

OPENBARE RAPPORTAGE

IEBB- INTEGRALE ENERGIETRANSITIE BESTAANDE BOUW

Eindrapport deelproject 9.1

Voelbare warmteopslag

Referentie: TEUE919003

Subsidieregeling: Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma

Datum: Juni 2021

Aantal pagina's: 20 (exclusief bijlagen)

Auteurs: Bert Kooi, Sandra Bellekom Hanze, Jan Cnossen Flamcogroup, Joost Brand, Joost Spanjer, Stefan van Eijk, Summerheat, Peter Batenburg, Carya, Angela Greco, Martin Mohana, Ruud Cuypers, Jochem Jongerius, TNO



Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, micrifilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van het consortium Integrale Energietransitie Bestaande Bouw.

INTEGRALE ENERGIETRANSITIE BESTAANDE BOUW

Samenvatting

Introductie

Warmteopslag wordt steeds belangrijker om een betrouwbare energielevering te kunnen garanderen en om de energietransitie van de gebouwde omgeving te versnellen. Hoewel er steeds meer technologieën op de markt komen, zijn er op dit moment verschillende technische, institutionele en maatschappelijke barrières voor het op grote schaal implementeren van voelbare warmteopslag in de Nederlandse woningmarkt.

Dit deelproject richt zich daarom op:

- 1) het onderzoeken van de behoefte aan warmteopslag in de context van de Nederlandse gebouwde omgeving;
- 2) het in kaart brengen van de huidige ontwikkelingen rondom voelbare warmteopslag technologieën; en
- 3) het identificeren van criteria/KPI's om de verschillende technologieën op de markt te vergelijken.
- 4) Het ontwikkelen van nieuwe technologieën voor warmteopslag
- 5) Het in de praktijk testen van nieuwe technologieën voor warmteopslag

Dit is een omvangrijke opgave, waarin met de beperkte omvang van dit deelproject uiteraard maar een kleine stap gemaakt kan worden.

Doelstelling

Voelbare warmteopslag heeft het grote voordeel dat het veelal goedkoper en eenvoudiger is in vergelijking met alternatieve opslagsystemen. Het doel van dit deelproject was om nieuwe componenten en systemen voor voelbare warmteopslag met een minimaal ruimtebeslag binnen het gebouw te ontwikkelen, te demonstreren in een proeftuin of "living labs", en tenminste de termijn tussen 2 pieken in geleverde windenergie in staat is te overbruggen (typisch 1-2 weken). Dit onderzoek is ondersteund door marktonderzoek en modelonderzoek.

Resultaten

Resultaat 1 is een marktonderzoeksresultaat naar de behoefte van warmteopslag.

De focusgroepen onthulden twee belangrijke use-cases voor de Nederlandse gebouwde omgeving: de ochtend/avondpiek en de -10°C graden in de winter die tot twee dagen aanhoudt. In de interviews met woningcorporaties en productontwikkelaars is een derde use-case geïdentificeerd, namelijk de integratie met de PV-panelen.

Resultaat 2 is een systeemmodel dat o.a. de rol van warmteopslag binnen het energiesysteem in beeld brengt. Op basis van de gegeven zon- en windprofielen, de elektriciteits- en warmtevraag (alle op uurniveau) en gegevens over kosten en emissies per onderdeel van het energiesysteem, voert het model een berekening uit. De uitkomst van die berekening is de capaciteit van de benodigde bronnen, conversiesystemen en opslag (zowel elektriciteit als warmte) waarbij ieder uur van de beschouwde periode (bijvoorbeeld een jaar) aan de elektriciteits- en warmtevraag wordt voldaan en de totale jaarlijkse kosten het laagst zijn.

Resultaat 3 is een prototype van een warmteopslag geschikt om toegepast te worden als ondergrondse warmtebuffer bij een woning.

Resultaat 4 is de installatie en test van een nieuw type warmtebuffer in een woning in het Field lab Green Village.

Resultaat 5 en 6 is een laboratoriumprototype of een innovatieve hoge-dichtheid voelbare warmteopslag, met een opslagdichtheid van ca. 0.5 kWh/dm³, voorzien van een innovatieve regeltechniek om deze op slimme wijze te laden en te ontladen.

Bijdrage MMIP-doelstellingen

In de transitie naar een duurzame energiehuishouding is buffering van energie essentieel. Duurzame opwek laat zich niet altijd plannen en heeft een sterk seizoensgebonden karakter. Tot op heden is dat meestal geen probleem omdat het aandeel duurzame energie in de Nederlandse mix nog relatief klein is en pieken in de duurzame opwek altijd het net op kunnen, al worden de netbeheerders ook nu al wel voor grote uitdagingen gesteld. Maar naarmate het opgestelde vermogen groeit begint het energienet steeds zwaarder belast te worden. Voor vele locaties in Nederland wordt voorlopig al geen transportindicatie meer afgegeven. En ook aan de vraagzijde nemen de pieken op het elektriciteitsnet toe. Met het besluit om gasloze woningen de norm te maken wordt er door groeiende inzet van warmtepompen (met name in de winter) een steeds groter beroep op het elektriciteitsnet gedaan. Innovaties die zich richten op het oplossen van deze problemen zijn cruciaal. In het huidige deelproject is gewerkt aan warmteopslagoplossingen die deze uitdagingen adresseren.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Programma IEBB	6
1.1 Inbedding in programma IEBB	6
1.2 Belang deelproject (maximaal 150 woorden).....	6
1.2.1 Bijdrage aan de MMIP 3 en MMIP 4 doelen	6
1.2.2 Opbrengsten deelproject.....	7
1.3 Leeswijzer.....	7
2 Project gegevens	8
3 Inhoudelijk eindrapport	9
3.1 Inleiding.....	9
3.2 Doelstelling	9
3.3 Werkwijze	9
3.4 Resultaten	11
3.4.1 Resultaat 1	11
3.4.2 Resultaat 2	12
3.4.3 Resultaat 3	13
3.4.4 Resultaat 4	14
3.4.5 Resultaat 5	15
3.4.6 Resultaat 6	16
3.4.7 Alle resultaten.....	16
4 Uitvoering van het project	Error! Bookmark not defined.
4.1 De problemen (technisch en organisatorisch) die zich tijdens de uitvoering van uw plan hebben voorgedaan en de wijze waarop deze problemen zijn opgelost	Error! Bookmark not defined.
4.2 Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het plan.....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Toelichting op de verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten. ...	Error! Bookmark not defined.
4.4 Toelichting wijze van kennisverspreiding	Error! Bookmark not defined.
5 Conclusies leerpunten en aanbevelingen	17
5.1 Conclusies, leerpunten en aanbevelingen	17
6 Bijlagen.....	Error! Bookmark not defined.

1 Programma IEBB

1.1 Inbedding in programma IEBB

Het consortium Integrale Energietransitie Bestaande Bouw heeft als ambitie het haalbaar, betaalbaar en opschaalbaar maken van de energietransitie in de bestaande (woning)bouw. Hierbij richten we ons specifiek op de opschaling naar 200.000 renovaties per jaar vóór het jaar 2030. Om dit te bereiken werken we verdeeld over 9 thema's, aan innovaties op het gebied van industrialisatie van renovatieconcepten (thema 1-4; MMIP 3.1 en 3.2), het transitieproces (thema 5-7; MMIP 3.3) en warmtetechnologie (thema 8 en 9; MMIP 4.1 en 4.3).

Dit deelproject maakt onderdeel uit van thema 9 "Warmteopslag". Eén van de Nederlandse doelen voor de energietransitie is het aardgas-vrij maken van de gebouwde omgeving. Om dit te kunnen realiseren moet elke energiebron, gebaseerd op aardgas, vervangen worden door duurzame, veelal decentrale alternatieven. In thema 9, "warmteopslag", wordt het verliesvrij verschuiven van hernieuwbare energie over langere periodes onderzocht om uiteindelijk een volledig duurzame energievoorziening mogelijk te kunnen maken in de gebouwde omgeving. In dit thema worden diverse warmteopslagtechnologieën ontwikkeld, waarvan sterk verbeterde voelbare opslagtechnologie in deelproject 9.1, voor opslag gedurende een periode van 1-2 weken. Zoals ook in de andere deelprojecten in dit thema wordt in 9.1 integraal gewerkt aan technologische ontwikkeling van componenten en het integrale warmteopslagsysteem, de aansturing van het warmteopslagsysteem, en zo goed mogelijk aan demonstratie van de technologie in de praktijk, de strategie voor marktintroductie en mogelijke opschaling van de toepassing van het warmteopslagsysteem in de gebouwde omgeving.

Dit deelproject van innovatieplan Integrale Energietransitie Bestaande Bouw is uitgevoerd met subsidies van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties en het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

1.2 Belang deelproject

1.2.1 Bijdrage aan de MMIP 3 en MMIP 4 doelen

In deze transitie naar een duurzame energiehuishouding is buffering van energie essentieel. Want duurzame opwek laat zich niet altijd plannen en heeft een sterk seizoensgebonden karakter. Tot op heden is dat meestal geen probleem omdat het aandeel duurzame energie in de Nederlandse mix nog relatief klein is en pieken in de duurzame opwek altijd het net op kunnen, al worden de netbeheerders ook nu al wel voor [grote uitdagingen](#) gesteld. Maar naarmate het opgestelde vermogen groeit begint het energienet te kraken. Voor vele locaties in Nederland wordt voorlopig al geen transportindicatie meer afgegeven. En ook aan de vraagzijde nemen de pieken op het elektriciteitsnet toe. Met het besluit om gasloze woningen de norm te maken wordt er door groeiende inzet van warmtepompen (met name

in de winter) een steeds groter beroep op het elektriciteitsnet gedaan. Innovaties die zich richten op het oplossen van deze problemen zijn cruciaal. Uiteindelijk houden we met de huidige oplossingen (meer zon, meer wind) en bufferen op het net voor later gebruik (all electric-woningen) een enorme afhankelijkheid van het net en daarmee uiteindelijk (vooralsnog) ook van fossiele bronnen.

1.2.2 Opbrengsten deelproject

- Hogere operationele prestaties van klimaat- en energiesystemen.

Warmteopslag is een key enabler voor integratie van fluctuerende duurzame bronnen in het energiesysteem.

1.3 Leeswijzer

In dit deelproject zijn door verschillende partners onderzoek verricht naar kosteneffectieve warmteopslag door middel van 'voelbare warmteopslag'.

Voelbare warmteopslag is warmteopslag in materialen door de temperatuur van dat materiaal te verhogen. Het meest bekend is opslag in warm water, maar ook andere materialen (steen, metaal) zijn geschikt om er warmte in op te slaan.

In dit deelproject zijn de volgende activiteiten uitgevoerd door de volgende partners:

Onderzoek	Partner	Resultaat nummer	Beschrijving
Marktonderzoek behoefte warmteopslag	TNO	Resultaat 1	Par. 3.4.1
Systeemmodel rol van warmteopslag	Hanze	Resultaat 2	3.4.2
Pilot warmteopslag in ondergrondse warmtebuffer	Summerheat	Resultaat 3	3.4.3
Pilot warmteopslag in Subamp module	Flamco	Resultaat 4	3.4.4
Prototype hoge-dichtheid warmteopslag	TNO	Resultaat 5	3.4.5
Regeltechniek voor warmteopslag	Carya	Resultaat 6	3.4.6

2 Project gegevens

- Projectnummer: TEUE919003
- Titel deelproject: Sensible heat storage
- Penvoerder en medeaanvragers: TNO, Carya, Ennatuurlijk, Flamco, Hanze Hogeschool, HVC,
Summerheat, tadverwarming Purmerend, Vattenfall
- Uitvoeringsperiode: 1 Januari 2020 – 30 juni 2021

3 Inhoudelijk eindrapport

3.1 Inleiding

Warmteopslag wordt steeds belangrijker om een betrouwbare energielevering te kunnen garanderen en om de energietransitie van de gebouwde omgeving te versnellen. Hoewel er steeds meer technologieën op de markt komen, zijn er op dit moment verschillende technische, institutionele en maatschappelijke barrières voor het op grote schaal implementeren van voelbare warmteopslag in de Nederlandse woningmarkt.

Dit deelproject richt zich daarom op:

- 1) het onderzoeken van de behoefte aan warmteopslag in de context van de Nederlandse gebouwde omgeving;
- 2) het in kaart brengen van de huidige ontwikkelingen rondom voelbare warmteopslag technologieën; en
- 3) het identificeren van criteria/KPI's om de verschillende technologieën op de markt te vergelijken.
- 4) Het ontwikkelen van nieuwe technologieën voor warmteopslag
- 5) Het in de praktijk testen van nieuwe technologieën voor warmteopslag

Dit is een omvangrijke opgave, waarin met de beperkte omvang van dit deelproject uiteraard maar een kleine stap gemaakt kan worden.

3.2 Doelstelling

Voelbare warmteopslag heeft het grote voordeel dat het veelal goedkoper en eenvoudiger is in vergelijking met alternatieve opslagsystemen. Het doel van dit project is om nieuwe componenten en systemen voor voelbare warmteopslag met een minimaal ruimtebeslag binnen het gebouw te ontwikkelen, te demonstreren in een proeftuin of "living labs", en tenminste de termijn tussen 2 pieken in geleverde windenergie in staat is te overbruggen (typisch 1-2 weken). Dit onderzoek wordt ondersteund door marktonderzoek en modelonderzoek.

3.3 Werkwijze

Het onderzoek naar voelbare warmteopslag is uitgevoerd in een aantal onderscheiden activiteiten. Deze zijn samengevat in onderstaande tabel.

Onderzoek	Partner	Werkwijze
Marktonderzoek behoefte warmteopslag	TNO	De onderzoeksaanpak bestond uit een kwalitatieve afleiding tussen theorie en empirisch casuonderzoek (Dubois & Gadde, 2002). Daarom omvatten de stappen voor dit onderzoek: 1) Een systematisch literatuuronderzoek over de implementatie van thermische energieopslagtechnologieën; 2) 11 Semigestructureerde interviews (Drever, 1995) aan de projectpartners en andere relevante stakeholders (zie interviewprotocol in bijlage 1);

INTEGRALE ENERGIETRANSITIE BESTAANDE BOUW

		<p>3) Focusgroepgesprekken (Hennink, 2013) met de partnerconsortia;</p> <p>4) Een case-study bestaande uit Summer Heat, een bedrijf dat technologie levert om warm water op te slaan voor rijtjeshuizen (ook onderdeel van de onderzoeksconsortia).</p> <p>De interviews zijn getranscribeerd en geanalyseerd door middel van open codering (Glaser, 2016) in de kwalitatieve onderzoekssoftware Atlas.ti.</p>
Systeemmodel rol van warmteopslag	Hanze	<p>In deze systeemanalyse is op uurbasis berekend hoeveel bronnen (wind en zon) er nodig zijn en hoe groot de capaciteit van de opslag en opwekking moet zijn om een minimale CO₂ uitstoot, minimale kosten of minimaal ruimtebeslag te krijgen. De Hanzehogeschool heeft de berekeningen gedaan met een simulatiemodel dat ze heeft ontwikkeld. In deze studie zijn voor twee warmteopslag-concepten de minimale kosten bepaald van het energiesysteem waarvan het warmteopslag-concept deel uitmaakt. De bronnen, conversiesystemen, elektriciteitsopslag en warmteopslag vormen samen het energiesysteem.</p> <p>Op basis van de gegeven zon- en windprofielen, de elektriciteits- en warmtevraag (alle op uurniveau) en gegevens over kosten en emissies per onderdeel van het energiesysteem, voert het model een berekening uit. De uitkomst van die berekening is de capaciteit van de benodigde bronnen, conversiesystemen en opslag (zowel elektriciteit als warmte) waarbij ieder uur van de beschouwde periode (bijvoorbeeld een jaar) aan de elektriciteits- en warmtevraag wordt voldaan en de totale jaarlijkse kosten het laagst zijn.</p>
Pilot warmteopslag in ondergrondse warmtebuffer	Summerheat	Binnen dit project is een lab-prototype ontwikkeld ("tafelmodel") dat geschikt is voor test- en demonstratiedoeleinden.
Pilot warmteopslag in Sunamp module	Flamco	Binnen dit project is het nieuwe warmteopslag product 'Sunamp' geïntegreerd in een testwoning in GreenVillage in Delft, waarbij testen zijn uitgevoerd aan het systeem.
Prototype hoge-dichtheid warmteopslag	TNO	Er is een ontwerp gemaakt, doorgerekend, ge-engineerd en gebouwd van een innovatief type warmteopslag met hoge-dichtheid energieopslag. Dit prototype is getest in het lab.
Regeltechniek voor warmteopslag	Carya	Carya heeft voor het prototype hoge-dichtheid warmteopslag geavanceerde regeltechniek ontwikkeld

3.4 Resultaten

3.4.1 Resultaat 1

Resultaat 1 is een marktonderzoeksresultaat naar de behoefte van warmteopslag. Hierbij zijn twee belangrijke use cases geïdentificeerd.

Use cases voor Nederlandse woningen

De focusgroepen onthulden twee belangrijke use-cases voor de Nederlandse gebouwde omgeving: de ochtend/avondpiek en de -10°C graden in de winter die tot twee dagen aanhoudt. In de interviews met woningcorporaties en productontwikkelaars is een derde use-case geïdentificeerd, namelijk de integratie met de PV-panelen.

Tabel 1: door de consortia geïdentificeerde use-cases

	1 woning	Onderstation niveau
Case 1 ochtend/ avond piek (warm tapwater)	70 graden aanvoer, vermogen Q ongeveer 20 kW	90 graden aanvoer, 73 graden leveren, vermogen $Q\sqrt{N}$
Case 2 “-10 piek” (ruimteverwarming paar dagen)	70 graden aanvoer, $Q=6$ kW/ woning	90 graden aanvoer, vermogen $=N*Q$

➤ - 10 °C graden in de winter

De gemiddelde warmtevraagprofielen van huishoudens laten zien dat de grootste warmtevraag zich in de winter zal voordoen, daarom is seizoensgebonden warmteopslag een van de use cases. Vooral het geval van een temperatuur van -10 °C, die niet zo vaak voorkomt en waarvoor warmtepompen een back-upstelsel nodig hebben, is een interessant gebruiksscenario voor seizoensopslag.

➤ Ochtend/avond keuze

Deze use-case wordt genoemd als de meest interessante vanuit het perspectief van een netbeheerder (bron: interview ENECO). Specifiek voor de grote vraag op het net 's avonds en 's morgens vroeg om te douchen, terwijl de hernieuwbare energievoorziening overdag plaatsvindt.

➤ Gezien wetsvoorstel saldering (Milieu Centraal, 2020) wordt energieopslag vooral aantrekkelijk voor huishoudens die al PV-panelen hebben geplaatst of van plan zijn dit in de nabije toekomst te gaan doen. Momenteel heeft 13% van alle eengezinswoningen PV-panelen (d.w.z.~670 duizend huizen aangezien 2/3 van alle huizen in Nederland eengezinswoningen zijn). Het eigendom van deze woningen bestaat uit zowel particuliere huiseigenaren als woningcorporaties. In het bijzonder heeft 9% van de eengezinswoningen in huurwoningen van woningcorporaties PV-panelen (d.w.z.~ 140 duizend), terwijl 14% van de eengezinswoningen die eigendom zijn van huiseigenaren PV-panelen heeft (d.w.z.~ 410 duizend). Enerzijds is de huurmarkt minder interessant omdat in de meeste gevallen de energierekening door de huurder wordt betaald, terwijl de kapitaalinvestering door de eigenaar wordt gedragen. Aan de andere kant heeft de sociale huurmarkt een ambitieuzere energietransitieagenda -mede door subsidiemogelijkheden- dan de particuliere woningeigenaar, waardoor ze de waarschijnlijke early adopters van thermische energieopslagtechnologieën zijn. Woningcorporaties (circa 1/3 van de totale Nederlandse

woningvoorraad) streven ernaar om in 2030 gemiddeld energielabel B te scoren volgens het Energieakkoord.

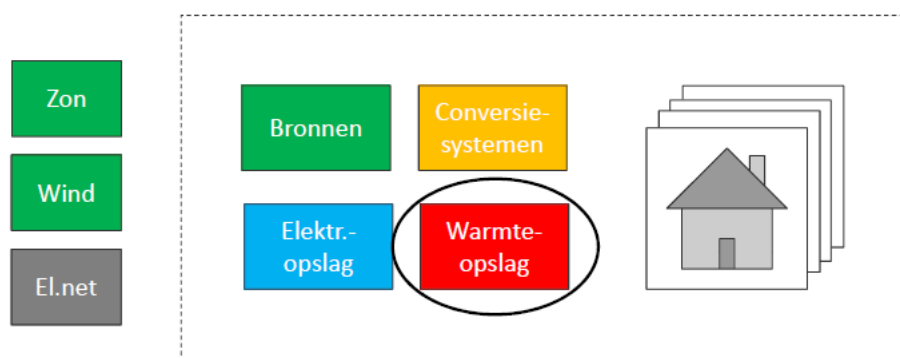
Dit onderzoek is uitgevoerd door de partijen in het deelconsortium gezamenlijk. De resultaten zijn kaderstellend voor vervolgonderzoek en zullen op die wijze worden gebruikt.

Een uitgebreid verslag van het onderzoek is bijgesloten in **Bijlage 1**.

3.4.2 Resultaat 2

Resultaat 2 is het ontwikkelen en toepassen van een systeemmodel dat o.a. de rol van warmteopslag binnen het energiesysteem in beeld brengt.

Op basis van de gegeven zon- en windprofielen, de elektriciteits- en warmtevraag (alle op uurniveau) en gegevens over kosten en emissies per onderdeel van het energiesysteem, voert het model een berekening uit. De uitkomst van die berekening is de capaciteit van de benodigde bronnen, conversiesystemen en opslag (zowel elektriciteit als warmte) waarbij ieder uur van de beschouwde periode (bijvoorbeeld een jaar) aan de elektriciteits- en warmtevraag wordt voldaan en de totale jaarlijkse kosten het laagst zijn. Figuur 1 geeft een schematische voorstelling van het model.



Figuur 1: Schematische voorstelling van het model dat door de Hanze is ontwikkeld.

In Tabel 2 zijn een aantal voorbeeld simulatieresultaten gegeven. Een uitgebreid rapport van deze simulatie is opgenomen in Bijlage 2.

Scenario's	Alleen tapwater	Tapwater plus ruimteverwarming
Warmtebuffer met water	Minimale systeemkosten: €2798 per jaar Zonnepanelen: 35 m ² Windturbines: 0,15 Zonnecollectoren: 0 m ² Accu: 21.209 kWh Warmteopslagcapaciteit: 44 kWh Warmteopslagvolume: 1,53 m ³ Jaarlijkse CO ₂ emissies: 833 kg CO ₂ eq	Minimale systeemkosten: €4665 per jaar Zonnepanelen: 60 m ² Windturbines: 0,4 Zonnecollectoren: 0 m ² Accu: 14.242 kWh Warmteopslagcapaciteit: 460 kWh Warmteopslagvolume; 15,8 m ³ Jaarlijkse CO ₂ emissies: 1362 kg CO ₂ eq
Warmtebuffer met staal	Minimale systeemkosten: €2420 per jaar Zonnepanelen: 40 m ²	Minimale systeemkosten: €4127 per jaar Zonnepanelen: 30 m ²

	Windturbines: 0,15 Zonnecollectoren: 0 m ² Accu: 19.879 kWh Warmteopslagcapaciteit: 36 kWh Warmteopslagvolume: 0,04 m ³ Jaarlijkse CO ₂ emissies: 913 kg CO ₂ eq	Windturbines: 0,475 Zonnecollectoren: 0 m ² Accu: 17.388 kWh Warmteopslagcapaciteit: 973 kWh Warmteopslagvolume: 1,14 m ³ Jaarlijkse CO ₂ emissies: 1778 kg CO ₂ eq
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabel 2: Voorbeeld simulatieresultaat. Windturbines zijn uitgedrukt als fractie van een windturbine met een vermogen van 15 kW

Dit onderzoek is uitgevoerd door Hanze met input van de partners. Een uitgebreid rapport van deze simulatie is opgenomen in Bijlage 2. De resultaten zijn kaderstellend voor vervolgonderzoek en zullen op die wijze worden gebruikt.

3.4.3 Resultaat 3

Resultaat 3 is een prototype van een warmteopslag geschikt om toegepast te worden als ondergrondse warmtebuffer bij een woning.

Eerst is een prototype warmteopslag gerealiseerd met afmeting "tafelmodel". Hieronder is een foto opgenomen van de presentatie van dit werkende model inclusief softwareregeling.



Figuur 2: Prototype ondergrondse warmtebuffer

Op basis van deze resultaten en onderzoek naar mogelijke integratie van decentrale voelbare warmteopslag in een relevante testomgeving is op The Green Village (binnen een vervolg DEI project) invulling gegeven aan de verdere uitwerking van een opschalingsstrategie waarbij in het bijzonder t.a.v. hydrauliek en de isolatieschil met industriële partners is gewerkt aan ontwerp en daarop gebaseerde prijsvorming. Daarbij is de combinatie met zonthermisch, zon-PV en een

water/water luchtwarmtepomp geplaatst waarmee verschillende vormen van energie-opwek en de interactie met de energiemarkt in relatie tot een thermisch buffer worden gevalideerd. Daar wordt momenteel door TNO en Summerheat hard aan gewerkt in een vervolgproject, dat binnen de DEI regeling wordt uitgevoerd.

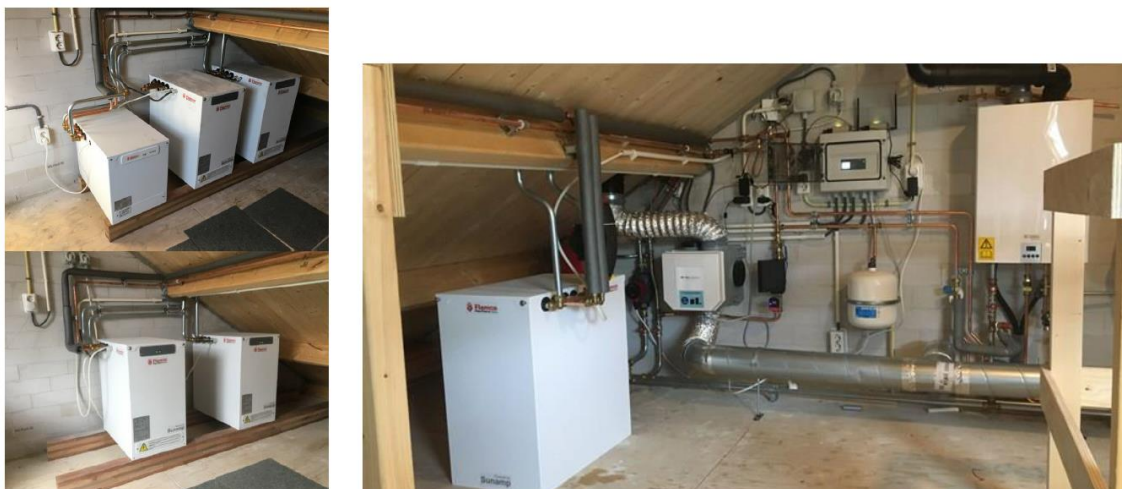


Figuur 3: Ondergrondse warmtebuffer bij de aanleg

Deze ontwikkeling is gerealiseerd door partner Summerheat. Deze opslagtechniek is met name geschikt voor woningen met voldoende ruimte om deze ondergrondse opslag te realiseren.

3.4.4 Resultaat 4

Resultaat 4 is de installatie door Flamco van een nieuw type warmtebuffer in een woning in Green Village. Flamco is gestart met het uitvoeren van testen. Na afloop van dit project zullen verdere testen worden uitgevoerd. Figuur 4 toont een aantal uitvoeringsvormen van de warmteopslag.



Figuur 4: Warmteopslag geïnstalleerd op de zolderverdieping van een woning in Green Village.

Ten behoeve van het Dreamhûs project in the Green Village, is een concept ontwikkeld, opgebouwd uit 3 gemodificeerde PCM-buffers voor thermische warmteopslag, voor ruimteverwarming in warm tapwater.

Met een speciaal hiertoe ontwikkeld besturingsplatform wordt de in totaal 21KWth in serie gekoppelde opslagcapaciteit flexibel afgestemd op typische gebruiksprofielen. Onderzocht is, hoe een slim laadprotocol ervoor kan zorgen, dat de elektrische installatie minimaal wordt belast (~2,7KW), zodat er geen bijzondere aanpassingen nodig zijn aan een elektrische installatie.

Een presentatie met achtergronden en eerste meetresultaten is opgenomen in Bijlage 3.

3.4.5 Resultaat 5

Resultaat 5 is een laboratoriumprototype of een innovatieve hoge-dichtheid voelbare warmteopslag. In Figuur 5 is een foto van de laboratoriumopstelling gegeven. In Figuur 6 is te zien dat bij een vergelijkbaar warmteverlies een ca. 3 maal hogere energiedichtheid is bereikt. Een uitgebreid meetrapport is opgenomen in Bijlage 4. Dit werk is uitgevoerd door partner TNO.

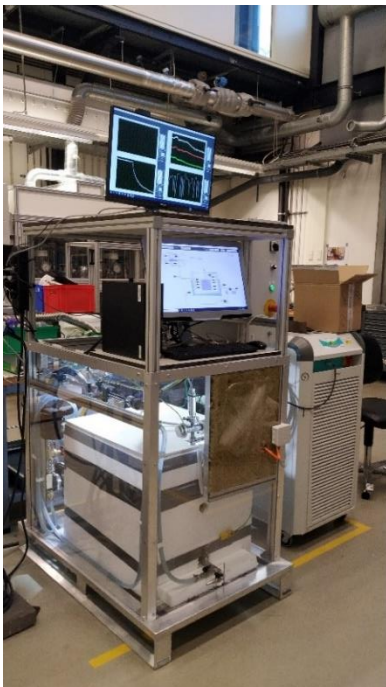


Figure 5: The Energy Vacuum Apparatus (EVA) setup

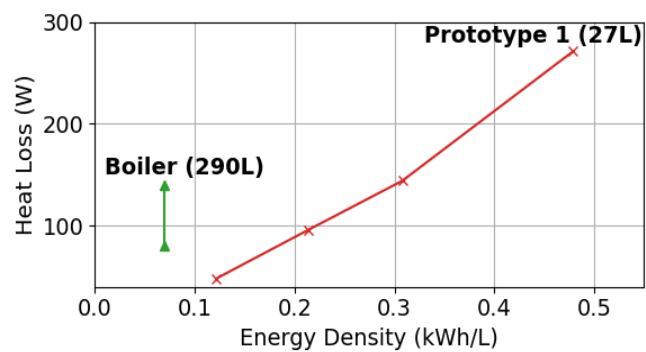


Figure 6: Warmteverlies als functie van de energieopslagdichtheid van het nieuwe prototype, vergeleken met een warmwaterboiler.

3.4.6 Resultaat 6

Carya heeft voor het prototype warmteopslag (resultaat 5) de applicatie gemaakt. In deze applicatie zijn de volgende standaardonderdelen geïmplementeerd:

- Graphical User Interface
- Data acquisitie en control (inlezen en uitsturen);
- Regellussen (4x)
- Data-opslag en visualisatie;
- Bewaking (alarmering);

De besturingskast is ontworpen (elektrische tekeningen) en gebouwd. De kast is aangesloten op de opstelling.

3.4.7 Alle resultaten

In de transitie naar een duurzame energiehuishouding is buffering van energie essentieel. Duurzame opwek laat zich niet altijd plannen en heeft een sterk seizoensgebonden karakter. Tot op heden is dat meestal geen probleem omdat het aandeel duurzame energie in de Nederlandse mix nog relatief klein is en pieken in de duurzame opwek altijd het net op kunnen, al worden de netbeheerders ook nu al wel voor grote uitdagingen gesteld. Maar naarmate het opgestelde vermogen groeit begint het energienet overbelast te raken. Voor vele locaties in Nederland wordt voorlopig al geen transportindicatie meer afgegeven. En ook aan de vraagzijde nemen de pieken op het elektriciteitsnet toe. De ontwikkeling van warmteopslag ondersteunt daarom de doelstelling van MMIP-4: “MMIP 4 richt zich op de ontwikkeling van individuele warmteopslagsystemen (...) in combinatie met duurzame bronnen en grootschalige opslag van warmte.” De ontwikkelde technologieën kunnen grote impact hebben op de verduurzaming van de warmtebehoefte van vrijwel elk bouwtype.

Met dit onderzoeksproject wordt door alle partners een kleine stap gezet richting de grootschalige implementatie van decentrale warmteopslag voor de gebouwde omgeving, die zal worden gevolgd door meerdere onderzoeks-, ontwikkel- en demonstratieactiviteiten om te komen tot een succesvolle uitrol in de markt.

4 Conclusies leerpunten en aanbevelingen

4.1 Conclusies, leerpunten en aanbevelingen

Binnen dit deelproject is gewerkt aan kennis- en technologieontwikkeling voor warmteopslag voor de gebouwde omgeving. Dit is gedaan door marktanalyse, modelvorming, laboratoriumwerk en praktijkexperimenten. Binnen de beschikbare tijd en budget is hierin een kleine stap gezet. De algemene conclusie is dat warmteopslag een belangrijke enabler is voor de energietransitie, dat er nog volop ontwikkel-ideeën zijn, en dat voor het daadwerkelijk realiseren van de potentie van warmteopslag een structurele lange-termijn visie en – ondersteuning nodig is.