SERVICEPUNT DUURZAME ENERGIE

DE TECHNIEKEN VAN DE WARMTETRANSITIE

Duurzame warmtevoorziening bestaande woningen

JUNI 2022

SERVICEPUNT
DUURZAME ENERGIE

Colofon

Publicatie

Titel:	Duurzame warmtevoorziening bestaande woningen
Auteur:	Servicepunt Duurzame Energie
Contactpersoon:	Peter-Paul Smoor
Datum:	13 juni 2022
Versie:	5.1

Organisatie

Het Servicepunt Duurzame Energie (SPDE) ondersteunt gemeenten, regio's en andere betrokkenen in Noord-Holland bij de energietransitie in de gebouwde omgeving. Dat doen we in opdracht van de Provincie Noord-Holland. Het Servicepunt deelt kennis en ervaringen, biedt expertise en is gangmaker voor het onderlinge gesprek. Signaleren we gemeente-overstijgende vraagstukken, dan pakken we die op. De organisaties die momenteel in opdracht van de provincie Noord-Holland de uitvoering van het Servicepunt Duurzame Energie verzorgen, zijn Over Morgen, Frisse Blikken, Andersson Elffers Felix (AEF) en 5PLUS1.

Contactgegevens

Vragen over het Servicepunt Duurzame Energie of over deze publicatie kunt u aan ons toesturen via ons e-mailadres: info@servicepuntde.nl

Servicepunt Duurzame Energie
Kleine Koppel 26
3812 PH Amersfoort

Eigendomsrechten

De inhoud van onze publicatie mag alleen na schriftelijke toestemming van het Servicepunt Duurzame Energie worden vermenigvuldigd. Neem hiervoor contact op met het servicepunt via: info@servicepuntde.nl

Provincie Noord-Holland · OVER MORGEN · Andersson Elffers Felix · FRISSE BLIKKEN · 5PLUS1 GEDRAG & BELEID

Inhoudsopgave

Samenvatting **4**
Verlagen van de warmtevraag en de verwarmingstemperatuur *4*
Collectieve warmtevoorziening *4*
Individuele warmtevoorziening *5*
Verduurzamen van de bronnen en opslag van warmte. *5*

1 Inleiding **7**

2 Verlagen van de warmtevraag en de afgiftetemperatuur van het verwarmingssysteem **9**
2.1 Isoleren als randvoorwaarde *9*
2.2 Verbeteren van woningen in stappen *12*
2.3 Lagere afgiftetemperatuur verwarmingssysteem woning *12*
2.4 Starten met duurzame warmtevoorziening *13*

3 Collectieve warmtevoorziening **14**
3.1 Collectieve warmtevoorziening op gebouwniveau *15*
3.2 Collectieve warmtevoorziening voor gebied *19*

4 Individuele warmtevoorziening **25**
4.1 Hybride warmtepomp *25*
4.2 All electric warmtepomp *26*
4.3 Infrarood *27*

5 Verduurzamen van de bronnen en opslag van warmte **28**
5.1 Duurzame elektriciteit *28*
5.2 Groen gas en groen waterstofgas *29*
5.3 Toepassing waterstof voor het verwarmen van woningen *30*
5.4 Noodzaak van warmte-opslag *31*
5.5 Warmte-opslagtechnieken *32*

Samenvatting

In deze publicatie behandelen we de technische opgave richting een duurzame warmtevoorziening voor woningen als belangrijke stap naar een CO_2-neutrale gebouwde omgeving. We onderscheiden daarbij vier verschillende opgaves:

1. Verlagen van de warmtevraag en de verwarmingstemperatuur;
2. Collectieve warmtevoorziening;
3. Individuele warmtevoorziening;
4. Verduurzamen van de bronnen en opslag van warmte.

Verlagen van de warmtevraag en de verwarmingstemperatuur

De potentie van warmtebesparende maatregelen bij woningen gebouwd voor 1995 is hoog: gemiddeld 25 procent van het totale huidige gasgebruik voor ruimteverwarming en warmtapwater. Met het Nationaal Isolatieprogramma zet de overheid daarom in op een langjarige, programmatische aanpak van slecht geïsoleerde huur- en koopwoningen, met als doel de verduurzaming van 1,5 miljoen woningen in 2030. Het is noodzakelijk dat iedere huizenbezitter start met het nemen van warmtebesparende maatregelen. De natuurlijke momenten van onderhoud, verbouwing en verhuizing moeten zoveel mogelijk worden benut, zodat de kosten zo laag mogelijk blijven. Alleen dan kunnen zoveel als mogelijk woningen op het niveau komen dat deze efficiënt, comfortabel en duurzaam verwarmd kunnen worden. Er worden hiermee meerdere doelen bereikt:

- De energierekening blijft betaalbaar voor de kleine portemonnee;
- De gevraagde capaciteit van de energie-infrastructuur wordt hiermee beperkt.
  Het elektriciteitsnet in Nederland zit op veel plekken in Noord-Holland al aan de maximale capaciteit
- Er hoeft minder energie opgewekt hoeft te worden.

Om aan de doelstellingen uit het klimaatakkoord te kunnen voldoen, is isoleren alleen niet voldoende. Het is daarom van belang dat woningeigenaren samen met overheden sterk gaan sturen op een duurzame warmtevoorziening. Er zijn daarbij twee routes denkbaar:

1. De collectieve route, waarbij meerdere woningen worden aangesloten op een collectieve warmtevoorziening.
2. De individuele route, waarbij iedere woningeigenaar een eigen keuze maakt voor de warmtevoorziening, zowel in techniek als in tijd.

Collectieve warmtevoorziening

Een collectieve warmtevoorziening is niet voor alle woningen haalbaar. Er moet voldaan worden aan een aantal belangrijke randvoorwaarden. De eerste belangrijke randvoorwaarde is dat er voldoende bouwdichtheid is. Voor gestapelde woongebouwen is het daarom interessanter om collectief verwarmd te worden dan voor grondgebonden woningen. Gestapelde woongebouwen kunnen verwarmd worden met collectieve (hybride) warmtepompen op gebouwniveau.

Het kan ook interessant zijn om meerdere woongebouwen aan te sluiten op een collectieve warmtevoorziening in plaats van een oplossing op gebouwniveau. Of een collectieve warmte-voorziening voor een bepaald gebied de voorkeur heeft boven een collectieve voorziening op gebouwniveau of een individuele voorziening op woningniveau, hangt met name af van de volgende factoren:

1. Er moet **voldoende schaal** georganiseerd kunnen worden;
2. De woongebouwen moeten logisch **geografisch zijn geclusterd** en **binnen een periode van 3-5 jaar worden aangesloten** op de energievoorziening;
3. Er moet **voldoende bebouwingsdichtheid** zijn;
4. De **kosten voor de productie van warmte**. Dit hangt samen met de schaal van het systeem en de beschikbare bron.

Bij een collectieve warmtevoorziening op gebiedsniveau worden de woningen aangesloten op een warmtenet. De warmte wordt geproduceerd met een collectieve warmtepomp in de wijk of er wordt gebruik gemaakt van restwarmte uit de industrie of geothermie als warmtebron. Een collectieve warmtepomp kan gebruik maken van meerdere warmtebronnen, zoals buitenlucht, bodemenergie, aquathermie of datathermie. Welke bron het best past is afhankelijk van de locatie, de schaal van het systeem en of er naast warmte ook gebruik gemaakt wordt van koeling.

Individuele warmtevoorziening

Een groot deel van de woningvoorraad is minder geschikt voor een collectieve warmtevoorziening: de bebouwingsdichtheid is te laag is of de benodigde schaal die nodig is voor een collectieve warmtevoorziening kan niet worden georganiseerd. Deze woningen zullen dus verduurzaamd worden met een individuele (hybride) warmtepomp. Een groot voordeel van een individuele warmtevoorziening is dat iedere woningeigenaar een eigen keuze maakt voor de warmte-voorziening, zowel in techniek als in tijd.

Verduurzamen van de bronnen en opslag van warmte.

Ongeacht de keuze voor een collectieve of individuele warmtevoorziening gaat elektriciteit een steeds grotere rol spelen voor het verwarmen van de gebouwde omgeving. In beide gevallen worden in veel gevallen warmtepompen ingezet om een temperatuur aan de woningen te kunnen leveren die nodig is voor ruimteverwarming en de opwek van warm tapwater. Zon, wind en mogelijk ook kernenergie op de langere termijn zijn daarvoor de meest logische bronnen voor Nederland op dit moment. De ambitie van de overheid is om in 2030 al 70 procent van de elektriciteit duurzaam op te wekken en alle kolencentrales uit te faseren.

Waterstof is heel hard nodig als grondstof en voor het verduurzamen van de industrie en zwaar transport. Het is daarom niet te verwachten dat waterstof of groen gas een grote rol kan gaan spelen in een CO_2-arme gebouwde omgeving, anders dan als piekvoorziening om het elektriciteits-net (of warmtenet) te ontlasten op koude dagen als de vraag naar verwarming het hoogst is.

Om de warmtetransitie mogelijk te maken zal warmteopslag een belangrijke rol gaan vervullen, omdat:

- De capaciteit van het elektriciteitsnet beperkt is en het verhogen van de capaciteit geld en tijd kost;
- Warmteopslag kan leiden tot lagere investeringskosten en onderhoudskosten voor warmtepompen en in infrastructuur;
- Het aanbod van elektriciteit minder stabiel wordt. Nu is elektriciteit altijd beschikbaar. Bij een elektriciteitsmix met veel zon- en windenergie is dat niet meer het geval;
- Vraagsturing interessanter wordt, omdat elektriciteit op bepaalde momenten goedkoop is om in te kopen en om bepaalde momenten kostbaar.

1 Inleiding

In het Klimaatakkoord is afgesproken dat Nederland in 2030 de uitstoot van broeikasgassen met 49 procent zal hebben teruggebracht ten opzichte van 1990. In het regeerakkoord van 2021 is het voornemen uitgesproken om een stap extra te zetten en het beleid in te richten op tenminste 55 procent CO_2-reductie in 2030. Aardgas heeft een significant aandeel in de uitstoot van broeikasgassen. Van de ongeveer 40 miljard m3 aardgas die we per jaar in Nederland verbruiken, wordt circa 30 procent gebruikt om woningen en gebouwen te verwarmen, te voorzien van warm water, en om te kunnen koken. Om dit te kunnen bereiken zullen we dus veel minder aardgas moeten gaan gebruiken. Zo ook voor de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving.

Daarnaast speelt dat we voor aardgas erg afhankelijk zijn geworden van import door het verminderen van en uiteindelijk stoppen met aardgaswinning in Groningen. Hierdoor neemt het broeikaseffect van aardgasgebruik toe als gevolg van grotere transportverliezen door gas-pijpleidingen en omzetverliezen naar vloeibaar aardgas (LNG) en het transport daarvan per schip. Ook zijn we steeds meer afhankelijk van geopolitieke onrust, met sterk fluctuerende prijzen en periodes van veel hogere gasprijzen dan we gewend waren tot gevolg.

De transitie van aardgas naar duurzame energiebronnen is een enorme maatschappelijke opgave. Er ligt daarbij een grote rol voor de overheid, zowel op landelijk als op provinciaal en lokaal niveau. Er moeten grote investeringen gedaan worden in het isoleren van woningen en in een duurzame warmtevoorziening. Een van de belangrijkste technische voorwaarden voor de energietransitie is de realisatie van een toekomstbestendige energie-infrastructuur, als alternatief en aanvullend op de huidige gasinfrastructuur. Niet alleen woningen en gebouwen, maar ook de ondergrond en de openbare ruimte zullen hiervoor op de schop gaan. Dit maakt de transitie complex en vergt een gefaseerde uitvoering. Tegelijkertijd moet er wel tempo worden gemaakt om de doelstellingen voor 2030 te halen.

In ongeveer 95 procent van de woonwijken in Nederland ligt een gasnet. In veel wijken zal het gasnet voorlopig nog blijven liggen. Dit is nodig, omdat de huidige capaciteit van het elektriciteits-net onvoldoende is om alle woningen met warmtepompen te verwarmen en lang niet alle wijken geschikt zijn voor warmtenetten. Het gasnet in Nederland heeft ongeveer vijf keer meer capaciteit dan het huidige elektriciteitsnet. Het verzwaren van het elektriciteitsnet kost tijd en geld. Daarom zetten veel gemeenten in de tussentijd in op het besparen van aardgasverbruik in de bestaande bouw. De combinatie van isolerende maatregelen en hybride warmtepompen levert bijvoorbeeld ongeveer 65 procent aardgasbesparing op. Daarmee wordt een directe bijdrage geleverd aan de reductiedoelstellingen voor 2030. Op plekken waar dat interessant is, worden intussen voor-bereidingen getroffen voor de aanleg of uitbreiding en verduurzaming van warmtenetten. Alle ontwikkelingen en technieken zijn nodig om een duurzame warmtevoorziening voor onze woningen op grote schaal mogelijk te maken.

Deze notitie brengt inzicht en structuur in de technische opgave van de warmtetransitie. Dit is hard nodig om de discussies en onderwerpen op internet en binnen projecten zuiver te kunnen voeren op een gelijkwaardig kennisniveau.

In deze publicatie behandelen we de technische opgave richting een duurzame warmtevoorziening voor woningen als belangrijke stap naar een CO_2-neutrale gebouwde omgeving. We onderscheiden daarbij vier verschillende opgaves:

1. Verlagen van de warmtevraag en de verwarmingstemperatuur;
2. Collectieve warmtevoorziening;
3. Individuele warmtevoorziening;
4. Verduurzamen van de bronnen en opslag van warmte.

2 Verlagen van de warmtevraag en de afgiftetemperatuur van het verwarmingssysteem

Meer dan ooit tevoren zijn mensen bezorgd over de hoogte van hun energierekening door veel hogere energieprijzen dan voorheen. Daarom is besloten dat we sneller, slimmer en socialer moeten gaan isoleren. Dit gaan we doen via het Nationaal Isolatieprogramma, een langjarige, programmatische aanpak van slecht geïsoleerde huur- en koopwoningen.

In dit hoofdstuk bespreken we het belang van isoleren en het verlagen van de warmtevraag van de woning en de afgiftetemperatuur van het verwarmingssysteem. Naast het voordeel van energiebesparing en de noodzaak om de energierekening betaalbaar te houden voor de kleine portemonnee, is dit ook noodzakelijk omdat:

- De gevraagde capaciteit van de energie-infrastructuur hierdoor wordt beperkt. De huidige gasinfrastructuur kan heel veel vermogen leveren. Het elektriciteitsnet in Nederland zit op veel plekken in Noord-Holland al aan de maximale capaciteit. Het verhogen van de capaciteit kost geld, tijd en is niet ongelimiteerd;
- Er minder energie opgewekt hoeft te worden. We merken nu al dat het opwekken van duurzame energie een groot ruimtebeslag vraagt en dit zorgt voor weerstand bij omwonenden. Ook als de gehele windcapaciteit van de Nederlandse Noordzee wordt benut, is er nog niet voldoende elektriciteit voor een duurzame energievoorziening van Nederland.

2.1 Isoleren als randvoorwaarde

Bijna iedereen is het erover eens: stap één in de warmtetransitie is het isoleren van zoveel mogelijk bestaande woningen. Daar kan direct mee worden gestart. Bovendien zijn de te nemen maatregelen om woningen naar een basisniveau van isolatie te brengen onafhankelijk van de uiteindelijke duurzame warmtevoorziening. Ook als de woningen later worden aangesloten op een warmtenet, zorgt het isoleren van de woningen ervoor dat de bron minder warmte hoeft op te wekken of kunnen meer woningen op dezelfde broncapaciteit worden aangesloten.

Welke isolatiemaatregelen doelmatig genomen kunnen worden is afhankelijk van het bouwjaar, het type woning, de maatregelen die al zijn genomen, de investeringsbereidheid van de eigenaar en de mate van overlast voor de bewoner. Voor het efficiënt uitvoeren van een maatregel is een eigenaar daarnaast ook vaak afhankelijk van een geschikt ofwel 'natuurlijk' moment. Het isoleren van de kap van een woning aan de binnenzijde is bijvoorbeeld eenvoudiger en veel goedkoper op het moment dat ook de slaapkamers op zolder worden verbouwd. Bij huurwoningen is de eigenaar tenslotte ook nog afhankelijk van de wensen van de huurder en bij gestapelde woningbouw in particulier bezit is de eigenaar afhankelijk van plannen van de VvE.

De isolatieopgave is dus complexer dan het lijkt en zal daarom tijd kosten. Voor iedere vastgoedeigenaar is het tijdspad anders. Niet alleen vanwege het bouwjaar, maar met name vanwege de bereidheid en/of mogelijkheid om te investeren en ook omdat de natuurlijke momenten van onderhoud, verbouwing en verhuizing verschillend zijn.

Besparingspotentieel isolatiemaatregelen

De potentie van warmtebesparende maatregelen bij woningen gebouwd voor 1995 is hoog: gemiddeld 25 procent van het totale huidige gasgebruik voor ruimteverwarming en warmtapwater. Als er meerdere maatregelen worden genomen en de woning is in zijn geheel nog niet is geïsoleerd, dan kan de besparing oplopen tot wel 50 procent. Bij de meeste woningen zijn al diverse maatregelen genomen. Daarom ligt de totale potentie meestal lager. Er kan warmte c.q. aardgas worden bespaard door:

- Isolatiemaatregelen aan vloer, gevel, raam en dak;
- Eenvoudige warmtebesparende maatregelen, zoals het inregelen van de verwarmingsinstallatie, radiatorfolie, radiatorventilatoren en tochtstrips.

Afhankelijk van de maatregel of het pakket aan maatregelen, kan in woningen met tussen de 5 procent en 50 procent worden bespaard op het totale gasverbruik voor ruimteverwarming en warm tapwater. De besparingspotentie van isolatiemaatregelen hangt sterk af van:

- Het stookgedrag van de bewoner;
- De mate waarin een woning of bouwdeel al is geïsoleerd;
- Het oppervlak dat kan worden geïsoleerd;
- Het type en aantal maatregelen dat wordt genomen.

Als er maar één maatregel wordt genomen met een beperkt oppervlak, of als het bouwdeel al matig is geïsoleerd, dan is het effect beperkt (onderkant bandbreedte). Worden er meerdere maatregelen genomen en de woning is in zijn geheel nog niet geïsoleerd, dan kan de besparing oplopen tot wel 50 procent (bovenkant bandbreedte).

Maatregelen grondgebonden woningen

Bij grondgebonden woningen, zoals rijwoningen, hoekwoningen, twee-onder-een-kapwoningen en vrijstaande woningen hebben de volgende drie maatregelen hebben het meeste effect:

- Dakisolatie of zoldervloerisolatie - op het moment dat het dak nog geen, of zeer beperkte isolatie heeft.
- Vervangen van enkel- of dubbelglas door HR++ glas;
- Isoleren van spouwmuur - indien breder dan 40 mm - en isoleren van gevelpanelen.

De volgende maatregelen zijn nuttig, maar leveren minder besparing op:

- Dak- of zoldervloerisolatie op het moment dat het dak al deels of matig is geïsoleerd;
- Isoleren van de begane grondvloer.;

Maatregelen gestapelde woningbouw

Bij gestapelde woningbouw, zoals appartementencomplexen, portiekflats, en galerijflats hebben de volgende drie maatregelen hebben het meeste effect:

- Vervangen van enkel- of dubbelglas door HR++ glas;
- Isoleren van spouwmuur - indien breder dan 40 mm - en isoleren van gevelpanelen.
- Dakisolatie op het moment dat het dak nog niet of slechts matig is geïsoleerd. Let op: heeft alleen besparingseffect voor woningen direct gelegen onder het dak.

De volgende maatregel is nuttig, maar levert minder besparing op;

- Isoleren van vloer of plafond van bergingen op begane grond. Let op: heeft alleen besparingseffect voor woningen gelegen op eerste woonlaag;

Eenvoudige warmte besparende maatregelen

Afhankelijk van de maatregel of het pakket aan maatregelen kan in de bestaande bouw tot 10 procent worden bespaard op het totale gasverbruik voor ruimteverwarming en warm tapwater met eenvoudige maatregelen, zoals het inregelen van de verwarmingsinstallatie, radiatorfolie, radiatorventilatoren en tochtstrippen. Het inregelen van de verwarmingsinstallatie heeft van deze maatregelen de grootste besparingspotentie.

STANDAARD EN STREEFWAARDEN VOOR ISOLATIE

In 2021 is de Standaard voor woningisolatie geïntroduceerd. Deze Standaard is recentelijk opgenomen op het energielabel van een woning en geeft een doel aan voor maximale warmtevraag van de woning om aardgasvrij te kunnen worden: de hoeveelheid energie die nodig is voor het verwarmen van de woning. De Standaard probeert woningeigenaren hiermee een antwoord te geven op de vraag: "hoever moet ik isoleren?" Het biedt daarmee handelingsperspectief voor eigenaren die (stapsgewijs) willen verduurzamen. De waarde van de Standaard wordt in kWh warmte per m2 weergegeven. Wat de doelwaarde voor een woning is, hangt af van een aantal factoren:

- **Is de woning een eengezinswoning of een appartement?**
- **Is de woning vooroorlogs of na-oorlogs (voor 1945 gebouwd of na 1945)?**
- **Is de woning heel compact gebouwd? Dit wordt weergegeven door een factor voor compactheid: vloeroppervlak / som van oppervlaktes grenzend aan buitenlucht of grond.**

Over het algemeen zal een naoorlogse woning met de Standaard ongeveer tot een label A of B zonder zonnepanelen komen. Voor vooroorlogse woningen is het vergelijkbaar met label D zonder zonnepanelen. Bij het behalen van de Standaard is een naoorlogse woning normaal gesproken klaar voor een aanvoertemperatuur van 50 graden. Een vooroorlogse woning is klaar voor een aanvoertemperatuur van 70 graden.
De Standaard geeft aan hoe laag de warmtevraag van de woning als geheel moet zijn, maar geeft geen antwoord op de vraag hoe goed individuele componenten geïsoleerd moeten zijn. Daarvoor dienen de Streefwaarden.

DE STREEFWAARDEN

Naast de Standaard zijn er ook Streefwaarden gepubliceerd. Die geven richting aan de isolatie van individuele componenten zoals dak, vloer en muren. De Streefwaarden geven de optimale kwaliteit aan die voor componenten behaald kunnen worden. Dit zijn isolatiewaarden vergelijkbaar met die van met nieuwbouw-woningen. Als alle streefwaarden worden behaald, wordt de warmtevraag van de woning tot ruim onder de Standaard gereduceerd.

De Streefwaarden geven dus een soort maximale isolatiewaarde. In de praktijk zal dit voor verschillende componenten niet de meest logische of economisch meest interessante waarde zijn. Dat komt omdat zoveel extra isoleren soms praktisch lastig is (denk aan het plaatsen van een extra buitenschil om de woning) en ook niet eenvoudig terugverdiend kan worden op de energierekening. Het eenvoudigste kan dan ook aan de Standaard worden voldaan door alle individuele componenten redelijk te isoleren, in plaats van sommige componenten naar de Streefwaarde te isoleren.

2.2 Verbeteren van woningen in stappen

Het is noodzakelijk dat iedere huizenbezitter start met het nemen van warmtebesparende maatregelen. De natuurlijke momenten van onderhoud, verbouwing en verhuizing moeten zoveel mogelijk worden benut, zodat de kosten zo laag mogelijk blijven. Alleen dan kunnen zoveel als mogelijk woningen in 10 tot 20 jaar op het niveau komen dat deze efficiënt, comfortabel en duurzaam verwarmd kunnen worden en blijft de overlast voor bewoners beperkt. Voordeel is dat deze momenten ook beter te plannen zijn voor eigenaren, zoals VvE's, beleggers en woningcorporaties. Dat is van belang omdat de investeringen zo beter kunnen worden gespreid in de tijd. De eerste stappen kunnen dus al gezet worden. Voorbeelden zijn:

- Het isoleren van spouwen. Bijna alle woningen gebouwd tussen 1950 en 1985 hebben een spouw, waar geen isolatie is aangebracht tijdens de bouw. Woningen gebouwd voor 1920 hebben doorgaans geen spouw en een deel van de woningen tussen 1920 en 1950 hebben een spouw.
- Het plaatsen van HR++ glas en het dichten van kieren gelijktijdig met het schilderen van de kozijnen;
- Het isoleren van platte daken, gelijktijdig met het vervangen van de dakbedekking;
- Het isoleren van begane grondvloeren, daar waar er een kruipruimte aanwezig is;
- Het isoleren van de zoldervloer tussen de balklagen, als de zolder met name wordt gebruikt als bergruimte;
- Het isoleren van schuine daken aan binnenzijde in combinatie met een verbouwing.

2.3 Lagere afgiftetemperatuur verwarmingssysteem woning

Vaak wordt gezegd dat het rendement van een warmtepomp sterk wordt bepaald door de warmtebron. Dit is slechts ten dele waar. Het rendement wordt veel sterker beïnvloed door de afgiftetemperatuur van het verwarmingssysteem (de temperatuur van het warme water dat de radiatoren in stroomt). Het isoleren en het inregelen van het verwarmingssysteem zorgt voor minder warmtevraag. Bovendien kan de beschikbare capaciteit van de radiatoren beter worden benut en kan de afgiftetemperatuur van het verwarmingssysteem omlaag. Dit heeft dus een gunstig effect op het rendement van de warmtevoorziening. In tabel 2.1 is te zien dat het gemiddeld jaarlijks rendement (COP) van een warmtepomp sterk afhankelijk is van de gemiddelde afgiftetemperatuur. Hoe lager de COP, hoe slechter het rendement en hoe meer elektriciteit nodig is om dezelfde hoeveelheid warmte op te wekken.

Afgiftetemperatuur verwarmingssysteem					
	35°C	45°C	55°C	65°C	75°C
COP	5,1	3,9	3,2	2,8	2,4

Tabel 2.1: Indicatie gemiddeld jaarlijks rendement (COP) lucht-water warmtepomp.

Het rendement van een warmtepomp is bij een nieuwbouwwoning met vloerverwarming en een afgiftetemperatuur van 35°C meer dan twee keer beter dan bij een relatief slecht geïsoleerde woning met een gemiddelde afgiftetemperatuur van 75°C. De combinatie van het verlagen van de warmtevraag en de afgiftetemperatuur in de woning heeft dus een versterkend effect op elkaar.

Als de warmtevraag tweemaal lager is en de efficiëntie twee keer hoger, dan is viermaal minder elektriciteit nodig om de woning te verwarmen. Beide hebben dus grote impact op jaarlijkse vraag naar elektriciteit en de capaciteit die wordt gevraagd van het elektriciteitsnet.

Door isoleren en inregelen kan de verwarmingstemperatuur vaak maar beperkt worden verlaagd, omdat de bestaande capaciteit van de radiatoren nog de beperkende factor is voor verdere verlaging. Om een woning met lagere temperaturen te kunnen verwarmen moeten daarom aanvullende maatregelen worden genomen. Het meest effectief is om de bestaande radiatoren te vervangen door lage temperatuurradiatoren of door een vloerverwarmingssysteem. Deze systemen hebben een groter stralingsoppervlak en daardoor meer capaciteit dan een traditionele radiator. Ook kan het helpen om radiatorventilatoren te plaatsen.

2.4 Starten met duurzame warmtevoorziening

Om aan de doelstellingen 2030 te kunnen voldoen, is isoleren alleen niet voldoende. Het is daarom van belang dat woningeigenaren samen met overheden sterk gaan sturen op een duurzame warmtevoorziening. Er zijn daarbij twee routes denkbaar:

1. De collectieve route, waarbij meerdere woningen worden aangesloten op een collectieve warmtevoorziening. Er wordt dus collectief besloten of voor een collectief besloten met welke techniek de woning wordt voorzien van warmte. Randvoorwaarde is dat alle eigenaren binnen een zo kort mogelijk tijdbestek aansluiten op de collectieve voorziening.
2. De individuele route, waarbij iedere woningeigenaar een eigen keuze maakt voor de warmtevoorziening, zowel in techniek als in tijd.

In de volgende hoofdstukken worden de collectieve en individuele route nader uitgewerkt.

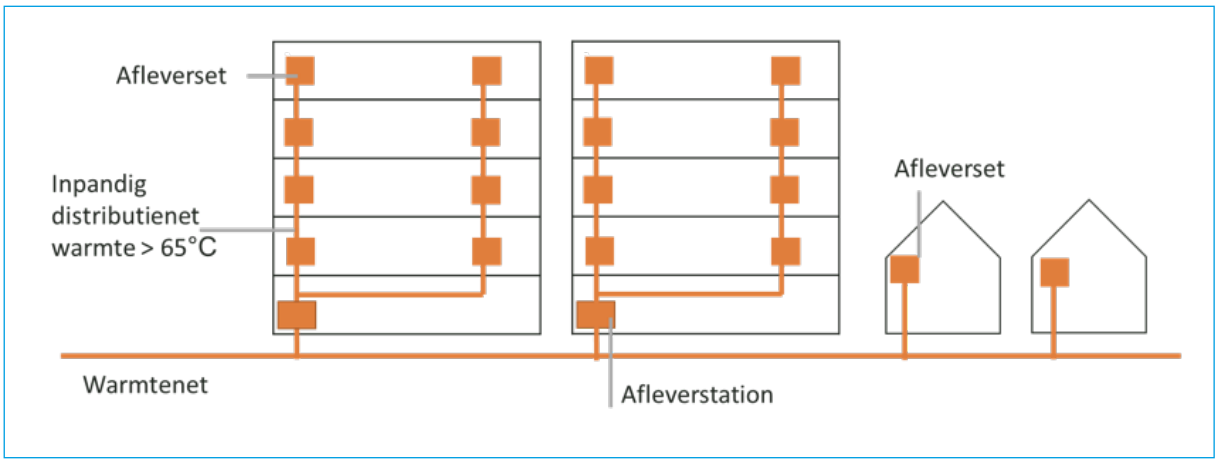
3 Collectieve warmtevoorziening

Een collectieve warmtevoorziening heeft een aantal belangrijke voordelen ten opzichte van een individuele warmte-opwekinstallatie per woning. Bij een collectieve energievoorziening:

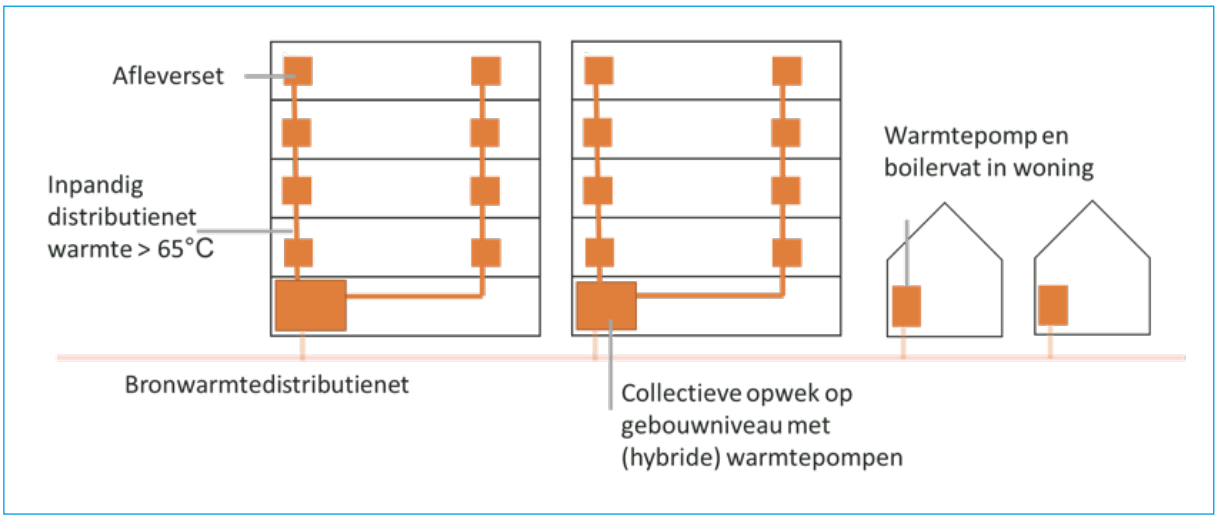
- Is het ruimtebeslag in de woningen kleiner dan bij een individuele voorziening per woning;
- Zijn de investerings- en onderhoudskosten in de warmte-opwekinstallatie per woning lager;
- Zijn de inkoopkosten van energie lager;
- Wordt er minder beslag gelegd op de beperkte capaciteit van het elektriciteitsnet.

Een collectieve warmtevoorziening is niet voor alle woningen haalbaar. Er moet voldaan worden aan een aantal belangrijke randvoorwaarden. Daar gaan we in dit hoofdstuk nader op in. Een collectieve warmtevoorziening kan gerealiseerd worden op gebouwniveau, maar ook op gebiedsniveau. In dat laatste geval wordt gesproken over een warmtenet (afbeelding 3.1) of een bronwarmtedistributienet (afbeelding 3.2).

Bij een warmtenet wordt de warmte collectief op een centrale plek in het gebied geproduceerd. Bij een bronwarmtedistributienet wordt er bronwarmte naar de woning of een woongebouw getransporteerd en is er dus nog een warmtepompsysteem in het gebouw of de woning nodig om de warmte te waarderen naar de benodigde temperatuur.



Afbeelding 3.1: Warmtenet, waar de warmte centraal in het gebied wordt geproduceerd.



Afbeelding 3.2: Bronwarmtedistributienet, waar alleen bronwarmte naar de woningen of woongebouwen wordt getransporteerd. De productie van warmte is decentraal op woningniveau of gebouwniveau.

3.1 Collectieve warmtevoorziening op gebouwniveau

Gestapelde woningen zijn veel minder geschikt voor het toepassen van individuele warmtepompen dan grondgebonden woningen. De woningen zijn relatief klein en het is lastig om de bron, de warmtepomp en de boiler ruimtelijk in te passen. Gestapelde woningbouw, met name de grotere complexen met meer dan 50 woningen en gebouwd na 1950, zijn daarom uitermate geschikt om met een collectieve warmtevoorziening verwarmd te worden. De vuistregel is daarbij: hoe meer woningen er aangesloten zijn op de collectieve warmtevoorziening, des te hoger de kostenefficiëntie die kan worden behaald.

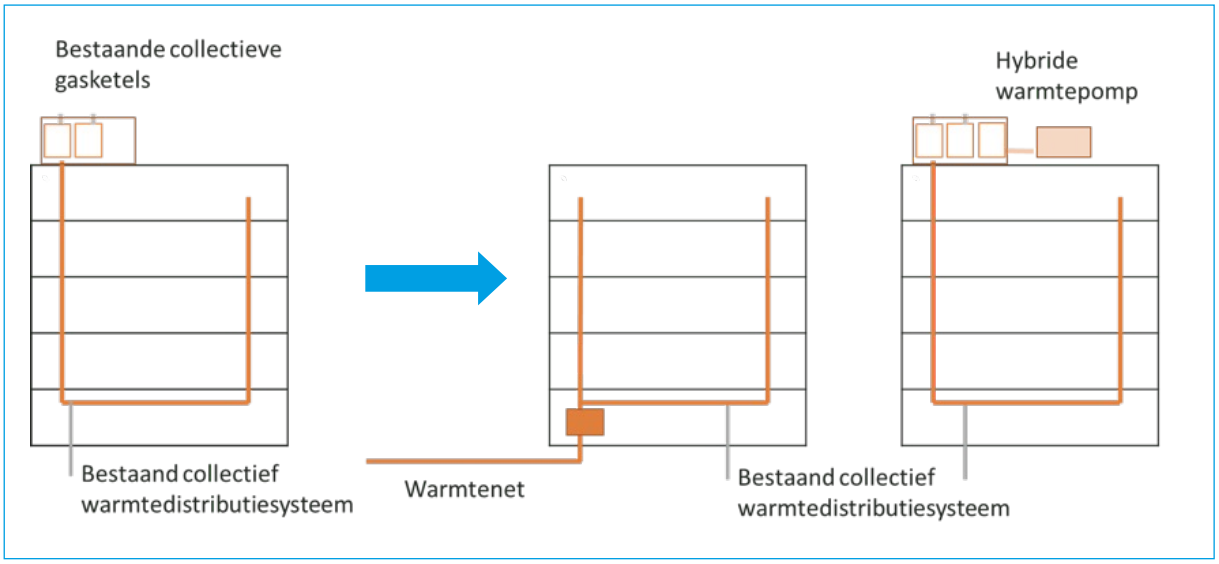
Als een collectieve warmtevoorziening eenmaal is gerealiseerd, dan is deze heel flexibel en past de voorziening bij alle energie-infrastructuren, zonder dat daarvoor nog aanpassingen gedaan moeten worden aan het gebouw of de woning. Het woongebouw kan dan verwarmd worden met een collectieve (hybride) warmtepomp op gebouwniveau of worden aangesloten op een warmtenet. De collectieve warmtevoorziening is daarmee robuust, flexibel en onderhoudsarm.

Woongebouwen met een bestaande collectieve warmtevoorziening
Bij gestapelde woningbouw met een bestaande collectieve warmtevoorziening (blokverwarming), kan al direct worden gestart met een collectief hybride warmtepompsysteem als aanvulling op de bestaande collectieve gasketels. Het is dan wel van belang dat er geen concrete plannen zijn om het woongebouw op korte termijn aan te sluiten op een warmtenet. Met een collectief hybride warmtepompsysteem kan 70-95 procent bespaard worden op het gasgebruik als de warmtepomp ook collectief warmtapwater opgewekt.

Vanaf ongeveer 50 woningen kan de investering in een collectieve hybride warmtepompsysteem rendabel zijn. Een collectief all electric warmtepompsysteem is vaak minder interessant dan hybride omdat:

- De investeringskosten en onderhoudskosten minimaal een factor twee hoger liggen, voor de laatste 5-30 procent gasbesparing;
- All electric veel meer capaciteit vraagt van het elektriciteitsnet, waardoor deze oplossing niet overal direct toepasbaar is, omdat eerst de capaciteit van het net uitgebreid moet worden;
- Het bestaande collectieve warmtedistributiesysteem vaak verouderd is, waardoor er relatief hoge aanvoertemperaturen nodig zijn op koude dagen om de woningen voldoende warm te krijgen. Bij deze temperaturen wordt het rendement van de warmtepomp zo laag, dat het efficiënter is dat een gasketel bijspringt.

Een collectief hybride warmtepompsysteem is voor gestapelde bouw daarom een belangrijke eerste stap naar een duurzame warmtevoorziening. Aan het einde van de levensduur van het hybride warmtepompsysteem, na ongeveer 15 jaar kan dan alsnog gekozen worden voor een all electric systeem of aansluiting op een warmtenet.

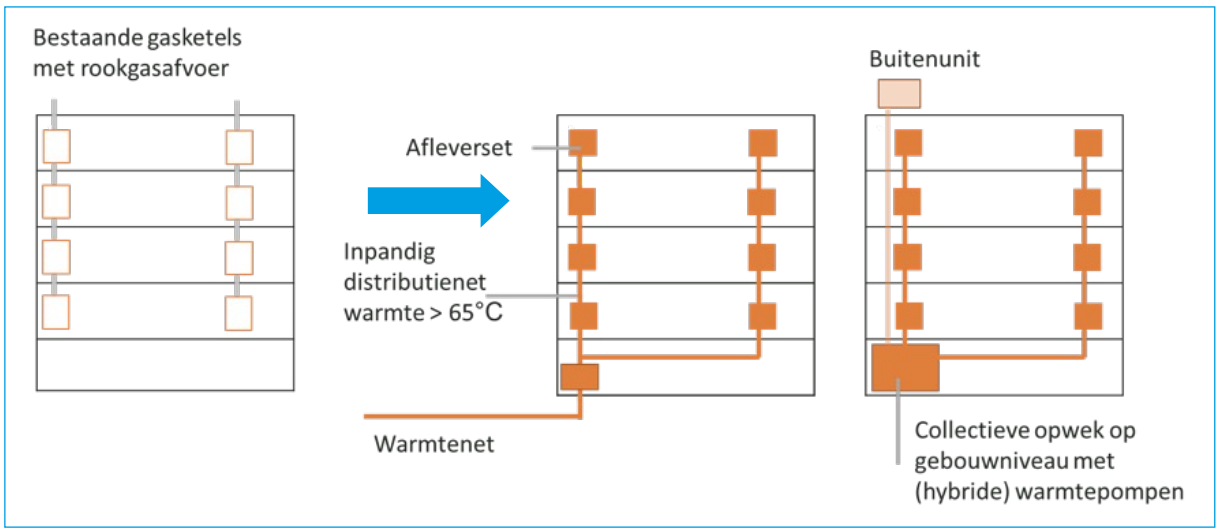


Afbeelding 3.3: Een bestaande collectieve warmtevoorziening kan relatief eenvoudig worden verwarmd met een hybride warmtepomp of worden aangesloten op een warmtenet.

Woongebouwen met individuele gasketels

Als wordt gekozen voor een collectief verwarmingssysteem bij woongebouwen met individuele gasketels zal - gelijktijdig met de aansluiting op een warmtenet of de realisatie van een collectieve (hybride)warmtepomp - de bestaande individuele verwarmingsinstallatie omgebouwd moeten worden naar een collectief verwarmingssysteem. In dat geval wordt er een geïsoleerde aanvoer- en retourleiding in het complex aangelegd en komt er per woning, op de plek van de oude gasketel, een afleverset. Als er ook elektrisch wordt gekookt, zijn de woningen al gasloos. De individuele gasaansluiting kan dus afgesloten worden. Bij een collectief hybride warmtepompsysteem blijft het woongebouw nog wel aangesloten op het gasnet.

Omdat er ook warm tapwater wordt geleverd, moet de aanvoertemperatuur naar de afleverset in de woning met de huidige regelgeving het gehele jaar door minimaal 65° C zijn. Afhankelijk van de afgiftetemperatuur van het verwarmingssysteem in de woning zal de aanvoertemperatuur op koude dagen verhoogd moeten worden.



Afbeelding 3.4: Woongebouwen met individuele gasketels vanaf ongeveer 50 woningen zijn mogelijk geschikt omcollectief verwarmd te worden op gebouwniveau.

Laagtemperatuur warm tapwater

Een nieuwe ontwikkeling is een laagtemperatuur warmtapwatersysteem. Deze techniek is nog in ontwikkeling en de regelgeving hiervoor moet nog worden aangepast. De verwachting is dat de techniek over 3-5 jaar gerealiseerd kan worden. Groot voordeel is dat er dan een minimale aanvoer-temperatuur van ongeveer 50°C nodig is - in plaats van 65°C - om veilig warm tapwater te kunnen leveren. Hierdoor kan een groot deel van het jaar de temperatuur in het warmtedistributienet omlaag, wat ten goede komt aan de efficiëntie van het systeem (zie ook 2.3).

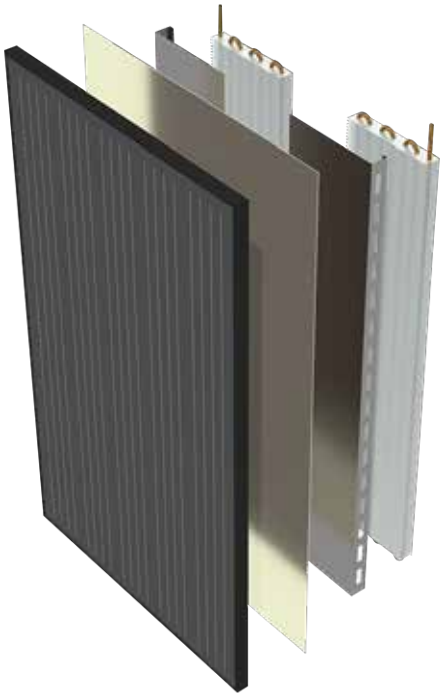
Bron voor de warmtepomp op gebouwniveau

Omdat in bestaande woningen doorgaans geen gebruik wordt gemaakt van ruimtekoeling, is het in de meeste gevallen niet kostenefficiënt om gebruik te maken van bodemenergie. Dat kan bijvoorbeeld middels gesloten bodemlussen of open warmte-en koudeopslagsystemen (WKO) als bron voor de collectieve (hybride)warmtepompen. De investeringen in bodemenergiesystemen zijn relatief hoog en daarom met name interessant als ook koeling kan worden geleverd, omdat bodemenergie - in tegenstelling tot bijvoorbeeld buitenlucht - heel efficiënt deze koeling kan leveren. De temperatuur van d bodemenergie, die gebruikt wordt voor koeling is namelijk een stuk lager dan de temperatuur van de buitenlucht op warme dagen.

Als alleen warmte wordt geproduceerd door een warmtepomp is een oplossing in combinatie met lucht daarom vaak logischer: de investeringskosten zijn lageren de bron is beter schaalbaar, zonder dat dit een grote impact heeft op de efficiëntie en daarmee ook de duurzaamheid van het systeem.

Er zijn drie bronsystemen, of een combinatie daarvan, denkbaar om gebruik te kunnen maken van lucht als warmtebron in combinatie met een collectief warmtepompsysteem:

1. Warmte uit buitenlucht met buitenunits op het dak. Punt van aandacht is het geluid dat deze buitenunits produceren en de dakconstructie;
2. Warmte uit buitenlucht, daglicht en zon met zonthermische panelen op het dak. Punt van aandacht is dat er voldoende dakoppervlak beschikbaar moet zijn. Vuistregel is dat deze ruimte er meestal is bij woongebouwen tot 4-6 bouwlagen. Bij grotere bouwhoogtes moet gekeken worden naar (een combinatie met) andere systemen;
3. Warmte uit ventilatielucht in combinatie met een collectief ventilatie-afzuigsysteem. Punt van aandacht is dat er een collectief ventilatie-afzuigsysteem in het woongebouw aanwezig moet zijn en de capaciteit beperkt is.



Afbeelding 3.5: Links: collectief hybride warmtepompsysteem voor gebouw met als bron buitenlucht. Rechts: zonthermisch paneel voor opwek van warmte als bron voor een warmtepompsysteem en elektriciteit.

Zoals eerder aangegeven, is het meestal doelmatiger om een collectief hybride warmtepomp-systeem toe te passen in plaats van all electric. Dit voorkomt hoge investeringen, onderhoudskosten en een hoge belasting van het elektriciteitsnet. Naast elektriciteit voor de warmtepompen en het transport van warmte gebruikt een collectief hybride warmtepompsysteem tussen de 5-30 procent aardgas van een volledig aardgasgestookte installatie. Deze laatste 5-30 procent kan in de toekomst, bijvoorbeeld na 15 jaar als het collectieve hybride warmtepompsysteem aan vervanging toe is, worden verlaagd of geheel worden voorkomen. Bijvoorbeeld met nieuwe technieken als efficiënte en compacte warmteopslagsystemen, of door het woongebouw dan alsnog aan te sluiten op een warmtenet.

3.2 Collectieve warmtevoorziening voor gebied

Het kan ook interessant zijn om meerdere woongebouwen aan te sluiten op een collectieve warmtevoorziening in plaats van een oplossing op gebouwniveau. Of een collectieve warmtevoorziening voor een bepaald gebied de voorkeur heeft boven een collectieve voorziening op gebouwniveau of een individuele voorziening op woningniveau, hangt met name af van de volgende factoren:

1. Het moet zijn te organiseren. Hoe meer woningen er worden aangesloten op de collectieve warmtevoorziening en hoe groter de dichtheid, des te groter het voordeel is. Hoe meer stakeholders/gebouweigenaren betrokken zijn, hoe lastiger het vaak te organiseren is. Het is een stuk eenvoudiger om een warmtenet te organiseren in een wijk waar één woningcorporatie of belegger veel bezit heeft, dan in een wijk waar met name VvE's, particuliere verhuurders en eigenaar-bewoners zitten.
2. De woongebouwen moeten logisch geografisch zijn geclusterd en binnen een periode van 3-5 jaar worden aangesloten op de energievoorziening;
3. Er moet voldoende bebouwingsdichtheid zijn, omdat de investeringen in een warmtenet relatief hoog zijn. Hoe meer gestapelde woningbouw in een gebied, hoe groter de kans dat een warmtenet haalbaar is. In een gebied met alleen maar grondgebonden woningen zal een warmtenet zelden de voorkeur hebben boven een individuele warmtevoorziening. Bestaande grondgebonden woningen zijn lastiger aan te sluiten op een collectieve warmtevoorziening dan bestaande gestapelde bouw. Grondgebonden woningen zijn gebouwd in veel lagere dichtheden en de bestaande gasketel is vaak geplaatst op zolder. Hierdoor moeten er aanvullend aanpassingen gedaan worden in de woning om aansluiting mogelijk te maken. De aansluitkosten liggen daarom veel hoger dan bij gestapelde bouw.
4. De kosten voor de productie van warmte. Dit hangt samen met de schaal van het systeem en de beschikbare bron.

Schaal van warmtenet

Bij de realisatie van een warmtenet zijn er grote schaalvoordelen te behalen, mits natuurlijk voldaan kan worden aan een aantal randvoorwaarden, zoals hierboven omschreven. De schaal van de collectieve warmtevoorziening is belangrijk omdat:

- Er voor het kunnen ontsluiten van bepaald type warmtebronnen een minimale schaal nodig is voor de (financiële) haalbaarheid (zie tabel 3.1 en 3.2);
- Er vaak centraal in het gebied collectieve warmtepompen nodig zijn voor de productie van warmte, zodat de juiste temperatuur warmte aan de woningen geleverd kan worden vanuit het warmtenet (zie tabel 3.1). Hoe groter de schaal, hoe efficiënter het is om warmtepompen toe te passen.

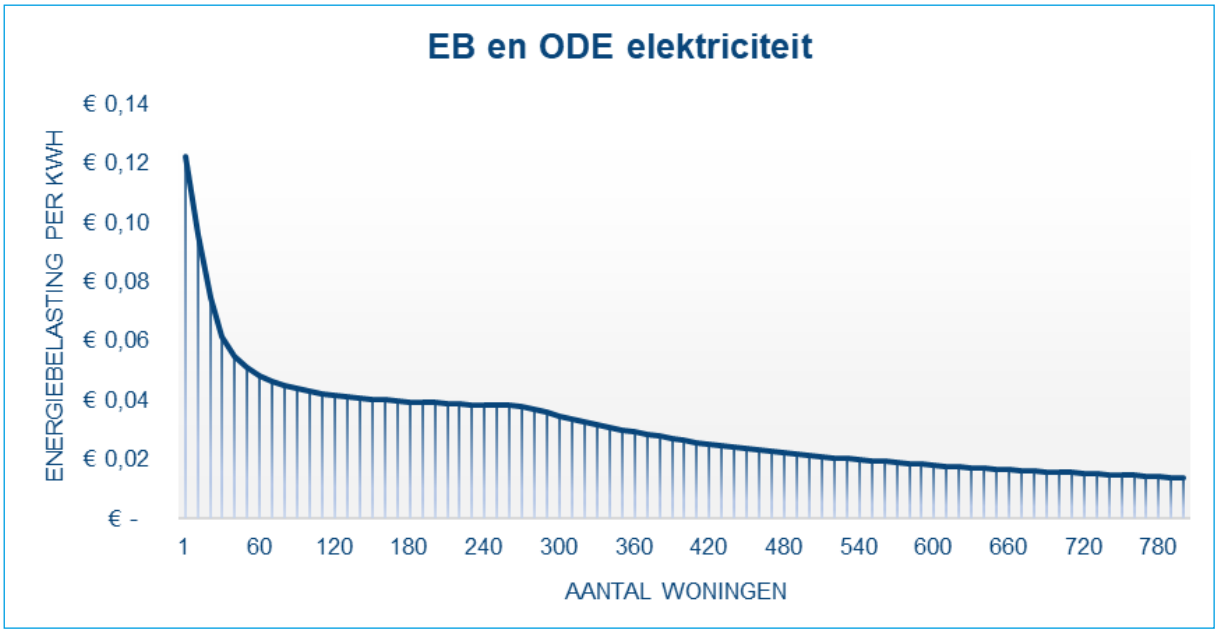
Als voor de productie van warmte voor het warmtenet warmtepompen worden ingezet, is schaal belangrijk., Hoe meer woningen er verwarmd worden vanuit één centraal warmtepompsysteem in het gebied:

- Des te minder warmte-opwekvermogen er nodig is per woning voor ruimteverwarming. Hierdoor wordt er dus ook minder vermogen gevraagd van het elektriciteitsnet, zijn de investeringen en onderhoudskosten van het centrale warmtepompsysteem per woning lager en is het ruimtebeslag van de techniekruimte per woning lager (zie tabel 3.1);

- Des te minder warmte-opwekvermogen er nodig is per woning voor de opwek van warm tapwater. Hierdoor is veel minder centrale buffercapaciteit en ruimtebeslag nodig om warm water, benodigd voor het opwekken van warm tapwater, op te slaan.
- Des te lager de inkoopkosten van elektriciteit, benodigd voor het opwekken van warmte met het centrale warmtepompsysteem. Dit is het gevolg van een lagere energiebelasting (EB) en opslag duurzame energie (ODE) als er op grotere schaal elektriciteit wordt ingekocht, zie grafiek 3.1. Hier is te zien dat het meeste inkoopvoordeel is behaald bij een schaal van tussen de 50-80 woningen.
- Des te beter de lokaal beschikbare warmtebronnen en de capaciteit van de bestaande energie-infrastructuur benut kan worden. Dit komt ten goede van de efficiëntie van het systeem. Dit heeft voordelen voor de duurzaamheid van het systeem, de betaalbaarheid en er wordt minder vermogen gevraagd van het elektriciteitsnet.

Aantal woningen	Oppervlak techniekruimte
70 - 150	50 - 80
150 - 250	80 - 100
250 - 500	100 - 150
500 - 1.000	150 - 200
1.000 -1.500	200 - 300
1.500-3.000	300 - 600

Tabel 3.1: De oppervlakte van een techniekruimte voor een collectief (hybride) warmtepompsysteem is naar verhouding veel kleiner bij grotere schaal. De tabel geeft een indicatie van het oppervlak dat nodig is bij een collectief hybride warmtepompsysteem.



Grafiek 3.1: Hoe meer woningen achter één warmtepompsysteem worden aangesloten, des te groter het inkoopvoordeel als gevolg van lagere energiebelasting op elektriciteit.

Schaalvoordelen zijn niet onbeperkt en moeten opwegen tegen de mate van complexiteit om de schaal te kunnen organiseren. Algemeen kan voor de bestaande bouw worden gesteld dat:

- Minimaal 50 woningen nodig zijn voor een collectieve warmtevoorziening, omdat dan optimaal geprofiteerd kan worden van goedkopere inkoop elektriciteit;
- Er schaalvoordelen zijn te behalen tot ongeveer 500-800 woningen. Het betreft dan schaalvoordelen op het gebied van investeringskosten, onderhoudskosten, ruimtebeslag en beslag op capaciteit elektriciteitsnet.
- Een nog grotere schaal alleen nog voordelen kan hebben als daardoor goedkopere en duurzamere lokale bronnen ontsloten kunnen worden, zoals bijvoorbeeld diepe geothermie of restwarmte uit een datacenter (datathermie). In praktijk blijkt echter vaak dat een nog grotere schaal heel lastig is te organiseren.

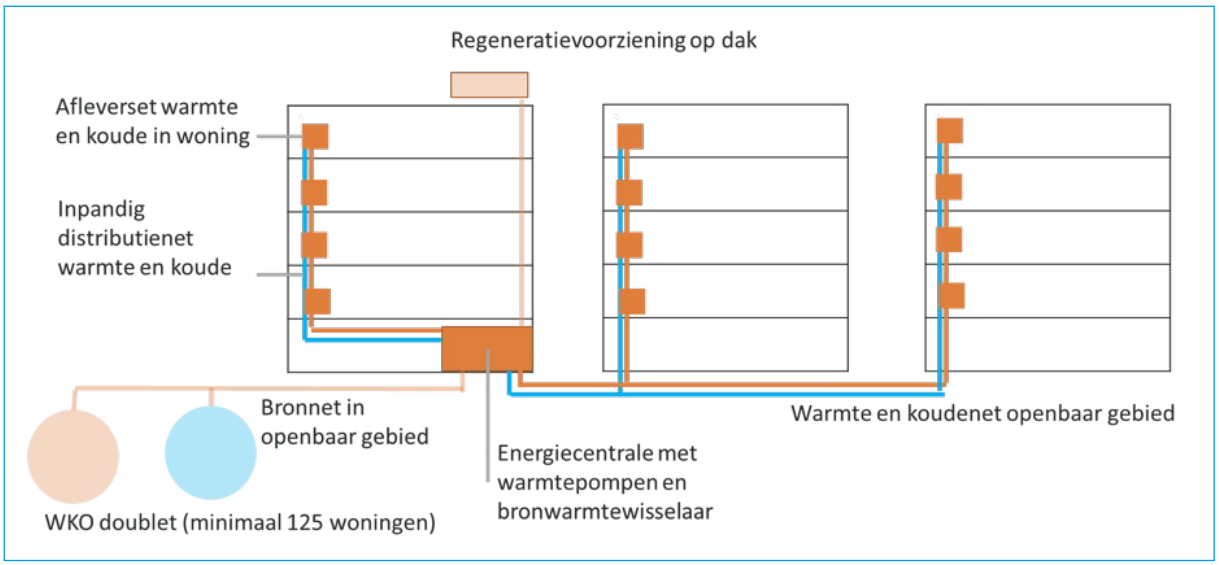
Mogelijke bronnen voor het warmtenet

De bron die gebruikt kan worden voor de productie van warmte voor het warmtenet hangt sterk af van de schaal van het warmtenet. Zoals eerder aangegeven is het vaak niet kostenefficiënt om gebruik te maken van bodemenergie als de woningen niet worden gekoeld. Dit is in de bestaande bouw meestal het geval. Bij een collectieve warmtevoorziening tot 500-800 woningen is een brontechniek in combinatie met lucht daarom meestal het meest kostenefficiënt. Groot voordeel is dat buitenlucht als warmtebron overal beschikbaar is en kan worden gewonnen door een buitenunit of zonthermische panelen. In steeds meer bestaande warmteprojecten wordt buitenlucht daarom als warmtebron toegepast. Niet alleen bij individuele warmtevoorzieningen en collectieve warmtevoorzieningen op gebouwniveau, maar ook in combinatie met een lokaal warmtenet.

Er zijn ook nadelen aan buitenlucht als warmtebron. De bron vraagt om relatief veel ruimtebeslag, zeker als wordt gekozen voor zonthermie. Een buitenunit heeft wat minder ruimtebeslag, maar produceert geluid, zeker bij grootschalige systemen. Beide systemen zijn daarom niet altijd ruimtelijk inpasbaar, zeker als het warmtenet van grotere schaal is. In dat geval kan er ook worden gekeken naar alternatieve warmtebronnen, zie tabel 3.2 en 3.3. Geconcludeerd kan worden dat:

- De beschikbaarheid van bodemenergie in Noord-Holland groot is, maar dit als warmtebron financieel vaak niet interessant is, als er geen koeling wordt geleverd. Omdat het financieel meestal niet haalbaar is om bestaande woningen te koelen, is bodemenergie als warmtebron dus vaak geen optie. In de praktijk zien we bodemenergie daarom met name toegepast worden bij nieuwbouw woningbouw en bij kantoren in zowel nieuwbouw als de bestaande bouw, waar de combinatie met koeling wel wordt gemaakt
- Andere bronnen beperkt beschikbaar zijn en om een grotere schaal vragen (minimaal 500-800 woningen of nog veel groter). In praktijk blijkt dat deze schaal lastig is te organiseren. Uitzonderingen zijn:
  - Aquathermie. Dit kan warmte zijn uit oppervlaktewater of uit afvalwater. Vaak moet aquathermie gecombineerd worden met een open WKO-systeem, omdat de beschikbare capaciteit beperkt is. De WKO kan dan worden benut om warmte tijdelijk op te slaan, waarmee de benodigde capaciteit wordt verkregen. Gevolg zijn hoge investeringskosten en onderhoudskosten in het bronsysteem. Hierdoor is aquathermie meestal financieel niet haalbaar als de capaciteit om gebouwen te koelen onbenut blijft.
  - De aanwezigheid van een bestaand warmtenet, waar nog voldoende capaciteit beschikbaar is. Denk aan het warmtenet in Amsterdam, Amstelveen, Purmerend en de regio Alkmaar.

- Aquathermie zonder WKO financieel aantrekkelijker is dan aquathermie met WKO als alleen warmte wordt geleverd. Echter is de beschikbaarheid hiervan beperkt. Veel locaties hebben een te lage capaciteit of er zijn beperkingen van waterschappen om bij lagere watertemperaturen warmte te mogen onttrekken. Grote rivieren en kanalen, open wateren en RWZI's zijn potentiële bronlocaties voor aquathermiesystemen zonder WKO's.



Afbeelding 3.6: Energievoorziening warmte en koude met WKO en collectief warmtepompsysteem voor een gebiedsontwikkeling nieuwbouw. WKO is bij nieuwbouw interessant, omdat naast warmte ook koeling wordt geleverd aan de woningen.

Afbeelding 3.7: De buitenunits van grootschalige (hybride)warmtepompsystemen met als bron buitenlucht zijn niet altijd ruimtelijk inpasbaar, vanwege hun ruimtebeslag en geluidsproductie.

Bron	Brontechniek	Brontype	Temperatuur	Schaal	Voordelen	Nadelen
Buitenlucht	Buitenunit	Bron voor lucht-water-warmtepomp	-10 tot 15°C	Alle schaalniveaus	Overal beschikbaar, schaalbaar en kostenefficiënt	Ruimtelijke inpasbaarheid en geluid
	Zonthermie	Bron voor water-water-warmtepomp				Nog meer ruimtebeslag dan buitenunits
Bodemenergie tot 300 meter diepte	Bodemlussen		5 tot 10°C	50-150 woningen	Bijna overal beschikbaar	Economisch niet interessant als er niet wordt gekoeld
	Open WKO		10 tot 15°C	Minimaal 150 woningen		
Oppervlakte-water	Warmte-wisselaar in het oppervlakte-water		0 tot 18°C	Minimaal 250 woningen, mede-afhankelijk van afstand tot bron	Kan waterkwaliteit verbeteren, weinig ruimtebeslag	Alleen mogelijk in combinatie met grotere rivieren, kanalen en open water
	Warmte-wisselaar in het opper-vlaktewater in combinatie met WKO		15 tot 25°C	Minimaal 500-800 woningen	Relatief hoge beschikbaar-heid. Kan waterkwaliteit verbeteren	Relatief hoge in-vesteringskosten en onderhouds-kosten. Financieel niet interessant als er niet wordt gekoeld
Restwarmte afvalwater rioolwaterzui-vering (RWZI)	Warmte-wisselaar bij uitkoppeling RWZI		20-25°C	Minimaal 250 woningen mede afhankelijk van afstand tot bron	Efficiënte bron voor warmtepomp	Slechts op enkele locaties beschik-baar. Leverings-zekerheid door afhankelijkheid van RWZI
Restwarmte datacenter	Warmte-wisselaar bij uitkoppeling datathermie		20 tot 35°C	Minimaal 500 woningen mede afhankelijk van afstand tot bron	Zeer efficiënte bron voor warmtepomp	Slechts op enkele locaties beschik-baar. Leverings-zekerheid door afhankelijkheid van datacenter.
Restwarmte procesindus-trie	Warmte-wisselaar bij uitkoppeling restwarmte		20 tot 50°C	Minimaal 500 woningen mede afhankelijk van afstand tot bron	Zeer efficiënte bron voor warmtepomp	Slechts op enkele locaties beschik-baar. Leverings-zekerheid door afhankelijkheid industrieel proces
Bodemenergie 1.000 meter	Ondiepe geothermie 500 tot 1000 meter		20 - 40 °C	Minimaal 2.000 woningen	Zeer efficiënte bron voor warmtepomp	Schaal is lastig te organiseren en niet overal beschikbaar

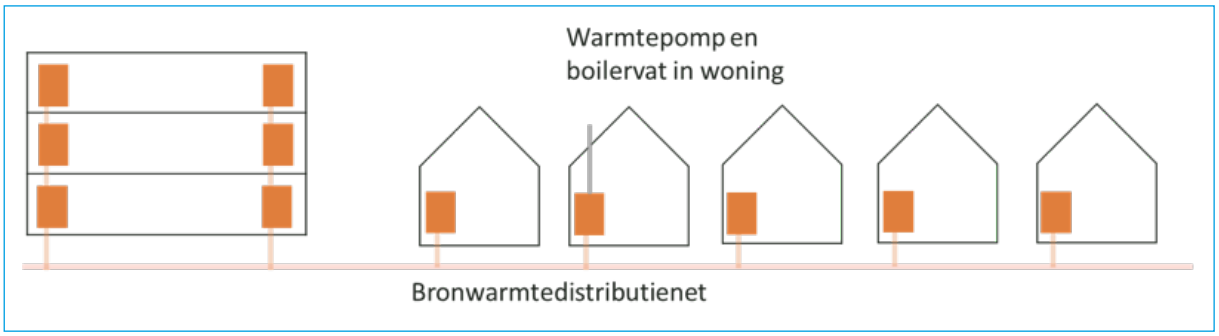
Tabel 3.2: Bronnen voor centraal warmtepompsysteem voor de productie van warmte voor een warmtenet

Bron	Brontechniek	Brontype	Temperatuur	Schaal	Voordelen	Nadelen
Bodemenergie tot 6 km	Diepe geothermie 2-4 km	Direct geschikt voor levering aan warmtenet	70-100 °C	Minimaal 3.000 woningen	Weinig elektriciteitsgebruik. Geen warmtepomp nodig en lage impact op elektriciteitsnet	Schaal is lastig te organiseren en niet overal beschikbaar
	Ultradiepe geothermie 4-6 km		100 - 180 °C	Combinatie van minimaal 2.000 woningen en industrie		Geen bewezen techniek. Schaal is lastig te organiseren en niet overal beschikbaar
Restwarmte uit hoog temperatuur warmteprocessen	Warmtewisselaar bij uitkoppeling restwarmte		> 90 °C	Afhankelijk van afstand tot bron en/of bestaand warmtenet	Geen impact op elektriciteitsnet, relatief goedkope warmtebron	Slechts op enkele locaties beschikbaar.
Restwarmte elektriciteitscentrale	Warmtewisselaar bij uitkoppeling restwarmte					

Tabel 3.3: Bronnen die direct warmte kunnen leveren aan warmtenet, zonder tussenkomst van een collectief warmtepomsysteem.

Bronwarmtedistributienet

Voor een gebied kan ook een bronwarmtedistributienet worden overwogen in plaats van een warmtenet of een individuele energievoorziening. De warmtepompen komen dan niet centraal in het gebied, maar op gebouw- of woningniveau. Nadeel van een bronwarmtedistributienet ten opzichte van een warmtenet, is dat hierdoor de schaalvoordelen van grotere warmtepompsystemen niet kunnen worden benut. Ook kan een bronwarmtedistributiesysteem vaak niet concurreren met een bronsysteem op gebouw- of woningniveau. Voor de bestaande bouw is lucht als bron vaak de meest kostenefficiënte oplossing. Hiervoor is geen kostbaar bronwarmtedistributienet nodig. Toch zijn er situaties denkbaar waarbij een bronwarmtedistributienet voor woningen interessant kan zijn. Een voorbeeld daarvan zijn rijwoningen (in combinatie met kleinschalige gestapelde bouw) in het bezit van een woningcorporatie. Een individuele warmtevoorziening is dan niet altijd te realiseren omdat een buitenunit of zonthermische panelen soms lastig ruimtelijk inpasbaar zijn. Een warmtenet is vaak kostbaar, omdat het de dichtheden te laag zijn. Als er dan lokaal een relatief goedkope warmtebron beschikbaar is met voldoende capaciteit en leveringszekerheid, kan een bronwarmtedistributienet worden overwogen.



Afbeelding 3.8: Bronwarmtedistributienet, waar alleen bronwarmte naar de woningen wordt getransporteerd. De productie van warmte is decentraal op woningniveau.

4 Individuele warmtevoorziening

Zoals in het vorige hoofdstuk is uitgelegd, is een groot deel van de woningvoorraad minder geschikt voor een collectieve warmtevoorziening: de bebouwingsdichtheid is te laag is of de benodigde schaal die nodig is voor een collectieve warmtevoorziening kan niet worden georganiseerd. Deze woningen zullen dus verduurzaamd worden met een individuele warmtevoorziening. Groot voordeel van een individuele warmtevoorziening is dat iedere woningeigenaar een eigen keuze maakt voor de warmtevoorziening, zowel in techniek als in tijd. Er zijn drie individuele technieken denkbaar om de woning te kunnen verwarmen:

1. Hybride warmtepomp;
2. All electric warmtepomp;
3. Infrarood.

4.1 Hybride warmtepomp

Met een individuele hybride warmtepomp met als bron buitenlucht kan tot 70 procent bespaard worden op het gasgebruik voor ruimteverwarming. Dat is ongeveer 50-60 procent van het totale gasgebruik voor ruimteverwarming en warm tapwater. Bij een hybride warmtepomp met als bron ventilatielucht kan maximaal 50 procent bespaard worden op het gasgebruik voor ruimte-verwarming. Dat komt overeen met maximaal 40 procent van het totale gasgebruik voor ruimte-verwarming en warm tapwater. De hybride warmtepomp met als bron ventilatielucht is alleen geschikt voor kleine woningen omdat deze bij grotere woningen te weinig gas bespaart.

De hybride warmtepomp met als bron buitenlucht is daarom het meest gangbaar. Er komt dan een buitenunit op het dak, aan de gevel of in de tuin. Geluidsoverlast is daarmee een punt van aandacht bij het toepassen van deze techniek. Tegenover elke m3 gas die een hybride warmtepomp bespaart, staat een toename van het elektriciteitsverbruik van 2 tot 2,5 kWh voor warmte-opwekking door de warmtepomp.

Afbeelding 4.1: Buitenunit bij een individuele hybride warmtepomp.

Individuele hybride warmtepompen zijn uitermate geschikt voor grondgebonden woningen. Vooral bij grotere woningen, omdat hier het gasgebruik relatief hoog is (> 1.200 m³), waardoor het terugverdieneffect ook groter zal zijn. Bij grotere woningen zijn de binnenunit en buitenunit ook eenvoudiger ruimtelijk inpasbaar. Groot voordeel van hybride is dat het elektriciteitsnet minder wordt belast dan bij een all electric oplossing het geval is.

4.2 All electric warmtepomp

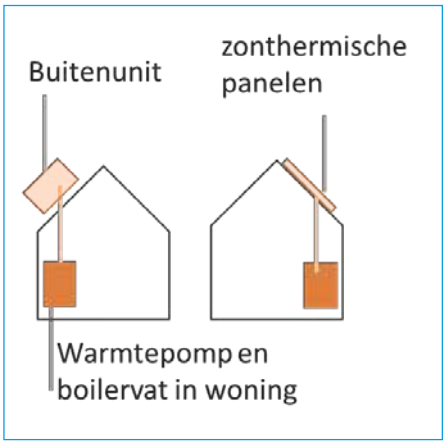
'All electric' betekent dat een woning of woongebouw alleen nog aangesloten is op het elektriciteitsnet. Als dat het geval is, dan gebruikt de warmtevoorziening alleen elektriciteit. Bij deze oplossing is het dus van belang dat er voldoende capaciteit beschikbaar is in het elektriciteitsnet. Het is daarom niet wenselijk dat gehele bestaande wijken gelijktijdig overstappen naar "all electric" verwarming.

Eigenaren die bereid zijn om meer geld te investeren, kunnen kiezen voor een all electric warmtepomp in plaats van de hybride variant. Naast de warmtepomp wordt voor de levering van warm tapwater wordt er een boilervat geplaatst met een inhoud van tussen de 200 en 300 liter.

Het rendement van de warmtepomp wordt bepaald door de temperatuur van de warmtebron en de afgiftetemperatuur van het verwarmingssysteem. De laatste heeft het grootste effect (zie ook 2.3). Hoe hoger de temperatuur de wordt geleverd, hoe lager het rendement. Er zijn warmtepompen op de markt geschikt voor een verwarmingstemperatuur lager dan 55°C en voor hogere temperaturen tot wel 80°C.

Net als bij een collectieve warmtevoorziening is bij een individuele warmtevoorziening lucht de meest kostenefficiënte warmtebron. Er zijn drie bronsystemen, of een combinatie daarvan, denkbaar om gebruik te kunnen maken van lucht als warmtebron voor een individuele warmtepomp:

1. Warmte uit buitenlucht met buitenunits op het dak. Punt van aandacht is het geluid dat deze buitenunits produceren en de dakconstructie;
2. Warmte uit buitenlucht, daglicht en zon met zonthermische panelen op het dak. Punt van aandacht is dat er voldoende dakoppervlak beschikbaar moet zijn. Voordeel is dat dit systeem geen geluid produceert;
3. Warmte uit ventilatielucht in combinatie een centraal ventilatieafzuigsysteem. Als all electric oplossing wordt deze bron afgeraden, omdat deze te weinig capaciteit heeft om bestaande woningen te kunnen verwarmen. Er zijn daarom ook systemen op de markt die zowel gebruik maken van ventilatielucht als buitenlucht.



Afbeelding 4.2: All electric warmtepomp met een buitenunit of met zonthermische panelen.

4.3 Infrarood

Er kan ook all electric verwarmd worden met infraroodpanelen. Bij verwarmen met infraroodpanelen zijn de radiatoren en CV-leidingen niet meer nodig. Met elektrische infraroodpanelen verwarm je specifieke ruimtes of plaatsen, zoals een badkamer of werkplek. Je voelt de warmte alleen binnen het stralingsgebied van de panelen. De lucht in de ruimte wordt niet verwarmd. De lucht in de ruimte wordt alleen indirect verwarmd door de warmte die wordt afgegeven door aangestraalde oppervlaktes.

Bij infraroodpanelen is de omzetting van elektriciteit naar warmte één staat tot één. Dat is niet efficiënt vergeleken met warmtepompen. Doordat infraroodpanelen vrijwel direct warmte afgeven kunnen ze met slimme sturing aan- en uitgezet worden. Daarom zijn ze toch efficiënter dan bijvoorbeeld elektrische radiatoren. Voor de levering van warm tapwater wordt er een elektrische boiler geplaatst met een inhoud van tussen de 200 en 300 liter.

Bij meerdere infraroodpanelen kunnen de jaarlijkse vastrechtkosten voor elektriciteit stijgen met meer dan € 750,- per jaar als de aansluiting groter wordt dan 3 x 25A. Als meerdere woningen in een gebied kiezen voor dit systeem, dan heeft dat een grote impact de beschikbare capaciteit op het elektriciteitsnet. Dit systeem is daarom alleen een optie bij zeer goed geïsoleerde compacte kleinere woningen.

Afbeelding 4.3: Stralingspaneel voor infraroodverwarming.

5 Verduurzamen van de bronnen en opslag van warmte

Uiterlijk in 2050 willen we in Nederland een zoveel mogelijk CO_2-neutrale warmtevoorziening hebben. Bij elke warmtevoorziening zijn we in de energietransitie echter voorlopig nog afhankelijk van fossiele brandstoffen. Het is daarom van belang tempo te maken met isoleren en de warmtevoorziening te verduurzamen, zodat we op korte termijn minder afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen en de CO_2-uitstoot omlaag brengen.

5.1 Duurzame elektriciteit

Ongeacht de keuze voor een collectieve of individuele warmtevoorziening gaat elektriciteit een steeds grotere rol spelen voor het verwarmen van de gebouwde omgeving. In beide gevallen worden in veel gevallen warmtepompen ingezet om een temperatuur aan de woningen te kunnen leveren die nodig is voor ruimteverwarming en de opwek van warm tapwater. Deze elektriciteit moet daarom verduurzaamd worden. Zon, wind en mogelijk ook kernenergie op de langere termijn zijn daarvoor de meest logische bronnen voor Nederland op dit moment. De ambitie van de overheid is om in 2030 al 70 procent van de elektriciteit duurzaam op te wekken en alle kolencentrales uit te faseren.

Afbeelding 5.1: Windturbines op zee zullen een groot deel van de duurzame elektriciteit gaan leveren in 2030.

Nu is elektriciteit altijd beschikbaar, omdat kolen-, biomassa-, gas- en kerncentrales het gehele jaar door kunnen leveren op basis van de vraag. In de toekomst is het aanbod echter veel minder constant door het grote aanbod van wind- en zonne-energie. Ook is de capaciteit van het elektriciteitsnet beperkt. Bij het toepassen van warmtepompen wordt de vraag naar elektriciteit ook minder stabiel. De vraag naar warmtapwater is het gehele jaar vrij stabiel en heeft pieken in ochtend- en avonduren. Ruimteverwarming heeft echter een enorme dip in de zomer en een zeer hoge piekvraag op koude dagen.

Het opslaan en bufferen van energie en in dit geval warmte is daarom noodzakelijk. Voor een toekomstbestendige warmtevoorziening is het daarom nodig om meer rekening te houden met de (on)mogelijkheid om warmte op te slaan.

5.2 Groen gas en groen waterstofgas

De hoeveelheid duurzaam gas als alternatief voor aardgas voor de gebouwde omgeving is beperkt. Er is namelijk een grote vraag naar gas, zowel in Nederland als in de wereld. Naast groen gas (gemaakt van biomassa en/of mest) wordt groene waterstof vaak genoemd als alternatief voor aardgas. Waterstofgas is geen bron maar een energiedrager en wordt meestal gemaakt van aardgas of van elektriciteit. Wanneer waterstof gemaakt wordt van elektriciteit uit duurzame energie-bronnen, spreken we van groene waterstof. Waterstofgas is interessant als energiedrager omdat elektriciteit kan worden omgezet naar gas. Dit heeft een aantal relevante voordelen.

Goedkoop transport over lange afstanden
Gas kan relatief goedkoop en over lange afstanden worden getransporteerd. Dit kan via schepen en via (bestaande) gaspijpleidingen. Het bestaande gasnet in Nederland kan tot 5 x meer vermogen transporteren dan het bestaande elektriciteitsnet. De capaciteit van het elektriciteitsnet kan daarom een beperkende factor zijn in de energietransitie. Dat zien we nu al bij de realisatie van o.a. zonneparken en warmtepompen. Door ook gebruik te maken van waterstofgas kan het elektriciteitsnet worden ontlast.

Productie daar waar de opwek van duurzame energie het meest interessant is
Omdat gas over lange afstanden getransporteerd kan worden, kan waterstofgas geproduceerd worden op plekken in de wereld waar de productie van duurzame elektriciteit het goedkoopste is en daar waar er voldoende ruimte is voor de opwek. Met name dat laatste is voor Nederland relevant, omdat we onvoldoende ruimte hebben om in onze eigen energiebehoefte te kunnen voorzien. Naast de energietransitie is er in Nederland ruimte nodig om te wonen, te recreëren, voor duurzame landbouw en voor natuur.

Goedkope opslagmogelijkheden
Het opwekken van energie met zon en wind gaat gepaard met een door pieken en dalen gekenmerkt opwekprofiel. Door duurzame elektriciteit om te zetten naar groene waterstof en dit gas tijdelijk op te slaan kun je meer sturing geven aan het moment waarop je gebruik wil maken van duurzame energie. Gas kan relatief goedkoop en 'low tech' worden opgeslagen. Opslaan gebeurt in tanks, als samengeperst gas of - flink gekoeld en geïsoleerd - als vloeistof. Het wordt ook als gecomprimeerd gas ondergronds opgeslagen, bijvoorbeeld in zoutgrotten en in lege olie- en gasvelden. Het opslaan van elektriciteit in bijvoorbeeld batterijen is duurder en de productie van batterijen vraagt ook om energie en grondstoffen.

5.3 Toepassing waterstof voor het verwarmen van woningen

Waterstof is heel hard nodig als grondstof en voor het verduurzamen van de industrie en zwaar transport. Het is daarom niet te verwachten dat waterstof of groen gas een grote rol kan gaan spelen in een CO_2-arme gebouwde omgeving, anders dan als piekvoorziening om het elektriciteitsnet (en warmtenet) te ontlasten op koude dagen als de vraag naar elektriciteit en warmte het hoogst is.

In de bestaande gebouwde omgeving is voor het grootste deel van het jaar een temperatuur van tussen de 55°C en 70°C voldoende voor verwarming. Voor nieuwbouw is die temperatuur nog lager. Deze temperaturen kunnen efficiënt worden opgewekt door gebruik te maken van onder andere hybride en all electric warmtepompen. Een warmtepomp maakt bij deze temperaturen van 1 kWh elektriciteit gemiddeld ongeveer 3 kWh warmte. Verwarmen met waterstofgas is minstens vijf keer minder efficiënt door verliezen bij de productie en het transport van waterstofgas en de verliezen van opwekken van warmte met een waterstofketel.

Afbeelding 5.2: Groene waterstof zal nodig zij om de industrie te verduurzamen waar hoge temperaturen nodig zijn voor de processen en als grondstof. Bijvoorbeeld bij staalfabrieken, de petrochemische industrie en bij de productie van kunstmest.

Door het isoleren van woningen, het toepassen van hybride en all electric warmtepompen en warmtenetten gevoed door warmtepompen, restwarmte en geothermie kan het huidige gasgebruik in de gebouwde omgeving sterk worden verminderd. De lage energetische efficiëntie in combinatie met de hoge kostprijs, in vergelijking tot de andere duurzame alternatieven, maken het toepassen van waterstofgas in de gebouwde omgeving in basis onaantrekkelijk.

Het gebruik van waterstofgas in de gebouwde omgeving zal in Nederland dus zeer beperkt zijn, is de verwachting. Het kan bijvoorbeeld worden ingezet als piekvoorziening bij warmtenetten en bij hybride warmtepomptoepassingen. Als piekvoorziening is waterstofgas eerder economisch interessant, omdat de capaciteit van het elektriciteitsnet een beperkende factor kan zijn om in de piekvoorziening te kunnen voorzien.

5.4 Noodzaak van warmte-opslag

Warmte-opslag wordt meestal geassocieerd met warmte- koudeopslag in de bodem (WKO-bronnen). Echter worden er in WKO-bronnen, op circa 50-250 meter diepte, temperaturen van maar 10-25 °C opgeslagen. Er is dus aanvullend een warmtepomp nodig om gebouwen en woningen te kunnen verwarmen met deze temperatuur. Warmteopslag, waarmee direct verwarmd kan worden met temperaturen tussen de 40°C en 90°C, wordt echter nog weinig toegepast. De verwachting is dat dit gaat veranderen, omdat:

- De capaciteit van het elektriciteitsnet beperkt is en het verhogen van de capaciteit geld en tijd kost;
- Dit kan leiden tot lagere investeringskosten en onderhoudskosten;
- Het aanbod van elektriciteit minder stabiel wordt;
- Vraagsturing interessanter wordt.

Capaciteit elektriciteitsnet
Warmteopslag maakt het mogelijk om het benodigde piekvermogen van een warmtevoorziening, zoals een warmtepomp, te verkleinen. Een traditionele gasketel is een goedkope technologie waarbij het gebruikelijk is om het benodigde ketelvermogen te dimensioneren op de piekwarmtevraag voor ruimteverwarming en/of warmtapwater. Het huidige gasnet heeft hiervoor voldoende capaciteit.

Het huidige elektriciteitsnet heeft echter deze capaciteit bij lange na niet. In het geval van de overstap van een gasketel naar een warmtepomp moet de huidige capaciteit dus worden verhoogd. Als dit voorkomen of beperkt kan worden, bespaart dat veel geld voor de maatschappij.

Lagere investeringskosten en onderhoudskosten
De investering in een warmtepomp is relatief hoog, dus hoe kleiner de warmtepomp, hoe beter de businesscase. Daarnaast werkt een warmtepomp het meest optimaal wanneer deze continue kan draaien en is de technologie minder geschikt om in een korte tijdspanne een grote hoeveelheid water te verwarmen. Daarom worden all-electric warmtepompen in woningen gecombineerd met een boilervat van 200-300 liter om warm tapwater voor één dag op te slaan. Bij een collectieve warmtevoorziening worden grote buffervaten boven- of ondergronds toegepast, die als warmtebatterij dienen.

Afbeelding 5.3: Links: Boilervat van 200 liter voor de opslag van warm tapwater in combinatie met een all electric warmtepomp in de woning. Rechts: Compact boilervat in combinatie warmteopslag in phase change materials PCM's

Door een warmtepomp te combineren met warmteopslag voor niet alleen warm tapwater maar ook ruimteverwarming kan de warmtepomp (nog) kleiner uitgevoerd worden, kan deze meer draaiuren maken en wordt het elektriciteitsnet ontlast.

Aanbod van duurzame elektriciteit is minder stabiel
Een ander belangrijk aspect dat meegenomen moet worden, is dat ook aan de bronzijde veel gaat veranderen. Nu is elektriciteit altijd beschikbaar, omdat kolen- en gascentrales het gehele jaar door kunnen leveren op basis van de vraag. Maar in de toekomst is het aanbod van zonne-energie en windenergie veel minder constant en ook deels seizoen afhankelijk.

Vraagsturing
Tot slot biedt een warmtepomp in combinatie met warmteopslag de mogelijkheid voor vraagsturing. Wanneer de elektriciteitsprijs laag is of er overschotten zijn van (zelf) opgewekte hernieuwbare elektriciteit, kan de warmtebatterij gevuld worden voor gebruik op een later moment. Op momenten dat er een piek is in de elektriciteitsvraag wordt (ook) warmte vanuit de warmtebatterij geleverd. Opslag is dus noodzakelijk om de elektriciteit, die een warmtepomp gebruikt, CO_2-neutraal op te kunnen wekken.

5.5 Warmte-opslagtechnieken

De ontwikkelingen op het gebied van warmteopslag staan niet stil. Om warmteopslag voor een langere termijn toe te kunnen passen moet echter nog wel een grote sprong gemaakt worden. Voor een waterbuffer is er simpelweg meestal geen ruimte in de woning of in een gebied. Er worden daarom nieuwe compactere warmtedragers uitgetest en ontwikkeld, zoals phase change materials (PCM's) en thermochemische warmtebatterijen. Compacte betaalbare technieken zijn nog niet marktrijp. Door een steeds groter tekort aan capaciteit in het elektriciteitsnet is de verwachting dat de ontwikkelingen in hoog tempo blijven doorgaan.

SERVICEPUNT
DUURZAME ENERGIE