scenario	Snelste gedecarboniseerde en op afroep beschikbare elektriciteitsproductie voor energie-intensieve industrie behoeften	- In competitie met grote LWRs en 380 kV alsook in toekomst met AMRs - Optie voor industriële sites > 2035 met back- up via net	Geïntegreerde nucleaire systemen met LWR/Mini-SMR en MSR voor splijtstof/ afval optimalisatie

Tijdigheid van (Mini-)SMRs?

- **Aanpassing van de Kernenergie Wet**
 - Vergunnings traject laat een realisatie naar 2030-2035 toe
- **De tijdige realisatie tijdens de periode 2030-2035 van (Mini-)SMRs vergt niettemin:**
 - Een versterkt Nederlands nucleair programma welke een de-risking van dergelijk nieuwbouw programma ondersteunt
 - Een initiatief gesteund door minimaal vier partijen:
 - *Provincie Limburg, in synergie met Rijksoverheid, als algehele coördinerende partner ter garantie van de nodige planologische en energie-systeem integratie*
 - *Energie-intensieve industrie als leidende markt-partij betreffende user-requirements*
 - *Investeerders*
 - *Een ervaren nucleaire operator, bijv. EPZ, met voornaam oog op de-risking*
- ✓ Tevens dient de mogelijkheid van een industrie consortium met oog op uitbouw van een toeleveringsketen en blijvende macro-economisch toegevoegde waarde in en voor Nederland/Limburg gestimuleerd
- ✓ Technologie-aanbieders zijn er volop, en op zoek naar mogelijkheden om hun project gerealiseerd te zien worden: **"buyers' market"** !



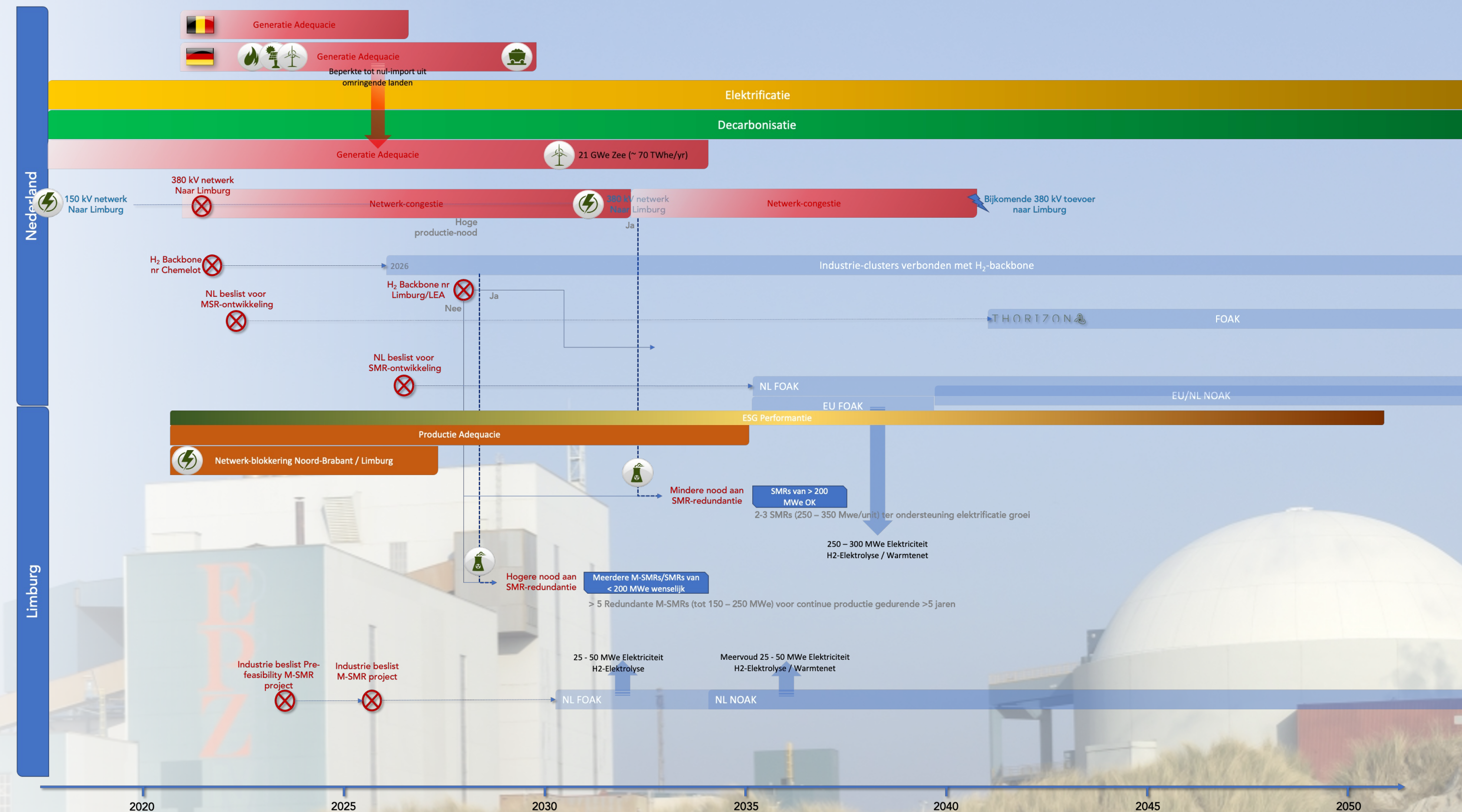


Welke keuze ? Mini-SMR of SMR?

- Gegeven de huidige en verwachte nucleaire programma-capaciteit in Nederland alsook de verwachte energie behoeftes in de Provincie Limburg worden **zowel de Mini-SMR als de SMR optie als mogelijk beschouwd**, met de keuze onder andere bepaald door:
 - De urgentie van gedecarboniseerde energie-supply waarbij Mini-SMRs vanaf 2030 en SMRs vanaf 2035 als realiseerbaar worden geacht
 - Het risico-profiel welke de initiatief-nemers betreffende dergelijke nieuwbouw op zich wensen te nemen
 - De benodigde redundantie in energie-voorziening t.o.v. de energie-behoefte (vnl. energie-intensieve en kritische processen)
 - De markt-verwachtingen voor specifieke LWR (Mini-)SMR ontwikkelaars tijdens de komende drie - vijf jaar

Routeplan

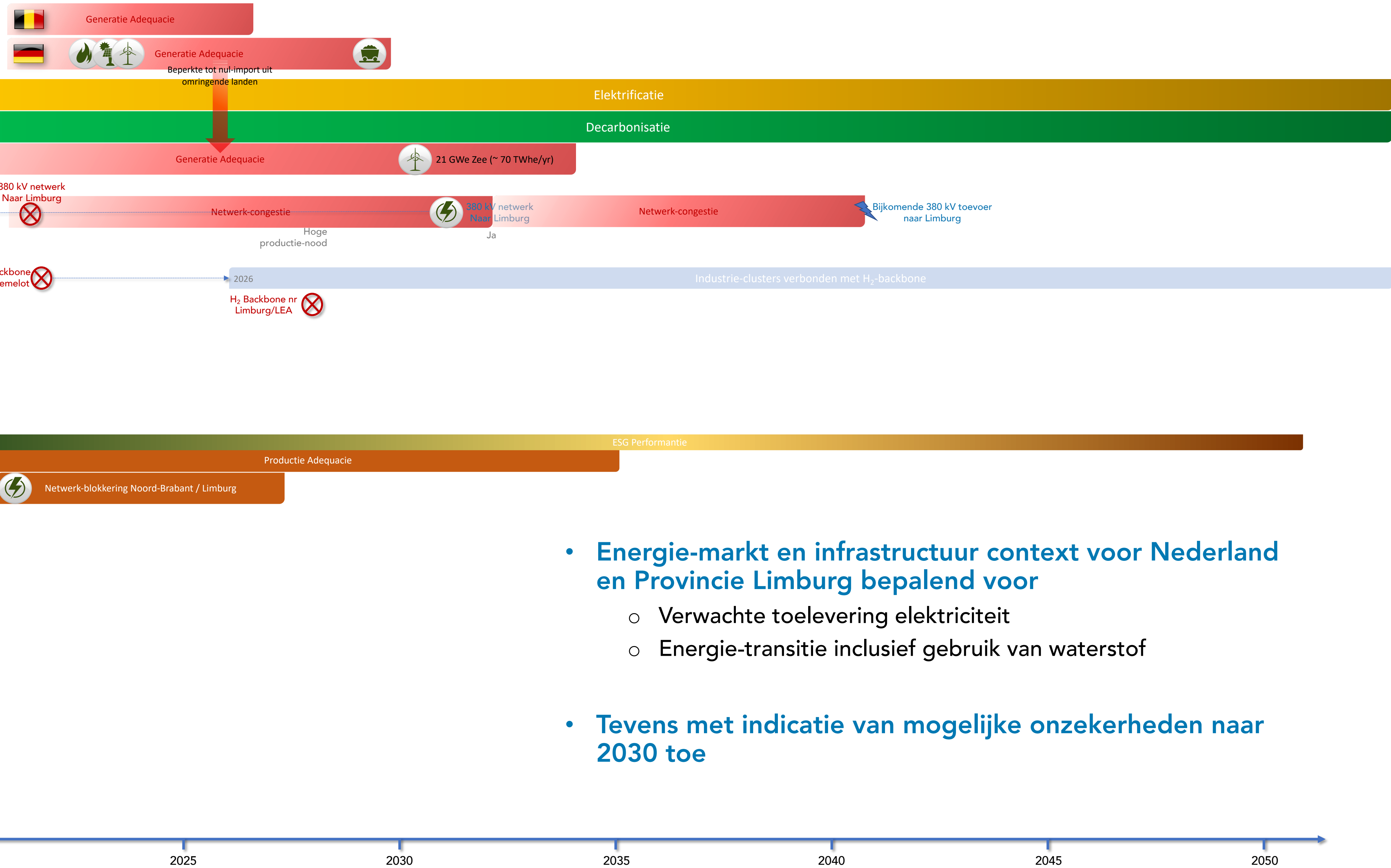
- Een routeplan ("Roadmap") werd opgemaakt resulterend in verschillende scenarios naar Mini-SMRs en/of SMRs
 - Aanduiding van cruciale beslissingen
 - Randvoorwaarden
 - Beïnvloedende factoren omtrent Mini-SMR of SMR



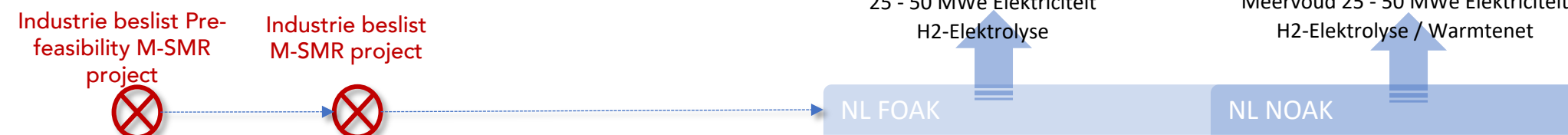
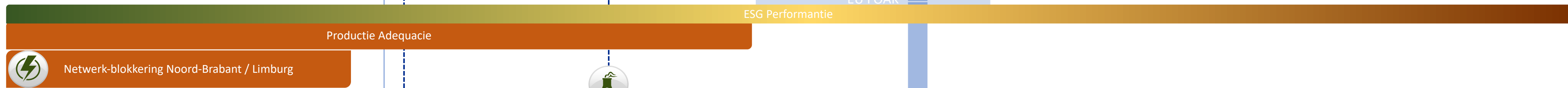
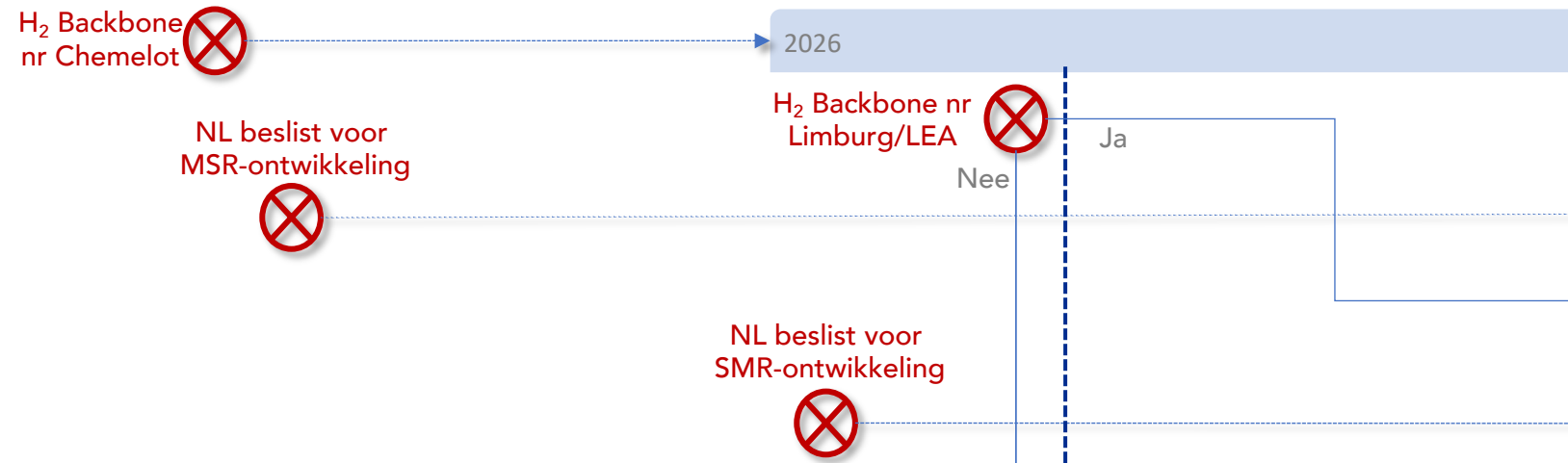
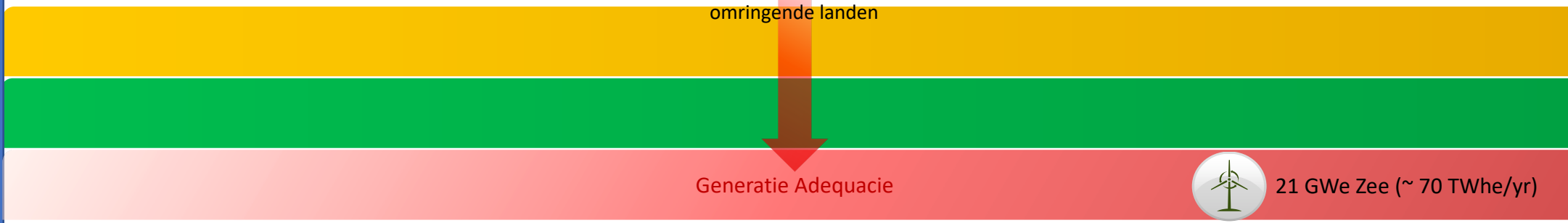
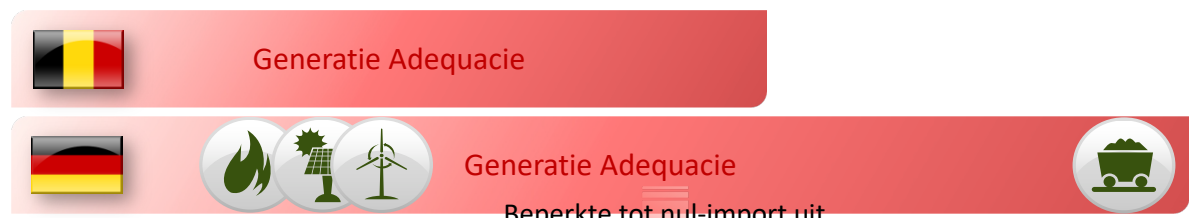
Energie Toekomst

Nederland

Limburg



- **Energie-markt en infrastructuur context voor Nederland en Provincie Limburg bepalend voor**
 - Verwachte toelevering elektriciteit
 - Energie-transitie inclusief gebruik van waterstof
- **Tevens met indicatie van mogelijke onzekerheden naar 2030 toe**



De beslissing tot een nucleaire programme, als onderdeel van een geïntegreerde energie-transitie visie, bepaalt

- De tijdslijn naar Mini-SMR, SMRs and AMR/MSRs
- Welk type Mini-SMR of SMR te kiezen
- Het aantal Mini-SMR/SMRs voornamelijk bepaald door de energie-intensieve behoeften
- De tijdslijn voor voorbereidende beslissingen en acties door de verschillende stakeholders

Bijkomende 380 kV toevoer

THORizon

FOAK

NL FOAK

EU FOAK

EU/NL NOAK

2020

2025

2030

2035

2040

2045

2050

(Mini-)SMRs brengen verzekerde waarde aan de Provincie Limburg

"Wat zijn voor Limburg, mede gelet op de uitdagingen qua netcongestie en het benodigde flexibele vermogen tussen 2030-2050, de meest logische varianten voor het aantal te plaatsen SMRs? Met andere woorden, wat past op realistische wijze op Limburgse schaal?"

- Energie-intensieve industrie vraagt om een betrouwbare, redundante energie-belevering compatibel met het uitbatings-regime van hun processen (tijdsschaal 6-7 jaar). Dit kan door meerdere (Mini-)SMRs worden verwezenlijkt waarbij de beschikbaarheid van een 380 kV HS aansluiting bijkomende redundatie verzekert
- Niettemin blijft lokaal regelbaar vermogen gewenst en zelfs noodzakelijk
 - ✓ Elektriciteits-netwerk verlichten en dus systeemkosten verlagen
 - → *belangrijke kans voor Limburg en ook voor Tennet netbeheerder om structurele congestie (deels) op te lossen*
 - ✓ Warmte-kracht koppeling met beschikbaarheid van lokale elektriciteit en warmte generatie
 - ✓ Waterstofproductie als bijkomende productie in Hydrogen backbone
- Het aantal te plaatsen SMRs hangt af van de integratie met voornamelijk deze industriële noden en met de keuze tussen Mini-SMR (20 – 50 MWe) of SMR (200 -300 MWe)
 - ✓ Een 3-5 tal Mini-SMRs vanaf ca. 2030 laten versnelde serie-effecten toe en beantwoordend aan energie-behoefte en redundantie
 - ✓ Meerdere Mini-SMRs en/of SMRs te beschouwen na 2035
- (Mini-)SMR generatie levert een zeer grote economische waarde door reductie van gas-behoefte, vermijden van broeikasgas-emissies en nood aan certificaten, kosten-stabiliteit en energie-onafhankelijkheid naast lokale werkgelegenheid

In conclusie

Mini-SMRs en SMRs kunnen beiden een optie zijn voor de Provincie Limburg m.b.t. de energie-transitie behoefte

- Er zijn geen geo-technische beperkingen welke locaties voor dergelijke (Mini-)SMRs onmogelijk maken
- De geprojecteerde energie-behoefte duiden op een nood aan op afroep beschikbaar en regelbaar vermogen waar deze (Mini-)SMRs een oplossing aanbieden

Mini-SMRs kunnen rond 2030 een mature optie zijn voor de Provincie Limburg, waarbij SMRs eerder rond 2035 dienen te worden voorzien

- Vandaar de keuze voor mature kerncentrale-technologie, nl. Licht-water reactoren (LWR)
- Meer geavanceerde (Mini-)SMRs te ontwikkelen voor behoeftes na 2040

Kortere tijdslijnen zijn te beschouwen enkel indien een gefocused nucleair programma in Nederland wordt versterkt en bestendigd

- Een duidelijke stabiele energie-politiek projecteert wat investerings-stabiliteit brengt
- Een nucleair programma "Neratom 2.0" mede-ondersteund in privaat-publieke samenwerking
- Met het oog op capaciteits-versterking en business-waarde voor "Nuclear Nederland BV"

De keuze tussen Mini-SMR en SMR wordt door 'urgentie' voor regelbaar vermogen in energie-transitie bepaald en door risico-mitigatie voor toekomstige ontwikkelingen