

In een Nederlandse wijk

Collectieve zonneverwarming met seizoensopslag

Zonnecollectoren leveren een forse reductie aan verwarming voor warm tapwater in Nederland. Echter, de zonneboiler is al aardig uitontwikkeld en de rendementen zijn reeds bekend. Het toepassen van zonnecollectoren in combinatie met seizoensopslag levert daarentegen een hogere collector-efficiëntie op. Tevens kan de opgeslagen energie gebruikt worden in de winter. Dit kan leiden tot een totale zonnebijdrage van wel 70% aan de totale verwarmingsvraag (warmte en warm tapwater) in plaats van alleen 50% aan het warme tapwater.

Ir. J.M.E. (Jorik) van de Waerdt, Energiedeskundige Innax Gebouw & Omgeving
De auteur schreef dit artikel als afstudeerder TU/e bij Deerns Raadgevende Ingenieurs B.V.

Om tot een groter aandeel van duurzame energiebronnen te komen in Nederland, is het noodzakelijk om meer duurzame technieken toe te passen in de gebouwde omgeving. Eén van deze technieken is de zonneboiler die zonne-energie omzet in warmte en deze warmte kortstondig opslaat in een opslagvat (boiler). De zonnecollector is een techniek die al redelijk is uitontwikkeld en veel wordt toegepast in Nederlandse woningen om de verwarming voor warm tapwater te reduceren. Om meer thermische zonne-energie toe te passen in Nederland moet de zonneboiler meer gebruikt worden in combinatie met andere technieken in andere systemen, zoals met seizoensopslag en in een collectief systeem.

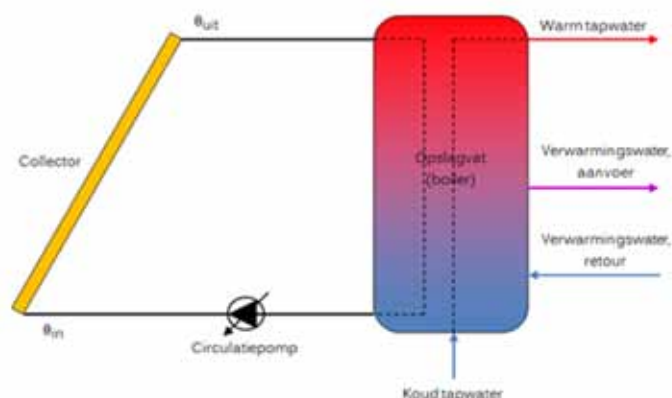
Voor onderzoek naar de toepasbaarheid en haalbaarheid is een afstudeeronderzoek geformuleerd aan de Technische Universiteit Eindhoven onder de Master-opleiding 'Sustainable Energy Technology' met afstudeerrichting 'Sustainable Energy in the Built Environment' van prof.ir. P.G.S. Rutten. Voor de intensievere begeleiding was ir. G. Boxem verantwoordelijk en was er een samenwerking met Deerns Raadgevende Ingenieurs B.V. Dit

onderzoek is inmiddels afgerond met een scriptie.

TECHNOLOGIE

De zonneboiler, zoals in ons land toegepast, reduceert de warmtelevering voor warm tapwater en verwarmingswater. In de zonneboiler wordt een mengsel van water en glycol rondgepompt door het collectorcircuit met een toerentalgeregelde circulatiepomp. In de collector wordt de zonnewarmte, die op de collector valt, afgegeven aan het water/glycol-mengsel. De circulatiepomp wordt zo

geregeld dat de temperatuur van het water/glycol-mengsel uit de collector (θ_{uit}) nagenoeg constant is (65°C). De warmte wordt afgegeven aan het water dat is opgeslagen in het opslagvat. Uit de onderste laag komt het afgekoelde water/glycol-mengsel weer uit het opslagvat, wat weer naar de collector wordt gepompt. In het opslagvat wordt koud tapwater voorverwarmd vanuit de bovenkant van het vat. Het verwarmingswater wordt geleverd met een lagere temperatuur en daarom uit het midden van het vat gehaald (figuur 1). In beide gevallen moet het voorverwarmde water nog



-Figuur 1- Configuratie zonneboilercombi met toerentalgeregelde circulatiepomp

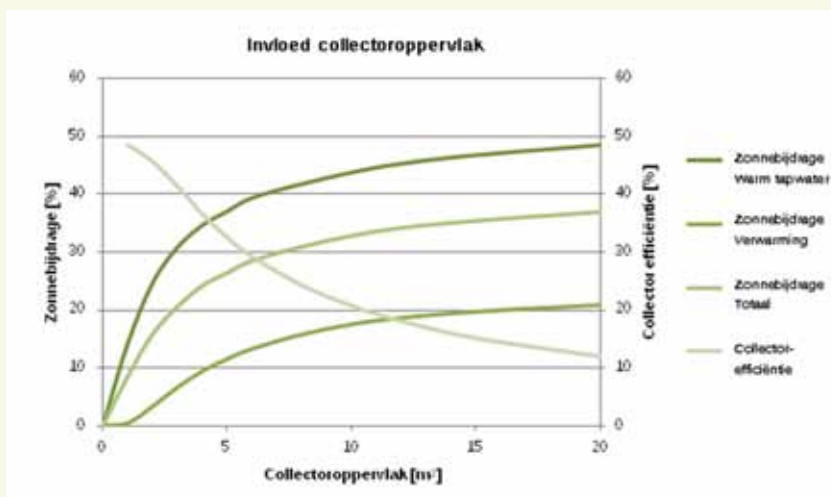
nagewarmd worden door een nog te bepalen naverwarmer.

Voor een woning (referentie woning Senternovem type 'tussenwoning' met EPC lager dan 0,8) is de verwarmingsvraag (8,6 GJ) en warmtevraag voor tapwater (9,9 GJ) berekend. Van daaruit is de directe zonnepijdrage als functie van het collectoroppervlak verkregen door simulaties met MatLab/ SimuLink (figuur 2).

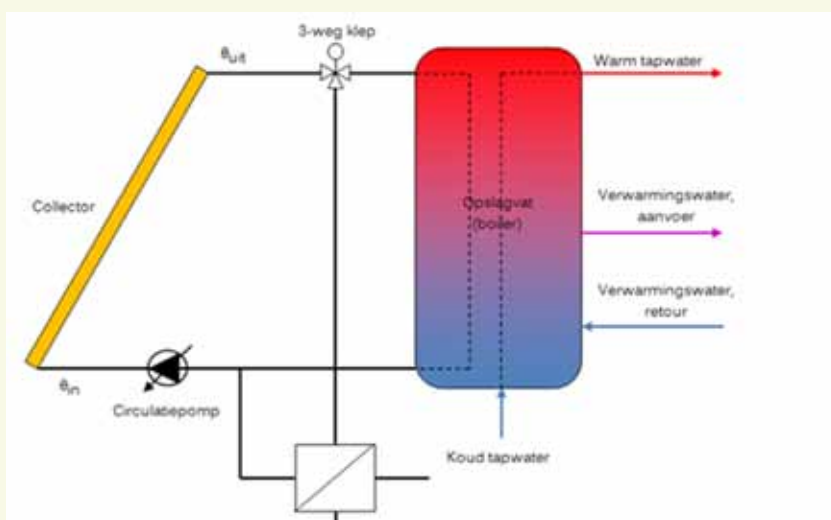
Zoals is te zien in figuur 2 stagneert de snelle stijging bij een collectoroppervlak van ongeveer 3m². Dit wordt ook wel het economisch optimum genoemd in Nederland, omdat het financieel gezien geen zin heeft om meer collectoroppervlak op het dak te leggen. Bij een groter collectoroppervlak raakt het opslagvat sneller 'vol' en is het niet zinvol om het water/glycol-mengsel door de collector te pompen. Daarom wordt de circulatiepomp uitgezet terwijl er nog wel genoeg zonnewarmte is voor warmteproductie ('downtime'). Hoe groter het oppervlak, hoe langer de circulatiepomp wordt uitgeschakeld, wat resulteert in een lagere collectorefficiëntie. Vandaar dat er in Nederland meestal maar 3m² collectoroppervlakte op een dak van een woning ligt.

Om de totale zonnepijdrage te vergroten is dus seizoensopslag nodig, maar seizoensopslag betekent ook warmteverliezen. Daarom is het belangrijk om zoveel mogelijk zonnewarmte direct te gebruiken (directe zonnepijdrage). Door nu zonne-energie te produceren in de 'downtime' van de collector blijft de directe zonnepijdrage hoog en stijgt de collectorefficiëntie doordat zonnewarmte benut wordt voor seizoensopslag.

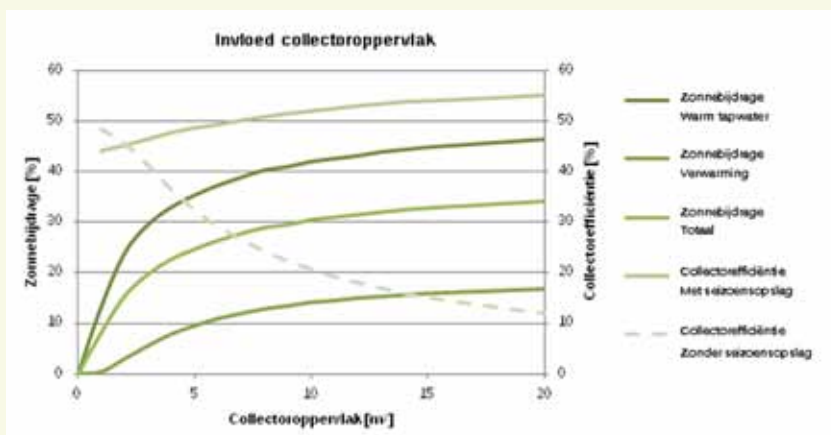
In figuur 3 is een configuratie te zien die het mogelijk maakt om zonnewarmte te produceren in de 'downtime' voor seizoensopslag. Wanneer het opslagvat 'vol' is, wordt normaal gesproken de circulatiepomp uitgezet. Nu wordt de geproduceerde zonnewarmte gedirigeerd door een 3-wegklep naar een warmtewisselaar die warmte uitwisselt met een collectief netwerk wanneer het opslagvat warmer is dan 65°C. Tevens kan er zonnewarmte geproduceerd worden tijdens de seizoensopslag met een lagere uitgangstemperatuur (hogere volumestroom) voor bijvoorbeeld een lage temperatuuropslag, wat resulteert in een hogere collectorefficiëntie. Met dezelfde dimensies en uitgangspunten is wederom de invloed van het collectoroppervlak op de directe zonnepijdrage en collectorefficiëntie gesimuleerd (figuur 4). Hierin is te zien dat de directe zonnepijdrage ongeveer hetzelfde blijft terwijl de collectorefficiëntie stijgt bij vergroting van het oppervlak, omdat er nu zonnewarmte geproduceerd wordt voor seizoensopslag wanneer normaal gesproken



-Figuur 2- Directe zonnepijdrage en collectorefficiëntie als functie van collectoroppervlak



-Figuur 3- Configuratie zoneboilercombi met seizoensopslag



-Figuur 4- Directe zonnepijdrage en collectorefficiëntie als functie van collectoroppervlak met seizoensopslag

de circulatiepomp uitstaat. Nu is het vergroten van het collectoroppervlak wel rendabel, omdat het leidt tot vergroting van de directe zonnepijdrage en collector efficiëntie en tot een grotere hoeveelheid warmte die kan worden opgeslagen om gebruikt te worden in perioden dat er geen zonnewarmte beschikbaar is.

COLLECTIEF SYSTEEM

De technologie van het individuele systeem is bekend en kan worden geplaatst in een collectief systeem. Op iedere woning is een collector geplaatst met een individueel opslagvat in de woning zelf. Wanneer er geen zonnewarmte beschikbaar is, wordt warmte geleverd door een individueel of collectief warmtepompsysteem. Dit systeem wordt weer gevoed door de opgeslagen lage temperatuur zonnewarmte uit de collectieve warmte/koudeopslag (WKO). Hierin is zonnewarmte opgeslagen wanneer de individuele opslagvaten 'vol' zitten. Zo kunnen er dus twee verschillende systemen herkend worden:

- configuratie met *individuele warmtepomp* in elk huis en een collectieve warmte/koudeopslag (WKO) als seizoensopslag;
- configuratie met *collectieve warmtepomp* en een collectieve warmte/koudeopslag (WKO).

Beide configuraties hebben een laadnetwerk (regeneratie) en een distributienetwerk (figuur 5). Om de geschatte prestaties te controleren en om het systeem in meer detail te onderzoeken zijn beide configuraties gemodelleerd voor simulaties in MatLab/SimuLink. In figuur 5 is de configuratie met de individuele warmtepomp te zien. De configuratie met de collectieve warmtepomp ziet er ongeveer hetzelfde uit, alleen zijn de individuele warmtepompen vervangen door een collectieve warmtepomp die dichtbij het WKO-systeem staat.

RESULTATEN

Voor het toepassen van een WKO in Nederland mag er maar 25°C in de grond worden geïnjecteerd. De brontemperatuur voor de warmtepompsystemen is dus niet hoger dan 25°C, wat resulteert in een *Coëfficiënt of Performance* (COP) van ongeveer 3,4 voor het maken van 65°C (uitgangspunt). Het individuele korte termijn opslagvat is, zoals gebruikelijk, gedimensioneerd op de dagelijkse warm tapwater-vraag (120 liter). Een groter volume leidt tot een hogere directe zonnepijdrage maar ook tot meer verliezen en neemt veel ruimte in beslag in de woning. Met deze uitgangspunten is een aantal simulaties gedaan waarbij jaarlijkse energiebalansen zijn opgesteld. Simulaties resulteerden in een totale zon-

nebijdrage over een geheel jaar. Dit betekent dat de opgeslagen zonne-energie in de WKO ook bijdraagt aan de totale zonnepijdrage. Hoe hoger de zonnepijdrage, hoe lager de extra energie die moet worden geleverd om aan de totale verwarmingsvraag te voldoen. Dit kan ook uitgedrukt worden in een SPF voor het hele systeem (Seasonal Performance Factor). De configuratie met individuele warmtepompen heeft een betere energieprestatie (74% totale zonnepijdrage, 22% directe zonnepijdrage) dan de configuratie met een collectieve warmtepomp (69% totale zonnepijdrage, 23% directe zonnepijdrage). Dit resulteert in een SPF van 3,9 voor het individuele systeem en 3,2 voor het collectieve systeem. De reden voor het verschil in totale zonnepijdrage zijn de grotere warmteverliezen in de configuratie met collectieve warmtepomp die het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp vergroten. Dit is ook de reden dat deze laatste configuratie een iets groter collectoroppervlak nodig heeft om een jaarlijkse energiebalans te maken in de WKO, wat weer resulteert in een hogere directe zonnepijdrage. In beide configuraties blijkt dat de seizoensopslag met een groter collectoroppervlak de totale zonnepijdrage vergroot met ongeveer 40 tot 50%. Ondanks de lagere energieprestatie van de configuratie met collectieve warmtepomp, is de financiële prestatie iets hoger dan de prestatie van de configuratie met individuele warmtepompen. Een collectieve warmtepomp vereist minder investeringen dan tien individuele warmtepompen, wat resulteert in lagere totale kosten over een periode van twintig jaar.

CONCLUSIE

Het beste is uiteindelijk om het collectieve

zonneverwarmingssysteem met seizoensopslag te implementeren als een toegevoegd systeem in een collectief warmtepomp verwarmingssysteem dat de warmtevraag reduceert en zorgt voor regeneratie van de warmte/koudeopslag. De financiële analyse geeft aan dat beide configuraties kunnen concurreren met een conventionele gasketel met of zonder zonneboiler.

Voor hogere prestaties van het systeem kan er gekozen worden om het warmtepompsysteem een lagere temperatuur (bijvoorbeeld 50°C) te laten maken en een naverwarmer toe te passen die het warme tapwater één keer per dag verhoogt naar 65°C ter bestrijding van legionella. Dit zal naar alle waarschijnlijkheid leiden tot een hogere COP van het warmtepompsysteem en dus wordt er meer opgeslagen zonne-energie uit de grond en minder elektriciteit gebruikt.

In dit onderzoek is alleen gekeken naar de warmtevraag van de woningen. Voor verder onderzoek is het misschien interessant om ook de koude te gebruiken om de warmte/koudeopslag te regenereren in combinatie met de zonnecollectoren. Tevens is er in dit onderzoek alleen gebruik gemaakt van vlakke plaatcollectoren met beglazing. Tegenwoordig zijn er ook goede resultaten te behalen met onafgedekte collectoren (energiedaken), alleen op individuele schaal om direct warmte te leveren en de bodem te regenereren. Ook dit kan een mooie optie zijn om op collectieve schaal te implementeren.

Kortom, er zijn nog genoeg mogelijkheden en uitdagingen. Misschien is de zonnecollector op zichzelf wel uitontwikkeld maar zijn er nog genoeg uitdagingen om deze technologie toe te passen.



-Figuur 5- Collectief zonneverwarmingssysteem met individuele warmtepompen