

OPENBAAR EINDRAPPORT

1. Gegevens project

Projectnummer: DEI720004
Projecttitel: Prefab thermobuffer met hybride opwekking: gasloos en netontlastend
Penvoerder: Summerheat Group B.V. (handelsnaam Borg Energy Storage)
Medeaanvragers: TNO; Bouwgroep Dijkstra Draisma B.V.
Projectperiode: 15 april 2020 tot en met 31 maart 2022



(dag van plaatsing)



(onzichtbaar onder het terras)

Samenvatting

Binnen dit DEI project is invulling gegeven aan een ondergronds thermisch buffer. Underground Thermal Energy Storage (UTES) (jargon voor dit onderwerp) is een kans om energieopslag goedkoop en in flinke hoeveelheden achter de voordeur van iedere woning te brengen. Energieopslag, in welk vorm dan ook is een groot thema waar vol op moet worden ingezet. Wij geloven dat binnen de woningbouw warmtebuffering de voor de hand liggende route is. Het idee is simpel en robuust uitvoerbaar wanneer er wordt ingezet op industrialisatie bij productie, assemblage en plaatsing. Alvorens daarmee aan de slag te kunnen is dit DEI+ project erop gericht geweest ervaring op te doen met deze aspecten en daarnaast de werking van het systeem aan te tonen en de daaraan te grondslag liggende patenten. Dit is met goed resultaat gelukt op basis waarvan de doorontwikkeling naar een marktgeraad concept wordt ingezet dat in de loop van 2023 beschikbaar moet komen. Er zijn op basis van dit project belangrijke conclusies getrokken. De belangrijkste zijn:

- De patenten functioneren. Het systeem is zelfdragend en de isolatiewaarde blijft gehandhaafd door het toegepaste ventilatieprincipe.
- Aansturing is cruciaal voor het verdienmodel van het buffer. Deze software is niet vrij beschikbaar of te koop en wordt daarom in huis ontwikkeld. De aansturingalgoritmen zijn daarnaast ook te specifiek waardoor softwarepartijen die hier misschien mee aan het werk zijn niet optimaal samen zouden werken met dit specifieke buffer.
- Fundering van onderaf is niet optimaal, we gaan van bovenaf funderen wat plaatsing vereenvoudigt.
- Warmtewisselaars in het vat zijn kostbaar en onhandig vanwege de omvang. We gaan daarom warmte uitwisselen buiten het vat (met aandacht voor cavitatie en het gegeven dat we drukloos zijn).
- Het assemblageproces heeft veel inzichten gegeven die in vervolgprojecten gaan leiden tot aanzienlijke efficiëntieverbetering.

Inleiding

Summerheat Group (handelsnaam Borg Energy Storage) heeft zich ten doel gesteld om warmtebuffering een standaard component in het bouwen en renoveren van woningen te laten zijn. Buffering van energie is een essentieel onderdeel in de transitie naar een duurzame energiehuishouding. Dat kan op verschillende manieren, maar voor gebouwverwarming zien wij vooral veel kansen in het bufferen van warmte. Met name omdat het bufferen van warmte uiteindelijk een goedkope oplossing kan zijn waarbij aanzienlijke energievolumes kunnen worden opgeslagen. Flinkke energievolumes betekent in het geval warmte dat wordt opgeslagen in water ook letterlijk een groot volume. Daarom kiezen wij voor het ondergronds inbrengen van het buffer, in het geval het ons project onder het terras dat zich achter de woning op The Green Village in Delft bevindt.

Het DEI+-project is in samenwerking met Bouwgroep Dijkstra Draisma en TNO tot stand gebracht met ondersteuning vanuit het Dreamhus initatief van Woonfriesland en The Green Village. Het was een logische vervolgstap op het schaalmodel dat we eerder hadden gerealiseerd om binnen dit DEI+-project een full scale exemplaar te realiseren. Waarbij het doel was om tot een goed ontwerp te komen dat uiteindelijk massaproduceerbaar gaat zijn en tevens ervaring op te doen bij de assemblage van een dergelijk systeem en de plaatsing daarvan. Daarnaast was het toetsen van de gepatenteerde technologie t.a.v. het handhaven van de isolatiewaarde van het buffer door ventilering een belangrijk doel.

Doelstelling

Doelstelling is het ontwerpen, ontwikkelen en testen van een ondergronds buffer (SummerHybrid) dat in samenspel met andere componenten en stakeholders (aannemer, corporatie en bewoners) tot een optimale oplossing wordt ontwikkeld ten behoeve van een typische renovatiesituatie in Nederland. Een standaard jaren 70 rijtjeswoning die al bouwkundig tot label B is gerenoveerd wordt met een hybride systeem all electric verwarmd.

Het ontwerp van het waterbuffer is onvergelijkbaar met bestaande systemen. De prestaties zijn sterk afhankelijk van andere aspecten van het (verwarming) systeem zoals de zonnecollectoren, warmtepomp,

warmtevraag van het huis en regelaar. Het hele systeem is daarmee sterk tijdsafhankelijk met complexe interacties tussen de genoemde systemen. Voor de ontwikkeling dit type warmteopslag is het daarom belangrijk een dynamisch systeemmodel te hebben bestaande uit subcomponenten waarvan het buffer er één is. Hiermee kan het gedrag van het buffer op systeemniveau geanalyseerd en geoptimaliseerd worden en kan een effectieve regelstrategie ontwikkeld worden.

De volgende uitgangspunten van het ontwerp zijn op basis van het DEI+-project gevalideerd:

- A. Voldoet het thermisch model? Verkrijgen van meetdata over warmtetransporten binnen en buiten, isolatie(waarde) en ventilatie lage en hoge temperatuur, reflectie en convectie, lekwarmtes, etc..
- B. Voldoet het thermo-mechanische model? Verkrijgen van meetdata over invloed thermisch cyclen op de zelfdragende isolatieconstructie bij wisseling van de temperaturen, trek- en drukstijfheid, kruip, belastingen tijdens de bouwphase, vochtopnamen door de isolatie, vochtverdeling door de isolatieschaal heen, bijdrage van de ventilatie om dit proces een tegenwicht te bieden.
- C. Voldoet het thermisch jaarmodel woning? Verkrijgen van meetdata over de juiste mix van opwek en opslag, economisch optimum tussen kosten van panelen, isolatiewaarden van de opslag en minimaal vereiste mechanische sterkte, ideale grootte van SummerHybrid voor de meest voorkomende woningen, te verwachten leiding-verliezen, etc..
- D. Voldoet het hybride systeem waarbij de opslag veel vaker beladen en ontladen kan worden?
- E. Welke aanpassingen zijn voor bouwpartners nuttig om het systeem nog makkelijker te kunnen plaatsen?
- F. Wat is de beleving van de bewoners? Past dit in de renovatievormen van woningbouwverenigingen?

Resultaten A) van het project zelf en B) mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten

A+B+C

Validatie thermisch en thermo-mechanisch model

Validatie thermo-mechanische model

Validatie thermische jaarmodel

Om het hele systeem bestaande uit de subcomponenten zoals zonnecollectoren, gebouwen, warmtepompen etc.) te optimaliseren en om verschillende typen regeltechniek te onderzoeken is een systeemmodel bestaande uit verschillende componenten ontwikkeld. Het buffer is een van de subcomponenten waar in dit project het meeste aandacht aan besteed is. Als huismodel is een versimpeld RC-model gebruikt. Het warmtepomp- en zonnecollectormodel zijn gebaseerd op relatief eenvoudige modellen die gefit zijn met behulp van door de fabrikant gepubliceerde data. Als afgiftesysteem is een eerder ontwikkeld radiator-model van TNO gebruikt op basis van laboratoriummetingen. Een regelsysteem is geïmplementeerd op basis van thermostaten met hysteresis en simpele regels (als.....,dan.....). Het model is uitgevoerd in MATLAB/Simulink.

Het buffer submodel is gevalideerd op basis van monitoring data. Er is gebruikt gemaakt van ondergedompelde temperatuursensoren en sensoren aan de oppervlakte van het buffer. Het laden en ontladen van de tank is ook gemeten door debiet en in/uittrede temperatuur van de warmtewisselaar spiralen te bemeten.

Met het gevalideerde buffermodel is het systeemmodel getest. Hiervoor is een referentie weerbestand gebruikt voor het weer in Nederland. De weersomstandigheden hebben effect op het huis, de warmtepomp en de zonnecollectoren. Een regelstrategie is gebruikt voor de aansturing van warmtepomp en verschillende pompen/kleppen.

D. Voldoet het hybride systeem waarbij de opslag veel vaker beladen en ontladen kan worden?

Jaarlijkse warmtevraag

Het buffer kan in beginsel eindelijk cycli draaien. Van degradatie van het systeem is geen sprake. De warmtevraag kan gedurende het jaar geheel vanuit het buffer worden voorzien, hoewel er momenten zijn waarop het buffer niet wordt benut omdat het zinvoller is om rechtstreeks vanuit de warmtepomp te verwarmen en daarmee verliezen die ontstaan via het buffer te vermijden. Hierop is het hydraulische afgiftecircuit ontworpen. Het leeuwendeel van de situaties zal ertoe leiden dat via het buffer wordt gewerkt waarmee ontkoppeling tussen momenten van opwek en momenten van vraag wordt bewerkstelligd.

Optimale capaciteit

De optimale energiebuffercapaciteit die nodig is om maximaal rendement uit het systeem te halen is behoorlijk arbitrair en afhankelijk van de woning en het daarbij behorende transmissieverlies/profiel waaraan het systeem is gekoppeld. Daarnaast is het afhankelijk van de (dynamische) energieprijzen die op dit moment op zichzelf ook nog eens erg volatiel zijn. De conclusie is getrokken dat een buffer met een warmtevolume van ten minste 200 kWh veel mogelijkheden biedt tot ontkoppeling en daarmee verdienpotentieel. Daarnaast is de conclusie getrokken dat voor grote(re) woningen meer capaciteit interessant is. Het ontwerp van het buffer is zodanig dat het verdubbelen van het volume van het buffer niet tot een verdubbeling van kosten leidt. De marginale kosten per kWh buffercapaciteit nemen af, terwijl het besparingspotentieel per kWh in beginsel niet afneemt. Omdat grotere woningen doorgaans ook meer ruimte om het huis hebben is besloten om met 2 varianten te gaan werken, een 200kWh versie en een 400kWh versie. Mede ingegeven door het grote aantal geïnteresseerde particulieren met vrijstaande woningen die zich via de website van Summerheat Group hebben gemeld en de enquête die we onder deze personen hebben uitgestuurd.

Netcongestie

Om een nuttige bijdrage te kunnen leveren aan het voorkomen van netverzwaring is afstemming gezocht met netbeheerders. Zij hebben inzage gegeven in de situaties waarbinnen zij tegen netproblematiek aanlopen. Dat is in de basis alleen in situaties van bestaande wijken. Nieuwe wijken worden voorzien van voldoende zware netten. In bestaande wijken is de maximale gelijktijdige belasting uitgelegd op 1,5kW. Waarbij netbeheerders t.a.v. deze 1,5 kW zowel aan de vraagzijde uitdagingen kennen (in de winter met name) als aan de opwekzijde (in de zomer als gevolg van decentrale opwek door middel van PV-cellen). Voor beide situaties biedt ons buffer een mogelijke oplossing. Aan de opwekkant kan het buffer de pieken opnemen en deze (via de warmtepomp (met cop) of via het elektrische element (cop 1:1)) omzetten in warmte. Dit vooropgesteld dat het buffer nog niet helemaal vol is. Dat niet helemaal voldraaien van het buffer komt tegen een prijs, de afweging die daar gemaakt moet worden is afhankelijk van de maatschappelijke kosten die worden bespaard door het beschikbaar houden van buffercapaciteit versus het (mogelijk) niet optimaal financieel kunnen benutten van het buffer op een eerder moment.

Aan de vraagzijde vervult het buffer natuurlijk ook een afvlakkende functie. In relatie tot netcongestie is het hier de vraag of er situaties zijn waarbinnen een wijk (laagspanningsstation) in zijn geheel onder de 1,5kW kan worden gehouden. Dat hangt uiteindelijk af van de COP die onder extreme omstandigheden kan worden gerealiseerd en het langdurige (maximale) verbruik bij extreem weer inclusief een maximaal gevuld buffer aan die periode voorafgaand. Dat verschilt per wijk. Wat in ieder geval vaststaat is dat onze buffers het moment van eventuele verzwaring binnen een wijk kunnen vertragen door parallel aan de adoptie van elektrische voertuigen en het gasloos maken van woningen (elektriciteitspiek verhogend) daar buffering (elektriciteitspiek verlagend) tegenover te zetten.

Bouwnormering

Er is geen minimale EPC-waarde of BENG waarde benodigd om een SummerHybrid te kunnen inzetten. Belangrijk is met name dat de warmteafgifte temperatuur van het verwarmingscircuit zo laag mogelijk is. Hoe lager deze temperatuur, hoe hoger de opslagcapaciteit van het buffer. De maximale temperatuur van het buffer is 80 graden, bij warmteafgifte van 55 graden geeft dat slechts 25 graden delta. Bij 35 graden afgifte geeft dat 45 graden delta. Daarnaast is het zo dat om het buffer te laden een warmtepomp wordt gebruikt die de lagere temperaturen efficiënter maakt (met een hogere COP) dan hoge temperaturen. De afgifte temperatuur werkt

dus aan 2 kanten door op de businesscase van een thermisch buffer. De derde factor zou in beginsel nog de verliescurve zijn waarbij een hogere temperatuur in het buffer tot hogere verliezen leidt. Dat effect is natuurlijk aanwezig, maar wel zeer beperkt.

Gedrag onderdelen

Binnen het project zijn verschillende onderdelen en hun gedragingen uitvoerig getoetst. Hier worden de voornaamste onderdelen besproken te weten:

- 1) De EPS schil, draagkracht en droging.
- 2) Lijmvlakken (hermetisch blijven van isolatieschil).
- 3) Liner en levensduur.
- 4) Warmtewisselaars.

E. Welke aanpassingen zijn voor bouwpartners nuttig om het systeem nog makkelijker te kunnen plaatsen?

Het buffer heeft een laag soortelijk gewicht waardoor opdrijving een te mitigeren risico is. Met name als het buffer leeg is maar ook wanneer gevuld is er opwaartse druk. In dit project hebben we het buffer voorzien van ballast door onderop stelconplaten te plaatsen en het buffer daarmee te positioneren en vervolgens met spandbanden naar beneden te houden.

Met name het bij nieuwbouw plaatsen onder een woning biedt kansen om het plaatsingsgemak flink te vergroten omdat het buffer en de koppelingen dan uit te lijnen met de doorvoer in de begane grond vloer.

Daarnaast is het altijd het doel geweest om naar een standaard afgifteset toe te werken zoals we deze kennen van de stadsverwarmingsnetten. Deze hydraulische set zorgt voor de koppeling van het buffer met warmteopwekkers (warmtepomp, heatpipes, etc.) en warmtevragers (CV- en tapwater). Door dit met een gestandaardiseerde set te doen waar het buffer eenvoudig op kan worden aangeprikt wordt het naast eenvoudig plaatsen ook gemakkelijker om op basis van een bepaalde demarcatie (op deze afgifteset) werkzaamheden te verdelen tussen partijen.

F. Wat is de beleving van de bewoners? Past dit in de renovatievormen van woningbouwverenigingen?

De woningen op The Green Village worden bewoond. Woningcorporatie WoonFriesland heeft daarvoor in eerste aanleg gekozen voor een afspiegeling van de reguliere sociale huurder. De huurder waar wij mee te maken hadden was door eerdere experimenten niet meer zo enthousiast over plaatsing van de SummerHybrid. Toch is dit midden in Corona-tijd uitstekend en in goede harmonie verlopen. Uiteraard is het uitgangspunt geweest dat verwarming en douchewater onder geen beding zouden kunnen/mogen wegvallen. Daarom is het systeem volledig redundant geplaatst parallel aan de bestaande (gas gebaseerde) installatie.

Inmiddels hebben we met nieuwe huurders te maken op The Green Village die meer affiniteit en begrip hebben voor de situatie en de rol die de woningen spelen in experimenten die onderdeel zijn van de energietransitie. Het systeem voorziet in de energievraag, meer krijgt de bewoner niet mee van het systeem. De bewoner is enthousiast over het experiment, maar is misschien niet representatief voor de gemiddelde huurder. De betrokken Woningcorporatie WoonFriesland is nog steeds enthousiast over energiebuffering en overweegt een locatie buiten de setting van een experiment beschikbaar te maken voor een vervolg. Waarbij nadrukkelijk ook naar een nieuwbouwsituatie wordt gekeken.

Conclusie en aanbevelingen

Een gevalideerd model is gecreëerd en gevalideerd van het Borg buffer systeem. De waarde van het model heeft zich laten zien door de complexe interacties op systeemniveau weer te geven. Met dit model kan een systeemontwerp en regelaar ontwerp gemaakt worden.

Het systeem is in de praktijk gerealiseerd waarbij ervaring is opgedaan met productie, assemblage en aansturing. Op alle aspecten zijn de getrokken conclusies in deze rapportage behandeld, de aanbevelingen ook en die voeren we nu door in de doorontwikkeling van het thermische buffer. Deze doorontwikkeling hopen we in 2022 te kunnen testen.

Eenzijds gaan de conclusies leiden tot een nog robuuster ontwerp dat beter maakbaar is en daarnaast minder kapitaalinvesteringen vraagt aan de productiekant. Anderzijds zijn er veel lessen getrokken over de grond- en woningintegratie waardoor er veel ideeën zijn ontstaan over hoe dat aspect eenvoudiger en daarmee ook goedkoper wordt en tevens tot hogere acceptatie kan leiden.

Toelichting wijze van kennisverspreiding

Het project heeft geresulteerd in meerdere journalistieke stukken. Daarnaast heeft het geleid tot deelname in het Flexinet project onder penvoering van de TU Delft. Binnen dit project is Summerheat Group gevraagd deel te nemen om ook warmtebuffering als technologie mee te kunnen nemen in de sturingsarchitectuur die binnen dit project door de TU Delft met partijen wordt gerealiseerd. Andere betrokken partijen zijn met name actief aan de elektrische bufferings- en aansturingkant van dat vraagstuk. Via dit traject komt veel van de opgedane kennis binnen dit DEI project breder beschikbaar.

Nieuwsuur: https://www.npostart.nl/nieuwsuur/19-07-2022/VPWON_1334594 (op punt 13.40 min)

Solar Magazine <https://www.linkedin.com/company/40792084/admin/>

TVVL installatie magazine <https://www.tvvl.nl/toekomst-trends-2022>

Telegraaf <https://www.telegraaf.nl/video/781547795/bijzondere-douche-hij-bespaart-80-warm-water>

Alle partners blijven actief de resultaten van dit project communiceren. Daarnaast hebben wij afgelopen jaar onze website opgewaardeerd en een naamswijziging doorgevoerd met als doel beter gepositioneerd te raken richting klanten/consumenten.

Meer informatie en contactpersonen

Meer informatie is te vinden op: <https://borg.energy/>

Contactpersoon: Joost Spanjer (joost.spanjer@borg.energy)

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.