



Position Paper

Kansen voor zonnewarmte in het hart van de energietransitie

16 november 2018

Berenschot

Kansen voor zonnewarmte in het hart van de energietransitie

Position Paper

Rutger Bianchi
Wouter Verbeek
Laura van der Laan

16 november 2018

Inhoud

1.	Visie	6
1.1	Inleiding	8
1.2	Wat is zonnewarmte?	8
1.3	De voordelen van zonnewarmte	9
2.	Toepassingskansen van zonnewarmte	10
2.1	Zonnewarmte voor woningen.....	12
2.2	Perspectief voor thermische zonne-energie	15
2.3	Zonnewarmte in grotere energiesystemen.....	16
3.	Systeemvoordelen van zonnewarmte	18
3.1	Ruimtelijke inpassing	19
3.2	Systeemfunctie	21
4.	Belemmeringen in de toepassing van zonnewarmte.....	22
5.	Aanbevelingen en kansen.....	24
5.1	De rol van zonnewarmte in de RES en transitievisies warmte	25
5.2	Aanbevelingen.....	26

Visie

Hoofdstuk 1

In dit position paper worden de kansen van zonnewarmte in de energietransitie uiteengezet. Daarbij wordt zonnewarmte niet per definitie als een vervanging van andere technieken gezien. De juiste keuze voor een techniek hangt zowel af van technische en economisch aspecten, maar ook van minder tastbare zaken, zoals voorkeuren, waardering van comfort en impact op het landschap.



1.1 Inleiding

Binnen het klimaatakkoord van Parijs zijn vergaande afspraken gemaakt over de energietransitie. Deze omvatten de overgang van fossiele brandstoffen naar duurzame energiebronnen, gepaard met onderzoek naar duurzame technologie en de reductie van uitstoot van CO₂. De Nederlandse overheid heeft de intentie uitgesproken om in 2050 te komen tot een netto reductie van 80-95% van de nationale CO₂-uitstoot ten opzichte van 1990. Hiermee staat de maatschappij voor een grote opgave. Voor de gebouwde omgeving betekent dit onder meer een grootschalige aanpassing in de warmtevoorziening.

Momenteel wordt gewerkt aan de opzet van een breed gedragen Klimaatakkoord. Bij de opstelling hiervan wordt met verschillende partijen nagedacht over concrete afspraken om tot 49% CO₂-reductie in 2030 te komen ten opzichte van 1990. Op 10 juli 2018 werd het “Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord” aan de minister aangeboden. Deze hoofdlijnen zijn het resultaat van intensieve besprekingen aan vijf sectortafels met daaronder tientallen subtafels en werkgroepen.

In het voorstel worden vele technieken en maatregelen besproken om CO₂-reductie in alle sectoren mogelijk te maken. Het potentieel voor zonnewarmte, ook wel zonthermische energie genoemd, wordt hierin echter nog weinig meegenomen. Dit terwijl zonnewarmte op veel gebieden een belangrijke rol kan vervullen in de energietransitie. In het recent door Berenschot gepubliceerde warmtescenario, wordt een groot potentieel aan zonnewarmte aangenomen van 39 Petajoule in 2030 en 94 Petajoule in 2050. Bovendien is zonnewarmte wereldwijd één van de meest ingezette duurzame energiebronnen. Zonne-energie staat met 764 GW (gigawatt), waarvan 60% zonnewarmte en 40% fotovoltaïsch, wereldwijd op de tweede plek na waterkracht (1096 GW)¹.

In dit position paper worden de kansen van zonnewarmte in de energietransitie uiteengezet. Daarbij wordt zonnewarmte niet per definitie als een vervanging van andere technieken gezien. De juiste keuze voor een techniek hangt zowel af van technische en economisch aspecten, maar ook van minder tastbare zaken, zoals voorkeuren, waardering van comfort en impact op het landschap.

1.2 Wat is zonnewarmte?

Zonnewarmte wordt al sinds de jaren 70 toegepast en is een grote duurzame bron voor warmte. Deze warmte wordt opgewekt met zonnecollectoren en opgeslagen in een boiler. Op deze manier kan het voor een gedeelte voorzien in tapwater, ruimteverwarming of proceswarmte.

Er zijn verschillende vormen van collectoren die op het dak liggen en de zonnewarmte opvangen.

Elke techniek heeft zijn eigen voor- en nadelen met zijn eigen karakteristiek. De meest voorkomende in Nederland zijn:

Vlakke plaat zonnecollector

De vlakke plaat zonnecollector lijkt erg veel op een zonnepaneel waarmee je elektriciteit opwekt. De collector heeft een vlakke warmte-opvangende plaat. Onder de plaat zit een netwerk van buizen die water opwarmen zodra er zon op de vlakke plaat valt. Het opgewarmde water stroomt vervolgens via de buizen naar het boiler.

Vacuümbuis en Heatpipe

Een vacuümbuis zonnecollector bestaat uit meerdere dubbelglas buizen die vacuüm gezogen zijn en waarop een warmtevasthoudende coating is aangebracht. De warmte die wordt opgevangen wordt overgedragen aan het water en wordt opgevangen in een boiler.

PVT-panelen

Een PVT systeem is in feite een zonnepaneel bovenop een zonnecollector. Het zonnepaneel zorgt voor de elektriciteit en de zonnecollector zorgt voor de warmte. Deze (vaak lagere temperatuur) warmte kan dienen als bron voor een warmtepomp en heeft geen rechtstreekse koppeling met een boiler.

Hoewel momenteel in de energietransitie veel nadruk wordt gelegd op elektrificatie met behulp van zon-PV², kan zonnewarmte een belangrijke bijdrage leveren als warmtebron en tegelijkertijd de elektrische piekvraag in de winter reduceren. Wanneer een warmtepomp gecombineerd wordt met zonnecollectoren en zonnepanelen, welke zowel elektriciteit opwekken als een bron zijn van warmte voor de warmtepomp, dan verhoogt dit het rendement van de warmtepomp, met name op het gebied van tapwaterverwarming.

1 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) – “Renewables 2018 Global Status Report”

2 PV staat voor Photovoltaic, dit zijn zonnepanelen waarbij licht wordt omgezet in elektriciteit.

1.3 De voordelen van zonnewarmte

De inzet van thermische zonne-energie biedt een aantal belangrijke voordelen:

- **Directe bron van warmte:** met behulp van zonnecollectoren kunnen hoge temperaturen bereikt worden. Vooral in combinatie met seizoensopslag kunnen zonnecollectoren daarmee een goede bron van energie voor warmtenetten bieden, zowel centraal als decentraal. Zonnecollectoren leveren meer energie per vierkante meter dan windenergie, fotovoltaïsche-energie of energieteelt.
- **Comfort:** in termen van comfort biedt een combinatie van zonnecollectoren met een warmtepomp voor een deel van de woningen een voordeel ten opzichte van de all-electric warmtepomp met een lucht-water systeem. Dit omdat er met collectoren geen buitenunit meer vereist is, die in sommige gevallen voor geluidsoverlast zorgt³.
- **Systeemvoordelen:** zonnecollectoren dragen bij aan het verlagen van het aantal pieken in het elektriciteitsnet als gevolg van de tapwatervraag ten opzichte van een mogelijk all-electric alternatief. Met behulp van thermische energie kan immers de elektriciteitsvraag voor warmte sterk worden verminderd.
- **Ruimtelijke inpassing:** zonnewarmte levert meer energie per vierkante meter dan PV-panelen of windenergie. Door het gebruik van zonnecollectoren op daken en in zonneweides kan dus meer energie per oppervlakte worden gewonnen dan met elektrische alternatieven. Door deze inzet kan de beperkte ruimte in Nederland het meest efficiënt worden benut.

Bovenstaande elementen pleiten voor een prominente rol voor zonnewarmte tussen andere energietransitietechnieken. Vooral nu we aan de vooravond staan van grootschalige visie-, strategie- en planvorming in de regio's.

³ <https://www.vakbladwarmtepompen.nl/bronnen/artikel/2018/05/geluid-warmtepomp-gaat-miljoenen-nederlanders-hinderen-101118>.

Toepassings- kansen van zonnewarmte

Hoofdstuk 2

Zonnewarmte biedt woningen en gebouwen een kans om van het aardgas af te gaan. Vaak zijn de totale jaarlijkse energiekosten (Total Cost of Ownership, TCO) hierbij lager dan bij veel alternatieven, zoals in dit hoofdstuk wordt uiteengezet. Dit hoofdstuk richt zich voornamelijk op veelgebruikte configuraties voor de verduurzaming van woningen. We illustreren daarbij aan de hand van enkele voorbeelden dat zonnewarmte voordelen biedt in bepaalde situaties.

ZONNECOLLECTOREN

Hiermee wordt warmwater voor de woning gegenereerd. Dit is een slimme combinatie met een warmtepomp, maar ook zonder warmtepomp een goede manier om te verduurzamen. Ze leveren per m² meer energie op dan elektrische zonnepanelen. Het beste is een combinatie van beide.

PVT-PANELEN

Dit zijn zonnepanelen die naast elektriciteit ook een bron van energie zijn voor de warmtepomp. Hierdoor kan de warmtepomp met een hoger rendement warmte maken t.o.v. wanneer deze met een buitenunit gecombineerd wordt*. Daarnaast wekken de zonnepanelen in de lente en herfst meer elektriciteit op t.o.v. van standaard zonnepanelen en maken de panelen geen geluid.

WARMTEPOMP

In de woning staat een warmtepomp ter vervanging van de HR-ketel. Warmte wordt gemaakt uit buitenlucht met een hoog rendement.

DAKISOLATIE



BUITENUNIT

De meeste warmtepompen hebben een zogenaamde buitenunit. Deze buitenunit maakt geluid, afhankelijk van waar de unit geplaatst wordt kan dit als storend worden ervaren. PVT-warmtepompen en bodembron-warmtepompen hebben geen buitenunit.

VLOERVERWARMING

MUURISOLATIE

*Voor de PVT combinatie heb je ruimte voor 3x het vermogen van de warmtepomp [kW] aan vierkante meter PVT-panelen nodig.

Zonnewarmte als duurzame bron

Kansen van zonnewarmte voor de gebouwde omgeving

Zonnecollectoren geven een directe bijdrage aan het verduurzamen van warmte en is slim te combineren met de cv-ketel of warmtepomp. Door zonnewarmte bijvoorbeeld in de vorm van PVT-panelen te combineren met een warmtepomp wordt een hoger rendement behaald dan wanneer deze een buitenunit heeft, en worden de zonnepanelen efficiënter, hierdoor wordt er minder energie van het elektriciteitsnet onttrokken, terwijl de totale jaarlijkse kosten⁴ gelijk of lager zijn.

Individuele oplossingen op het gebied van zonnewarmte

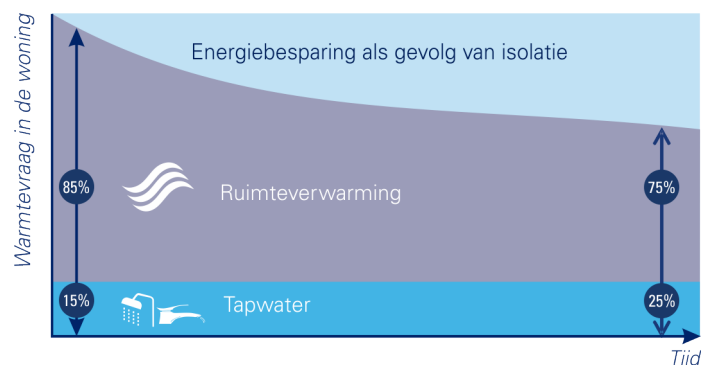
- Zonnecollectoren zijn een lokale duurzame bron van warmte voor woningen met een hoge opbrengst per vierkante meter; hoger dan fotovoltaïsche (PV) panelen. Door naast fotovoltaïsche panelen ook twee zonnecollectoren op daken te plaatsen die de tapwatervraag duurzaam kunnen invullen wordt er meer energie lokaal opgewekt en wordt het elektriciteitsnet zo minder belast.
- Voor veel woningen bieden collectoren in combinatie met een warmtepomp een hoger rendement en meer comfort ten opzichte van een reguliere warmtepomp met een buitenunit. Deze combinatie biedt voordelen voor de individuele bewoner in termen van comfort, maar beperkt direct ook de ruimtelijke impact van de energietransitie voor de maatschappij.

Grootschalige oplossingen en utiliteit op het gebied van zonnewarmte

- Naast het gebruik van zonnewarmte in woningen biedt zonnewarmte ook voordelen voor de utiliteitsbouw vooral wanneer zonnewarmte gecombineerd wordt met warmteopslag. Dit staat beschreven in hoofdstuk 3.
- Zonnewarmte levert veel energie per vierkante meter t.o.v. van veel andere verduurzamingsopties. Dit maakt het ook een goede bron voor warmtenetten (zie hoofdstuk 4 en de praktijkvoorbeelden in Appendix Tabel 1). Dit maakt het mogelijk om zonneweides met warmtenetten⁵ te combineren. Ook is het denkbaar dat woningen en gebouwen aangesloten worden op een warmtenet en zonnewarmte terug kunnen leveren, net zoals dat nu al gebeurt bij elektriciteit.

2.1 Zonnewarmte voor woningen

Met het opwekken van zonnewarmte voor tapwater en ruimteverwarming kunnen bewoners direct CO₂ besparen zonder grote aanpassingen in de woning te hoeven doen. De collectoren kunnen namelijk zelfstandig, of in combinatie met een warmtepomp, worden geïnstalleerd. Een combinatie van zonnewarmte met een warmtepomp kan voordelen bieden, omdat het buffervat gemeenschappelijk gebruikt kan worden wat de investering drukt. Doorgaans kan een woning met behulp van een warmtepomp met hoog rendement worden verwarmd door het gebruik van duurzame buitenwarmte (met een buitenunit dan wel een collector),⁶ het rendement voor het verwarmen van tapwater is over het algemeen relatief laag en kostbaarder dan verwarming met aardgas.^{7,8} Door de warmtepomp in combinatie met zonnecollectoren te installeren wordt een deel van de tapwatervraag ingevuld door 'gratis' duurzame warmte. Hiermee is direct ook minder elektriciteit van het net nodig. Wanneer de woning wordt geïsoleerd zakt de verwarmingsvraag, de tapwatervraag blijft daarentegen stabiel. De huidige verhouding van de warmtevraag is: ~85% voor ruimteverwarming en ~15% voor tapwater, deze verschuift afhankelijk van de mate van isolatie verhoudingsgewijs naar een hoger percentage tapwater ~25% en 75% ruimteverwarming (figuur 1). Isolatie is de eerste stap om gasvraag/warmtevraag te reduceren, met zonnewarmte kan de tapwatervraag ook direct op elk moment verduurzaamd worden.



Figuur 1. Illustratie van de verhouding van de tapwatervraag ten opzichte van de totale warmtevraag bij isolatie.

4 Wanneer geschreven wordt over jaarlijkse kosten zijn deze integraal voor de woningeigenaar bekeken. Dit betekent dat afschrijving van de installatie, isolatie is meegenomen als wel besparing op de energierekening.

5 Berenschot 2018, Het "warmtescenario": Beelden van een op warmte gerichte energievoorziening in 2030 en 2050.

6 Er zijn ook warmtepompen mogelijk in combinatie met een bodembron. Deze leveren door het jaar heen het beste rendement, maar de investering voor het boren van de bron is aanzienlijk.

7 Met rendement wordt de winning van duurzame warmte uit andere bronnen bedoeld, zoals de buitenlucht, bodem of zon. Het gaat hier over de zogenaamde SCOP (Seasonal Coëfficiënt of performance).

8 In combinatie met PVT panelen heeft een warmtepomp ook voor de tapwatervraag een vrij hoog rendement.

2.1.1 Kosten besparingen bij verschillende verduurzamingsopties

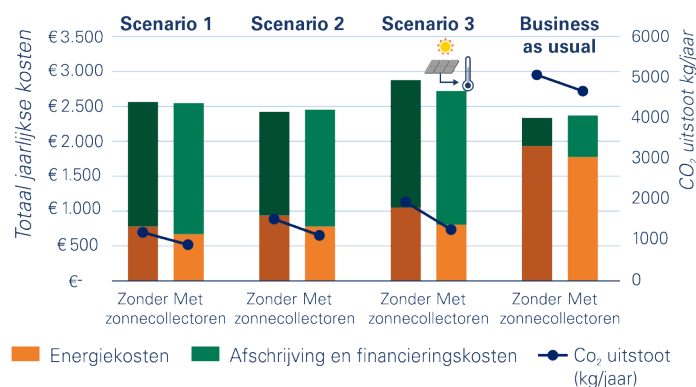
Om de voordelen van zonnewarmte inzichtelijk te maken hebben we drie verduurzamingroutes voor woningen geschetst en afgezet tegen de huidige situatie. Voor elke casus zijn jaarlijkse kosten met en zonder zonnecollectoren weergegeven. Voor de jaarlijkse kosten zijn de afschrijving van de investeringen, kapitaallasten, energiekosten en onderhoudskosten meegenomen. Daarnaast hebben we deze jaarlijkse kosten in Tabel 1 weergegeven voor situaties met verschillende subsidies dan wel belastingtarieven. Hieronder staat een opsomming van de verduurzamingroutes.

Hoewel alle configuraties voor vier verschillende woningtypen zijn doorgerekend, lichten we hier alleen een rijwoning gebouwd tussen 1975-1991 toe. Resultaten voor andere woningtypes, evenals aannames zijn in de bijlage te vinden.

1. **Scenario 1:** Isolatie, vloerverwarming, PVT-panelen & warmtepomp (w/w).
2. **Scenario 2:** Isolatie, convectoren, PV-panelen & hybride warmtepomp⁹.
3. **Scenario 3:** Isolatie, vloerverwarming PV-panelen & warmtepomp (l/w) met buitenunit.
4. **Business as usual:** Huidige situatie (referentie: rij woning voor 1992, huidige situatie)¹⁰

Voor de jaarlijkse kosten zijn de afschrijving van de investeringen, kapitaallasten, energiekosten en onderhoudskosten meegenomen. Voor de investeringen zijn onder andere de kosten voor isolatie, aanpassing aan het afgiftesysteem en de verwarmingstechnieken meegenomen. De jaarlijkse kosten hebben we inzichtelijk gemaakt voor vijf verschillende situaties met betrekking tot subsidies en belastingtarieven.

Rijwoning gebouwd vóór 1992



Scenario 1: Isolatie, PVT en warmtepomp

Scenario 2: Isolatie, PV en hybride warmtepomp

Scenario 3: Isolatie, PV en warmtepomp

Figuur 2. Bovenstaande grafiek geeft de resultaten voor de huidige situatie met aangenomen terugleversubsidie -PV (10 cent/kWh en 30% direct verbruik) en btw aftrek. De gegevens zijn exclusief ISDE subsidies (zie tabel 1 voor alternatieve situaties en de effecten hiervan). Totale jaarlijkse kosten zijn inclusief afschrijving en energiekosten.

Onafhankelijk van de configuratie zorgt zonnewarmte voor directe “gratis” CO₂-reductie. Uit bovenstaande grafiek blijkt dat woningen met een elektrische warmtepomp (met buitenunit, scenario 3) qua jaarlijkse energiekosten voordeliger uit zijn wanneer deze worden gecombineerd met zonnecollectoren. De PVT-warmtepomp combinatie (scenario 1) is in termen van jaarlijkse kosten, vergelijkbaar tot iets lager met de combinatie met een buitenunit. Voor de hybride warmtepomp en de huidige situatie (Business as usual) geldt dat het installeren van zonnecollectoren de jaarlijkse kosten vrijwel niet veranderen.

⁹ Een hybride warmtepomp is een combinatie van een HR-ketel met een warmtepomp. De warmtepomp verwarmt in principe de woning wanneer deze te kort komt springt de HR-gasketel bij. Op deze manier is comfort gegarandeerd en kan direct verduurzaamd worden. Berenschot, BDH 2017, Routekaart hybride warmtepomp. Ook voor hybride warmtepompen is het mogelijk dat deze i.p.v. met ventilatielucht of een buitenunit met PVT-panelen gecombineerd worden. In scenario 2 is uit gegaan van een warmtepomp met buitenunit.

¹⁰ Alles scenario's zijn afgezet tegen de huidige situatie: de zelfde woning maar dan zonder na isolatie en zonnepanelen en met een HR-gasketel voor ruimteverwarming en tapwater. De gekozen voorbeeldwoning (bouwjaar 1975-1991) komt uit RVO 2011, Voorbeeldwoningen 2011 bestaande bouw.

Tabel 1. Jaarlijkse kosten voor energie voor vier configuraties voor verduurzaming met en zonder zonnecollectoren, rijwoning gebouwd voor 1992. Inzichtelijk gemaakt voor vijf verschillende situaties met betrekking tot subsidies en belastingtarieven.

Jaarlijkse kosten	ISOLATIE, PVT, WP		ISOLATIE, PV, HWP		ISOLATIE, PV, WP		BUSINESS AS USUAL	
	Zonder zonnecollectoren	Met zonnecollectoren	Zonder zonnecollectoren	Met zonnecollectoren	Zonder zonnecollectoren	Met zonnecollectoren	Zonder zonnecollectoren	Met zonnecollectoren
Terugleveringsubsidie ¹¹ PV en btw aftrek	€ 2.565	€ 2.547	€ 2.421	€ 2.453	€ 2.877	€ 2.722	€ 2.338	€ 2.369
Zonder subsidies	€ 2.895	€ 2.877	€ 2.726	€ 2.758	€ 3.182	€ 3.026	€ 2.338	€ 2.369
Zonder subsidies met verhoogde gasprijs	€ 2.895	€ 2.877	€ 2.857	€ 2.847	€ 3.182	€ 3.026	€ 2.670	€ 2.660
Inclusief ISDE subsidies ¹²	€ 2.356	€ 2.278	€ 2.298	€ 2.270	€ 2.739	€ 2.524	€ 2.338	€ 2.309
Met RV ¹³	€ 2.232	€ 2.154	€ 2.174	€ 2.146	€ 2.615	€ 2.400	€ 2.338	€ 2.309

De ISDE-subsidie zorgt ervoor dat de hybride warmtepomp, zowel met als zonder zonnecollectoren, leidt tot lagere lasten dan in de huidige situatie. In alle gevallen is de all-electric configuratie (PV en een warmtepomp met een buitenunit) het meest kostbaar.

2.1.2 Mogelijke kostenbesparing voor gebouweigenaren en woningbouwcorporaties

Bovenstaande jaarlijkse kosten hebben voor woningbouwcorporaties een vergelijkbare uitwerking. Naast de ISDE subsidie voor woningbouwcorporaties (gebouweigenaren) is er de Regeling Vermindering Verhuurderheffing Verduurzaming (RVV Verduurzaming). Doel van deze maatregel is om de verplichte verhuurdersheffing te verminderen voor woningbouwcorporaties die de energieprestaties van de huurwoningen in hun portefeuille verbeteren. Het niveau vóór en ná de renovatie wordt hierbij vergeleken. De Energie-Index moet minimaal drie stappen zijn verbeterd om voor vermindering in aanmerking te komen. Voor de onderzochte woningen in dit overzicht, met uitzondering van de rijwoningen gebouwd vanaf 1992, zou dit betekenen dat de woningbouwcorporatie een RVV van 3.000 euro ontvangt, aangezien er drie stappen worden gemaakt. Dit zal vooral gelden voor woningen gebouwd vóór 1992.

Woningen gebouwd vanaf 1992 hebben vaak al een energielabel dat buiten de RVV valt. Er geldt namelijk een minimumniveau: een Energie-Index hoger dan 1,4 (voorheen energielabel B). Dit niveau past bij de doelstelling van het Energieakkoord. Woningcorporaties moeten gemiddeld op label B uitkomen. De heffingsvermindering verduurzaming is daarmee ook bruikbaar voor het aardgasvrij maken van huurwoningen.¹⁴

Optimale CO₂-reductie en verduurzaming wordt behaald bij de configuratie met collectoren en een warmtepomp, terwijl de TCO slechts licht stijgt ten opzichte van de huidige situatie. In dit rekenmodel is uitgegaan van de kosten voor particulieren. Wanneer een woningbouwcorporatie dergelijke aanpassing voor een gehele straat of wijk toepast, is er naar alle waarschijnlijkheid ook nog schaalvoordeel te behalen.

¹¹ Bekend is dat de huidige salderingsregeling komt te vervallen en dat er een terugleververgoeding voor in de plaats komt. Het is vooralsnog niet bekend wat de hoogte van deze terugleververgoeding is. We zijn hier uitgegaan van 30% overlap van opgewekte elektriciteit met eigen verbruik (te salderen) en 70% teruglevering tegen een vergoeding van 10ct/kWh. Waarschijnlijk zal een dergelijke terugleververgoeding stapsgewijs gaan.

¹² Bij deze jaarlijkse kostenberekening zijn de ISDE-subsidies (investeringssubsidie duurzame energie) meegerekend.

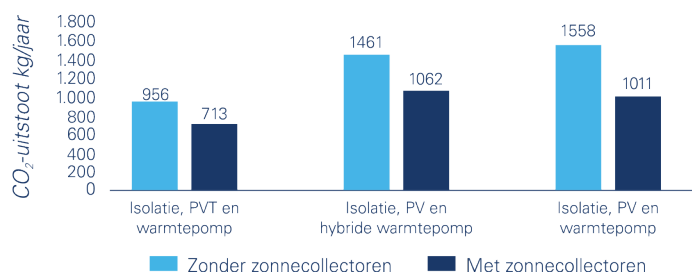
¹³ Hier wordt uitgegaan van de Regeling Vermindering Verhuurdersheffing Verduurzaming, waar woningbouwcorporaties aanspraak op kunnen maken.

¹⁴ <https://www.rvo.nl/actueel/nieuws/hoofdpijnen-rvv-verduurzaming-huurwoningen>.

2.1.3 CO₂-besparing

Met behulp van zonnewarmte kan eenvoudig extra CO₂-besparing worden gerealiseerd zonder extra kosten. Zonnewarmte kan direct toegepast worden zonder dat er eerst andere maatregelen noodzakelijk zijn om zo op korte termijn extra uitstoot te reduceren. (zie figuur 3).

Rijwoning gebouwd vóór 1992



Figuur 3. Jaarlijkse CO₂ uitstoot in kilogram voor de verschillende verduurzamingsroutes met en zonder zonnecollectoren, ten opzichte van de referentie (Business as usual). In deze berekening is het totale energieverbruik in de woning en eigen opwekking meegenomen. Voor de emissiefactor van elektriciteit is uitgegaan 0.53 kg/kWh.

De CO₂-uitstoot van de hybride warmtepomp is momenteel zeer gunstig ten opzichte van een all-electric alternatief. Dit heeft te maken met het feit dat de elektriciteit die de warmtepompen gebruiken niet volledig duurzaam is en dus - bij een laag rendement - meer (indirecte) CO₂-uitstoot veroorzaakt dan aardgas. In de hybride situatie werkt de warmtepomp in de tussenseizoenen (lente, herfst), waarin het rendement goed is. De gasketel verwarmt de woning in de winter wanneer het rendement van de warmtepomp laag is en er dus relatief weinig CO₂ bespaard kan worden. Daarnaast is het zo dat het rendement (SCOP) om tapwater te maken met een warmtepomp onder de 2 ligt, waarmee een warmtepomp onder huidige omstandigheden meer CO₂-uitstoot dan een gasketel. In de toekomst, wanneer de opgewekte elektriciteit volledig duurzaam is, verschuift dit beeld. De snelheid van deze verschuiving is voor een grootdeel afhankelijk van de maatregelen die voortkomen uit het klimaatakkoord, zonder deze maatregelen gaat bij het huidig beleid CO₂ emissie reductie als gevolg van elektriciteitsproductie traag¹⁵. Uit onze berekening leidt de scenario 1 met optimale inzet van zonnewarmte tot de meeste CO₂-besparing. In de drie scenario's zorgt isolatie voor ongeveer één derde van de CO₂-besparing. Naast isolatie kan met zonnecollectoren en hybride warmtepompen, doordat deze direct toe te passen zijn, het snelst CO₂ bespaard worden.

Voordeel van deze technieken is dat ze over langere periode uitgesmeerd kunnen worden. Zonnecollectoren zijn direct te installeren. Hierdoor kunnen technieken worden meegenomen in de gebruikelijke vervangingscyclus. Wanneer iemand net zijn gasketel heeft vervangen, zijn isolatie, zonnecollectoren en de hybride warmtepomp maatregelen die in iedere willekeurige volgorde op elk moment kunnen worden genomen. Bij volledige elektrificatie kan de zonnecollector ook direct geïnstalleerd worden.

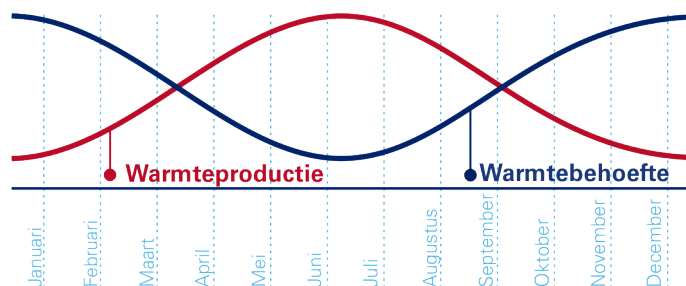
Voor plaatsing van een warmtepomp moet echter eerst isolatie en aanpassing van het afgiftesysteem plaatsvinden, voordat deze geïnstalleerd kan worden. Hiermee ben je natuurlijk wel direct klaar voor toekomst.

2.2 Perspectief voor thermische zonne-energie

De geschetste businesscase voor zonnewarmte gaat uit van een huis dat op energiegebied zelfstandig is: wel afhankelijk van het net, maar geen samenwerking/clustering met andere woningen op energiegebied. Daarnaast wordt in deze voorbeelden niet uitgegaan voor opslagmogelijkheden voor warmte buiten het 200 liter buffervat. In deze paragraaf gaan we verder in op additionele voordelen die thermische zonne-energie heeft wanneer wel met de effecten van een integraal systeem en warmtebatterijen rekening wordt gehouden.

2.2.1 Zonnewarmte in combinatie met een warmtebatterij

De thermische opbrengst van zonnecollectoren is hoog. In de zomer is het warmteaanbod meer dan voldoende om aan de vraag te voldoen (Figuur 4), momenteel wordt in de woning het overschot aan warmte gedurende de zomer niet gebruikt. Dit komt met name doordat mogelijkheden voor langdurige opslag van grote volumes aan warmte voor gebruik in de winter nog kostbaar is of veel ruimte in neemt. Dit terwijl er in de winter juist een tekort is aan warmte uit zonne-energie. Schematisch is dit hieronder weergegeven.



Figuur 4. Verschil tussen warmteopbrengst van de zon en de warmtebehoefte over het jaar. Bron: TNO.16

Warmte opslaan in water vereist een zeer grote goed geïsoleerde tank. Een voorbeeld hiervan is Ecovat: een grote opslagtank die ondergronds wordt geplaatst en waarop zo'n 1.000 woningen worden aangesloten. Deze systemen zijn groot en hebben een energieverlies van 15% per jaar door warmtetransport (van de plek van opwekking naar het Ecovat en terug) en 7% in de warmteopslag zelf.

Nieuwe ontwikkelingen, onder andere van TNO, maken het mogelijk om warmte efficiënter op te slaan in termen van energie en ruimte¹⁷. Dit wordt ook wel thermochemische opslag genoemd. Zo'n systeem werkt op basis van zouten. Bij het opladen wordt, door toevoeging van warmte, zout van water gescheiden. Wanneer warmte nodig is wordt het zout weer bij het water gevoegd. Hierbij komt warmte vrij. De energiedichtheid van de geschikte zouten is vijf tot tien keer hoger dan de energiedichtheid van water. TNO verwacht met dit systeem goed geïsoleerde woningen te kunnen verwarmen met een opslagsysteem van vijf kubieke meter (waarmee het met gemak in de kelder van een woning past)¹⁸.

Met de opkomst van thermische batterijen neemt de potentie van zonnewarmte toe. TNO verwacht dat het mogelijk is met alleen een thermische batterij en zonnewarmte woningen volledig te verwarmen. Dit pleit sterk voor het nu al omarmen van zonnewarmte in de gebouwde omgeving; tegen de tijd dat opslag beschikbaar komt is de warmte-opwekking al aanwezig, waarmee de energieproductie met een grote dichtheid nog verder kan worden benut. Door in de woning compacte warmte-opslag te combineren met zonnewarmte kunnen woningen van het gas af zonder dat daarvoor extra netinvesteringen gedaan hoeven worden. Het dakoppervlak is in veel situaties toereikend om over het jaar voldoende warmte op te wekken.

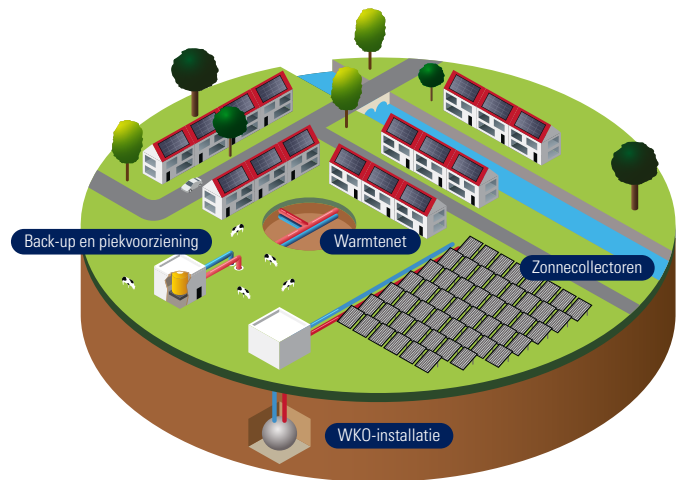
2.3 Zonnewarmte in grotere energiesystemen

Zonnewarmte kan niet alleen decentraal in individuele woningen worden toegepast, maar ook centraal worden gebruikt in grotere systemen. Naast systeemvoordelen biedt dit ook significante kostenvoordelen: door middel van de opschaling van zonnewarmte kunnen kosten per vierkante meter - wanneer uitgerold in grotere systemen van meer dan 2000 m² - halveren. Hiermee is betaalbare warmte-opwekking met een hoge dichtheid te bereiken. Een goed voorbeeld hiervan is Denemarken waar grootschalige zonnewarmtevelden worden toegepast voor warmtevoorziening van stadsverwarmingsnetten (appendix).

Toepassingsgebieden zijn:

- Utiliteitsbouw (eventueel i.c.m. WKO) & glastuinbouw.
- Industrie (tot 250 graden Celsius).
- Warmtenetten.

In het recent gepubliceerde Warmtescenario van Berenschot is met deze opties rekening gehouden, zonnewarmte speelt hier zowel decentraal op woningdaken als grootschalig als bron voor warmtenetten een rol.¹⁹



Figuur 5. Illustratie van een warmtenet gevoed door zonnecollectoren i.c.m. een warmte en koude opslag installatie (WKO).

¹⁷ Christophe Hoegaerts 2018, Compact seasonal heat storage.

¹⁸ https://www.tno.nl/media/7026/thermochemische_opslag_voor_duurzame_verliesvrije_verwarming_van_woningen_infographic.pdf

¹⁹ Berenschot 2018, Het "warmtescenario": Beelden van een op warmte gerichte energievoorziening in 2030 en 2050.

In de utiliteitsbouw wordt vaak gebruikgemaakt van een Warmte & Koude Opslag (WKO). Meestal zijn dit aquifersystemen. Het werkingsprincipe hiervan is gebaseerd op een watervoerende zandlaag en het oppompen van grondwater om warmte af te geven of te onttrekken. De warmte wordt op een lage temperatuur opgeslagen en met behulp van een warmtepomp weer naar een hogere temperatuur gebracht voor ruimteverwarming. Zonnewarmte kan worden aangesloten op dit WKO-systeem. Hiermee wordt het mogelijk om zonnewarmte die in de zomer wordt opgewekt in de winter te gebruiken voor het verwarmen van gebouwen.

Ook voor de glastuinbouw kan op deze manier het hele jaar door een duurzame bron van warmte worden gegenereerd. Zonnewarmte is een goed alternatief voor geothermie daar waar geothermie niet mogelijk is, of te duur is.

Ook in de industrie bestaat een grote behoefte aan de verduurzaming van de warmtevoorziening. Voor de lagere temperaturen tussen de 0 en 250 graden Celsius kan zonnewarmte hierin een oplossing bieden. Ongeveer 25% van de warmtevraag in de industrie ligt binnen dit temperatuurbediet en is hiermee geschikt om van zonnewarmte te worden voorzien.²⁰ Dit kan door opwekking op daken van industriële hallen die in combinatie met een buffer direct het proces in gaan, maar ook door grootschalige velden die invoeden op een lokaal industrieel warmtenet.

Naast kansen voor de utiliteitsbouw en industrie biedt zonnewarmte mogelijkheden voor invoeding op een warmtenet. Het aantal huishoudens dat aangesloten is op een warmtenet zal volgens sommige scenario's de komende jaren sterk toenemen²¹. Er zijn scenario's die er van uitgaan dat 45% van de huishoudens in 2050 aangesloten is op een warmtenet. Wanneer er voldoende zon beschikbaar is (met name in de zomer) worden huizen en tapwater verwarmd met behulp van zonne-energie. Overtollige energie kan vervolgens worden opgeslagen in aquifersystemen (WKO) om vervolgens in de winter weer gebruikt te worden. Momenteel zijn er in Nederland nog maar twee warmtenetten waarbij ook zonnewarmte wordt ingevoegd (nog niet in combinatie met seizoensopslag). In Denemarken is deze methode echter al langere tijd gebruikelijk²². Zie de appendix tabel 1 voor een overzicht van het aantal warmtenetten waar op basis van zonnewarmte warmte wordt gegenereerd.

Een belangrijk voordeel van het invoeden van thermische zonne-energie op het warmtenet is dat zonnewarmte één van de weinige flexibel toepasbare duurzame warmtebronnen is. Een warmtenet is voor duurzame warmte voornamelijk afhankelijk van geothermie, waarvoor lang niet iedere bodem geschikt is, of restwarmte vanuit de industrie, welke lang niet op iedere locatie aanwezig is. Warmte Kracht Koppelingen (WKK's) kunnen ook worden gebouwd op iedere gewenste locatie, maar produceren warmte met de verbranding van fossiele brandstoffen en zijn daarmee niet duurzaam.²³ Ook kan warmte grootschalig worden opgewekt door warmtepompen in combinatie met RWZI of grondwater (dit wordt o.a. in het Mijnwaterconcept toegepast), deze bron samen met zonnewarmte in combinatie met seizoensopslag zijn twee complementerende technieken om duurzame warmte voor warmtenetten te genereren.

20 IEA SHC Task 33 and SolarPACES Task IV : Solar Heat for industrial Processes.

21 Stichting Platform Geothermie, DAGO, Stichting Warmtenetwerk, EBN (2018), Masterplan Aardwarmte in Nederland.

22 Werner Weis, Monika Spörk-dür 2017, Solar Heat Worldwide.

23 Tenzij er groen gas dan wel waterstof wordt gebruikt, deze duurzame moleculen zijn echter schaars en vooral geschikt als back-up en piekvoorziening (Berenschot 2018, Waterstof voor warmtenetten).

Systemvoordelen van zonnewarmte

Hoofdstuk 3

Door het gebruik van zonnewarmte bij warmtepompen is er minder elektriciteit benodigd en wordt het aantal pieken op het elektriciteitsnet als gevolg van tapwater sterk gereduceerd.



Zonnewarmte biedt op individueel vlak voordelen doordat het een direct implementeerbare techniek is die zorgt voor CO₂-reductie. Op maatschappelijk vlak biedt zonnewarmte de volgende voordelen:

- *Ruimtelijke inpassing:*
 - Door het gebruik van zonnewarmte op daken is er minder elektriciteit ten behoeve van verwarming benodigd.
 - Grootschalige opwekking van zonnewarmte biedt in combinatie met seizoensopslag een grote flexibel toepasbare bron van warmte voor de gebouwde omgeving met een hoge opwekkingsdichtheid, waardoor minder oppervlak benodigd is.
- *Systeemfunctie, vermindering van het aantal piekmomenten in het elektriciteitsnet:* met de inzet van zonnecollectoren in combinatie met warmtepompen wordt het aantal pieken op het elektriciteitsnet als gevolg van tapwater sterk gereduceerd.

Beide voordelen zorgen voor vermindering van de ruimtelijke, en mogelijk financiële, impact van de energietransitie.

3.1 Ruimtelijke inpassing

Het gebruik van zonnewarmte op daken zorgt voor meer decentrale energieproductie en vermindert daarmee de elektriciteitsbehoefte.

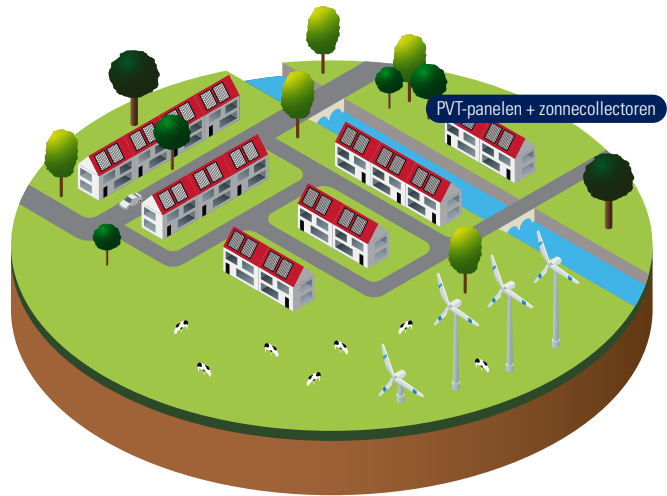
In onze simulatie heeft een woonwijk van 5.000 woningen (3.500 rijwoningen met een bouwjaar voor 1992 en 1.500 2-onder-1-kap woningen met een bouwjaar voor 1992) met PV-panelen en warmtepompen nog 10.500 MWh aan hernieuwbare elektriciteit of te wel 5,5 windmolens om volledig energieneutraal te zijn.²⁴ Daarentegen zou dezelfde woonwijk met zonnecollectoren en warmtepompen slechts 3,2 windmolens nodig hebben om volledig energieneutraal te zijn. Dit is in Figuur 6 te zien.

²⁴ Uitgaande van windmolens op land van 1 MW bij 1.900 vollasturen, hoogte: ~60m.

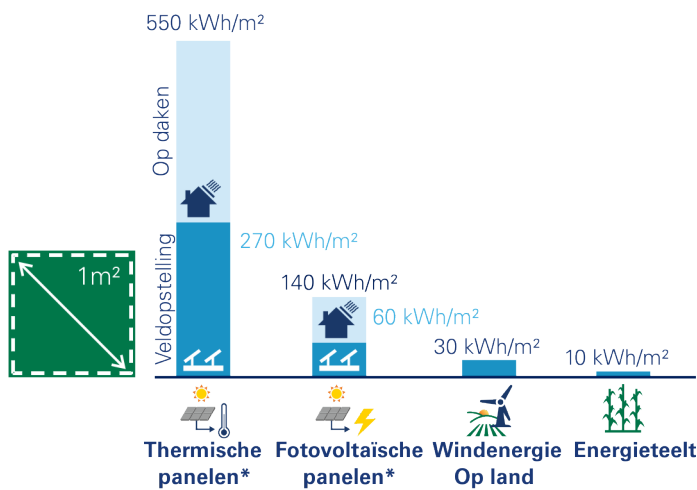
Warmtepomp met buitenunit en PV-panelen



Warmtepomp + PVT-panelen en zonnecollectoren



Figuur 6. Ruimtelijke impact van de energietransitie met en zonder inzet van zonnewarmte.



*Geïnstalleerd in veldopstelling, hierbij wordt ruimte tussen panelen gelaten, technisch gezien is opwek per paneeloppervlak het dubbele.

Figuur 7. Vergelijking van jaarlijkse opwekking van hernieuwbare energiebronnen per vierkante meter in veldopstelling, in Nederland.

Zonnecollectoren wekken per vierkante meter veel energie op (Figuur 7) ten opzichte van alternatieve duurzame bronnen zoals energieteelt, windenergie of fotovoltaïsche zonne-energie. Vanuit dit perspectief kan het verstandig zijn om voor de invulling van de warmtevraag zonnecollectoren in te zetten. PV panelen en windenergie blijven nog steeds nodig om in andere elektriciteitsbehoefte te voorzien.

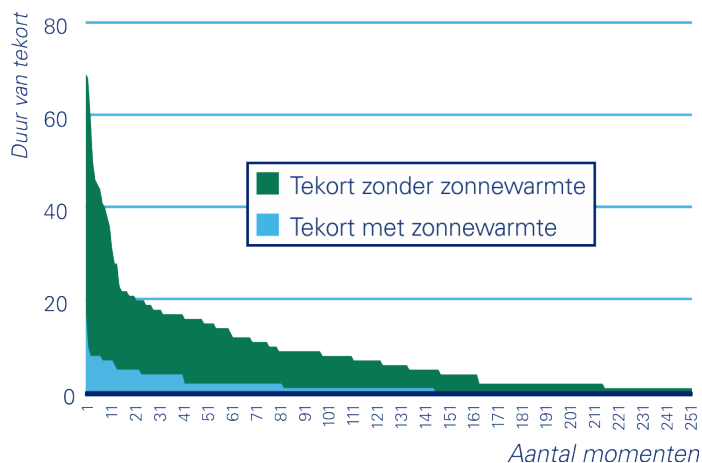
De investeringen voor warmte met grootschalige zonneweides (boven de 2.000 vierkante meter) liggen momenteel voor de collectoren op 340 €/m² incl. btw en installatie. Per vierkante meter wordt (bij 40 graden retour temperatuur) 550 kWh/m² per jaar opgewekt. De jaarlijkse kosten voor de collectoren bij een levensduur van 25 jaar per vierkante meter zijn dan 16,9 €/m² per jaar (incl. btw; excl. warmtenet, hulpenergie & thermische opslag). Dit geeft een kWh-prijs van € 0,03/kWh (8,5 €/GJ). Dit maakt zonnewarmte een betaalbare en maakbare duurzame warmtebron voor warmtenetten, maar ook voor industrie of tuinders. In het klimaatakkoord komt zonnewarmte in dit perspectief echter niet terug²⁵.

25 Hekkenberg M. & Koelemeijer R. (2018), Analyse van het voorstel voor hoofdlijnen van het klimaatakkoord, Den Haag: PBL.

3.2 Systeemfunctie

Met de inzet van zonnecollectoren in combinatie met warmtepompen wordt het aantal pieken op het elektriciteitsnet sterk gereduceerd. In het gepubliceerde warmtescenario van Berenschot is zonnewarmte meegenomen in 2030²⁶. Uit een extra analyse over de impact van zonnewarmte op het elektriciteitsnet blijkt de totale duur van tekorten in het scenario 376 uur met zonnewarmte ten opzichte van 2337 uur zonder zonnewarmte (Figuur 8). De maximale piekvraag gaat echter bij een koude wintersimulatie niet significant naar beneden. Dit komt doordat op een dergelijk moment zonnewarmte maar beperkt aanwezig is. Wel is duidelijk dat het aantal pieken en de duur van pieken over het jaar gereduceerd wordt door de inzet van zonnewarmte. De toegevoegde waarde van deze reductie is nu nog moeilijk in te schatten. Wel is zeker dat het de stabiliteit van het net ten goede komt. De inzet van zonnewarmte kan echter netverzwaring niet direct voorkomen, aangezien het net op de grootste piek wordt gedimensioneerd.

Wel is het zo dat het verzwaren van het net kan worden afgewogen tegen alternatieve flexibele oplossingen zoals opslag of vraagsturing.



Figuur 8 Simulatie van het aantal en duur van tekorten in het elektriciteitsnet met en zonder zonnewarmte, voor het warmtescenario in 2030.

De simulatie uit Figuur 8 laat een groot verschil in het aantal en de duur van tekorten zien in scenario's met en zonder zonnewarmte. Deze simulatie is gedaan in een scenario met grote penetratie van warmtenetten. De mate van elektrificatie is daarmee juist beperkt. Naar verwachting is het effect nog veel groter wanneer uitgegaan wordt van grootschalige elektrificatie in de gebouwde omgeving, zoals in het Elektronen scenario van Berenschot.²⁷

²⁶ Berenschot 2018, Waterstof voor warmtenetten.

²⁷ Berenschot 2018, Elektronen en/of moleculen.

Belemmeringen in de toepassing van zonnewarmte

Hoofdstuk 4

Momenteel concurreert zonnewarmte met fotovoltaïsche panelen. Huidige fiscale regelingen (btw-aftrek, hogere energiebelasting op elektriciteit) en subsidies (salderingsregeling) maken echter dat fotovoltaïsche panelen vaak voordeliger zijn.



Er is een bepaalde hoeveelheid dakoppervlakte beschikbaar en deze wordt veelal óf met zonnecollectoren óf met PV-panelen gevuld. Beide technieken worden echter anders gestimuleerd en gesubsidieerd. Dit komt doordat zonnewarmte niet terug kan worden geleverd aan het energienet (technische gezien zou dit bij een warmtenet wel kunnen): het moet gebruikt worden waar het opgewekt wordt, in de woning. Hierdoor is de installatie van een boiler noodzakelijk. Daarnaast is het bij de berekening van de EPC norm zo dat bij PV-panelen rekening wordt gehouden met het opwekkingsrendement van de energiecentrale. Omdat deze relatief slecht is, is de opwek van PV-panelen binnen de huidige NEN7120 en nieuwe NTA8800 erg hoog. Immers wordt het rendement van PV-panelen gedeeld door opwekking van de centrale. Dit betekent binnen de NEN7120 (en dus EPC en EPA) berekeningen dat PV-panelen 2x beter worden beoordeeld dan bijvoorbeeld zonnewarmte. Bij zonnewarmte wordt namelijk uitgegaan van een PEF van 1. Deze factor zorgt ervoor dat in de nieuwbouw sneller PV-panelen dan zonneboilers worden toegepast. Juist in de nieuwbouw is elektrificatie makkelijk inpasbaar en heeft zonnewarmte extra toegevoegd waarde. Het creëren van een gelijk spelveld zal de toepassing van zonnewarmte bevorderen.

Belasting op aardgas is in verhouding tot elektriciteit laag. Dit maakt dat zonnewarmte moeilijk kan concurreren met het goedkoop verwarmen van tapwater met aardgas. Dit geldt uiteraard voor elk alternatief voor aardgas.

Zonnewarmte is niet alleen inzetbaar voor tapwater maar ook voor ruimteverwarming, waardoor meer van de opgewekte energie benut wordt. Sommige HR-gasketels en warmtepompen maken deze dubbele inzet mogelijk. Echter veel warmtepompen en HR-gasketels²⁸ nog niet, deze zijn nog niet zo te combineren dat zonnewarmte naast warmte voor tapwater ook voor ruimteverwarming wordt ingezet., Het goed integreren en inregelen van zonnewarmte met andere verwarmingstechnieken zorgt voor een duurzamer en optimaler systeem en voor lagere energiekosten en hiermee betere terugverdiertijden voor zonnecollectoren.

²⁸ Dit geldt natuurlijk ook voor pelletkachels, houtkachels en andere verwarmingstechnieken.

Aanbevelingen en kansen

Hoofdstuk 5

Veel gemeentes moeten straks keuzes gaan maken waar eindgebruikers en gebouweigenaren direct mee te maken krijgen. Woningbouwcorporaties, gebouweigenaren en particulieren moeten gaan investeren om te verduurzamen. Wanneer gekozen wordt voor grootschalige elektrificatie moet er veel aan de woning gebeuren. Het eindbeeld is hierbij vaak een volledig gasloze woning met warmtepomp. In dit paper hebben we geïllustreerd wat de waarde van zonnewarmte hierin kan zijn: lagere tot gelijke jaarlijkse kosten voor een directere CO₂-besparing en minder elektriciteitsverbruik.



5.1 De rol van zonnewarmte in de RES en transitievisies warmte

Een tweede verduurzamingsroute die veel gekozen wordt is verduurzaming met behulp van warmtenetten. Hiermee worden veel kosten binnen de woning vermeden. Wanneer voor een warmtenet gekozen wordt, is het essentieel dat de bron van die warmtenetten ook duurzaam is. Doordat zonnewarmte als bron kan worden gebruikt, vergroot dit de mogelijkheden voor warmtenetten. Op plaatsen waar normaliter niet voldoende geothermie en restwarmte beschikbaar is of tegen te hoge kosten, kan met het plaatsen van zonnecollectoren in combinatie met seizoensopslag toch een warmtenet worden aangelegd.

Gemeenten stellen uiterlijk in 2021 een Transitievisie Warmte vast.²⁹ Per wijk besluit de gemeenteraad in een uitvoeringsplan op wijkniveau over de toekomstige energie-infrastructuur van een wijk. Dit biedt het kader waarbinnen gebouweigenaren, netbeheerders, warmtebedrijven, gemeente en andere partijen investeringsbeslissingen nemen. Door zonnewarmte mee te nemen in deze plannen wordt de ruimtelijk en financiële impact voor zowel de eindgebruiker als de maatschappij minder. Bovendien kan de toepassing van zonnewarmte voor een versnelling in CO₂-reductie zorgen: het is immers in elke situatie toepasbaar, zowel voor een all-electric situatie als voor een situatie met warmtenetten. Hiermee kunnen ook al vóór 2021 met zonnewarmte stappen worden gezet in de energietransitie.

29 10 juli 2018, voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord.

In het Voorstel voor hoofdlijnen van het klimaatakkoord worden expliciet twee duurzame bronnen voor warmtenetten benoemd, namelijk opschaling van geothermie en aquathermie. Het aanboren van deze bronnen is noodzakelijk om op veel locaties tot betaalbare duurzame warmte voor warmtenetten te kunnen komen. Zonnewarmte hoort zeker ook in dit rijtje te staan zoals men in Denemarken heeft aangetoond.

De diversiteit aan verduurzamingsmogelijkheden en de consequenties op het gebied van systeemintegratie in de gebouwde omgeving maakt keuzes maken moeilijk. Voor elke situatie zijn verschillende verduurzamingsroutes denkbaar. De optimale keuze verschilt dan ook sterk per situatie, waarbij rekening gehouden dient te worden met technische en economisch aspecten, maar ook met zachtere factoren als voorkeuren, waardering van comfort en impact op leefomgeving en het landschap. Zonnewarmte kan daarin een belangrijke rol spelen.

5.2 Aanbevelingen

- Neem zonnewarmte mee in planvorming bij het schetsen van het eindbeeld, zowel bij grootschalige elektrificatie als voor warmtenetten is zonnewarmte een slimme keus.
- Technologieën in de woning dienen elkaar zoveel mogelijk te complementeren. Wij adviseren te stimuleren dat verschillende systemen met elkaar te combineren zijn en elkaar complementeren, ook in innovatie programma's.
- Er zijn veel verschillende technieken op de markt, maar installatiekosten maken vaak nog een groot deel van de kosten uit. Het plug-and-play maken van technieken, ook bij de integratie van verschillende technieken, lijkt ons een belangrijke stap.
- Creëer een gelijkspelveld voor zonnewarmte in termen van subsidiering en rekenmethodieken voor de (BENG) EPC en EPA.
- Consumenten en gebouweigenaren zijn afhankelijk van adviezen van energieprofessionals. Vaak zijn dit installateurs met een specifieke ervaring met bepaalde technieken. Hierdoor is het advies afhankelijk van de ervaringen en kennis voor specifieke technieken van de installateur. Daarnaast is het voor consumenten zelf vaak te complex om zelf te bepalen wat de optimale keuze in zijn of haar situatie is. Daarom raden wij aan om een goed vergelijkend platform te creëren waarin integrale energiesystemen voor verschillende woningtypen met bouwjaren kunnen worden doorgerekend. Daarnaast is het opleiden van installateurs voor nieuwe technieken erg belangrijk. Hierdoor kan de consument zich beter oriënteren en gericht om advies vragen.

Dit position paper is mogelijk gemaakt en wordt mede onderschreven door de volgende partijen:



Het gedachtegoed van dit position paper wordt mede onderschreven door:





Berenschot

Berenschot is een onafhankelijk organisatieadviesbureau met 350 medewerkers wereldwijd. Al 80 jaar verrassen wij onze opdrachtgevers in de publieke sector en het bedrijfsleven met slimme en nieuwe inzichten. We verwerven ze en maken ze toe-
pasbaar. Dit door innovatie te koppelen aan creativiteit. Steeds opnieuw. Klanten kiezen voor Berenschot omdat onze adviezen hen op een voorsprong zetten.

Ons bureau zit vol inspirerende en eigenwijze individuen die allen dezelfde passie delen: organiseren. Ingewikkelde vraagstukken omzetten in werkbare constructies. Door ons brede werkerrein en onze brede expertise kunnen opdrachtgevers ons inschakelen voor uiteenlopende opdrachten. En zijn we in staat om met multidisciplinaire teams alle aspecten van een vraagstuk aan te pakken.

Berenschot Groep B.V.

Europalaan 40, 3526 KS Utrecht

Postbus 8039, 3503 RA Utrecht

030 2 916 916

www.berenschot.nl

[in /berenschot](https://www.linkedin.com/company/berenschot)