

Openbare Eindrapportage

TKI UE project

“Systeemvalidatie Solar Freezer”



TKI Urban Energy project ‘Systeemvalidatie Solar Freezer’

Referentienummer RVO: TEUE 117009

Uitvoeringsperiode van het onderzoek: 1-3-2018 tot 1-3-2021

Openbaar eindrapport

Versie: Definitief

Datum: 16 maart 2021

Auteurs:

Solar Freezer B.V
Saxion

Jacques Mathijsen, Arnold Wind
Willem Brus, Ivo Gebhardt, Jeike Wallinga, Richard van Leeuwen,
Martin Buitink, Simon Hageman

Woningcorporatie Domijn
TNO

Pascal ten Berge
Olav Vijlbrief, Wim Kornaat, Andries van Wijhe, Arie Kalkman

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

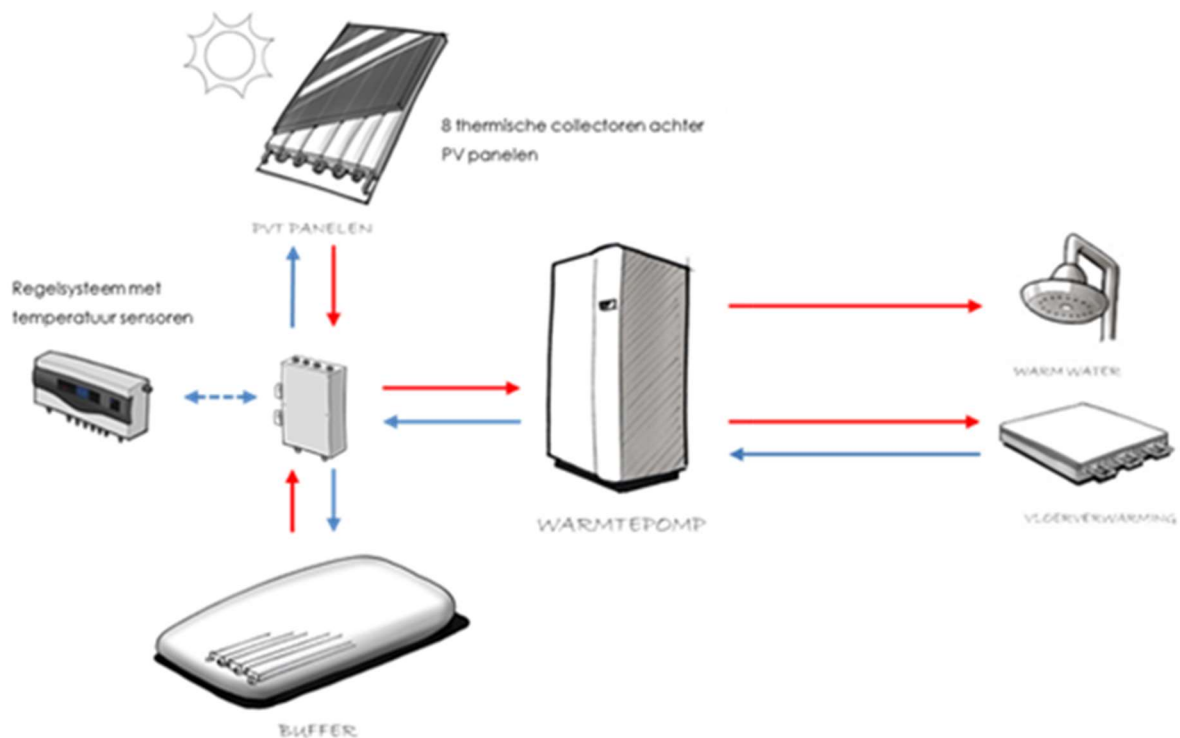
PROJECTPARTNERS

Naam deelnemer	Rol in project
TNO 	Penvoerder, R&D, testen, modelleren
Solar Freezer B.V. 	Ontwikkeling componenten en concept, exploitatie projectresultaten
Saxion Hogeschool 	Experimenteel onderzoek
R&R Duurzaam B.V. 	Inbreng technologische expertise op het gebied van ontwikkeling, productie en installatie van duurzame energiesystemen
NIBE Energietechniek B.V. 	Fabrikant warmtepomp, inbreng technologische expertise op het gebied van warmtepompen en de regeltechniek hiervan
Woningcorporatie Domijn 	Renovatie van rijtjestussenwoning (Label C) met Solar Freezer concept, pilot locatie

Samenvatting

Aanleiding

Solar Freezer richt zich op het ontwikkelen en leveren van een warmtepompinstallatie voor woningen zonder toepassing van buitenlucht of een bodemsysteem als bron. In plaats daarvan wordt een grote buffer in de kruipruimte geplaatst, waarin de latente warmte van de fase-overgang van water naar ijs als bron voor de warmtepomp wordt gebruikt. In zomerbedrijf wordt de buffer geladen vanuit een laagwaardige zonnecollector (energiedak), welke in het tussenseizoen ook als bron kan functioneren. Het energiedak wordt geplaatst achter PV panelen (PV-T combinatie). Doordat in de zomer de ijsbuffer wordt ontdooid wordt omgekeerd ook koeling geleverd aan de PV panelen, waardoor de opbrengst van de PV panelen omhoog gaat.



Figuur 1: Systeempriincipe met onder andere het energiedak, opslagbuffer en warmtepomp.

Met dit systeem worden een aantal voordelen beoogd:

- Het systeem kent lagere investeringskosten dan een bodem-warmtepomp
- Het systeem kent niet de nadelen van een lucht-water warmtepomp: er is geen esthetisch onaantrekkelijk buitendeel dat geluid produceert
- Naar verwachting kan een hoge SCOP worden gerealiseerd

Doel van het project

Doel van het project was om het voorgestelde systeem door middel van laboratoriumtesten, simulaties en een pilotproject door te ontwikkelen naar een marktrijp systeem. Hiervoor zijn componenten zoals de buffer en de warmtepomp afzonderlijk en integraal gekarakteriseerd en geoptimaliseerd voor een hoge SCOP en hoge bedrijfszekerheid. Het vaststellen van de SCOP die haalbaar is afhankelijk van de dimensionering en was onderdeel van het project.

Resultaten van het project

In het project is het 'Solar Freezer' systeemconcept gevalideerd. Dit betreft een warmtepompinstallatie die een aantal voordelen biedt ten opzichte van de bestaande alternatieven van een bodem-warmtepomp en een lucht-water warmtepomp. Het systeem is toepasbaar bij alle woningen met een kruipruimte. In de kruipruimte wordt een buffer geplaatst met 10 m³ water. Deze is geschikt voor woningen met een warmtebehoefte tot ongeveer 35 GJ per jaar.

Er is onderzoek uitgevoerd naar de werking, optimalisatie, robuustheid en energieprestatie van het systeemconcept "Solar Freezer".

Met dit systeemconcept wordt een alternatief warmtepompconcept op de markt gebracht. Dit concept heeft een aantal voordelen ten opzichte van bestaande warmtepompsysteemconcepten:

- Het systeem kent niet de nadelen van een lucht-water warmtepomp: er is geen esthetisch onaantrekkelijk buitendeel dat geluid produceert
- Er kan een hoge SPF worden gerealiseerd
- Het systeem kan worden toegepast op locaties waar het gebruik van de bodem voor warmtepompen niet is toegestaan.

Het onderzoek heeft zich gericht op een aantal specifieke onderwerpen.

Er is een rekenmodel gemaakt van de ijsbuffer, dat is gevalideerd met invries- en ontdooitesten.

Hiermee is een nauwkeurig deelmodel verkregen waarmee de optredende mediumtemperaturen en de mate van bevrozing van de buffer gemodelleerd kunnen worden.

Er is een integraal simulatiemodel gerealiseerd, waarmee op systeemniveau het gedrag van het systeem woning/warmtepomp/buffer/PVT dak gesimuleerd is. Dit model is gevalideerd met behulp van de monitoringdata van een pilotwoning welke is voorzien van het Solar Freezer systeem.

Monitoring pilotwoning

In een woning van woningcorporatie Domijn aan Stinsburg te Enschede is het SolarFreezer systeem geïnstalleerd. In onderstaande infographic is de installatie schematisch weergegeven.

belangrijkste parameters van de gerenoveerde woning zijn:

- Rc-waarde dak en gevel 4,2 W/m²K
Rc-waarde vloer 4,08 W/m²K
Uglas 1,0 W/m²K
Luchtdichtheid $Q_{v,10} = 0,4 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$
- Balansventilatie met HR-WTW
- 30 m² PV panelen waaronder 12,8 m² PVT
- Individuele combi-warmtepomp Nibe F1255-6 met als bron schakelend tussen de PVT en een 10m³ water/ijs buffer in de kruipruimte.

Een infographic van het concept is opgenomen aan het einde van dit rapport.

Onderzoekresultaten

In moderne, goed geïsoleerde woningen (gerenoveerde woningen of een nieuwbouw rijtjeswoning EPC < 0,4) vindt maar in beperkte mate bevrozing van de ijsbuffer plaats tijdens het stookseizoen. Metingen en simulaties komen op maximaal enkele honderden kilo's ijs in een buffer die maximaal 10.000 kilo ijs kan vormen. Dit houdt in dat er in de buffer nog ruim voldoende reservecapaciteit aanwezig is.

De mechanische integriteit van de buffer is onderzocht door 50 volledige bevrores/ ontdooi cycli uit te voeren. Omdat de buffer in de praktijk niet volledig zal bevroren is dit een worst-case situatie. Na 50 cycli is de bezwijkspanning van het bufferzakmateriaal in geringe mate afgenomen, maar nog steeds veel hoger dan de maximale belasting op de buffer. De verwachting is daarom dat de bufferzak veel meer dan 50 laad/ontlaad cycli aan kan.

In een gemiddeld klimaatjaar (NEN 5060) wordt bij een afgiftetemperatuur van 35 °C (vloerverwarming) een SCOP van 4,7 tot 5,6 voor ruimteverwarming berekend, afhankelijk van de

energiebehoefte van de woning (zie Tabel 1). De gemeten SCOP voor ruimteverwarming in de pilotwoning (vloerverwarming op de begane grond, radiatoren op de verdieping, warmtevraag 28 GJ voor ruimteverwarming) is 5,2 inclusief hulpenergie. De SCOP voor warm tapwater is afhankelijk van de afname.

COP waarden Solar Freezer systeem

De COP waarden voor ruimteverwarming en warmtapwater productie zijn bepaald, gebruik makend van de Nibe F1255-6 warmtepomp. De COP waarden zijn bepaald op basis van laboratoriumtesten en dynamische simulaties, en gevalideerd met praktijkmonitoring. Bij toepassing van dit systeem in een nieuwbouwwoning, kunnen binnen het kader van de energieprestatienormering de volgende waarden worden toegepast:

Warmtebehoefte woning	SCOP voor ruimteverwarming (simulatie op basis van NEN 5060)
[GJ]	[-]
11,2	5,6
20,9	5,3
38,6	4,7

Tabel 1: SCOP voor ruimteverwarming bij toepassing van het Solar Freezer concept met een Nibe F1255-6 warmtepomp, afhankelijk van de warmtebehoefte van de woning. Bij warmtebehoeftes tussen de genoemde tabelwaarden kunnen de SCOP waarden worden geïnterpoleerd.

Tapklasse	SCOP voor tapwater
	[-]
CW1	1,6
CW2	1,9
CW3	2,1
CW4	2,3

Tabel 2: COP voor warmtapwater van het Solar Freezer concept met een Nibe F1255-6 warmtepomp bij verschillende tapklassen.

Het perspectief voor toepassing

Het systeemconcept kan worden toegepast in woningen met kruipruimte, bij nieuwbouw en vergaande renovatie. Voor nieuwbouw is de focus op adviseurs, architecten, installateurs, bouwers en project ontwikkelaars. Het concept is geschikt voor renovatie van bestaande woningen met kruipruimte, ca. 43% van de bestaande woningvoorraad, ca. 3 miljoen woningen.

	Bouwperiode					
Woningtype	voor 1946	1946-1964	1965-1974	1975-1991	1992-2005	totaal
vrijstaande woning	6,5%		1,8%	3,3%	2,6%	14,1%
2 onder 1 kap woning	4,2%		2,1%	3,3%	2,6%	12,1%
rijwoning	7,7%	7,0%	8,9%	12,9%	5,2%	41,7%
maisonnetwoning	3,3%		0,3%	1,4%	0,6%	5,6%
galerijwoning	1,0%		2,6%	1,6%	1,7%	6,8%
portiekwoning	3,8%	3,9%	1,7%	2,1%	1,0%	12,5%
(overig) flatwoning	1,5%		1,8%	1,8%	2,0%	7,1%
totaal	38,8%		19,1%	26,4%	15,6%	100,0%

Tabel 3: Samenstelling Nederlandse woningvoorraad (Bron: RVO Voorbeeldwoningen), met een indicatie van het toepassingsperspectief.



Figuur 2: Buffer aangebracht vóór het plaatsen van de begane grondvloer van een nieuwbouwwoning.

Beschrijving van de bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling (duurzame energiehuishouding, versterking van de kennispositie)

Met het ontwikkelde systeemconcept is een robuust warmtepompconcept beschikbaar gekomen dat geschikt is voor nieuwbouwwoningen en renovatie van bestaande woningen met kruipruimte, in totaal ca. 3 miljoen woningen. Er wordt geen buitenunit toegepast, waardoor er geen geluidproblematiek is. Doordat geen bodemenergiesysteem wordt toegepast kan het concept worden toegepast op locaties waar het gebruik van de bodem niet is toegestaan of niet mogelijk is. Verder blijkt uit monitoring en simulaties dat een hoge SCOP kan worden behaald.

Overzicht van openbare publicaties over het project

- <https://www.gawalo.nl/energie/artikel/2020/09/warmteopslag-in-water-van-boiler-naar-ijsbufferzak-en-zoutbatterij-1019034>
- https://e.issuu.com/embed.html?d=095_h_f_opmaak_nr2_2020_lr&u=henkfred
- <https://www.ew-installatietechniek.nl/artikelen/besloten/bufferen-in-de-kruipruimte>
- <https://www.ew-installatietechniek.nl/artikelen/bufferzak-krijgt-hulp-van-wateraccu>
- <https://www.installatieprofs.nl/nieuws/verwarming/warmtepompen/solarfreezer-duurzaamheid-in-optima-forma>
- <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i16894/solarfreezer-brengt-gasrekening-naar-0-euro-100-woningen-per-jaar-is-straks-niet-meer-genoege>
- “Installatie en sanitair: juni 2020 – ‘4 gasloze smaken’

Informatie en meer exemplaren van dit rapport zijn te verkrijgen bij de contactpersoon.

Contactpersoon voor meer informatie:

Dhr. Jacques Mathijsen, j.mathijsen@solarfreezer.nl

NOM RENOVATIE STINSBURG ENSCHEDE



APP-BEDIENING
Alle verbonden apparaten in het huis kunnen met de app worden bediend.



BEVEILIGING
Met een slimme alarminstallatie kun je op afstand meekijken in je woning, maar ook kunnen je buren of de politie worden gewaarschuwd.



DATA
Alle data die wordt verzameld wordt doorgestuurd naar een server. Deze data is waardevol voor analyses van de gebruiker en het huis.



ROKMELDING
De op het systeem aangesloten rookmelders geven, meer schakelen ook de verlichting van de vluchtwegen aan.



SENSOREN
Sensoren meten de temperatuur, beweging en verlichting in een ruimte. Ook kan worden gemist of een raam of deur open staat.



VERBINDINGS HUB
Als centraal verbindingspunt kunnen alle slimme apparaten communiceren met de hub.



VERLICHTING
De verlichting wordt automatisch aangestuurd naar aanleiding van events of handmatig met de app. Zo kan ook de intensiteit en kleur worden gestuurd.



VERWARMING
De verwarming is te bedienen met een app. De verbonden thermostaten worden verward en kunnen zo de warmte in een ruimte regelen, maar niet wanneer dat niet het geval is.

30 PV Panelen
en 8 thermische collectoren
Totaal 8.250 Wp

Woning is geheel
luchtdicht gemaakt
(Qv10 van 0,4)

Gasloos koken
in de keuken

Voor- en achterdeuren
dik 66mm inclusief
dubbele kierdichting

Warmteterugwinning
balansventilatie

Pilkington Optitherm™ S3 glas vanwege de
optimale combinatie van zon- en lichttoetreding.
Ug-waarde van 1,0 W/m²K (geluidswerend i.v.m.
de naastliggende spoorbaan) inclusief hand
bedienbare Screenline zonwering tussen het glas.

Vloerverwarming

Solar Freezer bufferzak in de kruipruimte

Na-isoleren zolder Rc 4,2 m2K/W

Warmtepomp in de
machinekamer

Infraroodpanelen in de
badkamer (verwarming)

Achter de panelen (buiten)
geïsoleerd met Blue dec

Na-isoleren aan de
binnenzijde middels
voorzetwand Rc 4,2 m2K/W

Pilkington Optitherm™ S3 glas vanwege de
optimale combinatie van zon- en lichttoetreding.
Ug-waarde van 1,0 W/m²K inclusief elektrisch
bedienbare Pilkington Insulight™ met
ScreenLine®, zonwering tussen glas.

Vloerisolatie aan de
onderzijde RC 4,08 m2K/W

