

Warmte-opslag en slimme sturing in het energiesysteem: Knelpunten in de opschaling

Jacob Janssen



Nieuwe Warmte Nu!

Programma in het Nationaal Groeifonds

Doel: Versnellen van de warmtetransitie in Nederland.

- Vliegwielpjecten
- Technische innovaties (o.a. hoge-temperatuur seizoensopslag)
- **Leer- & ontwikkelprogramma met bedrijven, overheden & kennisinstellingen**



Kennis & innovatie

Nieuwe technieken praktijkrijp maken



Standaarden

Design Toolkit, kosten- & ontwerpmethoden



Samenwerking

Communities of Practice, leernetwerken



Monitor & evaluatie

Voortgang & lessen vastleggen

Uitgevoerd door TNO, Deltares en Saxion

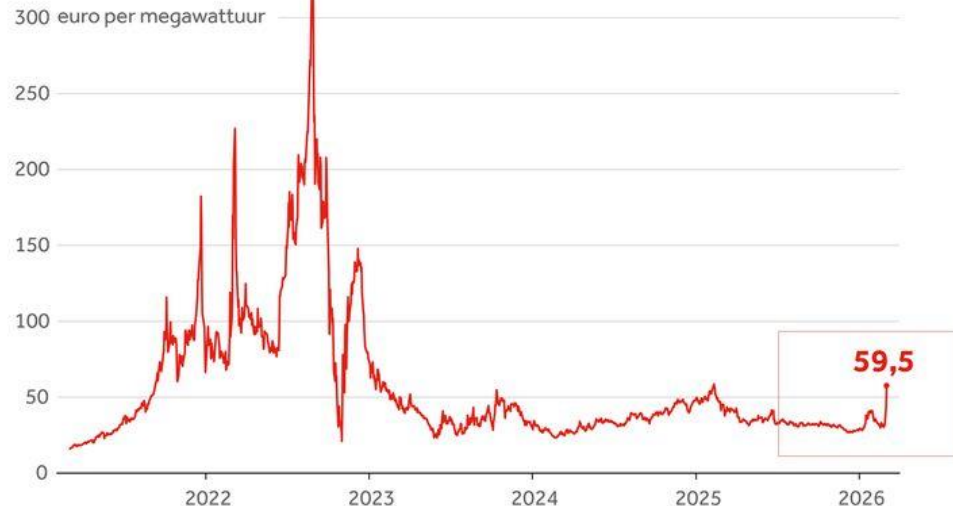
- Doel: Versnelling en netbewuste opschaling van warmtenetten;
- Bewustzijn over belang van warmteopslag in het ontwerp van lokale systemen en adoptie van deze kennis in lokale warmteprogramma's en wetgevingstrajecten overheid.

DURE ENERGIE (!?)



Prijs van gas in de afgelopen vijf jaar

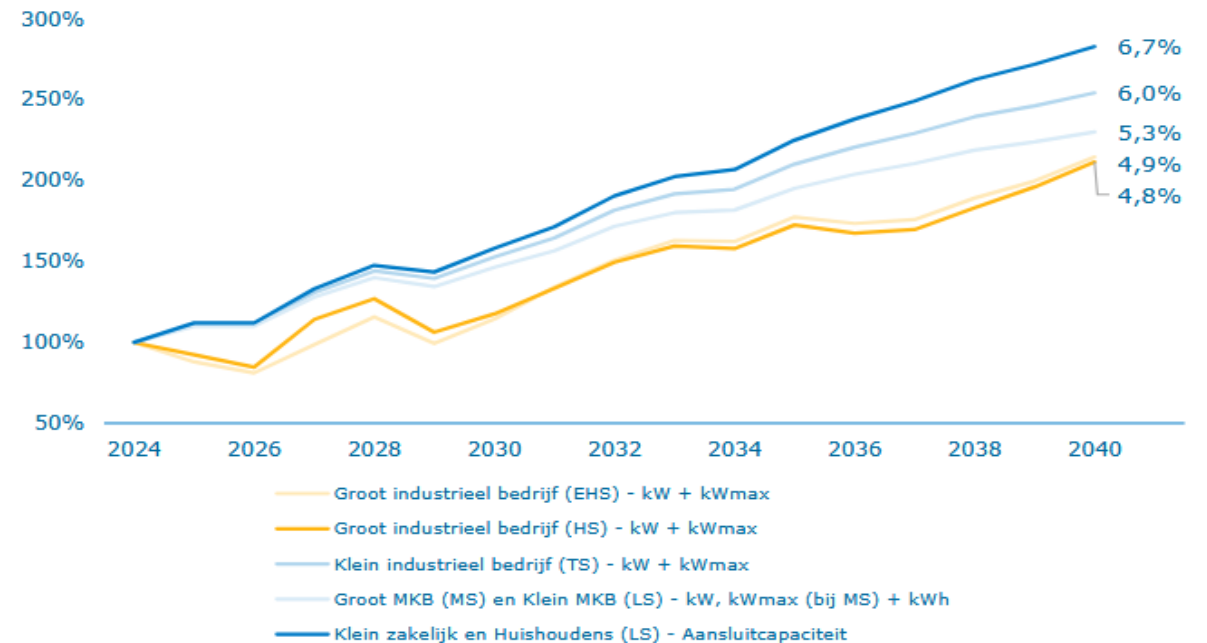
hoogtepunt energiecrisis



Data: Rifinitiv

Figuur: Prognose nettatariefontwikkeling elektriciteit 2024-2040 (2024 = 100, reëel) per gebruikersgroep

Bron: PwC, 2024

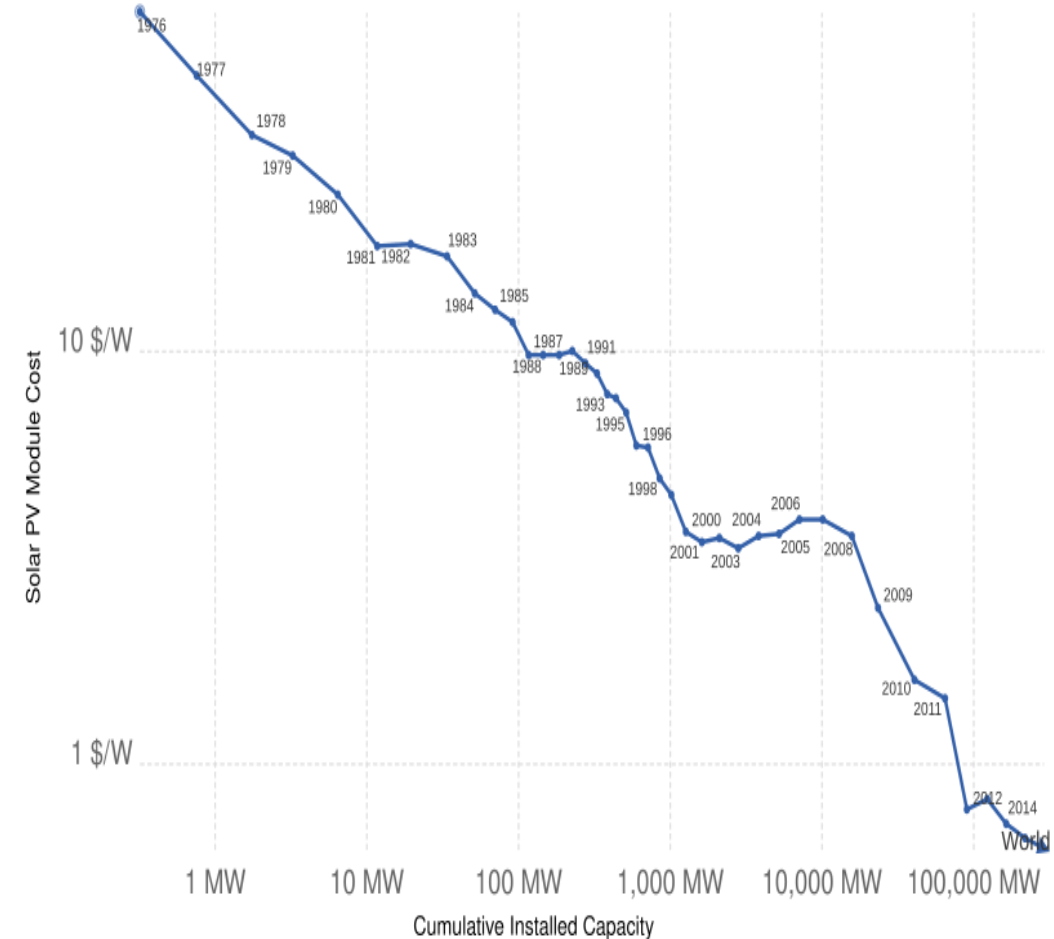


ONTWIKKELINGEN

- **VRAAG**: Toenemen koelvraag, afnemende warmtevraag, toenemende vraag naar elektriciteit; dus grotere druk op e-net. Warmtetransitie moet slimmer
- **INNOVATIE**: warmtepompen, zon-PV, batterijen, EV goedkoper

Warmtepompen 2024: >393.000 geïnstalleerd (incl. airco's)

- **SLIM**: Toenemende digitalisering maakt flexibele volautomatische aansturing via aansturing van bronnen en warmtepompen mogelijk
- Krapte op de **ARBEIDSMARKT**, vraagt eenvoudigere en goedkopere aanleg
- **GEOPOLITIEK**: Gebruik van lokale bronnen en wisselwerking met een centraal systeem maakt minder afhankelijkheid van één centrale bron of brandstof



Source: Lafond et al. (2017); IRENA; SolarServer

OurWorldInData.org/re

BURGERS KUNNEN STEEDS MEER ZELF, INDIVIDUEEL EN SAMEN

- **ISOLATIE**
- **GEDRAG** (bijvoorbeeld: Instelling cv-ketel, gordijnen, bepaalde kamers verwarmen, deuren sluiten, radiatorfolies)
- **WARMTEPOMPEN**
- **ZON-THERMIE EN ZONNEPANELEN** (folies)
- **BATTERIJEN**
- **LAGE TEMPERATUURVERWARMING, WARMTETERUGWINNING**
(uit bijvoorbeeld ventilatie, douche, koken)

Stysteemvoordelen

1. Ontkoppeling van de vraag van het variërende hernieuwbare aanbod

- Zonne- en windenergie is overvloedig aanwezig, maar niet altijd op de juiste momenten. De warmtevraag is het hoogst in de winter, wanneer de zon niet schijnt.
- Biedt ruimte om in te spelen op prijssignalen — bijvoorbeeld door goedkope stroom 's nachts om te zetten in warmte
- Vermindert slijtage door veelvuldig aan- en afschakelen van bronnen te voorkomen

2. Ontlasting elektriciteitsnet

Piekvraag voor verwarming (warmtepompen die tegelijk aanspringen op koude ochtenden): Als die warmte al eerder is opgeslagen, daalt de elektrische piek aanzienlijk. Warmteopslag is daarmee indirect ook een netverzwaringsalternatief

3. Benutting van (lokale) restwarmte

Nederland heeft een groot restwarmtepotentieel — zowel centraal (datacenters, industrie, afvalverbranding) als lokaal— supermarkten, ziekenhuizen, sportvelden - dat nu grotendeels onbenut blijft omdat het aanbod niet synchroon loopt met de vraag

4. Piek-demping warmtevraag

Warmtenet zonder buffer: productie en levering altijd in balans. Buffer verhoogt robuustheid en vermindert uitval. Minder afhankelijkheid van gas als back-up bij piekkoude.

	Technologie	Vermogen	Toepassing	Termijn	Temp.	TRL	Marktpenetratie NL
Seizoensopslag warmte	Lage temperatuur bodemenergie (open, gesloten)	50 kW – 1 MW	Collectief / Individueel GO	Maanden	<25 °C	9-11	3000+ open, 80.000 gesloten
	Midden- en hoge temperatuur ondergrondse opslag (aquifers, ATES)	1 MW – 30 MW	Collectief GO	Maanden	25-90 °C	7-8	Enkele
	Hoge temperatuur gesloten bodemenergie (boreholes, BTES)	500 kW – 5 MW	Collectief / Individueel GO	Maanden	<90 °C	7-8	Enkele
	Warmteopslag in mijnen	1 MW – 30 MW	Collectief GO	Maanden	<90 °C	7-8	Enkele
	Kuil thermische opslag (PTES)	1 MW – 15 MW	Collectief GO	Maanden	<90 °C	7-8	Niet in NL, Enkele in Denemarken
	Grote warmwater tank (lange-termijn, lager vermogen) (TTES)	1 MW – 5 MW	Collectief GO	Maanden	<90 °C	6-7	Experimenteel
Korte-termijn opslag warmte	Grote warmwater tank (korte-termijn, groot vermogen) (TTES)	100 kW – 150 MW	Industrieel, Glastuinbouw	Uren-dagen	<90 °C	9-11	Tientallen (e-boiler) tot honderden (WKK)
	Kleine warmwater tank (woning) (TTES)	1 kW – 50 kW	Individueel GO	Uren-dagen	<95 °C	9-11	100.000 tot 1 miljoen
	Faseovergang (PCM)	Divers	Divers	Uren-dagen	Variabel	6-9	Tientallen ijsbuffers, Niche Markten, gesmolten zout nog niet in NL
	Vaste stof (Beton, steen)	10 MW – 100 MW	Collectief GO, Industrieel	Uren-weken	<1200 °C	6-7	Experimenteel
	Thermochemische materialen (TCM)	Divers	Collectief GO, Industrieel	Weken	Variabel	4-6	Experimenteel

Visies



Lokale energiesystemen waarin warmte, koude en elektriciteit integraal worden opgewekt, opgeslagen en benut — dicht bij de gebruiker, in balans met de omgeving.

Bodemenergie is hierin een sleutelbouwsteen: stil, onzichtbaar en de hele dag beschikbaar.



Documenten >

Kamerbrief decentrale ontwikkeling energiesysteem

Energie door perspectief: rechtvaardig, robuust en duurzaam naar 2050



5. Lange termijn opslag vraagt om bijzondere aandacht

Om altijd hernieuwbare energie te kunnen gebruiken, moeten we ook werk maken van lange termijn opslag. Technologieën zoals flowbatterijen, moleculaire opslag en warmtebuffers zijn in ontwikkeling, maar kennen nog geen volwassen markt. De opschalingsfase brengt aanzienlijke risico's met zich mee, waardoor private investeringen achterblijven. Gerichte ondersteuning vanuit de overheid, bijvoorbeeld in de vorm van garantiestellingen of andere vormen van risicoreductie, is noodzakelijk om deze technologieën tijdig beschikbaar te krijgen.



Integraal vraaggestuurd

Begin bij de lokale energievraag en pas de 'right tool for the job' toe



Flex in de wijk

Balans tussen seizoens- en kortcyclische opslag



Maximaal lokaal, slim gekoppeld

benut lokale opwek eerst lokaal; gebruik het hoofdnet als aanvulling

Warmteopslag: systeemvoordeel → knelpunt → techniek

	Systeemvoordeel	Knelpunten bij opschaling	Relevante technieken (TRL)
1. Vraag / aanbod	<ul style="list-style-type: none"> Zon/wind overvloedig — maar niet op de juiste momenten Warmtevraag piek in winter, aanbod in zomer Inspeken op prijssignalen (nachtstroom → warmte) 	<ul style="list-style-type: none"> Seizoensopslag nog beperkt bewezen op grote schaal (NL) Warmteverliezen bij langere opslag hoog Vergunningen HTO/ATES complex en langdurig 	<ul style="list-style-type: none"> HT-ATES / HTO — TRL 6 (seizoen, > 60°C) MT-ATES / MTO — TRL 7 (weken–maanden, 25–60°C) TCM — TRL 6–7 (verliesvrije seizoensopslag)
2. Net-ontlasting	<ul style="list-style-type: none"> Warmtepompen pieken tegelijk op koude ochtenden Opgeslagen warmte verlaagt elektrische piekvraag P2H+S: goedkope stroom 's nachts omzetten in warmte 	<ul style="list-style-type: none"> Flexibiliteitswaarde warmteopslag niet vergoed in tarieven Warmtenetten weinig vertakt — buffers moeilijk te integreren ACM-tariefregulering staat doorberekening meerwaarde niet toe 	<ul style="list-style-type: none"> Buffertank / TTES — TRL 9 (uren–dagen, direct netkoppelbaar) LT-ATES / WKO — TRL 9 (dagcycli, warmte én koude) HT-voelbaar (CESAR) — TRL 8–9 (P2H, vaste stof > 200°C)
3. Rest-warmte	<ul style="list-style-type: none"> Groot onbenut restwarmtepotentieel: centraal én lokaal Centraal: datacenters, industrie, afvalverbranding Lokaal: supermarkten, ziekenhuizen, sportvelden 	<ul style="list-style-type: none"> Gebrek aan contractuele koppeling restwarmtebron ↔ warmtenet WCW en subsidies bieden geen prikkels voor flexibiliteitslevering Ruimtelijke concurrentie ondergrond (HTO vs. andere functies) 	<ul style="list-style-type: none"> HT-ATES / HTO — TRL 6 (centrale restwarmte, > 60°C) MT-ATES / MTO — TRL 7 (industrie/kas, 25–60°C) TCM — TRL 6–7 (transport restwarmte zonder tijdverlies)
4. Piek-Demping warmtevraag	<ul style="list-style-type: none"> Warmtenet zonder buffer: productie en levering altijd in balans Buffer verhoogt robuustheid en vermindert uitval Minder afhankelijkheid van gas als back-up bij piekkoude 	<ul style="list-style-type: none"> WCW en tariefstructuur voor zover bekend prikkelen niet tot buffering Netbeheerder heeft geen inkooprol voor warmteflexibiliteit Standaarden en certificering voor warmtebuffers ontbreken 	<ul style="list-style-type: none"> Buffertank / TTES — TRL 9 (uren, directe netkoppeling) HoCoSto — TRL 8 (dagen, ondergronds, stedelijk) PCM actief — TRL 8–9 (compact, gebouwniveau)

Hoe nu verder

Onderzoek moet beleids- en reguleringsinterventies agenderen, die komen uit ontwerpend actieonderzoek bij 2/3 cases.

Oproep: Neem contact op!

Wil je meedoen als case? Meld je aan bij ons...

Devin Diran | Devin.Diran@tno.nl

Ronald Roosjen | Ronald.Roosjen@deltares.nl

Jacob Janssen | Jacob.Janssen@tno.nl