

OPENBARE RAPPORTAGE

IEBB- INTEGRALE ENERGIETRANSITIE BESTAANDE BOUW

Eindrapport deelproject 9.2

Studenten challenge voelbare warmteopslag

Referentie: TEUE919003

Subsidieregeling: Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma

Datum: 22-7-2021

Aantal pagina's: 11 (inclusief bijlagen)

Auteurs: Simon Hageman, Erik Goselink, Rob ter Steeg, Wilko Planje
Richard van Leeuwen



Samenvatting

Introductie

Afgelopen jaar hebben studententeams van de HAN, HU en Saxion oplossingen bedacht voor vormvrije warmteopslag in woningen. Warmteopslag in woningen is nodig om de onbalans in warmtevraag en duurzaam warmteaanbod te compenseren. Wateropslag als warmtebuffer gebeurt doorgaans in cilindervormige opslagtanks. Dit is een zeer inefficiënt gebruik van de beschikbare ruimte en bovendien is het complex om opslagtanks in een bestaande woning te plaatsen. De uitdaging voor de studenten was dan ook: Hoe maak je op een efficiënte manier gebruik van de beschikbare ruimte in bestaande rijtjeshuizen voor het opslaan van grote hoeveelheden tapwater (250-400L water)?

Doelstelling

De doelstelling was het genereren van nieuwe innovatieve ideeën voor warmwater opslag in woningen waarbij zo min mogelijk ruimte en woongenot verloren gaat. Door de challenge met studenten op te pakken snijdt het mes aan twee kanten. Enerzijds draagt dit bij aan het enthousiasmeren van studenten om zich voor de energietransitie in te zetten (ontwikkeling *Human Capital*). Anderzijds krijgt het bedrijfsleven verbonden aan warmteopslag nieuwe en creatieve input voor een systeem om de energietransitie m.b.v. warmtebuffers te versnellen.

Resultaten

De studenten challenge voelbare warmteopslag heeft drie nieuwe concepten voor warmteopslag in woningen opgeleverd: De HAN heeft een systeem ontwikkeld waarbij meerdere warmteopslagvaten zijn toegepast binnen een woning. De HU inzending was gebaseerd op warmteopslag in een vat in de nok van een woning. De Saxion inzending maakte gebruik van bestaande ruimte oude warmtesystemen in woningen voor de plaats van de nieuwe warmteopslag. Van alle drie de inzendingen zijn rapportages en video's gemaakt voor de beoordeling van de jury. De jury heeft de drie inzendingen beoordeeld aan de hand van een programma van eisen. Elk aangedragen inzending heeft een specifieke concept-oplossing dat met doorontwikkeling de warmteopslag met buffervaten in de praktijk kan verbeteren.

Bijdrage MMIP-doelstellingen

Verbeteren van de warmteopslag in woningen. Hierbij blijft het wooncomfort behouden: geen leefruimte wordt ingeleverd. De overgang naar duurzame warmtesystemen met buffervaten wordt hierdoor laagdrempelig, dit resulteert in tempoverhoging naar aardgasvrij. Door gebruik te maken van bestaande warmte-infrastructuur kan een extra kostenverlaging worden behaald.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1 Programma IEBB	4
1.1 Inbedding in programma IEBB	4
1.2 Belang deelproject	4
1.2.1 Bijdrage aan de MMIP 3 en MMIP 4 doelen	4
1.2.2 Opbrengsten deelproject	4
1.3 Leeswijzer	5
2 Project gegevens	6
3 Inhoudelijk eindrapport	7
3.1 Inleiding	7
3.2 Doelstelling	7
3.3 Werkwijze	7
3.4 Resultaten	9
3.4.1 Resultaat Saxion	9
3.4.2 Resultaat HAN	9
3.4.3 Resultaat HU	9
3.4.4 Resultaat challenge algemeen	10
4 Conclusies leerpunten en aanbevelingen	11
4.1 Conclusies	11
4.2 Leerpunten	11
4.3 Aanbevelingen	11

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". MMIP 4.3 blok "Slimme en compacte warmtebatterij".

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

Tempoverhoging naar aardgasvrij door innovatief design van warmtebuffers d.m.v. een *studenten challenge*. Enerzijds draagt dit bij aan het enthousiasmeren van studenten om zich voor de energietransitie in te zetten. Anderzijds krijgt het bedrijfsleven op deze manier input die de innovatie voor warmtebuffersystemen kan versnellen.

Een kostenverlaging vóór 2030. Door – in het geval van vormvrije wateropslag – het ruimtegebruik van duurzame installaties te beperken worden ook de kosten beperkt (materiaal besparing en vereenvoudigde installatie).

1.2.2 Opbrengsten deelproject

- Drie oplossingen zijn aangedragen: De HAN heeft een systeem ontwikkeld waarbij meerdere warmte-opslagvaten zijn toegepast binnen een woning. De HU-inzending was gebaseerd op warmteopslag in een vat in o.a. de nok van een woning. De Saxion inzending maakte gebruik van bestaande ruimte (al in gebruik door een warmtesysteem) in woningen voor de plaats van de nieuwe warmtebuffer.
- De 3 oplossingen voor vorm vrije warmteopslag kunnen in diverse wijken en woningen worden toegepast. Woningen met puntdaken, woningen met diverse kleine loze ruimte bij warmtapwaterpunten, én woningen met ruimte ingenomen door bestaande warmtesystemen.

- De 3 concept systemen zijn een goed startpunt om een verdiepende slag te maken voor de verbetering van de warmteopslagsystemen, naar aanleiding van het binnen dit project ontwikkelde PVE.
- Door gebruik te maken van bestaande infrastructuur in bestaande woningen, kan de renovatietijd worden verkort.
- De opbrengst **Human Capital**: Buiten de projectgroep zijn ca 20 docenten betrokken geweest; direct betrokken studenten ca 45, indirect betrokken studenten via bijvoorbeeld presentaties > 100, een presentaties op de DAS-conferentie en diverse media-aandacht zoals YouTube en LinkedIn. Diverse bedrijven zijn gekoppeld aan deze challenge; waaronder de jurybedrijven.

1.3 Leeswijzer

Deze rapportage beschrijft kort de MMIP 9.2 studenten challenge vormvrije warmteopslag. Vanwege de bescherming op persoonsgegevens was het niet mogelijk de studentenverslagen mee te sturen met deze eindrapportage. Bij interesse naar de studentenverslagen kan altijd contact worden opgenomen met de desbetreffende hogeschool.

Deze rapportage beschrijft kort het plan van aanpak van de challenge (3.1 tot en met 3.3). Vervolgens een samenvatting van de behaalde resultaten (laatste deel hoofdstuk 3). De conclusies zijn gegeven in hoofdstuk 4.

2 Project gegevens

- Projectnummer: TEUE919003
- Titel deelproject: Student Challenge voelbare warmteopslag
- Penvoerder en medeaanvragers:

Saxion Hogescholen (Penvoerder)
Postbus 70000, 7500 KB Enschede
Richard van Leeuwen
r.p.vanvanleeuwen@saxion.nl

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
Ruitenberglaan 21
6826 cc Arnhem
Leon Bunthof
Leon.Bunthof@HAN.nl

Hogeschool Utrecht
Bolognalaan 101,
3584 CJ Utrecht
Wilko Planje
Wilko.planje@hu.nl

- Uitvoeringsperiode: 1-1-2020 tot en met 30-6-2021

3 Inhoudelijk eindrapport

3.1 Inleiding

Wateropslag als warmtebuffer gebeurt doorgaans in cilindervormige tanks. In veel gevallen, zeker wanneer de opslagtank later ingepast is in een bestaande woning, is dit een zeer inefficiënt gebruik van de beschikbare ruimte. Om in bestaande woningen de warmtebuffer effectief te integreren is veel denkkraft en creativiteit nodig. Daarom werd deze studentenchallenge opgezet, waarin multidisciplinaire teams van studenten uitgedaagd worden om oplossingen te ontwikkelen voor warmteopslag en minimaal kostbaar ruimtegebruik.

3.2 Doelstelling

De doelstelling is tweeledig: (1) Oplossing ontwikkelen voor warmteopslag met minimaal ruimtegebruik; (2) disseminatie van warmteopslag via onderwijs, hierdoor wordt een breder publiek bewust van de problematiek binnen de energietransitie: warmteopslagcapaciteit t.o.v. installatie mogelijkheden en woonruimtegebruik.

3.3 Werkwijze

De hogescholen Saxion, HU, en HAN organiseren een studentenchallenge, waarbij per hogeschool 8 of meer studenten worden betrokken. Per deelnemende hogeschool wordt de studenten-challenge ingepast in het bestaande curriculum.

De challenge wordt in het bestaande curriculum ingepast, zodat studenten ook studiepunten krijgen voor hun werk en er geen frictie ontstaat tussen dit project en het reguliere onderwijs. Bij voorkeur worden hier multidisciplinaire teams op ingezet. Het onderwerp van de challenge is 'vormvrije wateropslag voor een warmtebuffer'. Het pakket van eisen voor een specifieke challenge wordt met de betrokken bedrijven opgesteld. Het is de bedoeling dat elke hogeschool tenminste één bedrijf binnen haar eigen regio betreft en dit wordt t.z.t. nader ingevuld.

In het eerste halfjaar is een conceptprogramma van eisen vastgesteld en hebben diverse studenten al een input aan een ontwerp gegeven. De challenge is startklaar voor september 2020 en is hogeschool-overstijgend met HAN, HU en Saxion. De inzendingen van de hogescholen worden door een vakspecialistisch panel van bedrijven en hbo beoordeeld in 2021. Met een vernieuwende vormvrije warmteopslag is het mogelijk bij te dragen aan de MMIP 3 en 4 doelen. De focus ligt op warmwater in bestaande bouw.

Saxion

De challenge wordt ingebracht als onderdeel van de International Project Week. In deze week, gewoonlijk begin februari, werken 4 groepen van circa 5 studenten van verschillende opleidingen en in verschillende jaren van hun studie gezamenlijk een week lang aan een echte en actuele probleemstelling. Dit past uitstekend bij de challenge. De uitkomsten van zo'n week kunnen vervolgens mogelijk binnen het Smart Solution Semester worden uitgewerkt door een andere groep studenten. Het Saxion Smart Solution Semester (3S) werkt ook met multidisciplinaire

studentengroepen: dit zijn groepen van circa 5 studenten in hun derde studiejaar, die hier een semester fulltime mee aan de slag gaan.

<https://www.saxion.nl/over-saxion/organisatie/academies/life-science-engineering-and-designed/projectweek>

<https://www.saxion.nl/bedrijven/samenwerken-met-saxion/smart-solutions>

Hogeschool Utrecht (HU)

Vanuit de HU zijn er per half jaar Quest opdrachten in het 3de jaar voor multidisciplinaire teams binnen de instituten Engineering&Design en Bouwkunde, zie ook www.quest.hu.nl. De teams bestaan uit 4-7 personen, bestaande uit twee of meer disciplines van werktuigbouwers, elektrotechnici, bedrijfskundigen, bouwkundigen die met een 10EC intensiteit per semester werken aan een project, normaal gesproken voor een opdrachtgever. Dat betekent 1/3 van de studietijd. Voor een jaarlijkse challenge kunnen we per half jaar 1 tot 2 teams van 6 personen activeren om mee te doen. Startmomenten zijn voor Quest A in september en voor Quest B eind januari/begin februari. Het zou daarom goed zijn de uitkomsten van de "challenge" in te plannen op in ieder geval het einde van een semester. Een team kan dan per september starten met Quest A (1e semester) omtrent oriëntatie/analyse/eerste ontwerpen, waarna vervolgens in Quest B (2e semester) dit team (of een gewijzigd team) verder kan met detaillering/ virtuele realisatie. Daarmee zijn teams gedurende het 3de jaar betrokken voor 10EC + 10EC = 20 EC met ongeveer 6 personen/team. Eventueel kunnen hier twee teams van gemaakt worden. De wateropslag is ook te koppelen aan verschillende 3^{de}-jaarscursussen op gebied van industriële infrastructuur, duurzame energiesystemen e.d. als ondersteuning in de challenge. Kleine 1 à 2 EC onderdelen zijn daarbij eventueel te verbinden aan de Quest. Vooral de multidisciplinaire context van Quest geeft een brede scope van de uitdaging en mogelijke innovaties en daarmee een toegevoegde waarde voor het domein.

Hogeschool Arnhem en Nijmegen (HAN)

HAN Engineering is een vooruitstrevend instituut waarbij samenwerking tussen bedrijven, onderwijs en het praktijkgerichte onderzoek centraal staat. De visie is dat goed onderwijs niet zonder het werkveld kan bestaan en dat een onderzoekende houding een basiseigenschap is van iedere engineer. Daarom wordt in het onderwijs samenwerking, en eigen initiatief in maatschappelijk relevante vraagstukken, actief bevorderd. Studenten worden opgeleid in de vakgebieden elektrotechniek, werktuigbouwkunde, industrieel product ontwerpen en technische bedrijfskunde. Een belangrijk onderdeel in het curriculum van de opleidingen zijn projecten. Studenten werken vanuit hun eigen discipline in multidisciplinaire teams samen met studenten uit andere opleidingen [1]. De projecten vinden plaats in semesters 3, 4 en 6 van de opleiding en hebben een doorlooptijd van 20 weken met gemiddeld 20 uur per week inzet van de studenten. Een projectgroep bestaat typisch uit 3 tot 6 studenten uit verschillende opleidingen. Dit is een vruchtbare voedingsbodem voor innovativiteit, blijkt onder andere uit de Cleantech Battle van dit jaar, waar HAN engineering studenten zowel de 1e als de 2e prijs in de wacht hebben gesleept [2]. Het karakter van de studenten challenge vrije vorm water opslag past bij uitstek bij deze onderwijsvorm. Zodoende kan de HAN de challenge laagdrempelig opnemen in haar bestaande curriculum en breed uitzetten. De prognose is dat er per jaar ten minste drie studentengroepen één semester lang aan dit vraagstuk zullen gaan werken. <https://www.youtube.com/watch?v=IZQkNmSkcv8&feature=youtu.be>

[https://www.han.nl/gebied/techniek/nieuws/nieuws/lucas-de-groot-cleantechb/MMIP- Integrale Energietransitie Bestaande Bouw 3](https://www.han.nl/gebied/techniek/nieuws/nieuws/lucas-de-groot-cleantechb/MMIP-IntegraleEnergietransitieBestaandeBouw3)

3.4 Resultaten

De resultaten zijn per hogeschool weergegeven. Vervolgens in de laatste paragraaf is de finale van de challenge weergegeven en de disseminatie activiteiten.

3.4.1 Resultaat Saxion

De huidige buffervaten zijn ontworpen om warmte op te slaan zodat huishoudens deze warmte kunnen gebruiken voor een later moment. Deze uitgangspositie is een belangrijk punt: doordat de primaire focus ligt op warmwateropslag ontstaan de volgende problemen: veel ruimtegebruik en esthetisch moeilijke oplossing voor duurzame warmtevoorziening. Deze Saxion studenteninzending is erop gericht om op een innovatieve en persoonlijke manier warmte op te slaan. Daarbij staat centraal het minimaliseren of optimaliseren van de thermische energieopslag dat past binnen de bestaande woonruimte en bovendien makkelijk kan worden geïnstalleerd in bestaande woningen. Daarbij komt dat het warmtebuffersysteem geen belangrijke negatieve invloed heeft op het wooncomfort. De resultaten uit de studentenrapportage zijn (Roetert et al., 2021) om bestaande verwarmingssystemen zoals kachel, open haard en bestaande radiator te gebruiken als warmwateropslag.

Door het gebruik te maken van bestaande infrastructuur en ruimte voor warmwateropslag kan op de volgende manier bijgedragen worden aan de MMIP 3 en 4 doelstellingen: Het realiseert warmteopslag als een van de vierhoofdconcepten binnen de MMIP 4. De opslagsystemen maken gebruik van bestaande woningsituaties en heeft daarbij een efficiënte installatie, ruimtegebruik en gebruikersgemak (denk aan bestaande doorvoeren tussen de verschillende woonruimten, deze doorvoer is immers al aanwezig en dat zorgt voor tempoverhoging). Het design (bijvoorbeeld radiator als warmtebuffer), resulteert in het feit dat er niets in de woning verandert en dat daardoor het gehele proces wordt versneld.

3.4.2 Resultaat HAN

De huidige buffervaten zijn ontworpen om water op één punt in een huishouden warmwater op te slaan. Een groot buffervat van enkele honderden liters. Deze inzending zorgt voor diverse opslagvaten in de buurt van het warmwatertappunt. Hierdoor zijn de leidingverliezen kleiner. Ook gaat er minder beschikbare woonruimte verloren.

Door het gebruik te maken van kleine buffervaten kan op de volgende manier bijgedragen worden aan de MMIP 3 en MMIP 4 doelstellingen. Kleinere vaten zijn relatief makkelijk te installeren in de huidige woningen.

3.4.3 Resultaat HU

De huidige buffervaten zijn vaak in een standaard vorm (staande cilinder) ontworpen. De studenten van de HU onderzochten de vormgeving, behuizing de laad- en ontlaadmethode inclusief de inpasbaarheid in een woning. Hierbij is gekeken naar o.a. een 'opslag'-muur, een honingraatstructuur en een (gekantelde) mini-cilinder-vat qua toepasbaarheid voor vormvrije opslag. De resultaten toonden aan dat een set van mini-vaten onder alternatieve hoeken mogelijkheden gaven als alternatief voor de standaard verticale volumineuze buffers. Dit concept is gepresenteerd aan de jury. Vanaf maart 2021 is er gewerkt op de HU aan de ontwikkeling van een

kantelbaar buffervat met diverse thermokoppels en energiemeters waarmee zowel de energetische inhoud als de mate van stratificatie getest kan gaan worden wanneer een cilindrische waterbuffer onder een hoek of zelfs horizontaal geplaatst gaat worden (zie foto hieronder).

Door gebruik te maken van diverse vormen van buffervaten kan op de volgende manier bijgedragen worden aan de MMIP 3 en 4 doelstellingen. Door het aanpassen van de warmwaterbuffervorm of hoek kan een de thermische opslaggeplaatst worden in ruimten en bouwdelen waar deze normaal niet geplaatst kan worden: zoals onder een schuin dak of in de hoeken van een zolder-. Hierdoor zijn er meer buffervat plaatsingsmogelijkheden en gaat er geen of nauwelijks beschikbare woonruimte verloren.

3.4.4 Resultaat challenge algemeen

Vanuit de hogescholen (Saxion, HAN en HU) is het de wens om met bedrijfspartners de ideeën verder te ontwikkelen en een verkenning te ondernemen naar product. Tevens kan met de opgedane kennis omtrent het organiseren van een challenge nog een nieuwe onderzoeksvraag ingezet worden om de energietransitie te versnellen met een nieuwe challenge.

4 Conclusies leerpunten en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Voor het opslaan van warmtapwater wordt vaak een buffervat gebruikt en in een woning geplaatst. Dit buffervat is niet ontworpen op de beschikbare ruimte in de woningen. Hier is de kracht van de challenge, door deze volgorde om te draaien: Waar heb ik ruimte, kan ik daar warmtapwater opslaan en hoe zou dan mijn buffer eruitzien? Dit heeft effect op de vorm, grootte en plaats van het buffervat.

De drie hogescholen beantwoorden met verschillende ideeën deze vraag: Opslaan bij het warmtapwaterpunt, opslaan in de hoeken van het dak (nok), en opslaan in bestaande ruimte die gebruikt worden voor verwarming. Volgens de jury zijn de ideeën erg goed en bij een kans voor succes en daadwerkelijk toepassing van de ideeën moeten deze drie ideeën worden gebundeld. Tijdens de challenge kwam naar voren dat zowel studenten op gebied van gebruiksvriendelijke producten, industrieel ontwerp en werktuigbouwkundige technieken elkaar goed aanvullen.

4.2 Leerpunten

- Binnen dit project is een breder publiek bereikt en opvallend is dat de problematiek van woningverwarming (warmwateropslag) deels onbekend is. Kort door de bocht wordt gedacht warmtevraag *even* elektrisch op te lossen; daarbij wordt voorbijgegaan aan de onbalans van energie aanbod en vraag en daarom ook de noodzaak voor warmteopslag.
- De verschillende hogescholen hebben bepaalde semesters (tijden) en nog meer verschillen in onderwijsvormen. Deze onderwijsvormen kan met tijden, semesters en aantal studenten, jaargang opgenomen worden in een tabel om meer gelijkenis te krijgen binnen het competitie-element van de challenge. Bij een nieuw projectplan kan dit al worden vastgelegd en ook synchroniseren met de looptijd in het werkplan.
- Het PVE met een externe jury werkt erg goed. De hogescholen hebben dan geen invloed op de uitslag en de praktische en theoretische deskundigheid is dan ook gewaarborgd.

4.3 Aanbevelingen

1. Een challenge genereert veel nieuwe ideeën en perspectieven. Hier is de vraagstelling voor warmtapwater voorziening omgedraaid en uitgegaan van bestaande ruimte in woningen i.p.v. van warmtapwatervat. Hierbij de aanbeveling om ook andere vraagstukken binnen de energietransitie als challenge in te richten. Hierbij volgt direct een stuk disseminatie van het te onderzoeken onderwerp en worden studenten direct betrokken via de opleiding (Human Capital)
2. Creëer een multidisciplinaire benadering van het probleem, waarbij de juryleden ook uit de diverse geledingen komen zoals de fabrikant, financier, installateur, vertegenwoordiger namens de eindgebruikers
3. Opschalen van de wedstrijd over alle HBOs creëert meer volume en denkkraft. De betrokken docenten/ onderzoekers zijn ervan overtuigd geraakt dat bij een verdere verbreding van de wedstrijd en het optimaliseren van de wedstrijd-criteria in combinatie met een multidisciplinaire jury vernieuwende zienswijzen kunnen opleveren. De aanbeveling is dan ook om deze vormen van challenged based learning verder uit te gaan werken voor het uitdagen van de jonge generatie ontwerpers.