



# Actieplan Warmteopslag NL

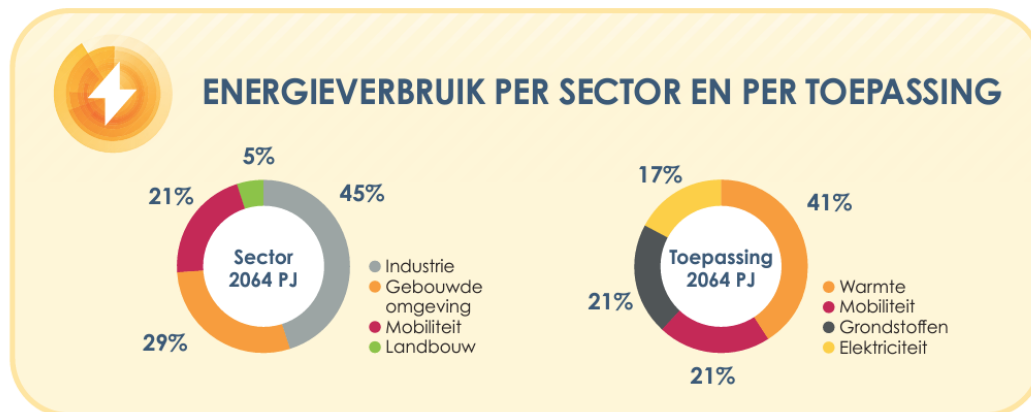
Plan van Aanpak voor het verbeteren van de professionalisering en organisatie van de Nederlandse warmteopslagsector

 **ENERGY  
STORAGE NL**

Energy Storage NL  
Mei 2024

## Aanleiding van het Plan van Aanpak

Warmteopslag is cruciaal voor de energietransitie. Door warmte op te slaan kan meer gebruik gemaakt worden van duurzame bronnen en kunnen processen efficiënter verlopen, waardoor het aardgasgebruik wordt verminderd en grootschalige CO2-reductie gerealiseerd. De warmtebehoefte is goed voor 41% van onze totale energie behoefte, te zien in [Figuur 1](#), dit laat nogmaals zien hoe belangrijk het warmteaanbod – en daarmee ook warmteopslag - is voor ons energiesysteem. Daarnaast speelt warmteopslag ook een essentiële rol in het voorkomen van netcongestie. Door overtollige elektriciteit om te zetten in warmte en deze op te slaan, zorgen we ervoor dat meer duurzame opgewekte elektriciteit slimmer en efficiënter wordt gebruikt



*Figuur 1: Energieverbruik per sector en toepassingen. Warmte behoefte bedraagt een groot gedeelte van de totale energiebehoefte. [Bron: EBN Energie in cijfers 2024]*

Warmteopslag is een oude technologie, denk bijvoorbeeld aan boilers in een huis. Echter, in Nederland komt de uitrol van warmteopslag moeizaam van de grond omdat er diverse barrières zijn in de verschillende sectoren. Verschillende maatschappelijke-, technische- en financiële uitdagingen spelen een grote rol in het realiseren van een grootschalige uitrol van duurzame warmteopslag in Nederland. Welke barrières dit zijn en hoe de sector adviseert om deze op te lossen, wordt in dit document gepresenteerd. Een SWOT-analyse met acties vormen de inhoud van dit Plan van Aanpak.

Dit document is samengesteld door Energy Storage NL (ESNL) met de input vanuit leden en stakeholders uit de warmteopslag sector. ESNL is een snel groeiend brancheorganisatie voor de Nederlandse energieopslagsector. Als onderdeel van FME verzorgen we belangenbehartiging, kennisdeling en een breed netwerk voor onze achterban. Deze meer dan 220 leden (04-2024) bestaan uit technologie bedrijven, netbeheerders, energiebedrijven, kennisinstelling, financiers, verzekeraars en adviesbureaus.

Het ministerie Economische Zaken en Klimaat heeft in de Routekaart Energieopslag 2023 ESNL als actiehouder benoemd van actie 62 die vraagt om het: het professionaliseren, organiseren van de samenwerking en gezamenlijke vertegenwoordiging van warmteopslag sector. Met dit plan van aanpak gaan we in op verschillende aspecten die nodig zijn voor het verder professionaliseren van deze sector. ESNL wil iedereen bedanken die de afgelopen tijd input heeft geleverd. Voor vragen kunt u contact opnemen met Sacha Schmitter of Jeroen Neefs van ESNL ([info@energystoragenl.nl](mailto:info@energystoragenl.nl)).

## Lijst met respondenten

1. Institute for Sustainable Process Technology (ISPT)
2. Koolen Industries
3. Orange Climate
4. Firan
5. LKAB Minerals B.V.
6. Linthorst
7. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK)
8. Aalberts HFC
9. Heijmans Energie
10. Netwerk Aquathermie
11. Greenvis Energy Solutions
12. EBN.B.V.
13. Waterschap Brabantse Delta
14. Provincie Gelderland
15. Triodos Bank
16. Renewable Iron Fuel Technology (RIFT)
17. Unie van Waterschappen
18. Enpuls Warmte Infra (EWI)
19. Nederlandse Vereniging Duurzame Energie (NVDE)
20. ARES systems B.V.
21. Invest-NL
22. Energie- en grondstoffenfabriek (samenwerkingsverband van de 21 NL waterschappen)
23. Rijksdienst voor ondernemend Nederland (RVO)
24. TKI Urban Energy
25. HoCoSto
26. Novar Nederland
27. EnergyNest
28. Meewind
29. Borg Energy Storage
30. GroeneWarmte
31. TU Delft
32. Cellcius
33. Alliander
34. Pure-Energie
35. Eneco
36. Windunie
37. Newton Energy Solutions
38. TU/e-EIRES
39. Greenchoice
40. SuWoTec - Sustainable World Technology
41. Stedin
42. Essent
43. Heatwacht Holding B.V.
44. TNO
45. Cesar warmte-accu B.V.
46. Klimaatfonds Nederland
47. Renewable Heat – Wim van Helden

# De sleutelrol van warmteopslag

## Waarom energieopslag?

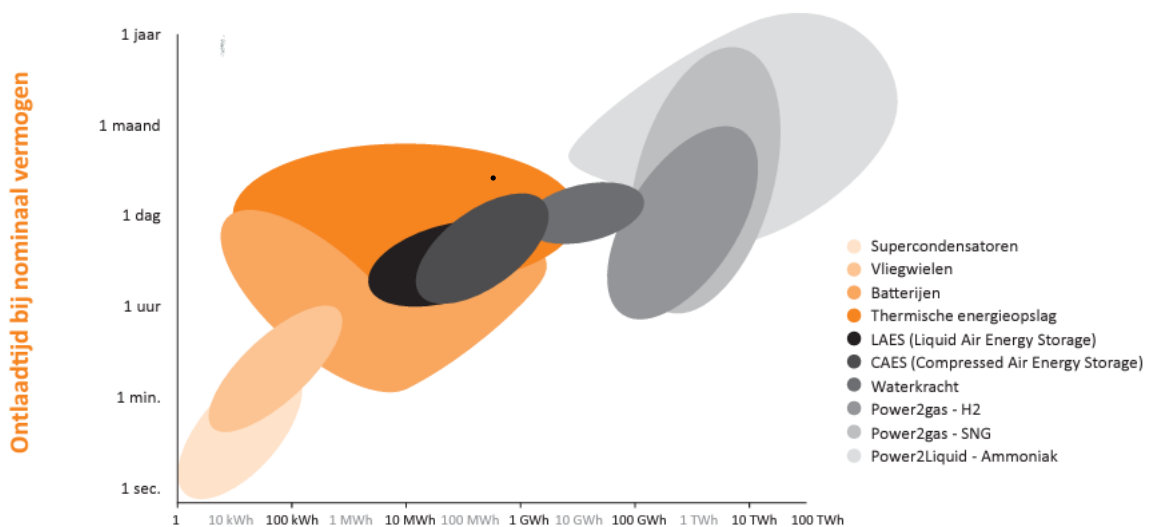
Met de overstap van fossiele naar duurzame bronnen, en de explosieve stijging van energieprijzen, staan we voor de uitdaging om het toekomstig energiesysteem duurzaam, betrouwbaar én betaalbaar in te richten.

Energieopslag speelt een sleutelrol in de aanpak van deze uitdaging. Bij een overschot aan duurzame energie uit bronnen als zon en wind, is opslag en conversie van energie bijvoorbeeld nodig om te voorkomen dat elektriciteitsnetten overvol raken of om duurzame strategische reserves aan te vullen. Wanneer er juist even geen zon schijnt of wind waait, kan deze energie weer worden ingezet om 's avonds de lampen aan te zetten, woonwijken te verwarmen of een fabriek te laten draaien. Opslag biedt daarmee niet alleen een snelle oplossing voor netcongestie (aan zowel invoeding- als afnamekant), maar zorgt ook, dat het toekomstig energiesysteem betrouwbaar en stabiel blijft zonder de inzet van kolen of aardgas. Warmteopslag – naast elektriciteit- en moleculeopslag – is één van de drie vormen van energieopslag. Voor de korte termijn en voor de lange termijn is warmteopslag nodig om de piekvraag zonder gasketels of elektrische bijstook te kunnen verzorgen.

## Wat is warmteopslag?

Warmteopslag, of in bredere zin thermische opslag, is het opslaan van warmte (of koude) voor later gebruik. Het doel is om geproduceerde warmte, zoals duurzame warmte, industriële restwarmte of conversie van groene elektriciteit, op te slaan in warmte of koude wanneer het beschikbaar is en deze te gebruiken voor tijden waarin het nodig is. Er zijn verschillende methoden voor warmteopslag, waaronder het opslaan van warmte in materialen zoals stenen, zouten of water op verschillende temperaturen, het gebruik van thermische reservoirs bovengronds en ondergronds en chemische opslag. Warmteopslag wordt vaak toegepast in duurzame energieoplossingen om de beschikbaarheid van warmtebronnen te optimaliseren en de efficiëntie van energiegebruik te verbeteren.

De verschillende technieken bieden een oplossing voor specifieke warmteopslag toepassingen en tijdsduren. Afhankelijk van de integratie in processen kan warmteopslag van seconden tot dagen of zelfs seizoenen haar energie afgeven, weergegeven in Figuur 2 en tabel 1. In het duurzame energiesysteem van de toekomst zijn alle vormen van opslag nodig.



Figuur 2: Een overzicht van opslagtechnologieën, hun capaciteit en opslagduur. (bewerking van: PwC, 2022). Een actuele analyse is te vinden in de 'Innovatieroadmap warmteopslag voor de gebouwde omgeving in Nederland' van TNO (2024)

## Technologie overzicht

De duur van energieopslag wordt voornamelijk bepaald door de commerciële vereisten. Elke thermische technologie kan zijn opslagduur verlengen op basis van het algehele systeemontwerp en verbeterde isolatie. Met dat in gedachten geeft de onderstaande tabel een overzicht van het gebruiksscenario van opslagduur per type warmteopslag technologie en de technische staat van de technologie (TRL). [Tabel 1](#) toont een overzicht van de technologische stand van verschillende technieken en de typische opslagduur. Voor een uitgebreider overzicht en ontwikkeling van warmteopslag verwijzen we naar de 'Innovatieroadmap warmteopslag voor de gebouwde omgeving in Nederland' van TNO (2024).

Warmteopslag technologieën volgens hun types	Opslagduur per techniek			Technology Readiness Level		
	Minuten/ Uren	Dagen	Weken+	1-3	4-6	7-9+
De meeste technologieën zijn in staat om intraday tot meerdaagse duur te dienen, waarbij sommige in staat zijn om tot maanden te dienen (bijv. water). Afhankelijk van het warmteafgifte systeem, kunnen veel technologieën snel schakelen. De meeste technologieën zijn al commercieel beschikbaar met een trackrecord van pilots tot full-scale installaties en gebruikstoepassingen:						
<b>Voelbare warmte</b>						
Grafiet						
Keramiek, silica, Rotsen						
Gesmolten Zouten						
Beton						
Staal						
Water/ Ondergrondswater						
Andere vloeibare stoffen						
De meeste technologieën dienen intraday tot meerdaagse duur. Een groot scala aan technische volwassenheid, waarbij sommige al commercieel beschikbaar zijn en andere zich in de fase van onderzoek en ontwikkeling bevinden:						
<b>Latente Warmte</b>						
Micro-ingekapselde metalen						
Anorganische zouten en eutectische mengsels						
Natrium						
Gesmolten aluminiumlegering						
Andere Vloeibare metalen						
Paraffinewassen, vetzuren						
Zouthydraten						
Zoutwatermengsels						
IJs						
Vloeibare lucht						
Potentieel om intraday-duren tot maanden te dienen. Relatief jong, waarbij de meeste technologieën zich in de fase van onderzoek en ontwikkeling of pilootprojecten bevinden:						
<b>Thermochemische Warmte</b>						
Chemische Reactie Opslag						
Vloeibare/vaste absorptie (TCM)						

Tabel 1: Overzicht van de huidige opslag duur per type warmte opslag technologie en hun technologie readiness levels (TRL). Bron: EASE Thermal Energy Storage paper (2023).

Er kunnen drie verschillende principes voor thermische energieopslag worden waargenomen: opslag van voelbare warmte, opslag van latente warmte en thermochemische warmteopslag. Deze technologieën slaan energie op in groot temperatuurbereik, voor verschillende tijdsperiodes, en kunnen voldoen aan verschillende behoeften van energiesystemen.

- **Opslag van voelbare warmte** verhoogt of verlaagt de temperatuur van een vloeibaar of vast opslagmedium (bijv. water, zand, gesmolten zouten, grafiet, gesteente, waarbij water de goedkoopste optie is) om thermische energie op te slaan en vrij te geven voor toepassingen met lage tot zeer hoge temperaturen. Dit is de meest voorkomende vorm van thermische energieopslag en heeft commercieel succes geboekt op residentiële en industriële schaal. Het temperatuurbereik voor energieopslag varieert van 0 tot 2400 graden, voor een duur die kan variëren van minuten tot (in het geval van opslag bij lage temperaturen, bijv. ondergrondse wateropslag) maanden.
- **Opslag van latente warmte** gebruikt een faseveranderingsmateriaal om thermische energie te absorberen en op te slaan bij een constante temperatuur tijdens de daluren via smelten en geeft vervolgens de opgeslagen thermische energie vrij tijdens piekvraagtijd terwijl het stolt. Dit kan warmte opslaan bij temperaturen variërend van 0 tot 1600 graden, voor een duur van uren tot dagen.
- **Thermochemische warmteopslag** werkt op twee manieren: chemische reacties en (ab/ad)sorptieprocessen. Bij het eerste worden energie opgeslagen als de warmte van reactie van omkeerbare reacties. Het laatste slaat thermische energie op via adsorptie (fysische binding) of absorptie (opname/oplossing van een materiaal). Thermochemische warmteopslag kan warmte opslaan van temperaturen variërend van <0 graden tot 900 graden, meestal voor een duur van uren tot dagen, of mogelijk zelfs tot maanden.

# Samenvatting van de kansen en bedreigingen voor de warmteopslag sector in Nederland

De kansen en bedreigingen voor de warmteopslag sector zijn in kaart gebracht door middel van een enquête naar relevante stakeholders en input vanuit de werkgroep warmteopslag van Energy Storage NL. De input is verzameld door middel van open vragen waarop de respondenten enkele weken de tijd hadden om te reageren. De resultaten zijn geanalyseerd door middel van een SWOT analyse.

## Sterke punten warmteopslag

Warmteopslag is essentieel in de energietransitie, waarbij Nederland zich richt op het omzetten van elektriciteit naar warmte en opslag voor later gebruik. De bodemlagen en ruimtelijke ordening van steden en industrie in Nederland bieden gunstige omstandigheden voor warmteopslag. Diverse aspecten ondersteunen warmteopslag in Nederland, waaronder:

1. Warmteopslag is een bekende technologie en heeft een solide technologische basis die wordt gekenmerkt door geavanceerde kennis en expertise in Nederland (zoals WKO's, aquifers, boilers, etc...). Daarnaast kenmerkt de sector zich met sterke technologische ontwikkelingen en innovatieve pilots.
2. Overschotten uit zon en wind kunnen goedkoop benut worden en het gebruik van aardgas te verminderen, zowel direct in het warmtenet als indirect in de elektriciteitssector of industrie (op hogere temperaturen). Daarnaast kan industriële warmteopslag kan balanceringsdiensten leveren zonder gebruik te maken van kritieke aardmetalen waardoor de systemen eenvoudig te recyclen zijn.
3. De marktvraag naar warmteopslag groeit vanwege de stijgende aardgas- en CO<sub>2</sub>-prijzen, wat leidt tot een groeiende wetenschappelijke interesse en start-up-initiatieven. De maatschappelijke voordelen van warmteopslag omvatten het beperken van uitbreiding van elektriciteitsnetwerken, duurzaam gebruik van grondstoffen en het bevorderen van strategische onafhankelijkheid. Daarnaast biedt warmteopslag voordelen op het gebied van ruimtelijke ordening.
4. De warmtevraag, grotendeels afkomstig uit fossiele bronnen, vormt een aanzienlijk deel van de totale energievraag in Nederland. Het belang van warmteopslag is cruciaal voor zowel de uitrol van elektrificatie als de verduurzaming van het energiesysteem, omdat het meer flexibiliteit biedt en helpt om piekbelastingen te verminderen. Dit resulteert in lagere maatschappelijke kosten.
5. Nederland stimuleert specifieke innovaties met flexibele wetgeving, subsidies, en investeringen in onderzoek en opschaling.

## Uitdagingen voor warmteopslag

Hoewel warmteopslag aanzienlijk potentieel biedt voor CO<sub>2</sub>-reductie en ondersteuning aan netbeheerders, industrie en andere gebruikers, wordt de groei en implementatie belemmerd door verschillende factoren.

1. Ruimtelijke concurrentie met elektrische alternatieven en hoge kosten van warmtenetten belemmeren de groei van warmteopslag, ondanks het potentieel voor CO<sub>2</sub>-reductie. Technische uitdagingen, zoals energieverliezen en beperkte kennis van de ondergrond, hinderen de ontwikkeling van warmteopslag technologieën.
2. De warmteopslagmarkt is versnipperd, waarbij behoefte is aan een gezamenlijke propositie en verbeterde samenwerking met netbeheerders voor een efficiëntere markt.
3. Bestaande wet- en regelgeving loopt achter, zoals beperkte toepasbaarheid van normen of richtlijnen op kleinschalige projecten. Er zijn momenteel eenzijdige beoordelingscriteria en limitatieve technologie lijsten om subsidie aanvragen te beoordelen, wat innovatie vertraagt.
4. Er is een gebrek aan incentives, duidelijke doelen en een flexibele wetgeving om de warmteopslag sector te stimuleren en te versnellen. De rol van de overheid en samenwerking met private partijen worden als cruciaal gezien en er is behoefte aan investeringsfondsen voor warmteopslag.
5. De geïsoleerde kijk op opslag en het ontbreken van integratie in de totale energieketen zijn grote uitdagingen. Ook is er een gebrek aan beloning of stimulans voor strategisch gebruik van warmteopslag.

### **Kansen van warmteopslag**

De warmteopslag sector wordt gezien als een cruciale speler in het faciliteren van een betaalbare en haalbare energietransitie, waarbij diverse economische, technologische en maatschappelijke kansen worden benadrukt.

1. Warmteopslag wordt gezien als essentieel om de industriële warmtebehoefte te flexibiliseren. Het benutten van restwarmte en efficiënter omgaan met energie, met name door warmteopslag, wordt gezien als een bron van enorm potentieel. Het kan bijdragen aan het verhogen van het gebruik van hernieuwbare energie.
2. De dynamische marktomstandigheden bieden kansen voor de samenwerking met zware industrie. Daarbij worden groeifondsen die de doorontwikkeling stimuleren als veelbelovend beschouwd maar deze staan wel onder druk van politieke beslissingen.
3. Het veiligstellen van verdienvermogen is verbonden met de verduurzaming van de samenleving. Daarbij is lange termijn opslag cruciaal voor de overstap van gas naar elektriciteit en het overbruggen van periodes zonder wind of zon. Het draagt bij aan duurzame warmtenetten en verlicht netcongestie.
4. De ontwikkeling van duurzame energie- en warmteketens opent perspectieven voor een aanzienlijke Nederlandse en Europese markt. Er wordt een grote markt voor compacte energieopslag verwacht, vooral in dichtbebouwde gebieden.
5. Warmteopslag wordt gezien als een oplossing voor groeiende uitdagingen in laagspanningsnetten, vooral met de opkomst van warmtepompen, elektrische auto's en zonnepanelen. Het virtueel koppelen van verschillende systemen biedt meerwaarde voor netontlasting en flexibilisering. Het inzetten van warmte(opslag), met name via "power-to-heat" toepassingen zoals warmtepompen in combinatie met warmteopslag, wordt genoemd als een effectieve aanpak voor congestieproblemen.

### **Bedreigingen van warmteopslag**

De bedreigingen van warmteopslag benadrukken de complexiteit en multifactoriële aard waarmee de sector wordt geconfronteerd in Nederland.

1. Er is een ongelijk speelveld binnen Nederland door overmatige subsidies voor andere (duurzame) technologieën en het ontbreken van (gerichte) subsidies voor specifiek warmteopslag. Op internationaal niveau zorgen het goedkope aardgas, overheidssubsidie (bijv. IRA) en goedkopere arbeid voor een internationaal ongelijk speelveld, resulterend in grotere bereidheid van de Nederlandse industrie om buitenlandse technologieën te kopen.
2. Er is een gebrek aan bewustzijn en kennis van warmteopslag technologieën bij grootgebruikers van energie. Hierdoor is er een gebrek aan ontsluiting van duurzame warmtevraag, wat leidt tot investeringen zonder afzet. Daarnaast is de economische waarde van opgeslagen warmte nog onderbelicht.
3. Een gebrek aan bestuurlijke langetermijnvisie en politieke discontinuïteit, bijvoorbeeld rondom de aanleg van warmtenetten, vormen bedreigingen. De grootste risico's zijn het afzakken van het CO2-beleid en beperkende sturing op landelijke vergunningstrajecten.
4. Milieuoverwegingen en bezorgdheid over milieurisico's, vooral watervervuiling, leiden tot terughoudendheid in vergunningverlening. Er zijn lange doorlooptijden in vergunningsprocessen als gevolg van beperkte kennis bij gemeentelijke instanties. De weerstand van omwonenden, met name bij bovengrondse opslag, vertraagt de uitrol van projecten eveneens.
5. Er zijn grote financiële uitdagingen tijdens de 'valley-of-death' periode. Dit komt door de risicomijdende houding van financiers; voornamelijk voor opschalingsinvesteringen. Hierdoor is er een gebrek aan subsidies of co-financiering wat innovaties en opschaling van warmteopslag belemmerd. Er is een sterke behoefte aan 'durfkapitaal'.



## Sterke kanten van de warmteopslag sector in Nederland

Een cruciale stap in de energietransitie is om vraag en aanbod van energie meer integraal te gaan verduurzamen. Twee belangrijke manieren daarvoor zijn elektriciteit gebruiken wanneer er veel hernieuwbare opwek is en het toepassen van energieopslag [bron]. In de warmtesector kan dit door elektriciteit om te zetten naar warmte (Power-to-Heat, P2H) en die warmte op te slaan, zodat deze op een later tijdstip nuttig gebruikt kan worden. Warmteopslag helpt om overschotten uit zon en wind te benutten en het gebruik van aardgas te verminderen, zowel direct in het warmtenet als indirect in de elektriciteitssector. De flexibiliteit om opslag lokaal of centraal toe te passen, afhankelijk van de situatie, biedt waardevolle mogelijkheden op zowel lokaal niveau (in huis, in de wijk) als ook op regionaal en landelijk niveau. De mismatch in timing tussen energievraag en -aanbod, inclusief warmte, maakt opslag essentieel voor een duurzame energievoorziening.

### Solide technologische basis

In de dynamische wereld van warmteopslag bevindt zich een solide technologische basis die wordt gekenmerkt door geavanceerde kennis en expertise, zoals bijvoorbeeld in de glastuinbouw sector waar warmteopslag als “common practice” wordt geschouwd. De sector maakt een snelle groei door met innovatieve, operationele pilots die gebruikmaken van bestaande, betaalbare technieken. Een paar concrete voorbeelden zijn het gasloos verwarmen van het Sportpark van voetbalvereniging Wernhout d.m.v. een ondergrondse warmtebuffer [bron]; de hoge temperatuuropslag van IF Technology in Middenmeer [bron] of de pilot in Merwede-Kanaalzone waar een groot ondergronds WKO systeem gebruikt wordt die 20-30% van de totale elektriciteitsvraag reduceert [bron]. Deze technologische vooruitgang en de verduurzamingsmogelijkheden vormen de basis van een veelbelovende toekomst voor warmteopslag.

### Geen zeldzame of kritische materialen en eenvoudig recyclebaar

Wat warmteopslag onderscheidt is haar energiedichtheid, efficiëntie en veiligheid, maar ook de veelzijdigheid ervan als langdurige opslagoplossing. De andere belangrijke onderscheidingen zijn gebruik en kosten van o.a. materialen. Deze zijn aanzienlijk lager bij warmteopslag ten opzichte van elektriciteit opslag (batterijen). Dit komt omdat er geen ‘dure’ materialen zoals lithium en andere zeldzame metalen nodig zijn voor het systeem. Een bijkomend voordeel is dat het recyclen van warmteopslag systeem zeer eenvoudig, goedkoop en efficiënt kan gebeuren. Met diverse bewezen technologieën voor het decarboniseren van industriële warmte, wordt warmteopslag beschouwd als een sleuteltechnologie in de transitie naar duurzame energie.

### Netfrequentie ondersteuning zonder zeldzame aardmetalen

Industriële warmteopslag kan netfrequentiediensten aanbieden zonder gebruik te maken van zeldzame aardmetalen zoals lithium of kobalt. Omdat er vaak grote vermogens nodig zijn om de hogere temperaturen en volumes te bereiken, biedt het toevoegen van een warmteopslagsysteem in de warmteketen van het productieproces een uitstekende kans om flexibiliteit en diensten te leveren aan de netbeheerder. Hierdoor is warmteopslag breder inzetbaar.

### Een groot palet aan toepassingsgebieden

De technologische veelzijdigheid van warmteopslagsystemen zorgen voor een brede toepassingsmogelijkheden. Deze schaalbare en betaalbare systemen bieden een divers palet aan oplossingen die aansluiten bij verschillende behoeften en toepassingen. Zo kan warmteopslag juist ook overtollige hernieuwbare elektriciteit opslaan als warmte (Power-to-Heat) waardoor het elektriciteitsnet in de zomer ontlast wordt. In de winter kan warmteopslag in een collectief warmtesysteem (warmtenet) de basisbehoeftes aan warmte kan leveren, waardoor er minder elektriciteit nodig is om warmte in deze koude wintermaanden (weinig zon en wind) te geven (met bijvoorbeeld een individuele warmtepomp). Andere toepassingsgebieden zijn bijvoorbeeld de opslag van overtollige restwarmte van industriële processen, piekbelasting verminderen bij klein en grote warmtebehoefte op een breed scala aan temperaturen en tijdsduren en een uitstekend mogelijkheden bieden voor de integratie met warmte opwek systemen, zoals zonnecollectoren in de industrie [bron]. Het aanbod van warmteopslag technologieën is niet alleen marktrijp maar draagt ook bij aan flexibele en slimme energiesystemen, rekening houdend met de groeiende vraag naar grotere warmtecapaciteit.

## Een mondiale koppositie in aquiferopslag

Nederland is op mondiaal niveau een sterke speler in het gebruik van bodemenergie [\[bron\]](#) en telt meer dan 2000 warmte-koudeopslagsystemen (WKO) systemen [\[bron\]](#). De overheid geeft vaak de voorkeur aan WKO-systemen, vooral in nieuwbouwprojecten, en heeft een solide ecosysteem gecreëerd voor verdere ontwikkelingen in deze opslag technologie. Ondanks dat hogere temperatuursystemen, zoals High-Temperature Aquifer Thermal Energy Storage (HT-ATES), nog in de pilotfase verkeren, is er vertrouwen in de ervaring die is opgedaan in de WKO-wereld, waar uitdagingen actief worden aangepakt.

## Een sterke kennispositie

De markt wordt verder gestuurd door relatief sterke kennispositie en veel innovatie. Marktleiders en ontwikkelaars spelen een cruciale rol in het vormgeven van de toekomst van warmteopslag en zijn essentieel voor het bevorderen van innovatie en acceptatie in de bredere samenleving. Nederland onderscheidt zich door zijn sterke kennisinstellingen, zoals technische universiteiten en TNO, en vormt daarom een solide kennis- en ontwikkelingsbasis voor de warmteopslag sector.

## Groeiende marktvraag naar duurzame energieoplossingen

De Nederlandse warmteopslag sector staat aan de vooravond van veelbelovende ontwikkelingen, gedreven door groeiende vraag naar duurzame energieoplossingen en ambitieuze initiatieven. De vraag naar duurzame warmte groeit voornamelijk doordat aardgas en CO<sub>2</sub> prijzen flink stijgen wat de vraag naar warmteopslag in de gebouwde omgeving en industrie bevordert. Wetenschappelijk belangstelling wordt door de groeiende marktvraag gestimuleerd en er ontstaan bloeiende start-ups in de behoefte willen voorzien.

## Hoge sectorale ambities voor de energietransitie

Aan de aanbodzijde heeft de sector torenhoge ambities op het gebied van innovatie en alternatieve opslagmedia. Er wordt actief gezocht naar oplossingen voor netcongestie en het afschalen van salderen, waarbij uitdagingen als kansen voor groei en vernieuwing worden gezien. Dit toont de vastberadenheid van de warmteopslag sector om een leidende rol te spelen in de transformatie van het Nederlandse energielandschap.

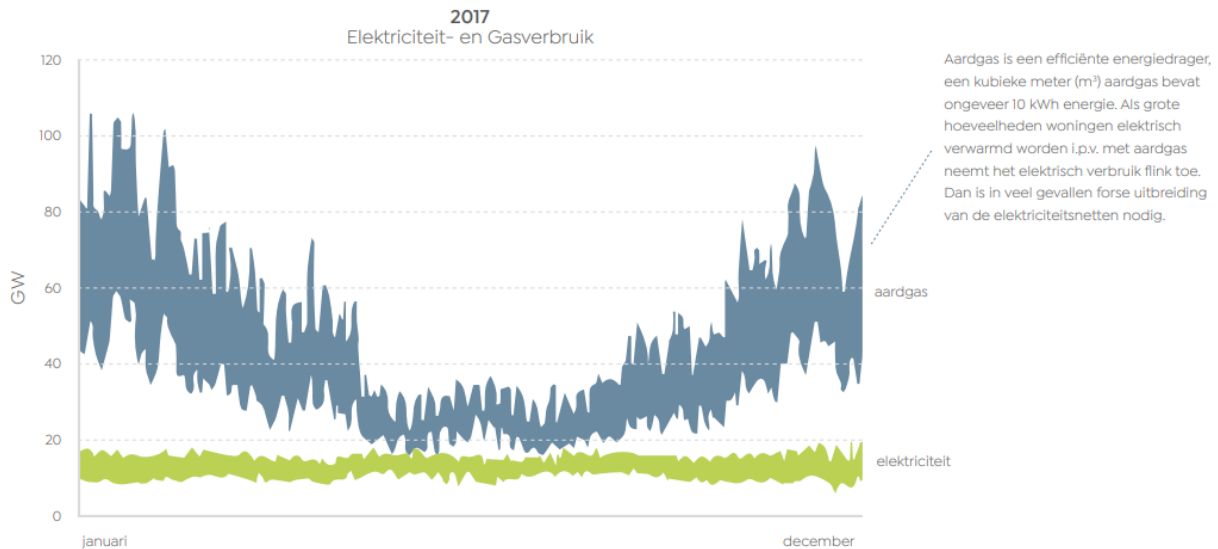
## Voordelige ruimtelijk ordening en bodemkwaliteit

De combinatie van bedrijfsdichtheid, geschikte bodem en gasloze nieuwbouw vormt een veelbelovende en efficiënte omgeving voor de groei van warmteopslag. De hoge concentratie van bedrijven met een warmtebehoefte biedt een unieke gelegenheid voor warmteopslag om in deze vraag te voorzien. Dit wordt nog versterkt door de wijdverspreide beschikbaarheid en geschiktheid van bodems die gebruikt kunnen worden voor warmtebuffers. De Nederlandse bodem is zeer geschikt voor WKO -systemen, omdat er vrijwel overal bruikbare waterhoudende bodemlagen aanwezig zijn. Ondanks dat de bodem ook in veel andere Europese landen geschikt is en de duidelijke voordelen in zowel de kosten- als de energie-efficiëntie, loopt toepassing buiten Nederland achter. Voor elk land of elke regio zijn daar verschillende redenen voor, variërend van belemmeringen in verband met wet- en regelgeving tot onvoldoende kennis(deling) over het systeem én de lokale bodems [\[bron\]](#). De trend naar gasloze nieuwbouw draagt bij aan deze synergie door warmtepompen, die onze buffers primair laden, te integreren zonder extra investeringskosten. Tot slot, doordat Nederland een hoge bevolkingsdichtheid heeft, lijken Nederlandse bedrijven voorop te lopen met warmteopslag technieken die zo min mogelijk (bovengrondse of in pandige) ruimte innemen of duaal gebruik bogen (bijvoorbeeld: voetbalveldje/park met een warmteopslag buffer eronder).

## Essentieel voor de elektrificatie en verduurzaming van het energiesysteem

Warmteopslag komt op als een strategische oplossing om de elektriciteitsnetuitbreiding te beperken en flexibel vermogen te leveren, en netbeheerders daarmee aanzienlijk te ondersteunen. Hiermee worden infrastructuur- en energiekosten bespaard waardoor de energievoorziening voor bedrijven en huishoudens betaalbaarder blijft. In een energielandschap waar warmte een substantieel deel van het energiegebruik uitmaakt, wordt volledige elektrificatie van koeling en verwarmen als onrealistisch en kostbaar beschouwd. Dit komt doordat er momenteel 10x meer energie door ons gasnetwerk kan, dan door ons elektriciteitsnetwerk, zoals te zien is in [Figuur 3](#). Lokale

warmte- koudeopslag en goede integratie van dergelijke systemen in het energienetwerk worden essentieel en dragen bij aan onze uitfasering van fossiele brandstoffen. De integratie van warmteopslag zorgt niet alleen voor CO<sub>2</sub>-reductie, maar draagt ook bij aan de betaalbaarheid van energie, aangezien piekprijzen van zowel elektriciteit als warmte worden geminimaliseerd en daardoor gestabiliseerd. Opslag in zijn algemeen wordt beschouwd als bouwsteen voor toekomstige infrastructuur met extra nadruk op de cruciale rol voor schone energie in Nederland.



Figuur 3: Elektriciteit- en gasverbruik in 2017. Het vermogen (in GW) van het gassysteem is aanzienlijk groter dan dat van het huidige elektriciteitssysteem. Met de elektrificatie van processen en energie neemt de elektriciteitsvraag op koude momenten (vaak in de winter) sterk toe, wat leidt tot netcongestie. Warmteopslag kan helpen de elektriciteitsvraag tijdens piekmomenten te verminderen door op die momenten opgeslagen warmte vrij te geven.

### Strategische onafhankelijkheid

Vanwege toenemende politieke spanningen wereldwijd is 'strategische onafhankelijkheid' een belangrijk thema geworden. Warmteopslag biedt aanzienlijke maatschappelijke voordelen voor het opbouwen van een onafhankelijk energiesysteem, waarbij we zoveel mogelijk gebruik maken van Nederlandse warmtebronnen en elektriciteitsproductie, en zo min mogelijk afhankelijk zijn van energie uit andere landen.

### Stimulering van ontwikkeling in Nederland

De flexibele en aanpasbare wetgeving biedt een gunstig klimaat voor pilotprojecten en nieuwe technologieën. Subsidiemogelijkheden, waaronder de Wet Bevordering Speur- en Ontwikkelingswerk (WBSO) uitgevoerd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), stimuleert technische innovatie binnen het Nederlandse bedrijfsleven, en de flexibiliteit om lokaal af te wijken van regelgeving bevordert testomgevingen. Ambitieuze industrieën profiteren van de SDE++ regeling die conversie van energie stimuleert (bijv. E-boilers en warmtepompen) en subsidies voor elektrificatie. Specifieke warmteopslag technologieën worden echter niet meegenomen in de SDE++ regeling (of dergelijken) waardoor er oneerlijk concurrentie is tussen duurzame technologieën.

### Grote overheidsinvesteringen in warmte- en koudopslagtechnologie

Daarnaast zijn diverse subsidie-instrumenten beschikbaar voor de uitrol van duurzame oplossingen. In de voorjaarsnota van 2023 heeft het kabinet €450 miljoen geïnvesteerd in o.a. haalbaarheidsonderzoeken en opschaling van voor warmte- en koudeopslagtechnologie die bijdragen aan flexibiliteit van het energiesysteem en de verduurzaming van de Nederlandse industrie. Warmteopslag in de gebouwde omgeving wordt via de regeling Vroege Fase Opschaling met €100 miljoen gestimuleerd. De stijgende CO<sub>2</sub>-beprijzing biedt een stabiele koers voor de toekomst van warmteopslag.

## Uitdagingen van de warmteopslag sector in Nederland

Warmteopslag vereist ruimte en het aanleggen van warmtenetten en warmteopslag is kostbaar. Ondanks het potentieel om netbeheerders te ondersteunen en significante CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren, ontbreken er instrumenten om warmteopslag te stimuleren.

### Technische belemmeringen en maatwerk vereisten

Ondanks de technologische ontwikkelingen van ondergrondse warmteopslag en het goede technische klimaat, staat de warmteopslag sector in Nederland voor enkele technische uitdagingen. De energieverliezen van warmte over lange afstanden en beperkte elektriciteitsaansluitingen vragen om opslag nabij de verbruiker. Het temperatuurniveau van de warmtevraag is bepalend welke warmteopslag technologie geschikt is en welke niet. Immers, de warmtevraag en opslag van 800 graden vraagt om andere technologieën dan warmteopslag op 80-90 graden. Andere belemmeringen zijn dat warmteopslag systemen vaak omvangrijk en complex zijn bij installatie en lastig zijn te standaardiseren, waardoor er op structurele basis maatwerk wordt gevraagd en wordt er een groot beroep gedaan op de installateur. Ook zorgt de besturing en interactie met verschillende energiesystemen dat geavanceerde software nodig is.

### Gebrek aan ondiepe ondergrondse kennis

De zoektocht naar geschikte opslagoplossingen wordt beïnvloed door een gebrek aan kennis en data in het algemeen. Nederland heeft bijvoorbeeld veel kennis opgedaan van de diepe ondergrond (4500m+) door de gasboringen in Groningen, maar heeft een gebrek aan kennis van de ondiepere ondergrond (0 - 1500 meter). Dit vereist uitgebreid seismisch en ander ondergronds onderzoek. Een tekort aan kennis over de effecten van leidingen en wateruitwisseling in de ondergrond, samen met beperkte beschikbaarheid van ondiepe ondergronddata, dwingt projecten tot standaard onderzoek voor boringen. Dit zorgt op zichzelf voor langere doorlooptijden en hogere kosten.

### Ontbreken van gezamenlijke propositie in een versnipperde markt

De warmteopslag markt kent een verscheidenheid aan technologieën, maar is momenteel versnipperd en wordt onvoldoende belicht. Ondanks de groei van individuele oplossingen ontbreekt een sterke gezamenlijke propositie rondom het belang van grootschalige introductie van deze duurzame alternatieven. Verbeterde samenwerking met netbeheerders is essentieel om de efficiëntie te vergroten en de markt te consolideren. De warmteopslag sector heeft baat bij een duidelijk langere termijnplanning met concrete doelen voor de warmtetransitie.

### Gebreke kennis ontwikkeling door kleine markt

In de HT-ATES-markt zijn slechts enkele volwassen partijen aanwezig, wat leidt tot weinig concurrentie. Kennisdeling van gesubsidieerd onderzoek gebeurt wel, maar mogelijk niet op voldoende niveau om andere partijen naar de markt te brengen, wellicht door de relatief kleine markt.

### Vertragingen door uiteenlopende belangen in de gebouwde omgeving

De gebouwde omgeving kent vele stakeholders, denk bijvoorbeeld aan de bewoners, installateurs, architect of woningcorporatie. Deze stakeholders hebben ieder hun eigen belangen bij nieuwbouw of renovatie projecten wat vele uitdagingen voor de sector mee brengt. De warmteopslag sector ondervindt al vele jaren dezelfde discussies met beslissers over de implementatie van warmteopslag technologieën, met name kleinere partijen met innovatieve technologieën. De sector heeft baad bij een aantal 'light house' projecten om zichtbaarheid en geloof in techniek terug te brengen.

### Onduidelijk verantwoordelijkheden

Daarnaast ervaart de sector op institutionele niveau veel onduidelijkheid over wie waarvoor verantwoordelijk is. Binnen de bestaande sector gesprekken zijn veelal dezelfde institutionele stakeholders aanwezig (RVO, TKI's, Min. EZK), waarbij niet alle verantwoordelijk partijen aanwezig zijn. Dit bemoeilijkt de snelheid van innovatie en implementatie.

## Limiterende wetgeving structuur

De wet- en regelgeving rond warmteopslag in Nederland vertoont diverse zwakke punten. Door de snelle ontwikkeling van diverse warmteopslag technologieën, lopend wet- en regelgeving voor warmteopslag achter. Een concreet voorbeeld is de beperkte toepasbaarheid van de NTA8800 op kleinschalige warmteopslag projecten<sup>1</sup> in de rekenmethodiek voor nieuwbouw (BENG)<sup>2</sup>. Warmteopslag wordt nog gezien als ‘warmteverlies’ en er is ook geen erkenning voor de ‘duurzaamheid’ van de gebruikte opgeslagen hernieuwbare warmte. Ook ervaart de sector eenzijdig beoordelingscriteria voor nieuwe technologieën, namelijk prijs/MWh. Voor de eerste toepassing van de nieuwe technologieën is dit een zeer beperkende criteria. Echter, op lange termijn is juist wel een goede criteria.

## Inzetten subsidie instrumenten beperkt tot bewezen technologieën

De huidige wet- en regelgeving werken met limitatieve lijsten [[bron](#)], zoals voor de SDE++ regeling, wat aanzienlijke uitdagingen verzorgt voor innovatieve technologieën in de warmteopslag sector [[bron](#)]. Dit geldt zowel voor wetteksten als subsidie-instrumenten. Breed beschikbare instrumenten kunnen vaak niet worden ingezet totdat technologieën erkend zijn, wat leidt tot een kip-ei probleem. De erkenning komt pas wanneer de technologie 'proven' is, maar first-of-a-kind systemen zijn niet rendabel zonder subsidies, wat concurrentie met alternatieven bemoeilijkt. De pilotfase van HT-ATES en de uitdagingen bij een subsidievrije business case vragen om differentiatie in warmtepunten. Vergunningen zijn onvoldoende centraal geregeld, en beperkende regels beïnvloeden de bufferinzet achter de meter.

## Negatieve effecten van nieuwe wetten en op de sector

Het ontwikkelingstempo van verschillende wetten en regels, waaronder mijnbouw- en waterwetten, elektriciteitswet, warmtewet, bouwbesluiten en omgevingswet, spelen een rol in de ontwikkeling van de warmteopslag sector. De huidige warmtewet heeft zelfs als gevolg (tijdelijke) paralyse van bestaande commerciële spelers in de markt omdat het uitgaat van een verplicht publiek meerderheidsbelang. Dit kan mogelijk de groei van collectieve warmtesystemen met jaren vertragen [[bron](#)].

## Geïsoleerde kijk op opslag en het niet inprijzen van alle kosten

Andere zwakke punten zijn een geïsoleerde kijk op opslag en het ontbreken van integratie in de totale energieketen. Nettarieven en energiebelasting vormen uitdagingen voor de sector. Daarbij zorgen fossiele subsidies, zoals bijvoorbeeld het verminderen van aardgas belasting, voor een slechter concurrentiepositie van de sector. De sterke koppeling van warmteopslag aan warmtenetten wordt belemmerd door onvoldoende stimulans in wetgeving, wat resulteert in een gebrek aan pilots en demonstratieprojecten.

## Geen beloning of stimulans voor geïntegreerde technologieën

De financiële zwakheden in de warmteopslag sector worden voornamelijk veroorzaakt door het ontbreken van financiële prikkels en geschikte regelgeving. Het huidige subsidiebeleid is niet gericht op geïntegreerde technologieën en beloont of dwingt niet aan tot slim sturen voor duurzaamheid. Er is ook geen financiële stimulans vanuit netbeheerders, en de kosten voor warmteopslag worden gesocialiseerd zonder korting op transportkosten bij het aanbieden van flexibiliteit. Hoewel opslag per kWh goedkoper is dan batterijen, worden de voordelen vaak tenietgedaan over aannames door hoge installatiekosten, het ontbreken van financiële prikkels voor eindgebruikers, ruimtebeslag, warmteverliezen en het gebrek aan een rendabele businesscase voor middel- en langetermijnopslag.

---

<sup>1</sup> De NTA8800:2023 heeft een prijs-cap mechanisme waarbij het gebruik van hernieuwbare elektriciteit wordt meegenomen in de energieprestatie van de gebouwen. Echter, deze maatregel beperkt zich uitsluitend tot grote systemen (>500 aansluitingen) voor externe warmtelevering. Dit betekent dat warmteopslag voor kleinere collectieve en individuele systemen geen positieve bijdragen hebben op de duurzaamheid van BENG gebouwen.

<sup>2</sup> Voor alle nieuwbouw, zowel woningbouw als utiliteitsbouw, geldt dat de vergunningaanvragen sinds 1 januari 2021 moeten voldoen aan de eisen voor Bijna Energieneutrale Gebouwen (BENG). Die eisen vloeien voort uit het Energieakkoord voor duurzame groei en uit de Europese Energy Performance of Buildings Directive (EPBD).

### **Geen beloningen voor strategisch netgebruik**

De salderingsregeling en vaste kosten voor het netwerk bieden geen incentives voor het strategisch ontlasten of belasten van het net op specifieke momenten, waardoor het risicoprofiel hoog blijft. Dit zorgt ervoor dat er voor bedrijven en investeerders grotere kansen liggen buiten Nederland die niet meer terug komen. Warmteopslag profiteert van een dynamische tarief structuur, welke beperkt is in Nederland. De financiële uitdagingen maken het moeilijk om warmteopslag als een kosteneffectieve en duurzame oplossing te positioneren. Daarnaast is de ervaring in Nederland dat nieuwe technologieën zich eerst moeten bewijzen voordat er uitgebreid in geïnvesteerd wordt, wat juist de uitdaging is zonder financiële ondersteuning.

## Kansen voor de warmteopslagsector in Nederland

### Zichtbaar maken van de potentie

De kansen van de warmteopslag op maatschappelijk gebied liggen in het volledig presenteren van het verhaal van energieopwekking tot gebruik, met specifieke aandacht voor zichtbare kosten en milieueffecten ten opzichte van elektrische opslag. Het belang van een holistische benadering in de energieketen, van opwekking tot gebruik, wordt benadrukt. Dit omvat een grondige evaluatie van zichtbare kosten en milieueffecten in vergelijking met elektrische opslag.

### Potentie om de industriële te flexibiliseren

Netbeheerders zijn actief op zoek naar flexibiliteit in het energieverbruik van de industrie, maar dit blijft een uitdaging. Warmteopslag is essentieel om de invulling van de industriële warmtebehoefte flexibeler te maken. Er zijn mogelijkheden voor het ontlasten van het netwerk en het flexibiliseren door het virtueel koppelen van verschillende systemen. Daarnaast liggen er aanzienlijke kansen voor een praktische benadering en samenwerking tussen de industrie, gebouwde omgeving en netbeheerders om warmteopslag projecten te realiseren.

### Verduurzaming van de samenleving en het herstel van bedrijvigheid

Het veiligstellen van verdienvermogen is ook nauw verbonden met de verduurzaming van de samenleving, waarbij warmteopslag wordt erkend als een cruciaal element in de overgang naar grootschaliger gebruik van duurzame warmte. Het voornemen voor nieuwe warmtenetaansluitingen opent perspectieven voor grootschalige warmteopslag, inclusief particuliere opslag, terwijl lange termijn opslag essentieel is voor de toekomstige energiemix.

Lange termijn opslag is van vitaal belang om de overstap van gas naar elektriciteit te faciliteren en periodes zonder wind of zon te overbruggen. Daarnaast kan warmteopslag aanzienlijk bijdragen aan de duurzaamheid van warmtenetten door piekvermogen te leveren zonder afhankelijk te zijn van gasgestookte voorzieningen. De elektrificatie van de warmteproductie eenheden zorgen voor een grotere druk op het elektriciteitssysteem. Warmteopslag kan juist een oplossing zijn om netcongestie te verlichten, met specifieke voordelen voor stadsverwarming en zonthermische systemen, waarbij een aanzienlijk marktpotentieel wordt benadrukt. Flexibiliteit in de warmte- vraag en productie is de onontkoombare sleutel tot het herstel van de bedrijvigheid in Nederland en het faciliteren van een betaalbare en haalbare energietransitie.

### Goede economische kansen die innovatie in Nederland vooruit helpt

De ontwikkeling van duurzame energie- en warmteketens opent perspectieven voor een aanzienlijke Nederlandse en Europese markt, waarbij een betrouwbaar en milieuvriendelijk opslagsysteem voor hoge temperaturen een centrale rol speelt. De vooruitzichten duiden op een grote markt voor compacte opslag, met verwachte exponentiële groei op middellange termijn. De toenemende vraag naar warmtedistributiesystemen en warmteopslag in de dichtbebouwde en dichtbevolkte gebouwde omgeving, met ondergrondse en bovengrondse opties, bieden ook aanzienlijk economische kansen evenals de implementatie van het EU-ETS systeem in de gebouwde omgeving. Sommige sectoren, zoals tuinbouw in Nederland, drijven innovatie vooruit doordat er grote behoefte is aan lage temperatuur warmte. Dit wordt gezien als een bijkomende financiële stimulator voor duurzaamheid in de warmtetransitie.

### Export van technologie en kennis betreffende de koploper technieken

Nederland staat wereldwijd aan de top op het gebied van ondergrondse warmte- en koudeopslag (WKO). Met de ontwikkeling en opschaling van nieuwe warmteopslag technologieën kan Nederland haar expertise exporteren. Er liggen aanzienlijke kansen voor het realiseren van projecten dankzij de praktische mentaliteit van Nederland. Netbeheerders, de gebouwde omgeving en industriële clusters hebben allemaal mogelijkheden om voorbeeldprojecten te realiseren. Nederland kan lessen trekken uit omliggende landen, zoals Denemarken, om een veilige omgeving voor innovatie te waarborgen.

### **Efficiënter omgaan met energie**

Efficiënter omgaan met energie wordt gezien als een bron van enorm potentieel, met specifieke focus op het benutten van restwarmte. Warmteopslag speelt hierbij een cruciale rol, vooral in het vergroten van de afzet van geothermiedoublets in de gebouwde omgeving, en draagt bij aan het verhogen van het gebruik van hernieuwbare energie. Grote overschoten van wind en zonne-energie kunnen op een later tijdstip weer gebruikt worden, zonder dat energie wordt weggegooid (het afblazen van een stoom) of het afschakelen van opwek (curtailment van wind of zon opwek).

### **Leidende rol in normering**

De dynamische marktomstandigheden bieden tal van kansen, waarbij het ontbreken van normeringen zelfs mogelijkheden biedt om deze te ontwikkelen. Bovendien wordt samenwerking met zware industrie en de ondersteuning van een groeifonds voor doorontwikkeling gezien als veelbelovende perspectieven binnen de wetgevingscontext.

### **Aanzienlijke maatschappelijke functies op laagspanningsnetten**

In de context van elektriciteitsnetstabilisatie en het verminderen van de noodzaak tot netverzwaring, wijst men op de groeiende uitdagingen in laagspanningsnetten door factoren als warmtepompen, elektrische auto's en zonnepanelen. Hier benadrukt men het potentieel van warmte- en koudeopslag als een oplossing voor deze problemen. Verder worden mogelijkheden besproken voor netontlasting en flexibilisering door het virtueel koppelen van verschillende systemen. Men pleit voor een toename van opslag op huishoudelijk en wijkniveau, met een specifieke focus op nauwkeurige gegevensafstemming. De inzet van warmte(opslag), met name via "power-to-heat" toepassingen zoals warmtepompen in combinatie met warmteopslag, wordt genoemd als een effectieve aanpak voor congestieproblemen.



## Bedreigingen van de warmteopslagsector in Nederland

### Ongelijk speelveld en voorsprong van internationale concurrenten

Het internationale speelveld brengt uitdagingen met zich mee voor de Nederlandse warmteopslag sector, waaronder de voorsprong van buitenlandse concurrenten en de noodzaak om rekening te houden met buitenlandse investeringen (zoals de Inflation Reduction Act (IRA)). Daarnaast zijn de operationele energiekosten in Nederland veel hoger dan in omringende landen door hogere Nettarieven en belastingen.

Een belangrijke bedreiging wordt gezien in het bestaande ongelijke speelveld binnen Nederland, met overmatige subsidies voor andere technologieën (zoals warmtepomp subsidie) en het ontbreken van subsidies voor warmteopslag, waardoor minder duurzame of goedkopere concepten bevoordeeld worden. Een competitieve positie creëren draait om innovatie snelheid (TRL 6 -> 9) en de introductie in de markt. Subsidie voor bijvoorbeeld de warmtepomp maakt het moeilijk voor nieuwe technologie om een goede marktintroductie te ervaren door ongelijke kosten plaatjes bij de eindgebruiker. Een andere significante bedreiging is de concurrentie met spot goedkoop aardgas die de terugverdientijd van warmteopslag technologieën zwaar onderdruk zet.

### Hoge lokale productie kosten

De relatief hoge productiekosten (CAPEX) voor warmte/koude opslag in Nederland is problematisch want hierdoor is het moeilijk om te concurreren met leveranciers uit, bijvoorbeeld, Zuidoost-Azië. De bereidheid van de industrie om technologieën van buitenlandse leveranciers te kopen wordt gezien als een bedreiging voor de sector. Het verlagen van productiekosten wordt gezien als essentieel, maar dit brengt het risico met zich mee van productkopie door concurrenten.

### Trage ontwikkeling van de sector en gebrek aan kennis in de industrie

Bedreigingen voor de marktontwikkeling in de Nederlandse warmteopslag sector omvatten de langzame ontwikkeling van de sector zelf, wat een versnelling van nieuwe warmteopslag technieken vereist. De sector heeft behoefte aan snelle incrementele innovatie stappen maar die vereisen ruimte in de institutionele kaders en financiële middelen. Daarnaast wordt de tegenvallende uitrol van collectieve warmte/koudeopslag oplossingen ten opzichte van individuele oplossingen, zoals warmtepompen, benoemd als een complicerende factor. Ook blijkt dat bij grootgebruikers van (gas) energie het bewustzijn van de omvang van het verduurzamingsvraagstuk nog niet is doorgedrongen, terwijl soms ongeschikte, dure oplossingen worden gepromoot.

### Tekort aan warmtevraag druk op inkomsten

Op korte termijn worden de bedreigingen gevormd door een tekort aan ontsluiting van duurzame warmtevraag, wat resulteert in een gebrek aan inkomsten om de kosten van opslag te dekken. Subsidies kunnen dit afdekken, maar zonder vraag wordt er geïnvesteerd zonder afzet. Verder ervaart de sectie 'wie het eerst komt, wie het eerst maalt' bij projecten zonder dat er wordt gekeken naar de best passend energieopslag technologie. Ook dit komt door een gebrek aan kennis bij overheidsinstellingen, installateurs en adviesbureaus.

### Gebrek aan lange termijnvisie en politieke discontinuïteit

Diverse complexe uitdagingen, zoals een gebrek aan bestuurlijke langetermijnvisie, politieke discontinuïteit en zorgen over wispelturigheid en veranderende richtlijnen van de overheid vormen bedreiging voor de warmteopslag sector. Ook zorgen beperkte subsidie-middelen, en de mogelijkheid dat de industrie kan afwijken bij herhaalde teleurstellingen in het verkrijgen van steun vormen een complexe set uitdagingen.

### Bedreiging in het afzwakken bestaand verduurzamingsbeleid

Bedreigingen op het gebied van wetgeving benadrukt, waaronder het risico van het afzwakken van CO<sub>2</sub>-beleid en de beperkende sturing op landelijke vergunningstrajecten. Het belang van nationale en Europese wetgeving met betrekking tot duurzame energie-import en opslag, met name in het kader van hernieuwbare brandstof zonder

biologische afkomst (RFNBO's), renewable energy directive (RED3), en Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) wordt ook onderstreept.

### **Ontbreken van een duidelijk eind doel van warmteopslag**

Trage beleidsontwikkeling en regelgeving, met name met betrekking tot de Salderingsregeling, Wet Collectieve Warmte, Energiewet en de BENG, worden als bedreigingen beschouwd. Het ontbreken van een duidelijk eindbeeld, plan en directe terugkoppeling bemoeilijkt het uitstippelen van groene toekomstroutes.

### **Tekort aan mensen en resources door te sterke focus op elektriciteit**

Daarnaast wordt gewaarschuwd voor een te sterke focus op elektriciteit, wat resulteert in een gebrek aan engineering en uitvoeringscapaciteit. Een tekort aan mensen en resources vormt momenteel een bedreiging voor de realisatie capaciteit van de warmteopslagsector, met de zorg dat dit tekort op de langere termijn kan uitbreiden naar een structureel gebrek aan mensen, materiaal, en kennis. De sector kijkt kritisch naar subsidies die voornamelijk gericht zijn op elektrificatie. Beperkte mogelijkheden met netbeheerders en overheidsregulering die de werkelijke kosten<sup>3</sup> niet inprijs, vormen verdere uitdagingen.

### **Zorgen over milieurisico's en weerstand van omwonende**

Daarnaast zijn milieuoverwegingen, zoals naleving van ecologische normen (KRW<sup>4</sup>), en bezorgdheid over milieurisico's, met name watervervuiling, die leiden tot terughoudendheid in vergunningverlening. De lange doorlooptijden van vergunningsprocessen zijn mogelijk te wijten aan de beperkte kennis van korte en lange termijneffecten bij gemeentelijke instanties. Daarnaast belemmert de weerstand van omwonenden, vooral bij bovengrondse opslag, waarbij het "Not in my backyard"-denken, de vlot uitrol van warmteopslag projecten.

### **Beperkte financiële waarde van warmteopslag**

Er zijn zorgen over beperkte financiële middelen, hoge aanschafkosten, uitdagingen in energieprijzen, evenals de nog onvoldoende economische waarde van opgeslagen warmte in de gebouwde omgeving. Seizoensoveropslag is momenteel economisch nog niet rendabel, dus daarvoor wordt toch naar moleculen gekeken. Een bedreiging is dat de waardevermeerdering van een energiesysteem door de toepassing van warmteopslag nog niet berekend wordt of kan worden.

### **Investerings ecosysteem is zeer slecht voor opschaling productie in Nederland.**

Het investeringsklimaat voor 'hardware' in Nederland wordt als zeer problematisch ervaren. Een voornaam risico, aangegeven door de respondenten, is het terughoudend zijn om financiële risico's te nemen in Nederland. Het ontbreken van durfkapitaal op cruciale momenten in de innovatiecyclus belemmert de aanvang van nieuwe innovaties op de markt. Het bekende principe van de "valley-of-Death" is in Nederland prominent aanwezig, aangezien er weinig investeringsmogelijkheden zijn voor omvangrijke hardware-investeringen. De respondenten benadrukken dat voor technologische opschaling, wat noodzakelijk is om de kostprijs te reduceren, aanzienlijke financiële middelen vereist zijn.

Daarnaast wordt opgemerkt dat de wijze waarop prestaties in Nederland worden gemeten, vaak uitgedrukt in Euro per kilowattuur (kW(h)), als ongunstig wordt ervaren. Een beleid dat zich richt op het realiseren van effecten, waarbij bijvoorbeeld de meeteenheid wordt vastgesteld op euro per ton gereduceerde CO<sub>2</sub>, zou gunstiger kunnen uitpakken voor warmteopslag technologieën.

Over het algemeen blijkt het verkrijgen van financiering een uitdaging in Nederland, met name vanwege de hoog oplopende rentetarieven voor onbewezen technologieën. Investeerders vragen frequent naar een Internal Rate of Return (IRR) van 25% voor dergelijke technologieën. Internationaal gezien wordt opgemerkt dat investeringsrisico's verminderd worden wanneer overheden deelnemen in financiering of garanties verstrekken voor een deel van de investering, zoals in de Verenigde Staten.

<sup>3</sup> In de afweging van energieopslag technieken/systemen wordt er vaak uitsluitende gekeken naar de financiële haalbaarheid (€/kWh of €/kW). Hierbij worden vaak diepere kostenbesparingen, systeem voordelen of maatschappelijk baten nauwelijks meegenomen.

<sup>4</sup> Europese richtlijn over de kwaliteit van het oppervlaktewater en grondwater.

Als suggestie wordt aangedragen dat de overheid private investeringen zou kunnen stimuleren door deze te matchen, om zo het investeringsrisico te verminderen. Hierdoor ontstaat er een veilig innovatie klimaat. Daarnaast wordt voorgesteld een acceleratorfonds op te richten specifiek gericht op warmteopslag technologieën.



## Actiepunten thermische opslag



De geformuleerde actiepunten zijn gebaseerd op de input van 48 respondent afkomstig uit de verschillende werkgebieden. Er zijn 5 hoofdthema's gedefinieerd waaronder de relevante acties weergegeven zijn.

1. Positionering van de warmteopslag sector in de samenleving
2. Het beleidskader van de warmteopslag sector
3. Technische ontwikkelingsmogelijkheden van de warmteopslag sector
4. Verbeteringen in productie en installatie van warmteopslag systemen
5. Ketensamenwerking rondom warmteopslag systemen

Nummer	Actie	Actiehouder
<b>Positionering van de warmteopslag sector in de samenleving:</b> Onderstaande strategische punten dragen gezamenlijk bij aan overkoepelende positionering voor de warmteopslagsector, waarmee de nut en noodzaak van warmteopslag in de context van de energietransitie voor iedereen duidelijk wordt.		
1.1	<p>Er bestaat een dringende behoefte aan een <b>heldere definitie van warmteopslag</b> in Nederlandse wet- en regelgeving en subsidie instrumenten, waarbij de waarde ervan duidelijk wordt belicht. Dit omvat aandacht voor toepassingsgebieden, de mogelijkheden van warmteopslag, beschikbare technologieën en marktontwikkelingen in verschillende scenario's. Het is van cruciaal belang om de rol van warmteopslag in het energiesysteem te benadrukken en de voordelen ervan voor zowel de samenleving als de industrie te belichten. Het doel is om de visie op integraal keten denken te verbeteren en vernieuwende totaaloplossingen te stimuleren, waarbij we buiten de traditionele systemen van opwekking, buffering, distributie en afgifte denken. Deze heldere definitie zorgt ervoor dat alle stakeholders begrijpen wat we in Nederland met warmteopslag willen bereiken.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overheidsinstanties (ministeries, provincies en gemeentes)</li> <li>• RVO</li> <li>• Sector</li> <li>• Adviesbureaus</li> <li>• Onderzoeksinstellingen</li> <li>• TKI's</li> </ul>
1.2	<p>Het is van belang om de <b>meerwaarde van warmteopslag</b> in een integraal energiesysteem in kaart te brengen voor alle afzetmarkten. Dit kan worden bereikt door de voordelen van warmteopslag, zowel op economisch als technisch vlak, helder te communiceren, vooral in relatie tot het elektriciteitsnet. Een belangrijk aspect is het belichten van eenvoudige mogelijkheden voor het gebruik van bestaande buffersystemen, zoals die in gebouwen en industrieën. Het <b>ontwikkelen van een verhaallijn</b>, zoals bijv. via een factsheet, met scenario's waarin warmteopslag een centrale rol speelt, kan de verbeelding aanspreken en bewustwording vergroten. Er dient aandacht te worden besteed aan het benadrukken van het nut en de noodzaak van robuuste, bronneutrale systemen, en het stimuleren van de ontwikkeling van lage temperatuurnetten. Daarnaast verdient hoge temperatuur warmteopslag specifieke aandacht, gezien de groeiende</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Onderzoeksinstellingen</li> <li>• TKI's</li> <li>• Netbeheerders</li> </ul>

Nummer	Actie	Actiehouder
	behoefte aan oplossingen in de groot verbruikende gasectoren.	
1.3	De warmteopslagsector kan veel beter worden <b>gepositioneerd</b> als onderdeel in het oplossen van de <b>netcongestieproblematiek</b> . Positioneer warmteopslag binnen het Landelijk Actieprogramma Netcongestie als één van oplossingen voor netcongestie door focus te leggen op het benutten van goedkope en overtollige zonnestroom in de zomer voor warmteproductie- en opslag en het verminderen van de pieken in warmtebehoefte in de winter, met de potentie voor seizoensopslag. Daarnaast kan industriële warmteopslag netbalanseringsdiensten leveren aan de netbeheerder.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overheidsinstanties (ministeries, provincies en gemeentes)</li> <li>• Netbeheerders</li> <li>• Energiecoöperaties</li> </ul>
1.4	Zorg dat <b>besluitvormers voldoende kennis</b> hebben van de efficiëntie en mogelijkheden van <b>lage en hoge temperatuur warmteopslag</b> . Verhoog het bewustzijn over de mogelijkheden van warmteopslag bij stakeholders, vooral bij de centrale- en decentrale overheid. Werk samen aan een overzicht van oplossingen met voor- en nadelen, zodat belanghebbenden geïnformeerde beslissingen kunnen nemen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overheidsinstanties (ministeries, provincies en gemeentes)</li> <li>• Sector</li> </ul>
1.5	Vergroot de bekendheid van warmteopslag binnen de industrie als een kosteneffectieve verduurzamingsstap d.m.v. actieve informatievoorziening. Gebruik webinars, seminars en communicatie om de bewezen technologie van warmteopslag te benadrukken en de CO2-uitstoot te verminderen. Ontwikkel leaflets met technisch haalbare oplossingen en vergroot de bekendheid van verschillende warmteopslag technieken en hun toepassingen. Benadruk de impact van industriële warmte, en breng benodigde oplossingen in kaart, rekening houdend met de huidige operationele staat, korte termijn inzetbaarheid en betaalbaarheid. Hierbij is het actiever leren van internationale partijen en hun ervaringen verkennen een belangrijk voor de versterking van de Nederlandse technologische positie. Scandinavische landen zijn op sommige technieken verder dan in Nederland.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderzoeksinstellingen</li> <li>• TKI's</li> <li>• Netbeheerders</li> </ul>
1.6	Integreer warmteopslag als integraal onderdeel van warmteconcepten en <b>ontwikkel tools</b> voor modellering en optimalisatie op locatie, omvang en inzet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adviesbureaus</li> <li>• Onderzoeksinstellingen</li> <li>• Sector</li> </ul>
<b>Het beleidskader van de warmteopslag sector:</b> Het ontwikkelen van een beleidskader voor warmteopslag vereist een strategische benadering om een gunstig klimaat te creëren voor ontwikkeling en implementatie van warmteopslag technologieën.		
2.1	Een consistente benadering van warmteopslag in de vergunningverlening is essentieel voor verdere ontwikkeling van warmteopslag. Maak <b>vergunningen laagdrempeliger door standaardisatie of afstemming</b> rondom vergunningverlening toe te passen tussen gemeentelijk, provinciaal en landelijk niveau. Dit zorgt voor een voorspelbaar beleid wat essentieel is voor de business case en de bedrijvigheid in Nederland.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overheidsinstanties</li> <li>• TKI's</li> </ul>
2.2	Pas de <b>normerende regelgeving</b> aan, met name de <b>definitie van duurzaamheid</b> in lijn met de aangepaste NTA8800 voor warmtenetten. Deze aanpassing moet worden uitgebreid naar kleinere warmtenetten en gebouw gebonden systemen. Ondersteun branche brede beoordelingen van	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overheidsinstanties</li> <li>• Veiligheid/norm commissies</li> </ul>

Nummer	Actie	Actiehouder
	<p>materiaalgebruik voor buffersystemen in het kader van Milieuprestatieberekening gebouwen (MPG). De recente wijziging in de berekeningsmethode voor duurzaamheid in de NTA8800 maakt het mogelijk voor grote warmtenetten (&gt;500 eh) om het elektriciteitsverbruik, dat is afgenomen op momenten van bewezen duurzame opwekking in Nederland, als 100% duurzaam mee te nemen in de berekening. Deze aanpassing stimuleert opslag en flexibiliteit aanzienlijk, omdat het gebruik van buffering nu wordt aangemoedigd. Het voorstel is om deze aanpassing in <b>scope uit te breiden</b> naar kleinere warmtenetten en (collectieve en niet collectieve) gebouw gebonden systemen. Bovendien wordt voorgesteld om deze aanpassing <b>op te nemen in de BENG</b> (Bijna Energie Neutrale Gebouwen) systematiek voor nieuwbouw en andere normerende regelgeving. Dit zou bijdragen aan het bevorderen van opslag en flexibiliteit op een bredere schaal, met als doel een duurzamere energie-infrastructuur. De Dynamische Referentie Prijs, aangegeven door TenneT, speelt hierbij een rol als een dagelijks gepubliceerde indicator voor bewezen duurzame opwekking in Nederland.</p>	
2.3	<p><b>Stimuleer opslag en flexibiliteit</b> door aanpassingen in het subsidiebeleid, met speciale aandacht voor warmteopslag in relatie tot congestieproblematiek en de salderingsregeling. Pas <b>subsidies, EIA-regeling</b> en andere beloningsvormen vaker toe voor warmteopslag. Verbeter subsidieregelingen, omdat huidige regelingen zoals <b>DEI+</b> en <b>VEKI</b> slechts een klein deel van de hoge kosten van warmteopslag dekken. Daarnaast zit warmteopslag niet in de <b>SDE++</b> subsidie.</p> <p>Wat betreft de <b>ISDE</b> (Investeringssubsidie duurzame energie) wordt voorgesteld om een techniek neutrale subsidie in te voeren, gekoppeld aan het flex-contract met de netbeheerder. Hierdoor wordt gegarandeerd dat de subsidie alleen wordt toegekend aan investeringen die daadwerkelijk bijdragen aan flexibiliteit.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overheidsinstanties</li> <li>• Netbeheerders</li> <li>• Adviesbureaus</li> </ul>
2.4	<p><b>Breng in kaart welke wet- en regelgeving</b> op dit moment voor warmteopslag geldt om vervolgens te bepalen over deze regelgeving doelmatig is en welke regelgeving er nog mist. Hoewel wet- en regelgeving bodemenergie al redelijk op orde is, is het nuttig om een breder overzicht te maken voor warmteopslag specifiek, gezien de complexe beleidsvelden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overheidsinstanties</li> <li>• Adviesbureaus</li> </ul>
2.5	<p>Voor de duurzaamheid van warmtenetten moet elk net met een baseload bron worden verplicht om de inzet van <b>warmteopslag te onderzoeken</b>. Warmteopslag zal niet altijd passen (afhankelijk van vraag/aanbod) maar dient wel onderzocht te worden. Verder is inpassing in de ondergrond soms problematisch i.v.m. andere aanwezige energiesystemen zoals WKO's of bodemlussen. Het is daarom van belang om in stedelijke gebieden proactief ruimte in de ondergrond te onderzoeken en te reserveren voor grootschalige opslag. Daarnaast is het curciaal om een beleidskader te ontwikkelen waarbij <b>vermindering van warmtepieken en de keuze voor collectieve warmte-oplossingen</b> worden gestimuleerd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overheidsinstanties</li> <li>• Sector</li> <li>• Adviesbureaus</li> </ul>

Nummer	Actie	Actiehouder
2.6	Een herziening van de structuur voor <b>energiebelasting</b> en <b>flexibele nettarieven</b> , gericht op warmteopslag in de industrie en gebouwde omgeving is noodzakelijk. Richt je op de <b>lagere en voorspelbare transportkosten voor elektriciteit</b> en introduceer gerichte subsidies voor warmteopslag in de industrie en gebouwde omgeving, bijvoorbeeld via stimulering van warmteopslag in de ontwikkeling van <b>microgrids op industrieterreinen</b> . Ook zal een hogeren aardgas en CO <sub>2</sub> belasting een energieopslag en met namen warmteopslag stimuleren.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overheidsinstanties</li> <li>• Netbeheerders</li> <li>• ACM</li> <li>• Sector</li> </ul>
2.7	Onderzoek het <b>potentieel van conversie</b> van overtollige elektriciteit richting warmte om daarmee bij te dragen aan een <b>oplossing voor invoedingscongestie</b> . Daarbij moet ook worden gekeken welke beleidsaanpassingen en financiële prikkels noodzakelijk zijn om deze potentie te ontsluiten.	Overheidsinstanties Netbeheerders ACM Sector
<b>Technische ontwikkelingsmogelijkheden van de warmteopslag sector:</b> Er zijn nog volop technische ontwikkelingen mogelijk bij warmteopslag, van testen tot opschaling. De volgende actiepunten helpen de sector deze ontwikkelingen te versnellen en de stap naar marktintroductie te vereenvoudigen.		
3.1	Overweeg de oprichting van een <b>onafhankelijk stimuleringsprogramma voor energieopslag</b> dat onderzoek en ontwikkeling van het portfolio aan energieopslag technologieën coördineert om de benodigde flexibiliteit te realiseren. Nederland kent onderzoeksprogramma's (Heatstore, WarmingUp, WarmingUp GOO en NieuweWarmteNu), GroenVermogen initiatieven en onderzoekslabs, competence centres, fieldlabs en demonstratieprojecten. Maar dit is op dit moment op het vlak van energieopslag ernstig versnipperd en wordt niet gecoördineerd op nationale schaal. Dit is ook zichtbaar in de structuur van MMIPs en TKIs: opslag kent een rol onder de verschillende TKIs en MMIPs maar wordt niet centraal aangestuurd en gecoördineerd.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondersteund door Overheidsinstanties</li> <li>• Sector</li> <li>• TKI's</li> </ul>
3.2	Stimuleer concrete <b>warmteopslag technologieën</b> en stel <b>testfaciliteiten</b> beschikbaar voor inpassingsproeven in het energiesysteem (woningequivalent (weq) 1-250) om de praktische expertise te bevorderen. Stimuleer de oprichting van testfaciliteiten en overweeg gezamenlijke <b>demoprojecten</b> die eerste commerciële <b>systemen op schaal</b> (woningequivalent (weq) 250+) laten zien, zodat de financierbaarheid toeneemt en professionalisering te bevorderen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TKI's</li> <li>• Overheidsinstanties</li> <li>• Sector</li> <li>• Financiële instellingen</li> <li>• Netbeheerders</li> </ul>
3.3	Onderzoek de <b>integratie</b> van warmteopslag met elektrificatie van processen, zoals met (elektrisch aangedreven) warmtepompen. Onderzoek ook de rol van warmteopslag in processturing en ontwikkel duidelijke richtlijnen voor <b>heat-as-a-service</b> om nieuwe concepten naar de markt te brengen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderzoekinstellingen</li> <li>• Ondersteund door TKI's/Overheidsinstellingen</li> </ul>
3.4	Ontsluit en <b>deel kennis</b> uit experimenten en projecten. Wijs voorbeeldprojecten en bedrijven aan die warmteopslag al hebben geïmplementeerd. Verduidelijk en demonstreer de technologie, omdat techniek sterk tot de verbeelding spreekt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderzoekinstellingen</li> <li>• Adviesbureaus</li> <li>• TKI's</li> </ul>

Nummer	Actie	Actiehouder
3.5	Het <b>delen van open data</b> biedt kansen voor de juiste oplossingen, ondanks uitdagingen op het gebied van (cyber)security en dataveiligheid. Het delen van gebruiksdata van voor en achter de meter kan ervoor zorgen dat ook de processen in huis meegenomen kunnen worden in de totaaloplossing, zoals de warmtepomp, zonnepanelen, elektrische auto en warmteopslag. Stel <b>bodem informatie</b> beschikbaar met voorbeelden en rekenregels per bodemtype.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderzoekinstellingen</li> </ul>
<b>Verbeteringen in productie en installatie van warmteopslag systemen:</b>		
4.1	Nieuwe warmteconcepten, zoals warmtebatterijen, vereisen <b>bijsholing en omscholing</b> van het bestaande personeel, terwijl er ook een tekort is aan professionals voor bestaande warmteopslag technieken, zoals Warmte-Koude Opslag (WKO). Het is raadzaam om hiervoor een apart <b>Human Capital Agenda</b> (HCA) te ontwikkelen. Samenwerking met <b>Techniek Nederland</b> kan hierbij helpen, waarbij installateurs eerder betrokken zullen raken bij een duidelijke business case. Het ontwikkelen van gerichte opleidingspakketten voor de integratie van warmteopslag in de Gebouwde Omgeving, in samenwerking met organisaties zoals <b>WijTechniek</b> en <b>TVVL</b> , is van cruciaal belang voor het bevorderen van begrip en implementatie binnen de sector.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderwijsinstellingen</li> <li>• Ondersteund door Overheidsinstellingen</li> </ul>
4.2	Omdat High-Temperature Aquifer Thermal Energy Storage (HT-ATES) zich nog in de pilotfase bevindt, is <b>nauwgezette monitoring essentieel</b> . Door de eerste projecten meer <b>gestandaardiseerd</b> uit te voeren en beter te monitoren, kunnen we sneller leren. Dit verschaft de mogelijkheid om monitoring te verfijnen en te beperken. Er moet daarbij een oplossing worden gevonden voor de aanvullende kosten van initiële monitoring, zodat deze niet volledig worden gedragen door de eerste projecten. Hoe meer <b>gestandaardiseerd</b> wordt, hoe vaker warmteopslag wordt overwogen en gebruikt. <b>Minder maatwerk</b> resulteert in kostenefficiëntere oplossingen. Het vaststellen van standaarden en normen kan over het algemeen helpen. Er is echter <b>geen one-size-fits-all</b> oplossing.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderzoekinstellingen</li> <li>• Adviesbureaus</li> </ul>
4.3	De <b>aanpak van warmteopslag is afhankelijk van schaal en sector</b> . De sleutel tot grootschalige toepassing van thermische opslag ligt in de integratie ervan, bijvoorbeeld met klimaatbeheersing gekoppeld aan warmte- en koudeopslag. Een <b>duidelijke kosten/batenanalyse voor eindgebruikers</b> is hierbij cruciaal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderzoekinstellingen</li> <li>• Adviesbureaus</li> </ul>
<b>Ketensamenwerking rondom warmteopslag systemen:</b>		
5.1	Het verbeteren van <b>keten denken tussen partijen</b> is van cruciaal belang. Het is essentieel om beter te begrijpen hoe de keten eruit ziet zodat het <b>risico's</b> in de keten verkleint kunnen worden. Om dit te bereiken, is het noodzakelijk om de rol en betrokkenheid van netbeheerders, energiebedrijven en andere stakeholders in deelprocessen te intensiveren. Daarnaast is het van belang om <b>contractvormen</b> voor warmteopslag te <b>standaardiseren</b> . Het samenwerken met ingenieurs- en adviesbureaus is hierbij van onschatbare waarde; zij dienen zich bewust te worden van de voordelen van warmteopslag. Bovendien is nauwe samenwerking met projectontwikkelaars in de gebouwde omgeving cruciaal. Verder is het creëren van	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderzoekinstellingen</li> <li>• Adviesbureaus</li> <li>• Onderwijsinstellingen</li> <li>• Netbeheerders</li> <li>• Adviesbureaus</li> </ul>



Nummer	Actie	Actiehouder
	mogelijkheden en ondersteuning voor hogescholen en universiteiten in de verdere ontwikkeling van specifieke warmteopslag technologieën van groot belang.	
5.2	Het is essentieel om het <b>keten denken tussen technologieën</b> , van duurzame energiebron tot eindaansluiting/aflevering, beter te integreren. Het huidige model suggereert nog steeds dat verschillende onderdelen van een warmteketen los en onafhankelijk kunnen worden ontwikkeld, wat leidt tot veel onduidelijkheden. Het is daarom van belang om actief op zoek te gaan naar koppelingen tussen warmteopslag en duurzame warmte opwekkingstechnieken, zoals zonthermie, e-boilers en warmtepompen. Een cruciale stap hierbij is de uitwisseling van energiedata, inclusief warmte (GJ) en elektriciteit (kWh), binnen huishoudens en wijken.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderzoekinstellingen</li> <li>• Adviesbureaus</li> <li>• Overheidsinstellingen</li> <li>• Energiecoöperaties</li> </ul>
5.3	Samenwerkingen tussen de sector en institutionele-, kennis en non-profit organisaties kan een versterking zijn. De samenwerking met de <b>industrie</b> in een <b>integraal procesontwerp</b> voor concrete cases, bijvoorbeeld binnen het <b>ISPT-platform</b> 'Efficiënte Flexibele Elektrificatie'. Concrete cases zijn ontwikkeld voor de agro-food, chemie, en papiersector, waarbij diverse partijen al betrokken zijn.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderzoekinstellingen</li> <li>• Adviesbureaus</li> </ul>
5.4	Er moet meer aandacht komen voor de rol van warmteopslag, bekeken vanuit een <b>systemperspectief</b> in combinatie met elektriciteit en moleculen zoals groen gas. Veel <b>digitale modellen</b> en <b>slimme energie-software</b> zijn momenteel vooral gericht op één type energiedrager, meestal elektriciteit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderzoekinstellingen</li> <li>• Adviesbureaus</li> </ul>
5.5	Er is professionalisering van de digitalisering en open data binnen én buiten warmteopslag sector nodig om de juiste opslag capaciteit goed en economisch af te stemmen. Door als leverancier van warmteopslag exacte en gevalideerde <b>specificaties openbaar</b> te stellen (zoals efficiëntie, isolatiewaarden, kosten voor verschillende groottes), kunnen potentiële afnemers dit beter in hun businesscase meenemen en sneller beslissingen nemen. Borg de <b>gegevensverwerking</b> om ervoor te zorgen dat de data op de juiste waarde wordt vastgelegd zonder problemen in de ontwikkeling.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector</li> <li>• Onderzoekinstellingen</li> <li>• Adviesbureaus</li> <li>• Energiecoöperaties</li> </ul>
5.7	Zet in op <b>internationale samenwerking</b> rondom warmteopslag. Verschillende Europese landen, zoals bijvoorbeeld Denemarken, lopen voorop in de warmtetransitie en de inpassing van warmteopslag. Voer bijvoorbeeld jaarlijks een internationale benchmark uit rondom de internationale ontwikkeling van warmteopslag, waaruit 'best practices' naar voren kunnen komen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overheidsinstellingen</li> <li>• Sector</li> </ul>